



Nº 091

**PRODUÇÃO DE AGENTES COAGULANTES PARA CLARIFICAÇÃO
DA ÁGUA A PARTIR DE TANINOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA
CAATINGA**

BRUNA FERREIRA DOS ANJOS

Macaíba/RN
Junho de 2021



BRUNA FERREIRA DOS ANJOS

PRODUÇÃO DE AGENTES COAGULANTES PARA CLARIFICAÇÃO DA ÁGUA A PARTIR DE TANINOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais (Área de Concentração em Ciências Florestais - Linha de Pesquisa: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais).

Orientador:

Prof.^a Dr.^a. Tatiane Kelly Barbosa de Azêvedo

Coorientador:

Prof.^a Dr.^a. Renata Martins Braga

Macaíba/RN

Junho de 2021

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Rodolfo Helinski - Escola Agrícola de Jundiá – EAJ

Anjos, Bruna Ferreira dos.

Produção de agentes coagulantes para clarificação da água a partir de taninos de espécies florestais da Caatinga / Bruna Ferreira dos Anjos. - 2021.

93 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Macaíba, RN, 2021.

Orientadora: Profa. Dra. Tatiane Kelly Barbosa de Azêvedo.
Coorientadora: Profa. Dra. Renata Martins Braga.

1. Tratamento de água - Dissertação. 2. Tanantes - Dissertação. 3. Cationização - Dissertação. 4. Turbidez - Dissertação. I. Azêvedo, Tatiane Kelly Barbosa de. II. Braga, Renata Martins. III. Título.

RN/UF/BSPRH

CDU 628.16

Elaborado por Elaine Paiva de Assunção - CRB-15/492

PRODUÇÃO DE AGENTES COAGULANTES PARA CLARIFICAÇÃO DA ÁGUA A PARTIR DE TANINOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA

Bruna Ferreira dos Anjos

Dissertação julgada para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais (Área de Concentração em Ciências Florestais - Linha de Pesquisa: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) e aprovada pela banca examinadora em 30 de junho de 2021.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Tatiane Kelly Barbosa de Azêvedo
UAECIA/UFRN
Presidente

Prof. Dr. Alexandre dos Santos Pimenta
UAECIA/UFRN
Examinador interno

Prof. Dr. Rafael Rodolfo de Melo
UFERSA
Examinador interno

Prof. Dr. Pedro Nicó de Medeiros Neto
UFCG
Examinador Externo

Macaíba/RN
Junho de 2021

À Deus,
Minha mãe,
Minhas irmãs,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço

A Deus, por me proporcionar e me abençoar para que eu pudesse viver esse momento, por nunca me desamparar em todos os momentos da minha vida e ter me dado forças para prosseguir mesmo eu achando que não conseguiria, que ele possa ser sempre o centro na minha vida.

Às minhas musas inspiradoras, minha mãe dona Izabel, minhas irmãs, Izana, Jakeline e Solange, sempre me incentivando nos estudos, a elas, todo meu amor e gratidão eu nunca conseguirei chegar em lugar algum sem o amor e apoio de cada uma, pois vocês são minha base.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), pela oportunidade de realizar esse estudo e a Escola Agrícola de Jundiá.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UFRN (PPGCFL/UFRN), ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF/UFRN) e ao Grupo de Trabalho em Tecnologia da Madeira (GTMAD/UFRN), por todo apoio às atividades acadêmicas desenvolvidas durante o mestrado.

Ao laboratório de Microbiologia ambiental, em especial à professora Vanessa Becker, por ter disponibilizado o laboratório para a realização dos testes. Agradeço também a técnica Radmila, por todo cuidado, atenção e disponibilidade durante os testes, sua ajuda foi essencial.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pela concessão da bolsa de estudos.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Tatiane Kelly Barbosa de Azevêdo, uma profissional dedicada que inspira a muitos, grata pelo conhecimento repassado, pela paciência, apoio, dedicação e compreensão.

À minha coorientadora Prof.^a Dr.^a Renata Braga por suas contribuições para o desenvolvimento desse trabalho, contribuições no qual foram importantíssimas.

À minha amiga Adriana que nos últimos meses foi meu ombro amigo me ajudou no desenvolvimento dessa pesquisa, sempre solicita a ajudar o próximo você tem um coração gigante. Obrigada amiga.

