



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MILLA IASMIM QUEIROZ FREITAS

**APLICAÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS COMO COAGULANTES E
FLOCULANTES NO TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO
PÚBLICO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

PAU DOS FERROS - RN

2021

MILLA IASMIM QUEIROZ FREITAS

**APLICAÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS COMO COAGULANTES E
FLOCULANTES NO TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO
PÚBLICO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido -
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, como
requisito para a obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina Lopes
de Figueredo.

PAU DOS FERROS - RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Fa Freitas, Milla Iasmim Queiroz.
APLICAÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS COMO COAGULANTES
E FLOCULANTES NO TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO: UMA REVISÃO DE
LITERATURA / Milla Iasmim Queiroz Freitas. - 2021.
57 f. : il.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina Lopes
de Figueredo..
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) -
Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso
de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, 2021.

1. Coagulantes e Floculantes Naturais. 2.
Abastecimento Público. 3. Tratamento de água. 4.
Moringa Oleífera. 5. Taninos Vegetais. I. Lopes
de Figueredo., Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina,
orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MILLA IASMIM QUEIROZ FREITAS

**APLICAÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS COMO COAGULANTES E
FLOCULANTES NO TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO
PÚBLICO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado, a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido -
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, como
requisito para a obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

DATA DE APROVAÇÃO 27/05/2021

BANCA EXAMINADORA

KYTERIA SABINA LOPES DE FIGUEREDO:04965705440
Assinado de forma digital por KYTERIA
SABINA LOPES DE
FIGUEREDO:04965705440
Dados: 2021.05.31 21:22:50 -03'00'

Prof.^a. Dra. Kytéria Sabina Lopes de Figueredo – UFERSA

Presidente

TYCIANNE JANYNNE DE OLIVEIRA
CABRAL:09381932441
Assinado de forma digital por
TYCIANNE JANYNNE DE OLIVEIRA
CABRAL:09381932441
Dados: 2021.05.31 12:25:42 -03'00'

Prof.^a. Dra. Tycianne Janynne de Oliveira Cabral – UFERSA

Examinadora

MARCELO NASCIMENTO DE MORAIS OLIVEIRA:07354485403
Assinado digitalmente por MARCELO NASCIMENTO DE MORAIS OLIVEIRA:07354485403
DN: CN=MARCELO NASCIMENTO DE MORAIS OLIVEIRA:07354485403, OU=UFERSA -
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, O=ICPEdu, C=BR
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2021-05-31 18:58:23
Foxit Reader Versão: 9.5.0

Me. Marcelo Nascimento de Moraes Oliveira – UFERSA

Examinador

Dedico esse trabalho ao meu pai Luiz Gonzaga de Freitas (in memorian), que nunca perdeu a fé nos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, por ter me ajudado nessa longa caminhada, muito grata por cada benção alcançada.

A minha mãe, irmão e avó, pelo incentivo, carinho e apoio em todos os momentos de dificuldades não só da minha vida acadêmica.

A professora Prof.^a. Dr.^a Kytéria Sabina Lopes de Figueredo, por ter sido minha orientadora, pela dedicação, compreensão e valioso incentivo que contribuíram muito para a conclusão dessa pesquisa.

A cada professor da Universidade Federal Rural do Semiárido, a qual tive o privilégio de ser aluna, pelas correções, ensinamentos e paciência com quais guiaram meu aprendizado ao longo do curso.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade e apoio durante minha formação. A todos que de forma direta ou indireta participaram do desenvolvimento dessa pesquisa, meu muito obrigado!

RESUMO

Nos últimos anos, os resultados promissores da aplicação de coagulantes e floculantes com origem natural, vem chamando a atenção de pesquisadores e estudiosos. Com o intuito de diminuir a dependência de recursos químicos no tratamento de água, essa iniciativa pode ser vista como uma alternativa eficiente no combate aos impactos diretos e indiretos na qualidade de vida que os coagulantes químicos podem provocar. Desse modo, o presente trabalho objetivou a realização de uma revisão da literatura acerca da aplicação de coagulantes e floculantes provenientes de matérias-primas orgânicas voltadas para o abastecimento público. A efetivação se deu por meio de uma revisão sistemática da literatura disponível, levando em consideração artigos, teses, livros e monografias. Com o intuito de desenvolver uma análise das bibliografias mais significativas para a temática, durante o processo foram seguidos e obedecidos as etapas e critérios de busca definidos. Para isso, foram selecionadas 26 fontes literárias das três mais recorrentes matérias primas encontradas nos últimos 10 anos, selecionando as principais características, vantagens, desvantagens e resultados obtidos nas pesquisas. Após a análise da bibliografia verificou-se que os coagulantes e floculantes mais encontrados foram: com base na *Moringa Oleifera*, os Taninos vegetais e Cactos. Diante das pesquisas estudadas, foi possível constatar que os três coagulantes apresentam um resultado promissor compararam-se com coagulantes químicos mais usados como o Sulfato de Alumínio. A *Moringa Oleifera* se destacou como a fonte mais adequada para a aplicação no semiárido nordestino, por apresentar melhores resultados e performance nas condições climáticas da região.

Palavras-chave: Coagulantes e Floculantes Naturais. Abastecimento Público. Tratamento de água. *Moringa Oleifera*. Taninos Vegetais. Cactos.

ABSTRACT

In the last years, the promising results of the application of coagulants and flocculants with natural origin, has come to the attention of researchers and scientists. With the intention of reducing the dependence chemical resources in water treatment, this initiative can be an efficient alternative in combating impacts direct and indirect that chemical coagulants can cause in the quality of life. Then, the present work had as main objective do a literary study of the application of coagulants and flocculants from organic raw materials for public supply. So it was made a systematic review of the available literature considering articles, theses, books, monographs among other sources, in order to develop a collection of the most interesting bibliographies about the subject. For this, 26 literary sources were selected from the three most repeated raw materials found in the last 10 years, selecting main characteristics, advantages, disadvantages and results obtained in the researches. After analyzing the bibliography, it was found that the most commonly found coagulants and flocculants were: based on *Moringa Oleifera*, vegetable tannins and cactus. In view of the researches studied, it was possible to verify that these three coagulants present a promising result even compared to more commonly used chemical coagulants like Aluminum Sulphate. The *Moringa Oleifera* stood out as the most suitable source for the application in Brazilian semiarid, for presenting better results and performance in the climatic conditions of the region.

Keywords: Natural Coagulants and Flocculants. Public Supply. Water treatment. *Moringa Oleifera*. Vegetable Tannins. Cactus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de tratamento convencional.....	21
Figura 2: Esquema das etapas de coagulação até floculação do ácido sulfúrico.....	24
Figura 3: Representação de um floculador hidráulico.....	24
Figura 4: Representação em perspectiva do floculador mecânico.....	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características dos principais coagulantes e floculantes encontrados nos estudos incluídos na análise.....	30
Quadro 2: Artigos selecionados para o estudo.....	31
Quadro 3: Artigos selecionados para o estudo da <i>Moringa Oleifera</i>	35
Quadro 4: Análise dos trabalhos encontrados sobre a aplicação dos coagulantes e floculantes para o tratamento de água voltados para o abastecimento público.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Proporção de volume de água em 2008.....	19
Gráfico 2: Quantificação de trabalhos encontrados a cada ano.....	29
Gráfico 3: Quantificação de trabalhos por matéria-prima.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas.

ETAs – Estações de tratamento de água.

WHO – World Health Organization.

MO – *Moringa Oleifera*.

pH – Potencial Hidrogeniônico.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 GERAL.....	16
2.2 ESPECÍFICOS.....	16
3. REVISÃO TEÓRICA.....	17
3.1 BREVE HISTORICO DO USO DA ÁGUA.....	17
3.2 ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	18
3.3 TRATAMENTO DA ÁGUA.....	20
3.3.1 Sistema convencional de tratamento.....	20
3.3.2 Impurezas existentes em águas naturais.....	22
3.4 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO.....	23
3.4.1 Coaguladores e floculadores quimicos.....	23
4. METODOLOGIA.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
5.1 PRINCIPAIS COAGULANTES E FLOCULANTES NATURAIS ENCONTRADOS NA LITERATURA.....	30
5.2 COMPARAÇÃO DE DADOS.....	39
5.3 COAGULANTES E FLOCULANTES NO SEMIÁRIDO.....	48
6. CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

Segundo Tucci (2008), a dificuldade de acesso a água limpa em diferentes países subdesenvolvidos, tem se agravado em razão do aumento de sua demanda pela intensa urbanização existente nas grandes cidades. Nesse sentido, faz-se possível relacionar o acréscimo constante do consumo, ao desenvolvimento extremamente acelerado da economia e produção de insumos no mundo, o qual provoca um descaso por parte da população em relação aos cuidados com esse bem tão importante.

Apesar da água ser considerada um importante fator no desenvolvimento de qualquer país em quesito social, político e econômico, nas últimas décadas, os inúmeros modos de uso da água descobertos pelo ser humano, desde o uso doméstico ao industrial, tem alterado drasticamente a qualidade dos recursos hídricos disponíveis no planeta, principalmente pelo manejo incorreto de seus resíduos. Dessa forma, torna-se cada vez mais perceptível que a entrada de poluentes aos sistemas aquáticos alteram as interações da molécula da água (por meio da adição de distintas formas de energias ou substâncias químicas e biológicas), que por sua vez modificam a composição física e estrutural da mesma, tornando-a inadequada para a utilização em várias aplicações. (PEREIRA, 2004).

Conforme Jakuboski, Santos e Rauber (2014), o resultado da poluição hídrica no mundo é refletida diariamente na redução da água disponível para uso. Além disso, outro fator muito importante a ser ressaltado é a perda notória da qualidade da mesma. Com o descaso por grande parte da população em cuidar e se precaver dessas consequências, tem-se águas em menores quantidades e cada vez mais poluídas, tornando assim quase inexistente as fontes de abastecimento público que não necessitem obrigatoriamente passar por um processo de tratamento.

A água contaminada se transforma em um meio efetivo de transporte de doenças e poluição. Sabe-se que a grande maioria das doenças são originadas de vírus, bactérias e resíduos que podem ser evitadas com um tratamento hídrico adequado. Muitas estações de tratamento de água (ETAs) apresentam sérios riscos operacionais provenientes de mal planejamento e descuidos com seus resíduos. A falta desse cuidado interfere diretamente na qualidade da água fornecida, já que possibilita que ações externas alterem facilmente as características da água desejada (MONDARDO; SENS; FILHO, 2006).

Na tentativa de resolver esse impasse, tem-se reverberado o acréscimo de pesquisas e estudos acerca da eficiência de novos coagulantes e floculantes, que atuam como uma ferramenta indispensável nos processos de limpeza da água. Uma das fontes de estudo que mais tem se destacado nessa área é a busca de matérias-primas naturais biodegradáveis, em razão da sua eficiência no processo, além de uma tecnologia que auxilia na preservação do meio ambiente, dentre esses destacam-se *Moringa Oleifera*, Taninos vegetais e os cactos.

Portanto, a qualidade dos recursos hídricos usados no abastecimento público brasileiro passou a ser uma preocupação crescente em função da escassez do recurso água e da deterioração da qualidade dos mananciais. Um dos vários fatores que podem justificar essa deterioração é o uso excessivo de coagulantes químicos. Isto posto, esta revisão da literatura propõe o estudo e a avaliação da aplicação dos diferentes tipos de coagulantes e floculantes naturais como potenciais substitutos aos químicos, utilizados para tratamento de água de abastecimento público.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Realizar uma revisão da literatura sobre o uso de coagulantes e floculantes provenientes de matérias-primas naturais no processo de tratamento de água para abastecimento público.