E por fim a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho, o meu muito obrigada.

RESUMO GERAL

PRODUÇÃO DE AGENTES COAGULANTES PARA CLARIFICAÇÃO DA ÁGUA A PARTIR DE TANINOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA

O aumento populacional nas últimas décadas tem sido expressivo, afetando diretamente na qualidade de vida da população, gerando escassez na distribuição da água. A fim de amenizar os impactos causados pelos coagulantes químicos no abastecimento da água, estudos vêm sendo realizados no intuito de gerar alternativas para melhorias na distribuição da água. Uma dessas alternativas é a aplicação de taninos vegetais. Assim essa pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial dos taninos vegetais extraídos de espécies florestais (*Mimosa caesalpiniiifolia*, *Anacardium occidentale*, *Pityrocarpa Moniliformis* e *Anadenanthera colubrina*) como agentes coagulantes no tratamento da água. Foram analisados o teor de taninos presentes nas cascas e frutos de árvores provenientes, em um plantio florestal, localizados em área experimental na Escola Agrícola de Jundiá município de Macaíba-RN. Após as coletadas, as cascas e frutos foram secos ao ar, moídas e classificadas, utilizou-se a porção que passou por uma peneira de 16 “mesh” e ficou retida na de 60 “mesh”. Para as extrações foram utilizadas três amostras com 25g de material seco. O extrato obtido foi passado em uma peneira de 150 “mesh”, tecido de flanela, filtrado em funil de vidro e concentrado. Em seguida, foram determinados o teor de sólidos totais (TST), índice de Stiasny (IS) e o teor de taninos condensados (TTC). Os taninos obtidos passaram por cationização, para posteriormente passarem pelo processo de tratamento da água, utilizando o equipamento jar-test. Foram utilizados três tipos de concentração 50mg/L¹, 100mg/L¹ e 150 mg/L¹, o pH e a turbidez foram medidas inicialmente a cada teste. Foi possível observar que *A. occidentale* apresentou uma melhor eficiência ao coagular, quando comparada com as demais espécies, com remoção da turbidez de 99% da água tratada valor esse não encontrado na literatura com espécies florestais da Caatinga, sendo uma das pesquisas pioneiras no uso da casca do cajueiro para o tratamento da água.

Palavras-chave: Cationização, tanantes, tratamento de água, turbidez.

GENERAL ABSTRACT

PRODUCTION OF COAGULANT AGENTS FOR WATER CLARIFICATION FROM TANNINS OF FOREST SPECIES FROM CAATINGA

The population increase in recent decades has been expressive, directly affecting the quality of life of the population, generating shortages in water distribution. In order to alleviate the impacts caused by chemical coagulants on water supply, studies have been carried out in order to generate alternatives for improving water distribution. One of these alternatives is the application of vegetable tannins. Thus, this research aimed to evaluate the potential of vegetable tannins extracted from forest species (*Mimosa caesalpinifolia*, *Anacardium occidentale*, *Pityrocarpa Moniliformis* and *Anadenanthera colubrina*) as coagulating agents in water treatment. The content of tannins present in the bark and fruits of trees from a forest plantation, located in an experimental area at the Escola Agrícola de Jundiá, municipality of Macaíba-RN, was analyzed. After collection, the skins and fruits were air-dried, ground and classified, the portion that went through a 16 mesh sieve and was retained in the 60 mesh sieve was used. For the extractions, three samples with 25g of dry material were used. The obtained extract was passed through a 150 mesh sieve, flannel fabric, filtered in a glass funnel and concentrated. Then, the total solids content (TST), Stiasny index (IS) and the condensed tannins content (TTC) were determined. The tannins obtained went through cationization, to later go through the water treatment process, using the jar-test equipment. Three types of concentration were used, 50mg/L, 100mg/L and 150mg/L, pH and turbidity were initially measured in each test. It was possible to observe that *A. occidentale* presented a better efficiency when coagulating, when compared to the other species, with removal of turbidity from 99% of the treated water, a value not found in the literature with forest species from the Caatinga, being one of the pioneering researches in its use of cashew husk for water treatment.