2.2 ESPECÍFICOS

- Selecionar na literatura estudos sobre a aplicação de coagulantes e floculantes provenientes de matérias-primas naturais no processo de tratamento de água.
- Identificar as características das matérias-primas naturais utilizadas como coagulantes e floculantes em tratamento de água apresentadas na literatura.
- Avaliar as vantagens e desvantagens das matérias-primas naturais utilizadas como coagulantes e floculantes em tratamento de água apresentadas na literatura.
- Propor a utilização de matérias-primas naturais com potencial para aplicação no tratamento de água de abastecimento público para a região semiárida.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 BREVE HISTORICO DO USO DA ÁGUA

A água é um dos recursos naturais mais valiosos do planeta visto que, biologicamente se torna um elemento de vital importância, indispensável para a existência de todos os seres vivos. Mais de 70% da superfície terrestre se encontra coberta de água e isso equivale a quase quatro quintos da massa equivalente da terra. Sendo assim, a água é considerada o componente todo o planeta, além de ser a matéria inorgânica com maior abundância na grande maioria dos seres vivos. O ser humano, por exemplo, apresenta cerca de 60% de seu peso formado apenas de água (WHO, 2006).

Conforme o Ministério da Saúde (2006), a realidade da pouca quantidade de água doce bruta disponível (0,3% da totalidade de recursos hídricos), justifica algumas desigualdades de acesso e a ineficácia da distribuição da água para milhares de populações. Isso também ressalta a importância da preservação de sua qualidade e quantidade, principalmente se referindo a águas superficiais que acabam se tornando ainda mais escassas conforme a expansão populacional (BRASIL, 2006).

Para Silva (1999), a formação de culturas milenares como China, Índia, Egito, Roma, Antiga Mesopotâmia se desenvolveu quanto sociedade às margens de grandes cursos de água. O início dessas importantes populações em volta de grandes fontes de água, é vista por historiadores e pesquisadores da área como um movimento previsível, levando em consideração que a água em abundância proporcionava para essas comunidades ferramentas ideias para o desenvolvimento da vida, através da pesca e da agricultura.

A distribuição e dominação territorial dos Romanos também se deu de forma estrategicamente próximas a abundantes fontes de recursos hídricos. Na Roma antiga se deu início a uma busca por novas fontes de água que pudessem suprir as demandas da populosa sociedade. Com isso, antes mesmo de grandes impactos ambientais e descaso com o uso do rio tigre, esses povos passaram a elaborar soluções estratégicas para a distribuição da melhor água para a população. Assim, essa sociedade tornou-se pioneira na elaboração de sistemas de abastecimento, com condutores de enorme porte que captavam e transportavam a água do rio até os mais distantes locais de interesse dos centros urbanos. Seu funcionamento, se baseava no uso de pequenos tanques formados por uma fundação com areia e cascalho com o princípio de

filtragem, onde as partículas se depositavam no fundo junto com os sedimentos e a água continuava a ser conduzida para cisternas onde toda a população da região poderia ter acesso (SILVA, 1999).

Contudo segundo Medeiros Filho (2009), somente a partir da segunda metade do século XIX, com a revolução industrial e com a expansão dos grandes centros industriais, os sistemas de abastecimento de água passaram a sofrer modernas modificações que se empenhavam em melhorar a distribuição para os núcleos mais necessitados das grandes cidades, a fim de suprir as demandas das indústrias. O crescimento urbano em alta escala e questões de salubridade foram os fatores determinantes para a melhoria de fato da infraestrutura usada e nessa época passou a se desenvolver mais estudos na área.

3.2 ABASTECIMENTO PÚBLICO

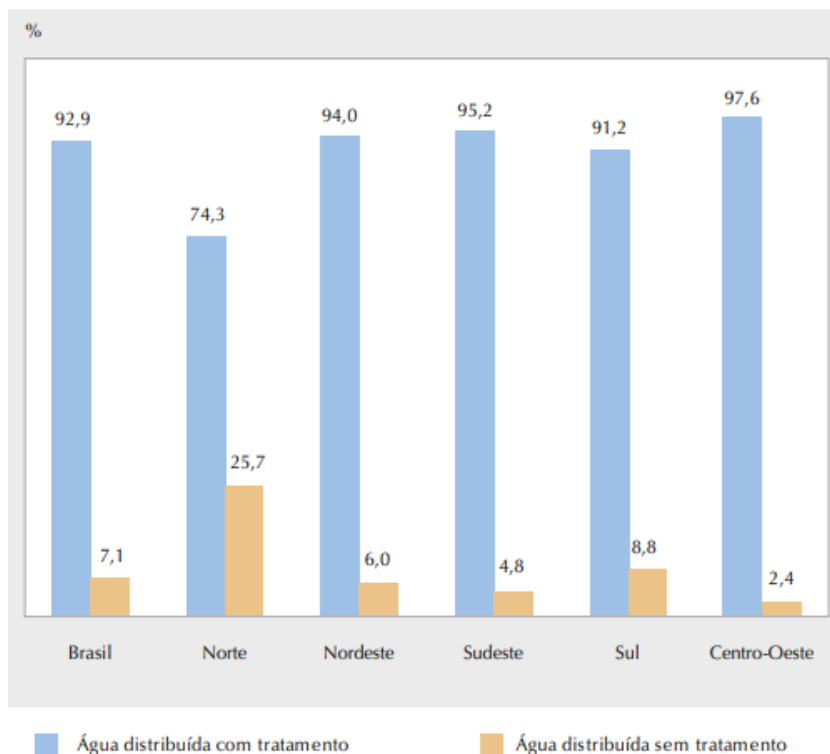
Conforme a Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, o abastecimento de água voltado para o consumo humano consiste em toda a prática de distribuição coletiva de água em um sistema formado por uma instalação responsável por obras civis que atuam com o intuito de destinar produção e distribuição com um transporte adequado de água potável de forma canalizada para as populações de uma região (BRASIL, 2006).

Com o passar dos anos, o desenvolvimento de sociedades modernas passou ainda mais a visar a garantia da quantidade e qualidade da água disponível para sua população, visto que o ritmo acelerado de crescimento urbano e industrial impacta ainda mais nos ciclos hidrológicos do planeta. Isto posto, hodiernamente as políticas governamentais de distintos países passaram a se desenvolver visando impactar de alguma forma o manejo dos serviços de abastecimento e tratamento de água, de maneira a promover a qualidade e uma conjuntura normativa que assegure o uso adequado da mesma (FUGITA, 2018).

O índice médio referente ao abastecimento de populações urbanas, registrados pelo SNIS em 2009, alcançou 95,2% em escala nacional. É possível relacionar essa alta parcela, ao fato dos grandes centros urbanos apresentarem maior concentração de densidade populacional e melhores condições de infraestrutura para a distribuição dessa água. Enquanto para setores agrícolas, os baixos índices estão relacionados a falta de programas que reduzam os impactos ocasionados por problemas de seca e dificuldade de acesso em muito dos casos para uma boa distribuição.

Conforme o Gráfico 1, é possível notar que as regiões onde se concentram maior capital do país apresentam maiores proporções de água distribuídas (IBGE, 2008).

Gráfico 1: Proporção de volume de água em 2008.



Fonte: IBGE - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, (2008, p. 20).

Em contraponto, o desperdício nos grandes centros urbanos e a poluição hídrica que afeta diretamente na perda de qualidade dos mananciais, que por conseguinte prejudicam mais ainda as populações sem tanto acesso e de forma negativa no meio ambiente (COSTA, 2015). Ainda assim, a racionalização e cuidados com o uso e reuso da água, são situações que podem ser tidas como soluções sustentáveis para causas que persistem em áreas rurais (BRASIL, 2019).

De acordo com Costa (2015), os investimentos em termos socioeconômicos e infraestruturas com relação ao saneamento urbano acabam promovendo um impacto de forma positiva na vida média de populações. Esses investimentos implicaram na redução das taxas de mortalidade em geral, com ênfase na infantil, menor desenvolvimento de doenças e por conseguinte uma melhora na eficiência nas atividades econômicas, viabilizando desse modo, uma maior estabilidade econômica nacional em função da redução de possíveis custos com o tratamento e combate das mesmas.

Conforme Souza e Santos (2016), o reuso da água acaba sendo um grande fator a ser analisado. Visto que, a maior parcela de água consumida no Brasil e no mundo não restringe sua função para fins potáveis. A Holanda, referência de investimento econômico em quesitos ecológicos, inicia investimentos em um fornecimento que promova a preservação distribuindo a água em duas formas: potável e água de reuso (não potável, porém não contendo contaminantes).

Apesar da Portaria do Ministério da Saúde nº 518/04 visar a promoção da distribuição de águas de qualidade, incentivando a adoção de substâncias para o tratamento de água com o intuito de cumprir um limite de impurezas e organismos potenciais nocivos à saúde humana. Tais providências, em sua grande maioria, não são tidas como suficiente para garantir a seguridade desejada a saúde de seus consumidores. Assim, faz-se necessário um maior cuidado e melhorias quanto aos processos de tratamento de água voltado para o abastecimento público (BRASIL, 2004).

3.3 TRATAMENTO DA ÁGUA

O tratamento de água tem como sua principal finalidade apurar sua qualidade, através de um conjunto de processos químicos e físicos que vão de fato enquadrar a água aos padrões exigidos pelo ministério responsável pela saúde do país. Para o Brasil, a Portaria nº 2914/11 do Ministério da Saúde, assevera que a água para o consumo humano deve obedecer a um conjunto de condições e características nas quais desempenham o papel de assegurar que a mesma não seja prejudicial e interfira de forma negativa a saúde de quem a consome (BRASIL, 2011).

Esses rigorosos critérios de qualidade fornecidos pela portaria, dispõe que a conhecida como “água potável”, esteja de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos por essa portaria responsável. Além disso, também é adotada pela portaria a definição de “Água Potabilizável”, sendo a água que apesar de não conferir aos padrões de potabilidade em sua natureza, atende aos parâmetros referentes a qualidade das suas mananciais.

3.3.1 Sistema convencional de tratamento

Tomando como base os parâmetros da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), empresa responsável pelos serviços públicos de saneamento, manutenção e distribuição de água do estado. Sabemos que o sistema convencional se aplica de forma a

atender completamente as necessidades de um eficiente processo de tratamento compondo grande parte das estruturas recomendadas e implementadas pela CAERN. Sua tecnologia o tratamento se baseia em: captação, coagulação, floculação, decantação, filtragem e no fim a distribuição (Figura 1).

Figura 1: Sistema de tratamento convencional.



Fonte: SAAE (2006).

O tratamento de água só tem início com o processo de captação de mananciais, e logo após deve ocorrer o bombeamento e transporte da mesma para a estação responsável. Desta forma, um dos principais fatores de todo o processo é tido como o estudo do manancial ideal de captação a ser utilizado, referente a mananciais superficiais ou subterrâneos, assim avaliando-se rios, lagos, represas até aquíferos. O planejamento adequado com a escolha da localidade é um dos pontos mais importantes de todo processo, pois não afeta apenas a determinação do manancial, mas aborda também a capacidade do abastecimento da região referente. Uma avaliação prévia indica aos profissionais se a fonte escolhida consegue suprir de maneira completa ou parcial a demanda prevista para o processo de tratamento viável para determinada estação (ANA, 2010).

De acordo com Moruzz *et al.* (2016), para uma ETA os processos de coagulação e floculação atuam como uma dupla, uma interfere diretamente no sucesso e eficácia de sua posterior. Visto que, a coagulação tem como missão projetar-se de forma a desestabilizar as partículas do meio, enquanto a floculação, deve trabalhar por intermédio de uma agitação lenta das partículas que foram previamente desestabilizadas. Desse modo, o sucesso da floculação depende do êxito do processo anterior, tornando assim etapas que por sua vez acabam requerendo uma supervisão maior no processo.