Keywords: Cationization, tanning, water treatment, turbidity.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVO GERAL.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
3.1. Bioma Caatinga.....	7
3.2. Taninos vegetais.....	8
3.2.1. Taninos condensados.....	8
3.2.2. Espécies produtoras de tanino	10
3.2.3. Angico-vermelho (<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell) Brenan. Var.Cebril(Gris.)Alts..	11
3.2.4. Sabiá(<i>Mimosa Caesalpiniaefolia</i> Benth	13
3.2.5. Catanduva (<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth) Luckow & R. W. Jobson.....	14
3.2.6. Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	15
3.2.7. Utilização de taninos espécies produtoras de taninos	17
3.3. Coagulantes químicos	18
3.3.7. Cloreto férrico.....	19
3.4. Coagulantes naturais.....	20
3.4.7. Uso de coagulantes naturais no tratamento da água.....	20
3.4.8. Tratamento da água- coagulação e floculação	21
3.5. Alteração na estrutura do tanino para clarificação da água	22
LITERATURA CITADA	23
4. CAPÍTULO 1. APLICAÇÃO DE TANINOS UTILIZANDO ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA NO TRATAMENTO DA ÁGUA.....	39
RESUMO	40
ABSTRACT	40
INTRODUÇÃO	41
MATERIAL E MÉTODOS.....	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
CONCLUSÕES	54
AGRADECIMENTOS	54
LITERATURA CITADA.....	54
5. CAPÍTULO 2. USO DE COAGULANTE A PARTIR DA CASCA DE <i>Anacardium occidentale</i> no tratamento da água.....	60
RESUMO	60
ABSTRACT	60

INTRODUÇÃO	61
MATERIAL E MÉTODOS.....	63
RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
CONCLUSÕES	75
AGRADECIMENTOS	76
LITERATURA CITADA.....	76
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	81

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1. Estrutura do flavanóide precursor dos taninos condensados. R1, R2, R3 e R4 são radicais que podem ser compostos por grupo hidroxila ou átomo de hidrogênio.....	8
Figura2. (A)individuo de <i>Anadenanthera colubrina</i> e (B) Fruto coletado.....	10
Figura3. (A) individuo de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> e (B) cascas após coleta.....	12
Figura4. (A) individuo de <i>Pityrocarpa moniliformis</i> e (B) Frutos sem sementes.....	13

CAPÍTULO 1

Figura 1. Comparação após aplicação dos três coagulantes para as concentrações de 50,100 e 150 mg. A) Remoção de turbidez com 50mg da água; B) pH final com 50mg. C) Remoção de turbidez com 100mg da água; D) pH final com 100mg. E) Remoção de turbidez com 150mg da água; F) pH final com 150mg.....	51
--	----

CAPÍTULO 2

Figura 1. (A) Casca do cajueiro cationizado antes de ser macerado(B) Casca do cajueiro macerado	65
Figura 2. Jar-test utilizado para os testes.....	66
Figura 3. Amostra da água para análise.....	67
Figura 4. Comparação após aplicação dos diferentes coagulantes para a concentração de 50 mg. A) Percentual de remoção de turbidez da água; B) Valor final do pH da água.....	70
Figura 5. (A) Tratamento utilizando tanfloc (B) Tratamento utilizando o cloreto férrico (C) Tratamento utilizando a casca do cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>)	72
Figura 6. Espectro FTIR dos extratos tânicos de <i>A. occidentale</i> puro (A) e cationizado (B).74	

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1. Coagulantes e faixa de pH para a sua utilização.....	18
---	----

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Comparações entre médias do TST(%), IS(%), TTC(%) para taninos vegetais presentes nas espécies analisadas	46
--	----

Tabela 2. Tratamentos, concentrações, valores de pH inicial e final, o melhor tempo de sedimentação para cada coagulante, turbidez inicial e a turbidez final	48
--	----

Tabela 3. Análise de variância para as concentrações de taninos(mg) das quatro espécies florestais em relação ao tempo de sedimentação (10,20,30,40,50,60 minutos)	49
---	----

Tabela 4. Comparação de médias para as concentrações de coagulantes de 50(mg) das quatro espécies florestais em relação ao tempo de sedimentação (10,20,30,40,50,60 minutos)	50
---	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Análise de variância para as concentrações de taninos(mg) da espécie florestal cajueiro e dois coagulantes comerciais em relação ao tempo de sedimentação (10,20,30,40,50,60 minutos)	68
--	----

Tabela 2. Comparação de médias para as concentrações de coagulantes de 50(mg) dos três tratamentos em relação ao tempo de sedimentação (10,20,30,40,50,60 minutos).....	69
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ETA - Estação de tratamento de água

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e estatística

IDEMA- Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte

MMA- Ministério do Meio Ambiente

NTU- Unidade Nefelométrica de Turbidez

IS- Índice de Stiasny.

TST- Teor de sólidos totais.

TTC- Teor de taninos condensados

SNIF- Sistema Nacional de Informações Florestais

Introdução Geral

1. INTRODUÇÃO GERAL

A água é um elemento essencial à vida animal e vegetal. Em decorrência do elevado nível de urbanização nas últimas décadas, aliado às mudanças climáticas e ao desenvolvimento dos setores industrial e agrícola, o tratamento da água para abastecimento público passa a ser um desafio, seja em grandes ou pequenos volumes de água envolvidos.

No Brasil, para chegar ao consumo humano os padrões devem estar de acordo com a potabilidade estabelecida pela portaria GM/MS Nº 888, de 4 de Maio de 2021 que Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, onde dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021).

Essa portaria ajuda a minimizar ou eliminar elementos químicos e microrganismos dos sistemas de tratamento. Tais condições têm conduzido à busca por alternativas que possibilitem garantir a qualidade da água produzida para abastecimento público (MIERZWA et al., 2008).

Um dos fatores que vem contribuindo de forma negativa para o armazenamento da água é o elevado nível de urbanização, afetando na quantidade e qualidade desse recurso hídrico, tornando cada vez mais escasso atender as necessidades da sociedade moderna, além da falta de saneamento e acesso limitado.

O tratamento da água para o consumo humano, irrigação, setor industrial, são as atividades que mais demandam a utilização da água. Novas pesquisas vêm sendo desenvolvidas acerca da reutilização de recurso hídrico. Dessa forma, o uso dos taninos vegetais no tratamento da água pode se tornar uma ótima alternativa para substituição de coagulantes químicos, por ser proveniente de uma fonte renovável (SOUSA, 2018).

Os taninos vegetais são compostos polifenólicos encontrados em uma grande variedade de plantas, com características adstringentes, apresentando uma relevante importância econômica, ecológica e social no setor florestal não madeireiro do país. Dentre as utilizações dos taninos, destaca-se: indústria de petróleo, fabricação de adesivos para madeira e derivados, tratamento de efluentes, além da importância no curtimento de peles, bastante empregado no Nordeste do Brasil (CRUZ, 2004).

A utilização dos taninos para o tratamento da água apresenta diversas vantagens quando comparados aos coagulantes inorgânicos como biodegradabilidade do lodo gerado, baixo consumo de alcalinidade, obtenção a partir de fontes renováveis, e não liberação de metais para o consumo humano na água tratada, acessível e apresenta um baixo custo (YIN, 2010). Para Beltrán-Heredia e Sánchez-Martín (2009), os compostos derivados de taninos

vegetais têm se mostrado eficientes no tratamento da água, apresentando resultados iguais ou superiores comparados aos químicos. Como características, estes produtos não alteram o pH da água, além de não apresentarem riscos à saúde humana, são biodegradáveis, não tóxicos, não corrosivos e de origem renovável (SOUSA, 2018).

Os taninos apresentarem resultados satisfatórios no tratamento da água devido sua capacidade de neutralizar cargas superficiais de partículas coloidais em suspensão, promovendo aglomeração e sedimentação (CORAL et al., 2009). Quando usados naturalmente não apresentam características catiônicas que o habilitem para serem usados como coagulantes para clarificação da água, sendo necessário passar pelo processo de cationização. Nesse método, o produto adquire carga positiva atuando como um cátion, desestabilizando o sistema coloidal quando neutraliza as cargas (KLUMB e FARIA, 2012; MANGRICH et al., 2014).