A decantação ou sedimentação concerne a uma técnica simples por se apresentar de forma natural e possui relatos de seu uso por meados de 2000 a.C. (LIBÂNIO, 2010). Esse processo, assim como a floculação, está relacionado a remoção de partículas utilizando a força da gravidade. Pode ser realizado em unidades mecânicas e hidráulicas de acordo com a necessidade, onde o peso dos flocos que foram formados nas etapas de coagulação e floculação, faz com que fisicamente toda partícula em repouso suspensa no meio líquido se deposite no fundo dos tanques (CESAN, 2020).

Por fim, com o intuito de garantir a qualidade estética da água empregada para o consumo, o processo de limpeza de impurezas tem como etapa indispensável a filtração. Operação essa caracterizada pela separação de sólidos suspensos em meio líquido, onde o composto atravessa um determinado material filtrante que varia a depender da quantidade de líquido a ser filtrado (BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2017).

O material varia de uma tela em filtragens simples ou no caso das ETAs tanques com várias camadas de escoamento para água. A água filtrada nas unidades apresentam diversos materiais com granulometrias apropriadas para separação. como seções de pedras, granito e areia que atuam na barreira que impede a passagem dessas impurezas na água. O transporte da água bruta no início do processo ou tratada no final é promovido por meio de combinações de adutoras, tubulações, canais e estações elevatórias (CESAN, 2020).

3.3.2 Impurezas existentes em águas naturais

Segundo Taffarel (2012), na natureza não é possível encontrar água pura devido ao seu rápido poder na dissolução de gases, sais e outras substâncias. Essa característica a torna amplamente conhecida como solvente universal. A sua alta capacidade de transportar substâncias em seu meio, interfere diretamente na qualidade pela grande facilidade de impurezas se associarem a água. Impurezas essas que podem ser identificadas como agrupados das composições:

Em suspensão: algas, protozoários, fungos e vírus; vermes e larvas; areia, argila e silte; resíduos industriais e domésticos; estado coloidal: corantes vegetais, sílica e vírus; em dissolução: sais de cálcio e magnésio (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos ou cloretos), sais de sódio (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos fluoretos e cloretos), óxidos de ferro e manganês, chumbo, cobre, zinco, arsênico, selênio e boro, iodo, flúor e compostos fenólicos; substâncias albuminoides: nitratos e nitritos e gases (TAFFAREL, 2012, p. 209).

As composições químicas e biológicas da água são conferidas pela maior ou menor intensidade de matéria orgânica e inorgânica encontrada presentes nas impurezas, assim como as físicas refletem a presença de sólidos em suspensão ou dissolvidos (TAFFAREL, 2012).

Contudo, uma alta concentração dessas substâncias se torna fácil alvo para o desenvolvimento de enfermidade e componentes prejudiciais ao organismo humano e propicia para o desenvolvimento de patologias (PALÁCIO *et al.*, 2013).

Destarte, por meio tratamento dos mananciais para abastecimento humano com controle e sistema otimizados é possível obter uma alta remoção de impurezas pro meio dos processos de coagulação, floculação e sedimentação e filtração, podem prevenir grande parte dos riscos ao bem estar dos seres vivos. Tendo em vista que essas etapas são as maiores responsáveis de eliminação de bactérias, vírus e protozoários transportados na água (WHO, 2006).

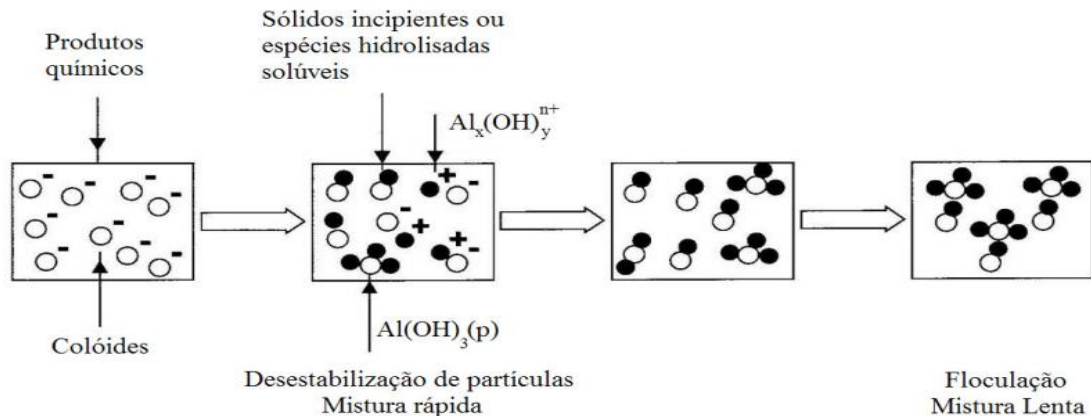
3.4 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO

As principais etapas nos processos nas ETAs, são as de coagulação visto que as demais dependem da efetividade da mesma. A coagulação da água bruta refere-se a processo em que o material coagulante (habitualmente utiliza-se um produto químico como sulfato de alumínio e cloreto de polialumínio) provoca uma desestabilização das partículas suspensas no meio líquido, tais partículas são os colóides carregados que possuem carga negativa, quando encontrados em pH neutro. A reação de hidrólise acarreta essa desestabilização logo na presença do coagulante pela adsorção das moléculas que sofreram hidrólise na superfície das partículas coloidais (BARTIKO; JULIO, 2015).

Sendo assim, o contato entre as partículas que foram introduzidas a uma etapa de desestabilização, faz com que ocorra uma agregação entre as mesmas enfatizando na formação dos flocos. Estas introduzidas a uma etapa de sedimentação dada por meio da ação da gravidade. Nas quais para as ETAs utiliza-se principalmente o processo de varredura, essa etapa ocorre em um tanque de mistura rápida atuando na desestabilização das partículas colididas pelo coagulante, tornando assim mais notório a importância dessa técnica no tratamento (CESAN, 2020).

Para Di Bernardo (2005), os agentes coagulantes atuam no processo como produtores de espécies catiônicas, eles são os responsáveis de fato pela desestabilização neutralizando e/ou reduzindo as cargas. Processo esse demonstrado na Figura 2.

Figura 2: Esquema das etapas de coagulação até floculação do ácido sulfúrico.



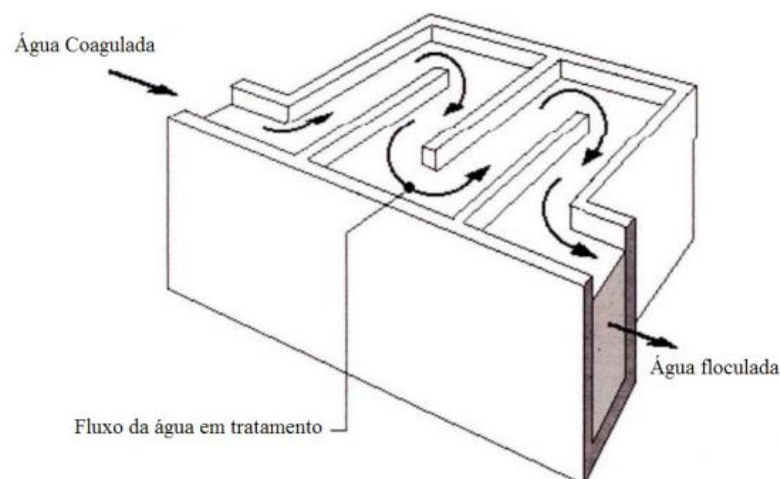
Fonte: (DI BERNARDO, 2005)

Já durante a floculação, a água previamente coagulada pode ou não receber um composto que auxilia no acréscimo dos flocos por meio de uma etapa de agitação mais demorada. Ela é dada em uma mistura lenta, na qual a água em processo de tratamento é disposta com o intuito de evitar o rompimento dos flocos que podem dificultar o depósito nos fundos dos tanques. Destarte, apesar que o aumento mássico promova uma fácil remoção de impurezas nas etapas posteriores, para algumas águas a etapa de floculação pode-se fazer desnecessária levando em consideração o estado das mesmas (CESAN, 2020).

Concerne as diretrizes da NBR 12216/92, para o uso de floculadores hidráulicos a agitação dos flocos resultantes do processo é feito por intermédio de chicanas ou outras ferramentas com funcionamento semelhante, de modo a dissipar água através do direcionamento do fluxo de água de modo horizontal, vertical ou helicoidal (ABNT, 1992).

Para melhor entendimento do processo que ocorre em um floculador hidráulico temos uma representação de seu mecanismo na Figura 3.

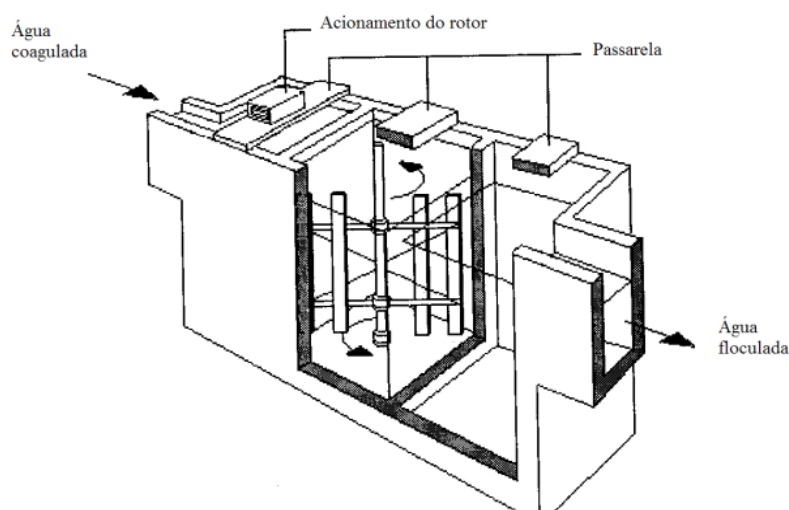
Figura 3: Representação de um floculador hidráulico.



Fonte: Vianna, 2002.

Enquanto os flocculadores mecânicos visto na Figura 4, usam da energia mecânica externa proveniente do mecanismo de movimento das palhetas para a dissipação da água de maneira eficaz. A NBR 12216/92 estabelece que os tanques de floculação mecanizados possuam no mínimo três ou mais divisões interligadas. Também recomenda que esses compartimentos dispostos em série sejam separados por paredes dispostas de forma a impedir a passagem da água por essas aberturas (ABNT, 1992).

Figura 4: Representação em perspectiva do flocculador mecânico.



Fonte: Vianna, 2002.

3.4.1 Coaguladores e flocculadores químicos

Conforme os estudos realizados por Lee, Robinson e Chong (2014), os produtos químicos comumente empregados como coagulante e flocculante, são constituídos principalmente por sais inorgânicos alguns destes são sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio (PAC), sulfato ferroso, cloreto de magnésio dentre outros. Essa alta aplicação, pode ser relacionada principalmente ao seu baixo custo quando empregado nas estações, se posto em comparação a outros tipos de substâncias que podem apresentar desempenho significativo na remoção.

Dentre os coagulantes e flocculantes mais empregados para o tratamento de água no Brasil, utiliza-se em sua maioria como base para sua composição ferro e alumínio. Na grande maioria das vezes, esses compostos são resultados de ininterruptas reações de hidrólise, na qual, por meio da formação de substâncias mono e polinucleares previamente esperadas, acabam

resultando em agrupamentos gelatinosos que estão hábeis a neutralizar as partículas coloidais com maior facilidade por meio de distintas ferramentas de atração (JÚNIOR; ABREU, 2018).

O sulfato de alumínio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, representa o coagulante químico em maior uso nas estações de tratamento em função de seu baixo custo dado que o mesmo é um material proveniente da extração da bauxita mineral de baixo custo de fácil obtenção nas mais distintas regiões brasileiras (TAFFAREL, 2012).

Contudo, apesar de uma eficiente atuação como coagulantes e floculante de baixo custo, com o passar dos anos, nota-se o aumento da busca por meios de produção que não interfiram de modo negativo no meio ambiente. Assim, as aplicações de tais coagulantes e floculantes passaram a se tornar cada vez mais limitadas. Tendo em vista, suas consequências ambientais como a liberação de resíduos com predominância de hidróxidos metálicos não biodegradáveis, que ao entrarem em contato direto com a natureza acabam provocando alterações graves no meio ambiente (LEE; ROBISON; CHONG, 2014).