No Brasil, empresas trabalham com a utilização de coagulantes orgânicos para o tratamento da água, sendo a TANAC a maior exportadora desse produto com aproximadamente 85% da sua produção para mais de 70 países, cerca de 30.000 toneladas anuais de extratos, colocando o país entre os maiores exportadores tânicos do mundo (TANAC, 2013), utilizando a espécie florestal acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild) tornando se a mais importante na produção de tanino vegetal no Brasil (IBGE, 2017).

O coagulante dessa espécie é considerado um polímero orgânico catiônico de baixo peso molecular, atuando como coagulante, floculante e auxilia no tratamento da água. Também é utilizado em desastres ambientais devido sua eficiência na remoção da cor e turbidez da água (HELLER e PÁDUA, 2006, PEDROSO et al., 2012). Essa substância foi desenvolvida e aprimorada durante as três últimas décadas. Além da acácia negra existem outros tipos de coagulantes naturais tais como: a *Moringa oleífera*, *Abelmoschus esculentus*, ou como comumente conhecido quiabo. É possível incluir também as sementes de nirmali e os cactos (LIMA et al., 2020).

Sendo essencial a busca de novas espécies produtoras de taninos que também possam ser utilizadas para tratar a água, há necessidade pela obtenção de novas tecnologias que busquem a utilização dos recursos de maneira sustentável e a aplicação nos mais diversos setores da sociedade. Logo, vem se tornando um importante desafio, estudos que visem a identificação, desenvolvimento e aplicação destas tornam-se muito importante.

Objetivo Geral

2. OBJETIVO GERAL

A pesquisa avaliou o potencial dos taninos vegetais extraídos de espécies florestais (*Mimosa caesalpiniiifolia*, *Anacardium occidentale*, *Pityrocarpa Moniliformis*, *Anadenanthera colubrina*) da Caatinga como agentes coagulantes na clarificação da água, por meio da simulação dos processos de coagulação e floculação, comparando com coagulantes comerciais.

Revisão de Literatura

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Bioma Caatinga

A Caatinga é um nome originado da linguagem tupi-guarani que significa floresta branca, pela aparência desta no período seco (PRADO, 2003). O bioma ocupa uma área de 827.934 km² da extensão territorial nacional, distribuído nos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte estendendo se ao norte de Minas Gerais (HAUFF, 2010; BRASIL, 2016; SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS- SNIF, 2017). O bioma possui como característica plantas adaptadas as poucas condições de recursos hídricos, sendo assim, a vegetação é formada por plantas xerófitas, tortuosidade, cactáceas, espécies caducifólias sendo frequente a presença de árvores de pequeno porte com folhas pequenas, espinhosas e arbustos (MAIA et al., 2017).

Este é considerado um dos mais ricos em vegetação e ser o único bioma em que seus limites estão restritos apenas ao território nacional, a Caatinga é um pouco estudada, sendo o terceiro com maior degradação (ALVAREZ e OLIVEIRA, 2013; BEZERRA et al., 2014; CALIXTO JÚNIOR e DRUMOND, 2014), além de ser a região natural brasileira com menos áreas de unidades de Conservação totalizando menos de 2% do seu território (BRASIL, 2003).

Estima-se que 80% dessa vegetação esteja totalmente modificada, devido à agropecuária, extrativismo, desmatamento ilegal e queimadas (ARAÚJO FILHO, 1996; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 2015), resultando em desequilíbrio ecológico na região, que vêm crescendo desde o período de ocupação do Brasil colônia (BRASIL, 2003). Segundo Vasconcelos (2011), mais de 45% do bioma da Caatinga já foi desmatado. Sendo a desertificação uma das principais consequências de degradação ambiental, atingindo os solos, os recursos hídricos e a biodiversidade, ocasionados de fatores climáticos e atividades humanas (UNITED NATIONS, 1992).

A biodiversidade da Caatinga sempre foi vista com índices baixos de endemismo, porém com o desenvolvimento de pesquisas científicas, este cenário inicial vem sendo alterado (SANTOS et al., 2011; BRAVO e CALOR, 2014). Mesmo com muitas áreas ainda pouco conhecidas pela ciência, a Caatinga tem sido submetida a uma forte pressão antrópica, especialmente relacionada à remoção de biomassa vegetal e à caça desenfreada de vertebrados (LEAL et al., 2005; PORTILLO-QUINTERO e SÁNCHEZ-AZOFEIFA 2010, SANTOS et al., 2011).