De acordo com Palácio *et al.* (2013), apesar de alguns metais serem essenciais para o crescimento e desenvolvimento do corpo humano, uma variação nas quantidades ou adição de metais não necessários já ocasionam graves mudanças no sistema imunológico humano. Quando não requeridos, pequenas quantidades se tornam extremamente prejudiciais ao organismo acarretando sérias doenças.

Um exemplo desse risco à saúde humana que pode-se destacar, são as consequências da ingestão de alumínio, substância essa tida como base da maioria dos coagulantes e floculantes utilizados. O consumo desse metal durante o processo de tratamento ocasiona sérios problemas à saúde, tais como desenvolvimento de graves doenças neurodegenerativas, demência, danos ao sistema nervoso central, distúrbios esses apontados como principal causa para o Parkinson, tumores e outros sintomas como dores musculares, fraquezas e cólicas. Além disso, pesquisas relacionam o consumo de alumínio como um dos principais causadores do Alzheimer, doença tida progressiva que degrada a memória e outras funções mentais muito importantes. Contudo, nenhuma doença foi ligada a ausência desse metal no nosso organismo (CLETO, 2009).

4. METODOLOGIA

A obtenção dos dados do presente trabalho se deu por meio de uma estudo sistemático da literatura, de natureza exploratória caracterizada por uma sondagem das informações, descritiva com uma descrição da realidade e observacional separando com dados (LAKATOS e MARCONI, 2003).

Onde foi desenvolvido uma análise minuciosa da bibliografia disponível, com o intuito de contribuir para o aprofundamento do conhecimento relativo ao tema sobre o desenvolvimento de coagulantes e floculantes naturais no tratamento de água voltado para o abastecimento público.

As pesquisas foram feitas utilizando as seguintes palavras-chave como buscadores da literatura: Coagulantes e Floculantes naturais, Biocoagulantes e Biofloculantes e Tratamento de Água. Na produção da presente revisão literária constituiu o cumprimento de cinco etapas:

- (1) Avaliar se a descrição de cada estudo confere com relevância ao tema;
- (2) Resumo do que foi abordado no artigo;
- (3) Extrair e catalogar os dados e informações relevantes a pesquisa;
- (4) Comparar resultados de estudos selecionados;
- (5) Redigir o texto com base nas informações obtidas.

A coleta de dados foi realizada utilizando as seguintes ferramentas de pesquisa online: Base de dados Google Acadêmico, Portal de Periodicos CAPES, Scientific Electronic Library Online (SciELO), ScienceDirect e Researchgate. Foram considerados diversos materiais publicados como: artigos científicos, livros, normas jurídicas, teses, dissertações, monografias e outros documentos disponíveis online.

Foram englobadas nos critérios de exclusão as fontes consideradas distantes ou irrelevantes ao intuito da pesquisa em avaliar se o uso de coagulantes e floculantes provenientes de matérias-primas naturais. Para filtrar a busca, apenas foram analisados os materiais

publicados nos últimos 10 anos e referentes ao tratamento de água exclusivo para o abastecimento público, descartando os demais tratamentos encontrados.

Dessa maneira, todo o material obtido com a aplicação dos buscadores nas bases de dados indicadas foi lido a fim de identificar se eram aprovados nos critérios de exclusão indicados. Ao todo foram encontrados 35 artigos com potencial para análise, mas foram selecionados 26 fontes literárias que atenderem rigorosamente ao objetivo desejado para compor a revisão integrativa da análise de dados. Com o intuito de cumprir os objetivos da pesquisa foram selecionado principais características, vantagens e desvantagens, análise do procedimento metodológico e resultados obtidos de alguns experimentos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os coagulantes e floculantes com origem da natureza chamam a atenção de cientistas e pesquisadores da atualidade em razão de sua eficiente performance quanto a limpeza de águas usadas para o abastecimento. Portanto, torna ainda mais necessários estudos visando a melhoria da eficiência destes materiais.

Para a construção da presente revisão, analisou-se vinte e seis artigos considerados como equivalentes aos critérios de inclusão do intuito da pesquisa, na qual conforme as estratégias de busca aplicadas obteve-se os valores de 13 produções na Google Acadêmico, 5 no Researchgate, 4 no sciELO, 3 no Periódicos CAPES e 1 no ScienceDirect, onde constatou-se que 19 artigos foram publicados em periódicos nacionais e 7 publicados em periódicos internacionais.

Tabela 1: Estratégia de busca eletrônica para pesquisas.

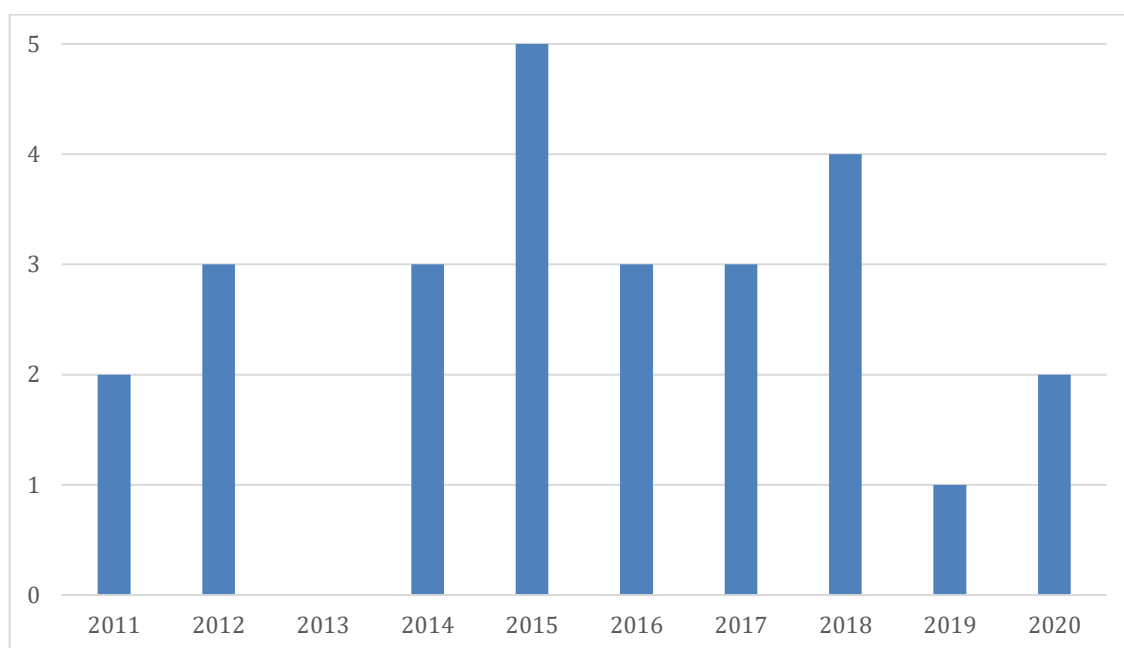
Descritores	Fontes Consultadas				
	Google Acadêmico	SciELO	Researchgate	ScienceDirect	Periódico CAPES
Coagulantes e Floculantes Naturais	10	3	3	-	2

Biocoagulantes e Biofloculantes	3	1	2	1	1
Tratamento de Água	-	-	-	-	-
Total	13	4	5	1	3

Fonte: Autoria própria (2021).

Constatou-se ainda que o período no qual obteve um maior número de publicações foi no ano de 2015, com um total de 5 artigos publicados, seguido do ano de 2018, com um total de 4 artigos, e os anos de 2012, 2014, 2016 e 2017 com 3 publicações. Os demais anos se distribuíram em menores quantidades como pode ser observados no gráfico abaixo.

Gráfico 2: Quantificação de trabalhos encontrados a cada ano.



Fonte: Autoria própria (2021).

5.1 PRINCIPAIS COAGULANTES E FLOCULANTES NATURAIS ENCONTRADOS NA LITERATURA

De acordo com os dados encontrados foi possível observar que diversos mecanismos e técnicas envolvendo a manipulação de substâncias são aplicadas com o intuito de extrair impurezas e modificar a qualidade da água usada para o consumo humano.

Desses materiais de estudos encontrados na literatura, três matérias primas naturais se destacaram com mais trabalhos e pesquisas a seu respeito em distintas áreas de aplicação encontrados. Uma delas envolvendo o desenvolvimento de coagulantes e floculantes orgânicos. Quanto aos trabalhos analisados, observa-se no Quadro 1 um resumos dos materiais, tipo de aplicação, agente ativo e natureza dos biocompostos abordados nos estudos observados.

Quadro 1: Características dos principais coagulantes e floculantes encontrados nos estudos incluídos na análise.

Matéria-Prima	Tipo de aplicação	Agente ativo (AA)	Natureza
<i>Moringa Oleifera</i>	Coagulante	Polímero orgânico	Planta
Cactos	Coagulante e Floculante	-	Plantas
Taninos Vegetais	Coagulante e Floculante	Polieletrólito catiônico	Não planta

Fonte: Autoria própria, 2021.

Os artigos separados por matéria-prima com base natural que melhor atenderam aos critérios de estudo para cada matéria-prima estão dispostos no quadro 2.

Quadro 2: Artigos selecionados para o estudo.

Matéria Prima	Autor	Título da pesquisa	Base de dados	Ano
<i>Moringa Oleifera</i>	Oliveira <i>et al.</i>	Tratamento de Água com <i>Moringa Oleifera</i> como Coagulante e Floculante natural.	Google Acadêmico	2018
<i>Moringa Oleifera</i>	Madrona	Extração/Purificação do Composto Ativo da Semente da <i>Moringa Oleifera</i> e sua Utilização no Tratamento de água para consumo humano.	Google Acadêmico	2011
<i>Moringa Oleifera</i>	Arantes	Diferentes formas de aplicação da semente de <i>Moringa Oleifera</i> no tratamento de água	SciELO	2015
<i>Moringa Oleifera</i>	Silva	Usos potenciais de <i>Moringa Oleifera</i> , uma matriz para a produção de biodiesel e tratamento de água no semiárido nordestino.	Google Acadêmico	2012
<i>Moringa Oleifera</i>	Valverde <i>et al.</i>	Avaliação do tempo de degradação do Coagulante natural <i>Moringa Oleifera</i> em pó no tratamento de água superficial.	Periódico Capes	2014
<i>Moringa Oleifera</i>	Siqueira <i>et al.</i>	Viabilidade da utilização da <i>Moringa Oleifera</i> como método alternativo de tratamento de água no semiárido nordestino.	Google Acadêmico	2015
<i>Moringa Oleifera</i>	Borgo <i>et al.</i>	Tratamento de água com semente de	Google Acadêmico	2016

		<i>Moringa Oleifera.</i>		
<i>Moringa Oleifera</i>	Santos, Cruz e Gontijo	Semente de <i>Moringa Oleifera</i> como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais.	Rsearchgate	2019
<i>Moringa Oleifera</i>	Pereira <i>et al.</i>	Comparação entre a aplicação do Coagulante natural <i>Moringa Oleifera</i> e do Coagulante químico Sulfato de Alumínio no tratamento de água com diferentes níveis de Turbidez.	Rsearchgate	2015
Cactos	Lima, Almeida e Vicentini	Os Diferentes tipos de Coagulantes Naturais para o tratamento de água: Uma revisão.	Google Acadêmico	2020
Cactos	Díaz, Arguello e Ribon	Behavior of turbidity, pH, alkalinity and color in Sinú River raw water treated by natural coagulants.	SciELO	2016
Cactos	Karanja, Fengting e Ng'ang'a	Use of Cactus <i>Opuntia</i> as a Natural Coagulant: Water treatment in developing countries.	Periódicos CAPES	2017
Cactos	Pichler, Young e Alcantar	Eliminating turbidity in drinking water using the mucilage of a common cactus.	Rsearchgate	2012
Cactos	Goes <i>et al.</i>	Estudo da aplicação do Cacto <i>Opuntia Cochenillifera</i> no tratamento de água.	Google Acadêmico	2017
Cactos	Belbahloul, Zouhri e Anouar	Biofloculants extraction from Cactaceae and their application in treatment of water	ScienceDirect	2015

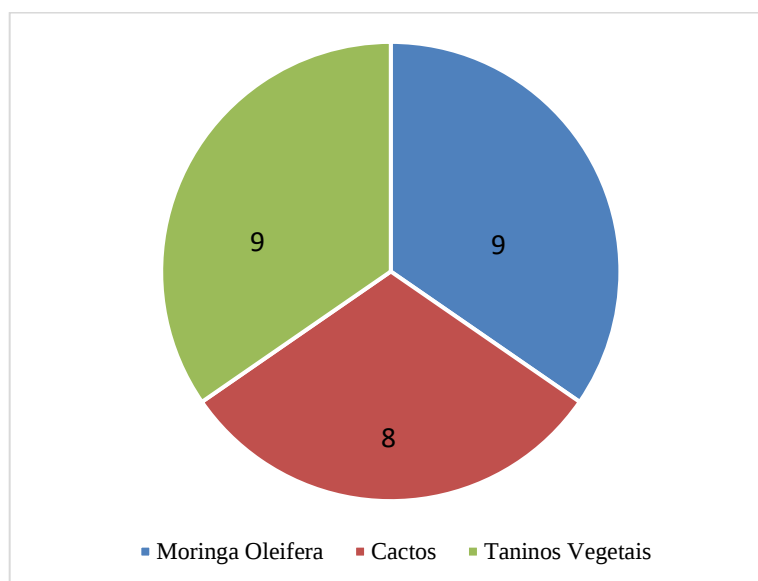
		and wastewater.		
Cactos	Verbel <i>et al.</i>	Avaliação de uma mistura de coagulantes naturais, <i>Opuntia ficus</i> e <i>Moringa Oleifera</i> em clarificação de águas.	SciELO	2017
Cactos	Ferreira	Avaliação do desempenho do Cacto da espécie <i>Opuntia Ficusindica</i> como coagulante no tratamento de água.	Google Acadêmico	2015
Taninos Vegetais	Aboulhassan <i>et al.</i>	Coagulation efficacy of a tannin coagulant agent compared to metal salts for paint manufacturing wastewater treatment.	Researchgate	2016
Taninos Vegetais	Júnior e Abreu	Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidades.	Google Acadêmico	2018
Taninos Vegetais	Skoronsk	Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para Abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC.	SciELO	2014
Taninos Vegetais	Heredia <i>et al.</i>	Remediation of Dye-Polluted Solutions by a New Tannin-Based Coagulant.	Periódico CAPES	2011
Taninos Vegetais	Camacho <i>et al.</i>	Avaliação do processo de Coagulação/Floculação utilizando coagulantes naturais na remoção de cianobactérias.	Google Acadêmico	2012

Taninos Vegetais	Stival <i>et al.</i>	Avaliação de coagulantes a base de tanino de acácia negra (<i>Acácia Mearnsii</i>) para o tratamento de água.	Google Acadêmico	2020
Taninos Vegetais	Siqueira <i>et al.</i>	Análise da performance dos Coagulantes naturais <i>Moringa Oleifera</i> e Tanino como alternativa ao Sulfato de alumínio para o tratamento de água.	Researchgate	2018
Taninos Vegetais	Santos <i>et al.</i>	Uso do sulfato de alumínio e do tanino vegetal no tratamento de água.	Google Acadêmico	2018
Taninos Vegetais	Mangrich	Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de <i>Acacia Mearnsii</i> .	Google Acadêmico	2014

Fonte: Autoria própria, 2021.

O gráfico 3 mostra a destituição do número de trabalhos encontrados de acordo com cada matéria-prima selecionada.

Gráfico 3: Quantificação de trabalhos por matéria-prima.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Conforme visto no gráfico 2, as quantidades de fontes literárias sobre as três matérias primas foram bem distribuídas durante a pesquisa. Com 9 artigos para a *Moringa Oleifera* e os Taninos Vegetais, seguidos pelos Cactos que possuem 8 trabalhos encontrados na revisão sistemática realizada.

Contudo, é importante ressaltar que as pesquisas encontrados para a *Moringa Oleifera*, se destacaram como a matéria-prima que mais possuía fontes da literatura, estando presente em várias pesquisas, até mesmo quando não era a matéria-prima principal do estudo ela frequentemente apareceu como fonte comparativa de eficiência, como é o caso do estudo realizado por Díaz, Arguello e Ribon (2016), Verbel *et al.* (2017), Camacho (2012) e Siqueira *et al.* (2018). Isso se deve principalmente ao seu promissor desempenho quanto à sua atuação no procedimento do tratamento de água voltada para o abastecimento público.

Os diferentes estudos encontrados de modo similar a determinação de suas principais características. Foi possível ainda realizar uma seleção das principais vantagens e desvantagens do seu uso exposta no Quadro 3, com base nas discursões de pesquisadores distintos encontrados na literatura.

Quadro 3: Artigos selecionados para o estudo da *Moringa Oleifera*.

MORINGA OLEIFERA	
Características da matéria orgânica	Fonte
Conforme Arantes (2015), a <i>Moringa Oleifera</i> tem como origem a Ásia no nordeste indiano. Contudo, seu desenvolvimento também se dá de forma ampla na África e América do Sul. Suas sementes se destacam como fatores que indicam uma alta massa molecular responsável pelo seu bom desempenho no processos de coagulação.	(ARANTES <i>et al.</i> , 2015)
A <i>Moringa Oleifera</i> está classificada como pertencente à Família Moringaceae. Ela representa apenas uma das quatorze espécies classificadas. Seu desenvolvimento se dá expansivamente no nordeste brasileiro sendo encontrada com facilidade em distintas localidades da região. Além disso, por ser uma planta bastante tolerante a condições de estresse hídrico é considerada uma espécie de caráter halofílico.	(OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2018)

No Brasil a espécie foi inicialmente introduzida no Maranhão com registros de 1950, como uma planta voltada para a ornamentação. Conforme o desenvolvimento de estudos sobre seu cultivo em variadas áreas foram observados sua ocorrência no nordeste: Piauí, Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba, Sergipe, Pernambuco, Bahia e em outros estados com condições climáticas distintas: Mato Grosso do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Paraná. Desse modo, com o passar dos anos a Moringa está cada vez mais sendo amplamente distribuída no país.	(SILVA, 2012)
Vantagens do uso	Fonte
Se destaca por possuir efetivas aplicações durante o tratamento de água. Visto que, não apenas atua como um eficiente agente coagulador durante o processo não obstante, quando obtido de forma adequada o extrato de sua semente evidencia-se com excelentes resultados como clarificante da água em razão de uma proteína, composto que desestabiliza as partículas da água floculando os colóides por meio de um processo de neutralização e adsorção.	(BORGO <i>et al.</i> , 2016)
Trata-se ainda de uma espécie bastante conhecida por possuir um desenvolvimento muito rápido nos mais diversos tipos de solo, incluindo solos considerados pobres sem muitos nutrientes e com pouca disposição de água. Sendo assim, o cultivo da <i>Moringa Oleifera</i> implica em poucos gastos e um manejo simples que não apresenta riscos à saúde humana quando utilizadas em baixas doses em processos de clarificação da água atua na diminuição da turbidez sem apresentar indícios de toxicidade.	(SILVA, 2012)
Desvantagens do uso	Fonte
Contudo, apesar de sua evidente eficiência na remoção de turbidez e bactérias da água como um importante coagulante natural. Quando analisada voltada para o abastecimento público, não recomenda-se sua apenas sua aplicação durante o processo. Portanto, faz-se necessário as demais etapas do tratamento: Decantação, Filtração e Desinfecção da água. Como principal objetivo, cumprir	(SIQUEIRA <i>et al.</i> , 2015)

com todos os padrões de qualidade da água previstos na portaria vigente do ministério da saúde.	
Um estudo de tempo de degradação da <i>Moringa Oleifera</i> como atuante na coagulação no tratamento de água superficial para o abastecimento público, indicou que o pó da semente pós a extração é aconselhável utilização durando um período máximo de três semanas pois com o tempo pode perder sua efetividade em razão a fatores como temperatura. Necessitando ficar isolado para uma maior duração de uso.	(VALVERDE <i>et al.</i> , 2014)
CACTOS	
Características da matéria orgânica	Fonte
Se refere a uma planta nativa de vários países com características climáticas de extremo calor e áridos, justamente por possuir como principal caracteriza a resistências a ambientes quentes e secos, devido a sua capacidade fisiológica de conservar água.	(LIMA; ALMEIDA; VICENTINI, 2020)
Nos últimos anos, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando o levantamento com base na eficiência dos cactos como coagulante e floculante natural. Sendo as seguintes espécies mais conhecidas e mais estudadas como importante fonte: Figueira da Índia (<i>Opuntia ficus-indica</i>), Opotunia ou Palmatória (<i>Opuntia dillenii</i>) e <i>Opuntia cochenillifera</i> .	(KARANJA; FENGTING; NG'ANG'A, 2017)
O efeito coagulante e floculante natural observados em distintas espécies de cactos, pode estar diretamente associadas com as várias pectinas, sendo essas uma complexa família de polissacarídeos presentes nas paredes celular das plantas.	(BELBAHLOUL; ZOUHRI; ANOUAR, 2015)
Vantagens do uso	Fonte
Constatam-se evidências esmagadoras da ação de partes dessas plantas como excelentes removedores de turbidez durante o tratamento destinadas ao abastecimento público. Além disso, constatou-se eficácia do cacto na remoção de quantidades de matéria química de oxigênio e coloração em água residuais.	(PICHLER; YOUNG; ALCANTAR, 2012)
As variadas espécies de cactos apresentam-se como uma matéria-prima abundante no semiárido nordestino brasileiro, como é	(GOES <i>et al.</i> , 2017)

o caso da <i>Opuntia cochenillifera</i> . Ademais, possuem um baixo custo de aquisição quando em comparação aos coagulantes inorgânicos de renome que são comercializados.	
Desvantagens do uso	Fonte
Sua aplicação como coagulante requer primeiramente uma visão geral de sua eficácia e condições específicas em relação ao pH. Segundo revisão literária feita por Karanja et al. (2017), ele não apresenta resultados significativos no pH da água tratada, porém, os resultados demonstraram falta de consenso dos pesquisadores da área sobre um pH ideal para sua aplicação necessitando assim mais estudos na área.	(KARANJA; FENGTING; NG'ANG'A, 2017)
TANINOS VEGETAIS	
Características da matéria orgânica	Fonte
Os taninos vegetais englobam uma das maiores classes dos metabólicos secundários das plantas. Eles podem ser encontrados em folhas, frutos, raízes e cascas. Em relação a sua química são classificados como polímeros polihidroxifenólicos, solúveis em água, cuja massa molecular situa-se entre 500 a 3.000 Da.	(JÚNIOR; ABREU, 2018)
Os taninos por sua vez são considerados moléculas com propriedades coagulantes devido sua capacidade de neutralizar cargas superficiais de partículas coloidais em suspensão, permitindo a formação dos flocos. Desse modo, além do tratamento de água voltada para o abastecimento público também podem ser aplicadas em águas residuais.	(SKORONSK, 2014)
A reação de Mannich é a responsável pela produção dos polímeros catiônicos que constituem a base dos taninos vegetais. Ela envolve um aldeído, geralmente um Metanal e um cloreto de amônio ou aminocomposto, em conjunto com o extrato tanino. Essa reação é de grande importância por ser responsável pela transformação do tanino sem carga em um polímero catiônico, para que esse produto apresente um caráter anfótero (pela presença dos grupos amino) e hidroxilas fenólicas. Desse modo, atuam como coagulante neutralizando as cargas e formando pontes.	(MANGRICH <i>et al.</i> , 2014)

Vantagens do uso	Fonte
Os taninos são extraídos de diversas fontes naturais, como da casca de vegetais geralmente em bastante abundância como é o caso da Acácia Negra (<i>Acacia mearnsi</i>). Desse modo, esses compostos orgânicos são facilmente encontrados em solo brasileiro. No Brasil o Tanfloc tem como matéria-prima a acácia negra, considerada principal fonte de biocoagulantes da atualidade com 20 a 30% de cascas.	(HEREDIA <i>et al.</i> , 2011)
O Tanfloc, coagulante com origem natural a base de taninos mais usado, apresenta uma rentável opção visto que possui uma alta atividade coagulante em dosagens consideradas baixas de 200mg/L, removendo por sua vez quase toda a concentração de contaminantes no tratamento da água.	(LIMA; ALMEIDA; VICENTINI, 2020)
Desvantagens do uso	Fonte
Apesar dos estudos laboratoriais mostrarem que os coagulantes provenientes dos Taninos apresentarem uma fácil sintetização por meio de procedimentos muito simples, eles apresentam uma complexidade química grande, isso se deve a serem retirados de uma matriz natural sem uma purificação muito completa. Desse modo, o conhecimento envolvendo sua estrutura ainda requer muitos estudos para que de fato possa entender sua estrutura de modo melhor.	(ABOULHASSAN <i>et al.</i> , 2016)

Fonte: Autoria própria, 2021.