Tradicionalmente, o principal uso das arvores e arbustos da Caatinga é a retirada de madeira para lenha, enquanto as plantas herbáceas são utilizadas como pastagem. Estima-

se que aproximadamente 80% da vegetação desse bioma esteja totalmente modificada, devido a agropecuária e ao extrativismo (ARAÚJO FILHO, 1996).

Entende-se a importância da adoção de medidas, com base em estudos científicos, que realizem a gestão dos recursos florestais para aproveitar o potencial produtivo florestal de forma sustentável e economicamente viável, pois grande parte da população reside na Caatinga e sobrevive da extração desses recursos, pois a conservação e exploração de maneira sustentável, levará ao desenvolvimento da região (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA, 2003).

3.2. Taninos vegetais

São substâncias constituídas por polifenóis, que ocorrem em uma ampla variedade de vegetais, e podem ser encontrados em várias partes das plantas, principalmente nas cascas (AZEVEDO et al., 2017), e possuem a função de proteção contra os herbívoros e as doenças patogênicas (BERNAYS et al., 1989; HARBONE et al., 1991). Vermerris e Nicholson (2009) afirmam que o nome tanino refere-se ao processo de curtimento da pele de animais para formar o couro, sendo uma prática conhecida desde os tempos pré-históricos.

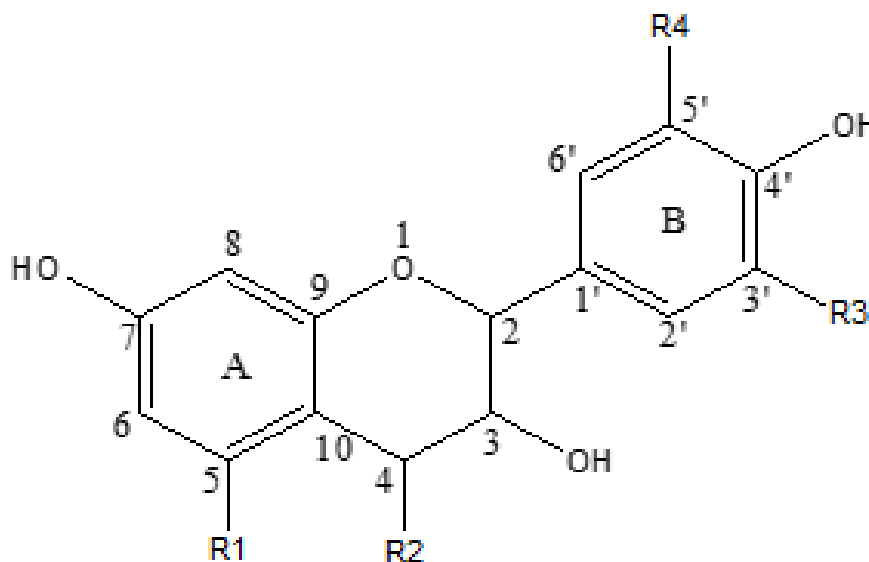
Os taninos vegetais são compostos de substâncias com uma elevada proporção de grupos fenólicos com hidroxilas livres de diferentes graus de condensação ou polimerização (BROWNING, 1963). Segundo Pizzi (1994), esses são classificados segundo a sua estrutura química e têm sido utilizada para definir duas diferentes classes de componentes químicos de natureza fenólica: taninos hidrolisáveis e taninos condensados, sendo o segundo o mais utilizado para diversos fins (MORI, 1997, 200; SILVA, 2001; CARNEIRO et al., 2002).

3.2.1. Taninos condensados

Possuem uma vasta distribuição na natureza e são formados por oligômeros ou polímeros compostos de unidades monoméricas do tipo flavonóide, que consistem em unidades tricíclicas e hidroxiladas de carbonos (LAKS, 1991). Altas concentrações desses compostos podem ser encontradas tanto na madeira quanto na casca de diversas espécies arbóreas (PIZZI, 2003).