Conforme o Quadro 3, entendemos que tanto os cactos como a *Moringa Oleifera* apresentam características de adaptabilidade a regiões com elevadas condições climáticas. Enquanto os Taninos vegetais se destacam com a diversidade de extrações, visto que são compostos presentes em grande parte da composição dos vegetais.

5.2 COMPARAÇÃO DE DADOS

Para facilitar a análise dos dados o Quadro 4, apresenta a comparação dos resultados diferentes pesquisas para a mesa matéria-prima. Nessa etapa foram selecionadas as 15 melhores

pesquisas dentre as 26 selecionadas, para isso foram aplicados os critérios de exclusão além de uma análise dos melhores procedimentos metodológicos encontrados.

Quadro 4: Análise dos trabalhos encontrados sobre a aplicação dos coagulantes e floculantes para o tratamento de água voltados para o abastecimento público.

Matéria Prima	Fonte	Metodologia	Resultado
<i>Moringa Oleifera</i>	(ARANTES <i>et al.</i> , 2015)	Comparação do uso da <i>Moringa Oleifera</i> no tratamento de água em forma líquida sachê contendo 0,8 g de pó da sua semente. Onde aplicou-se uma pré-filtração ascendente e filtração lenta, observado as variações de comportamento de ambas.	Para unidades de pré-filtração a aplicação em sachê apresentou uma menor eficiência. Contudo, na filtração lenta a mesma obteve uma performance melhor, não só em relação a redução da turbidez mas também da cor aparente, em comparação com o coagulante de forma líquida.
<i>Moringa Oleifera</i>	(MADRONA, 2011)	Realizou-se a filtração com membranas com diferentes tipos de extração. Comparando a efetividade das sementes com um extrato de KCl, no processo de microfiltração com membranas 0,1 e 0,2 μm , para as pressões de 1 e 2 bar. Avaliou-se o tempo de efetividade dos dois compostos e ainda os mesmos dados sem a filtração no processo.	Como resultados, viu-se que sem o processo de filtração o tratamento é ineficiente mesmo com a aplicação do coagulante. Avaliou-se ainda, que o KCl possuiu uma maior eficiência para águas com baixa cor e turbidez. Foi possível perceber que após um ano de armazenamento as sementes (antes de virar pó) da MO perde poder na coagulação. Enquanto que o extrato de KCl perde em 5 meses.

<i>Moringa Oleifera</i>	(SANTOS; CRUZ; GONTIJO, 2019)	Análise da eficiência da <i>Moringa Oleifera</i> para o tratamento da água utilizada para abastecimento da comunidade rural da cidade de Bela Vista de Minas. O experimento se deu em um Jar Test utilizou quantidades arbitrárias do pó da planta com o intuito de verificar sua atuação na mudança das características da água e qual quantidade mínima seria suficiente na remoção da turbidez.	Para os experimentos conduzidos, verificou-se que a quantidade mínima ideal do pó foi de 0,648g para 2L de água, correspondente em média a três sementes trituradas. Ademais, foi possível constatar que em doses menores ou maiores a <i>Moringa</i> possuiu uma perda do seu desempenho na remoção da turbidez. Portanto, a <i>Moringa Oleifera</i> surge como uma importante ferramenta, devido a seu baixo custo e ao seu fácil manejo para abastecimento de populações rurais.
<i>Moringa Oleifera</i>	(BORGO et al., 2016)	Um estudo sobre o tratamento de água com um pó das sementes trituradas de <i>Moringa Oleifera</i> sem o uso de energia elétrica. Para isso, foram analisadas 3 sementes para 1,3L de água do rio doce. Onde foram avaliados 3 amostras de água coletadas em garrafas pet de 2L. A primeira amostra foi recolhida após 8h de repouso, a segunda 12h e a terceira 24h. Após isso foram colocadas em garrafas pet de 500mL em caixas de sapato revestidas com papel alumínio exposta ao sol por 12h.	Observou a formação de flocos da coagulação com densidades superior à da água. A partir dos valores encontrados com o uso do turbidímetro, constatou-se que a semente da MO apresentou ótimos resultados para a coagulação dos sólidos, com melhores resultados para a terceira amostra de 24h. Contudo, o menor valor de turbidez encontrado foi de 44UNT, não atendendo os requisitos para ser considerada potável. Observou-se que a semente da <i>Moringa Oleifera</i>

			pode ser aplicada para o tratamento de água em comunidades com difícil acesso a água tratada.
<i>Moringa Oleifera</i>	(PEREIRA <i>et al.</i> , 2015)	Para comparar a eficácia do Coagulante natural de <i>Moringa Oleifera</i> com Sulfato de Alumínio na remoção de cor e turbidez. Foram preparadas amostras com 50, 100 e 150NTU. Para o equipamento de Jar Test, visando simular etapas de coagulação, floculação e sedimentação para períodos de tempo distintos.	Foi possível observar que não existiu grandes variações de pH para ambos coagulantes. Na remoção da turbidez a MO foi mais eficiente com 77,56% enquanto o coagulante químico apenas 28,22%. Já para a cor aparente o sulfato obteve um melhor desempenho com 99,47% e a MO em seguida com 94,01%. Pode-se comprovar a eficácia da <i>Moringa Oleifera</i> como atuante no processo de tratamento de água voltado para abastecimento humano.
Cactos	(DÍAZ; ARGUELLO ; RIBON, 2016)	Foram comparados cinco coagulantes naturais: Um cacto (<i>Hylocereus cf. caules de trigonus</i>), Árvore da chuva (<i>Samanea saman</i>), Exsudato de goma, Casca de Matumba (<i>Guazuma ulmifolia</i>) e a casca e semente da <i>Moringa Oleifera</i> tratamento de amostras de água bruta retiradas do rio Sinú, Colômbia. Avaliando a remoção de turbidez presente	Como resultado foram obtidos os dados dos cinco coagulantes e floculantes naturais para comparação. Embora a <i>Moringa Oleifera</i> tenha se destacado com o melhor desempenho o Cacto apresentou resultados atrativos como potencial ferramenta natural. Na remoção da turbidez teve 98% de eficiência.

		em dosagens de 5mg/L de coagulante/floculante para 200mg/L de água.	
Cactos	(PICHLER; YOUNG; ALCANTAR, 2012)	Foi realizada uma comparação da Figueira da Índia (<i>Opuntia ficus-indica</i>), uma espécie de cacto originária das regiões desérticas encontradas em regiões semiáridas, com Sulfato de Alumínio. Por meio de experimentos de Jarra e Cilindro simulando processos de coagulação, floculação e sedimentação.	Os pesquisadores notaram uma alta eficiência do cacto na aglutinação de impurezas das amostras de água analisadas. Para concentrações de dosagens de 3mg/L o extrato da planta aumentou a sedimentação das partículas em 330% quando comparado com floculante sintético. Os estudiosos concluíram por fim, a eficiência da Figueira da Índia como bio-coagulante e bio-floculante.
Cactos	(GOES <i>et al.</i> , 2017)	Testes realizados com o reator estático Jar Test de seis provas com regulador de hastes misturadoras. As dosagens do coagulante a base do cactos foram de 1mg/L, 1,4mg/L e 7mg/L. Para a análise foi adotado um tempo de 10 min de sedimentação para todas as amostras. Analisando as variações de pH da <i>Opuntia cochenillifera</i> .	Para o parâmetro do pH da água, o Cacto não alterou tanto apresentando pouca influência nessa característica físico química. Enquanto para a coagulação ele se demonstrou um eficiente coagulante orgânico: 97% na remoção da cor aparente e 96% na turbidez da água.
Cactos	(VERBEL <i>et al.</i> , 2017)	A <i>Moringa Oleifera</i> e o Cacto <i>Opuntia ficus-indica</i> , foram convertidas em pó por meio de operações unitárias de	Notou-se que a aplicação de ambos coagulantes naturais não modificaram características importantes:

		tratamento (descachas, secadas, trituradas e peneiradas) em uma malha de 6mm. Onde por meio de um turbidímetro e um espectrofotômetro foram avaliadas a turbidez e sua relação com a absorção de partículas respectivamente em comparação com o Sulfato de Alumínio.	cheiro, cor ou gosto estranho. Foi observado ainda que o coagulante químico apresentam uma maior eficiência, até quando analisados em doses menores o sulfato foi mais eficaz que ambos coagulantes naturais. Ainda foi notado os benefícios da mucilagem dos cactos com o Sulfato para uma melhor performance. Embora a Moringa apresentou melhores resultados na remoção da turbidez, o cacto apresentou bons resultados principalmente em águas mais turvas.
Cactos	(FERREIRA, 2015)	Como uma forma de avaliar o desempenho da <i>Opuntia ficus-indica</i> como coagulante natural. Foi realizada para a extração pulverização da planta em estufa com 80°C por 24h, seguidos por trituração e peneiração. Para os testes de turbidez variou 50uT a 300uT em diferentes pH: 4,6,7,8 e 10. Com a dosagem variando de 20 a 100mg/L. Por fim, comparado uma dosagem (avaliada mais viável) com a performance do composto metálico PAC.	Não houve alteração com a variação de pH. Os melhores resultados para águas com alta turbidez foram para a dosagem de 60mg/L. Para a faixa de turbidez inicial de 200uT a eficiência chegou a 70,4% em 60mg/L e 72,3% em 80mg/L. O experimento prosseguiu avaliando a dosagem de 30mg/L pois não observou grandes variações na eficiência com 68,9% para a remoção da turbidez. Mesmo o PAC, apresentando uma remoção de 95% ainda é possível considerar o cacto

			como potencial coagulante sugerindo mais estudos na área.
Taninos Vegetais	(SANTOS <i>et al.</i> , 2018)	Comparação do tanino vegetal à base de acácia negra com Sulfato de Alumínio na coagulação avaliando os parâmetros pH, cor aparente e turbidez do rio Poxim em Aracaju/SE. Foi prepara 1g do tanino para 100mL de água destilada para 22,5mg/L como concentração. Enquanto para o Sulfato 15g para 100mL, obtendo uma solução de 15%. O ensaio foi no Jar Test simulando as etapas que ocorrem na estação de tratamento de água.	Com relação a turbidez somente as amostras contendo o Sulfato de Alumínio se enquadraram nos padrões exigidos no brasil. Foi visto que o tanino não alterou o pH da água tratada. Para o parâmetro de cor aparente no Sulfato de Alumínio somente na dosagem de 15mL/L teve resultados satisfatórios, já para o tanino vegetal as dosagens de 2ml/L, 10mL/L e 15ml/L enquadraram-se nos padrões da portaria. De modo geral, ambos coagulantes apresentaram resultados bem similares esse mostraram eficiência no tratamento da água.
Taninos Vegetais	(SKORONS KI <i>et al.</i> , 2014)	Com o intuito de avaliar o uso do tanino proveniente da Acácia negra no tratamento de água voltada para o Rio Tubarão. Foram analisados os seguintes parâmetros: Concentração de tanino na água, cor aparente, turbidez, alcalinidade. Com concentrações variando de 1mg/L a 7,5mg/L.	Para as melhores condições os taninos apresentaram uma remoção de 30% da alcalinidade após o tratamento. Enquanto para a cor aparente foram situadas entre 4,2 e 7,6uC e a turbidez de 0 a 2uT. Concluindo desse modo, que os valores atendem a portaria estabelecida pelo ministério da saúde. Sendo uma pesquisa incentivadora para

			estudos mais aprofundados na área sobretudo em relação a possíveis efeitos tóxicos de sua aplicação na distribuição de água.
Taninos Vegetais	(CAMACHO, 2012)	Para avaliar dois coagulantes naturais a <i>Moringa Oleifera</i> e o Tanfloc SG (Um tanino vegetal extraído da Acácia Negra) na remoção da cor aparente, turbidez e <i>C. raciborskii</i> . As células de <i>C. raciborskii</i> , foram cultivadas no laboratório e acompanhadas quinzenalmente. Para o experimento foram analisadas dosagens de ambos coagulantes nas concentrações de 25 a 300mg/L em pH 7.	Para a remoção dos <i>C. raciborskii</i> , a <i>Moringa Oleifera</i> obteve melhor desempenho para a turbidez de 450NTU. Em quantidades de 50 e 75mg/L. Já o tanino Tanfloc SG apresentou melhores indícios na remoção, principalmente em altas dosagens do coagulante para 450NTU. Os dados indicam que os coagulantes naturais apresentaram eficiência $\leq 80\%$ com a MO e $\leq 90\%$ com o Tanfloc SG. Desse modo, indica o uso destes coagulantes naturais traz benefícios econômicos para os países produtores.
Taninos Vegetais	(STIVAL <i>et al.</i> , 2020)	Visou avaliar o potencial coagulante e floculante de duas fontes a base de taninos: Tanfloc SG e Tanfloc MTH, para o tratamento de água voltado para o abastecimento público. Para as concentrações de 10, 20 e 30mg/L. Em variados valores de pH (5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8 e 8,5).	No geral o coagulador e floculador Tanfloc MTH apresentou resultados mais satisfatórios quanto a remoção de sólidos em suspensão. Em pH 7 observou que os compostos em concentração de 10mg/L apresentaram melhor desempenho. Enquanto o Tanfloc SG apresentou melhor

		Avaliando os parâmetros de turbidez e cor aparente para determinar a eficiência dos compostos.	performance em valores de pH acima de 7,5, com pico de eficiência em 8,5. Sendo considerado por fim, um ótimo coagulador e floculador no tratamento de água.
Taninos Vegetais	(SIQUEIRA <i>et al.</i> , 2018)	Foi coletado água do rio Pirapó, usada para o abastecimento, na cidade de Maringá. Foram feitos testes em dois coagulantes naturais: A <i>Moringa Oleifera</i> (0,9763g de semente trituradas e agitadas), Sulfato de Alumínio (1g diluído em 100mL de água destilada) e o Tanfloc (comercializado sem necessidade de preparo). Os experimentos de coagulação e floculação foram realizados pro meio de Jar Test para 1000mL de água bruta. Com concentração de 5mL de MO, 2,5mL de Sulfato de Alumínio e 1,5mL de Tanfloc.	O tanino foi o biocoagulante que apresentou uma maior eficiência na remoção da turbidez com 97,6% a 4.9NTU (Dentro do padrão exigido pelo ministério da Saúde), seguido pelo sulfato de alumínio com 84,6% e a MO com 80%. Desse modo, apesar de bons resultados a MO e o Sulfato de alumínio necessitaram de outra etapa (filtração) para atingir os padrões exigidos. Para a remoção da cor foram obtidos: 95,6% para 4,8NTU, 76,5% e 75,8% respectivamente para o tanino, sulfato de alumínio e a MO. Por fim, os três coagulantes não alteraram o pH da água natural. Percebendo assim, a eficiência dos coagulantes naturais mesmo em comparação com Sulfato de Alumínio.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Após realizar uma análise com base nos estudos e constatações dos autores catalogados no Quadro 4, foi possível perceber que todos indicaram o uso dos coagulantes e/ou floculantes naturais como potencial substituto a coagulantes químicos como o sulfato de alumínio. Contudo, estes autores também evidenciam a necessidade de uma expansão das pesquisas e teste sobre esses materiais, no qual algumas das vezes existem diferença de opiniões sobre determinados comportamentos. Somente com a ampliação da literatura é possível considerar essa área da biotecnologia.

5.4 COAGULANTES E FLOCULANTES NO SEMIÁRIDO

Com base em estudos analisados por Karanja (2017), a escassez de sistemas de tratamento de água com boa eficácia para zonas rurais e demais populações subdesenvolvidas requerem soluções estratégicas que promovam uma boa performance e uma relação custo-benefício favorável para a condição de determinada população. Desse modo, faz-se necessário estudos voltados para o uso de coagulantes naturais que cumpram esses papéis: baixo custo e boa relação com o ambiente.

Longos períodos com baixa disponibilidade de água se destacam como uma das principais características da região semiárida brasileira. Desse modo alguns dos coagulantes e floculantes com maior eficiência são plantas que não apresentam um cultivo favorável para as condições ambientais encontradas na região do semiárido. Porém, existem pesquisas em torno de plantas e recursos da região que confirmam a utilização dessas ferramentas para o tratamento de água e abastecimento público da região semiárida como a *Moringa Oleifera*, as espécies cactáceas e alguns taninos a base de plantas nativas da região pouco encontrados no estudo.

Desse modo, avaliando as pesquisas que comparam não somente o desempenho desses potenciais Coagulantes/Floculantes com os de natureza química, mas também entre si como nos estudos de Verbel *et al.* (2017) e Díaz, Arguello e Ribon (2016) foi visto que, a utilização das sementes da *Moringa Oleifera* como agente coagulante apresenta-se como ótima alternativa para a tecnologia do sistema de tratamento de água, no processo de clarificação da água, sendo um produto biodegradável colaborando assim ainda para a preservação do meio ambiente nessas regiões.

Para Siqueira *et al.* (2015), as sementes da planta *Moringa Oleifera* como uma das mais viáveis soluções para a aplicação de coagulantes e floculantes na região do semiárido brasileiro.

De modo que, a mesma naturalmente se desenvolve de forma eficaz nas condições de elevadas temperaturas e irregularidades de chuva características dessas predominantes dessa região.

Além disso, uma de suas principais vantagens é seu fácil cultivo em solos com baixa quantidade de nutriente e seu rápido manejo (SILVA, 2012). Se constitui num modo de excelente performance e baixo custo para abastecimento tanto de pequenas comunidades, como propriedades rurais isoladas ou de difícil acesso até uma população que requer uma demanda maior.

6 CONCLUSÃO

Desse modo, de acordo com o objetivo da pesquisa de realizar um estudo literário em relação ao uso de coagulantes e floculantes provenientes de matérias-primas naturais no processo de tratamento de água para abastecimento público, foi possível perceber que de fato os coagulantes orgânicos se apresentam como uma ferramenta altamente promissora nesse sentido, na sua maioria das vezes são fontes de baixo custo, boa atuação e baixa toxicidade encontrada, muitas das vezes podem ser produzidos de modo simples e rápido nas próprias estações de tratamento.

Ademais, foi possível destacar a *Moringa Oleifera* como a matéria-prima mais eficiente, econômico, sustentável e acessível para comunidades localizadas no semiárido brasileiro. Além de sua alta performance como potencial coagulante natural, a mesma é encontrada em abundância na região por apresentar uma alta adaptabilidade às condições climáticas.

Por fim, em função da indisponibilidade e confronto de informações apontadas pelos autores sugere-se uma análise mais aprofundada acerca dos coagulantes naturais e em especial das matérias-primas estudadas no presente trabalho. Visando o maior acervo possível de fontes tendo em vista a grande quantidade da biodiversidade ainda desconhecidas. Assim, a pesquisa propor uma manutenção da qualidade da água fornecida no Brasil e para populações de difícil acesso além de promover meios que não agredam tanto o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **ATLAS do Brasil: Abastecimento urbano de água**. Brasília: Cobrape, 2010. Pág. 72. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.

ABOULHASSAN, Moulay Abdelazize *et al.* Coagulation efficacy of a tannin coagulant agent compared to metal salts for paint manufacturing wastewater treatment. **Desalination and Water Treatment**. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/291556668_Coagulation_efficacy_of_a_tannin_coagulant_agent_compared_to_metal_salts_for_paint_manufacturing_wastewater_treatment. Acesso em: 04 maio 2021.

ARANTES, Camila C. *et al.* Diferentes formas de aplicação da semente de *Moringa Oleifera* no tratamento de água. **Revista Eng. Agri. Ambient. [Online]**. v. 19, n. 3, p. 266-272, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662015000300266&lang=pt. Acesso em: 28 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. 1992. 18 p. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/JacquelineSchultz2/nbr-12216-92-projeto-de-estao-de-tratamento-de-gua-para>. Acesso em: 18 mar. 2021.

BARTIKO, Daniel; JULIO, Marcelo de. Construção e emprego de diagramas de coagulação como ferramenta para o monitoramento contínuo da floculação em águas de abastecimento. **Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, n. 1, abr. 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2015000100071. Acesso em: 10 dez. 2020.

BELBAHLOUL, M.; ZOUHRI, A.; ANOUAR, A., Biofloculants extraction from Cactaceae and their application in treatment of water and wastewater. **Journal of Water Process Engineering**. v. 7, p. 306-313, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714415300271>. Acesso em: 02 maio 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS. **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília, 2019. Disponível em:

http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagnostico_AE2019.pdf. Acesso em: 14 mar. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água:** Procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília, 2006. 251 p. Disponível em: http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/boas_praticas_agua.pdf. Acesso em: 15 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 518/04, de 25 de Março de 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 2914/11, de 12 de dezembro de 2011.

BERNARDO, Luiz di; DANTAS, Angela di Bernardo; VOLTAN, Paulo Eduardo Nogueira. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 3. ed. São Carlos: LDiBe Editora, 2017. Disponível em: <https://issuu.com/editoracubo/docs/issuu-low>. Acesso em: 04 jan. 2021.

BORG, Catharine *et al.* Tratamento de água com semente de *Moringa Oleifera*. **V Semana de Eng. Química UFES.** Espírito Santo, 2016. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/tratamento-de-gua-com-semente-de-moringa-oleifera-25537>. Acesso em: 03 maio 2021.

CAERN – COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE. **Informações apresentadas pela CAERN para elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico de Natal.** 2014.

CAMACHO, Franciele Pereira *et al.* Avaliação do processo de Coagulação/Floculação utilizando coagulantes naturais na remoção de cianobactérias. **e-xacta.** v. 5, n. 2, 2012. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/829/511>. Acesso em: 04 maio 2021.

CESAN. **Tratamento de Água.** Vila Velha, 2020. 18 p. Disponível em: https://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2020/08/APOSTILA_DE_TRATAMENTO_DE_AGUA-.pdf. Acesso em: 03 jan. 2021.

CLETO, Catarina Isabel Terenas Pinto. **O alumínio na água de consumo humano**. 87 f. Dissertação (Doutorado) - Mestrado em Química Industrial, Departamento de Química, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2009. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2842/1/TESE%20FINAL.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2020.

COSTA, Adriana Guimarães. **Sistemas de abastecimento de água**. Fortaleza: Agência Nacional de Águas, 2015.

DÍAZ, Jhon Jairo Feria; ARGUELLO, Johana Paola Rodiño; RIBON, Guillermo Enrique Gutiérrez. Behavior of turbidity, pH, alkalinity and color in Sinú River raw water treated by natural coagulants. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**. No.78, Medellín, Mar. 2016. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302016000100016. Acesso em: 02 maio 2021.

FERREIRA, Thayse Guilherme. **Avaliação do desempenho do Cacto da espécie *Opuntia Ficusindica* como coagulante no tratamento de água**. 2015. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais, Departamento Acadêmico de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6790/1/CT_COPAM_2015_1_09.pdf. Acesso em: 06 maio 2021.

FUGITA, Sandra Ruri. **Fundamentos do Controle de Poluição das Águas**. 2. ed. São Paulo: Cetesb, 2018. 220 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/07/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2020.

GOES, Higor Henrique Dias *et al.* **Estudo da aplicação do Cacto *Opuntia cochenillifera* no tratamento de água**. Londrina, 2017. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2017a/agrar/Estudo%20da%20%20aplicacao.pdf>. Acesso em: 03 maio 2021.

HEREDIA, Jesus Beltrán; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; MARTÍN-SÁNCHEZ, C.. Remediation of Dye-Polluted Solutions by a New Tannin-Based Coagulant. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 50, p. 686-693, jan. 2011. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ie101148y>. Acesso em: 04 maio 2021.

JAKUBOSKI, Adriéli Pelizzar; SANTOS, Izaura José Padilha dos; RAUBER, Elton Antonio. **Poluição das água: Consequências para os seres humanos**. Mato Grosso, 2014. 15 p. Disponível em: <http://www.site.ajes.edu.br/jornada/arquivos/20140711203818.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2021.

JÚNIOR, R. N. Lima; ABREU, F. O. M. s. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: uma revisão sobre benefícios e potencialidades. **Rev. Virtual Química**, [s. l], v. 10, n. 3, p. 709-735, jun. 2018. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v10n3a20.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2020.

KARANJA, Ayub; FENGTING, Li; NG'ANG'A, Wilson. USE OF CACTUS OPUNTIA AS A NATURAL COAGULANT: water treatment in developing countries. **International Journal Of Advanced Research**. China, p. 884-894. jan. 2017. Disponível em: <https://www.journalijar.com/article/16019/use-of-cactus-opuntia-as-a-natural-coagulant:-water-treatment-in-developing-countries/>. Acesso em: 01 maio 2021.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. Disponível em: http://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india/view. Acesso em: 31 maio 2021.

LEE, Chai Siah; ROBINSON, John; CHONG, Mei Fong. A review on application of flocculants in wastewater treatment. **Process Safety And Environmental Protection**. p. 1-20. abr. 2014. Disponível em: <http://www.pjoes.com/A-Review-of-the-Application-of-Biofloccualnts-in-Wastewater-Treatment,61063,0,2.html>. Acesso em: 02 dez. 2020.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016.

LIMA, Paulo Renato; ALMEIDA, Igor Vivian de; VICENTINI, Veronica Elisa Pimenta. Os Diferentes tipos de Coagulantes Naturais para o tratamento de água: Uma revisão. **Revista Evidência: Biociência, Saúde e Inovação**. v. 20, n. 1, p. 9-22, Joaçaba, Jan/Jun 2020. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2021/02/24704-Texto-do-artigo-85724-2-10-20200914.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2021.

MADRONA, Grasielle Scaramal. **Extração/Purificação do Composto Ativo da Semente da Moringa Oleifera e sua Utilização no Tratamento de água para consumo humano**. Maringá, 2011. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3648>. Acesso em: 23 Abr. 2021.

MANGRICH, Antônio S.. Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de *Acacia Mearnsii*. **Revista Virtual de Química (Química Verde)**. v. 6, n. 1, 2014. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/425>. Acesso em: 05 maio 2021.

MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. **Abastecimento de Água**. Campina Grande, p. 154, 2009. Disponível em: http://www.margarita.dea.unir.br/uploads/11523232/arquivos/Apostilha_Abast_de_Agua_UF_CG_1632633735.pdf. Acesso em: 15 mar. 2021

MONDARDO, Renata Iza; SENS, Maurício Luiz; FILHO, Luiz Carlos de Melo. Pré-tratamento com cloro e ozônio para remoção de cianobactérias. **Eng. Sanit. Ambient**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, abr. 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000400006&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 15 jan. 2021.

MORUZZ, Rodrigo Braga et al. Floculação: considerações a partir da análise clássica e da avaliação direta da distribuição de tamanho de partículas. **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 817-824, maio 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/esa/v21n4/1809-4457-esa-46-02-S1413_41522016144959.pdf. Acesso em: 02 jan. 2021.

OLIVEIRA, Natalia Terezinha *et al.* Tratamento de Água com *Moringa Oleifera* como Coagulante e Flocculante natural. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, [s. l], v. 9, n. 1, p. 2179-4200, jun. 2018. Disponível em: <http://www.faema.edu.br/revistas/index.php/Revista-FAEMA/article/view/539#:~:text=A%20Moringa%20ole%C3%ADfera%20reduz%20drasticamente,alterar%20o%20pH%20da%20mesma>. Acesso em: 25 abr. 2021.

PALÁCIO, Soraya Moreno et al. Toxicidade de Metais em Soluções Aquosas: um bioensaio para sala de aula. **Química e Sociedade**, v. 35, n. 2, p. 79-83, maio 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/03-QS-61-11.pdf. Acesso em: 10 dez. 2020.

PEREIRA, Edilaine Regina *et al.* Comparação entre a aplicação do Coagulante natural *Moringa Oleifera* e do Coagulante químico Sulfato de Alumínio no tratamento de água com diferentes níveis de Turbidez. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v. 11, n. 21, p 3010-3020, 2015. Disponível em:

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/multidisciplinar/Comparacao%20entre%20a%20aplicacao.pdf>. Acesso em: 05 maio 2021.

PEREIRA, Régis da Silva. Poluição Hídrica: Causas e consequências. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 20-36, jan. 2004. Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL). Disponível em: <https://docplayer.com.br/3262106-Poluicao-hidrica-causas-e-consequencias.html>. Acesso em: 12 dez. 2020

PICHLER, Thomas; YOUNG, Kevin; ALCANTAR, Norma. Eliminating turbidity in drinking water using the mucilage of a common cactus. **Water Science & Technology: Water Supply**, 1, v. 2, n. 12, p. 179-186, nov. 2012. Disponível em: <https://www.geochemie.uni-bremen.de/pdf/pichler/WS%202012%20Mucilage.pdf>. Acesso em: 03 maio 2021.

SAAE, Serviço Autônomo de Água. **Sistemas de Tratamento de Água**. Aracruz, 2006. Disponível em: saaeara.com.br/arquivos/outros/Tratamento_de_Agua.pdf. Acesso em: 16 jan. 2021.

SANTOS, Andressa Regina Arthuso; CRUZ, Larissa Aparecida; GONTIJO, Herbert Medeiros. **Semente de Moringa Oleífera como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais**. Minas Gerais, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332118320_Semente_de_Moringa_Oleifera_como_solucao_alternativa_para_o_tratamento_de_agua_em_comunidades_rurais. Acesso em: 04 maio 2021.

SANTOS, Wesley Natanael de Araujo et al. Uso do sulfato de alumínio e do tanino vegetal no tratamento de água. In: X Simpósio de Engenharia de Produção De Sergipe, 2018, Sergipe. **Anais [...]**. São Cristóvão: UFS, 2018. p. 384-394. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10418/2/UsoSulfatoAlum%C3%ADnio.pdf>. Acesso em: 05 maio 2021.

SILVA, Beatriz Cavalcante da. **Usos potenciais de Moringa Oleífera, uma matriz para a produção de biodiesel e tratamento de água no semiárido nordestino**. 2012. 117 f. Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/18222/1/BeatrizCS_DISSERT.pdf. Acesso em: 28 abr. 2021.

SILVA, E. Rodrigues. **Os cursos da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**. Tese (Doutorado) - Fundação Oswaldo Cruz/Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, p.12-15, 1999. Disponível em: http://www.pickupau.org.br/mundo/curso_agua/O%20Curso%20da%20%C1gua%20na%20Hist%F3ria.pdf. Acesso em: 17 mar. 2021.

SIQUEIRA, Ana Paula da Silva *et al.* Análise da performance dos Coagulantes naturais *Moringa Oleifera* e Tanino como alternativa ao Sulfato de alumínio para o tratamento de água. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v. 15, n. 27, p 18-29, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325954494_ANALISE_DA_PERFORMANCE_DO_S_COAGULANTES_NATURAIS_Moringa_oleifera_E_TANINO_COMO_ALTERNATIVA_AO_SULFATO_DE_ALUMINIO_PARA_O_TRATAMENTO_DE_AGUA. Acesso em: 05 maio 2021.

SIQUEIRA, Maria Susi da Silva *et al.* Viabilidade da utilização da *Moringa Olífera* como método alternativo de tratamento de água no semiárido nordestino. **Revista Acadêmica SCIRE**. [s. l], v. 8, n. 2, ago. 2015. Disponível em: https://hugepdf.com/download/viabilidade-da-utilizaao-da-moringa-5b2f1e83b9944_pdf. Acesso em: 25 abr. 2021.

SKORONSK, Everton *et al.* Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para Abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. **Revista Ambiente & Água**. Taubaté, v. 9, n. 4, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280761401_Estudo_da_aplicacao_de_tanino_no_tratamento_de_agua_para_abastecimento_captada_no_rio_Tubarao_na_cidade_de_Tubarao_SC. Acesso em: 04 maio 2021.

SOUZA, Michelle Matos de; SANTOS, Ana Silvia Pereira. Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês – DVP: Dutch Visitors Programme. **Eng Sanit Ambient**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 387-395, abr. 2016. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/agua-potavel-agua-residuaria-e-saneamento-no-brasil-e-na-holanda-no-ambito-do-programa-de-visitacao-holandes-dvp-dutch-visitors-programme/>. Acesso em: 03 jan. 2021.

STIVAL, Ângela Helena Silva Mendes *et al.* Avaliação de coagulantes a base de tanino de acácia negra (*Acácia Mearnsii*) para o tratamento de água. **Brazilian Journal of Development**. v. 7, n. 3, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/27207/21496>. Acesso em: 04 maio 2021.

TAFFAREL, Silvio Roberto. **Apostila de Operações e Processos Hidro sanitárias I**. Canoas, jul. 2012. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/disciplina/hidrologia/?type=6&materialid=80981390>. Acesso em: 20 mar. 2021.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas estudos avançados**, v.22, p.1-16, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>. Acesso em: 11 dez. 2020.

VALVERDE, Karina Cardoso et al. Avaliação do tempo de degradação do Coagulante natural *Moringa Oleifera* em pó no tratamento de água superficial. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 75-82, jan. 2014. 1. ISSN: 1984-3151. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/1203>. Acesso em: 29 abr. 2021.

VERBEL, Rafael Olivero *et al.* Avaliação de uma mistura de coagulantes naturais, *Opuntia ficus* e *Moringa Oleifera* em clarificação de águas. **Rev. Producción + Limpia**. v.12, n.2, p. 71-79, 2017. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-04552017000200071&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 02 maio 2021.

VIANNA, Marcos Rocha. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. 4 ed. Belo Horizonte: Imprimatur, 2002.

World Health Organization (WHO). **Guidelines for Drinking-water Quality**: incorporating first addendum. Austrália, v. 1, 2006. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf. Acesso em: 10 mar. 2021.