Os taninos deste tipo também são chamados de proantocianidinas, possivelmente pelo fato de apresentarem pigmentos avermelhados da classe das antocianidinas, como cianidina e delphinidina (SANTOS e MELLO, 1999). A estrutura básica dos taninos condensados apresenta um heteroanel central de éter, ligado a dois anéis fenólicos, que corresponde a copolímeros de condensação, cujas estruturas podem ser do tipo resorcinólico ou floroglucinólico no anel A e pirogalol ou catecol no anel B (Figura1)

Figura 1 - Estrutura do flavanóide precursor dos taninos condensados. R1, R2, R3 e R4 são radicais que podem ser compostos por grupo hidroxila ou átomo de hidrogênio



Fonte: Jorge et al. (2001)

O tipo resorcinólico é aquele que possui apenas uma hidroxila ligada ao carbono 7 no anel A, enquanto o tipo floroglucinólico possui hidroxilas nos carbonos 5 e 7. O anel B, tipo catecol, possui duas hidroxilas ligadas, respectivamente, aos carbonos 3' e 4', enquanto o anel B pirogalol possui hidroxilas ligadas aos carbonos 3', 4' e 5'. Em alguns taninos pode ocorrer o anel B fenólico, que possui apenas uma hidroxila ligada ao carbono 3' (PIZZI, 1983).

Zucker (1983) cita que os taninos condensados têm função de defesa contra microrganismos patogênicos. Ashok e Upadhyaya (2012) acrescentam que estes também são encontrados no cerne de coníferas e podem desempenhar papel inibitório contra as atividades microbianas, contribuindo na durabilidade natural da madeira (SANTOS e MELLO, 1999).

Os taninos condensados representam, aproximadamente, metade da matéria seca da casca de diversas árvores. Eles são a segunda fonte de polifenóis do reino vegetal, perdendo apenas para a lignina (SOUSA, 2018), além de serem potentes antioxidantes, possuem vasta aplicação na complexação com proteínas, sendo por esse motivo muito empregados na indústria de couros (HAGERMAN et al., 1997).

Os teores de taninos nas plantas variam em função de fatores, como idade da árvore e posição da amostra (SILVA, 2001); podendo ainda receber influência da temperatura, solo

e pluviosidade (SILVA, 2001); variando de acordo com a espécie vegetal, como também de uma parte para outra no mesmo indivíduo (BASTTESTIN et al., 2004).

3.2.2. Espécies produtoras de taninos

A distribuição dos taninos encontra-se amplamente nas plantas superiores, entretanto, nas angiospermas são encontrados com maior quantidade, com destaque para as famílias: Fabaceae, Anacardiaceae, Combretaceae, Rizoforaceae, Mirtaceae e Polygonaceae, porém a família Myristicaceae se destaca em comparação às demais, devido aos tubos taníferos distintivos observados nos raios das madeiras de todas as espécies (SILVA, 2001).

As principais espécies encontradas em território brasileiro (nativas e exóticas) que apresentam potencial tanífero são: acácia negra (*Acacia mearnsii* de Wil) (AZEVEDO et al., 2017), barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) (MORI et al., 2003), goiabeira (*Psidium guajava* L.) (TRUGILHO et al., 1997), murici (*Byrsinima verbascifolia* Rich); pinheiro (*Araucaria angustifolia*); eucalipto (*Eucalyptus* sp.) (SILVA, 1999), mangue-branco (*Laguncularia racemosa*) mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) (HASLAM, 1966), angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (PAES et al., 2006), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd. Poiret)) (AZEVEDO et al., 2017), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) (AZEVEDO et al., 2017), cajueiro (*Anacardium occidentale* Linn.) (PAES et al., 2006) e angico branco (*Anadenanthera peregrina*) (MOTA, 2016).

O quebracho possui destaque maior, por ser a espécie mais explorada para a produção de taninos (*Schinopsis lorentzii*) (PANSIN et al., 1962; HASLAM, 1966), de ocorrência na Argentina e Paraguai, em sua massa seca pode conter até 25% em taninos assim como a acácia negra (*Acacia mollissima* e *Acacia mearnsii*), espécie exótica de origem na Austrália (PANSIN et al., 1962; HASLAM, 1966). A espécie florestal acácia-negra é a mais importante na produção de tanino vegetal no Brasil, sendo amplamente cultivada no Estado do Rio Grande do Sul, com produção de 195.913 t de casca para extração de taninos no ano de 2016 (IBGE, 2017).

No Nordeste, a única espécie utilizada é o angico-vermelho (*A. colubrina*), sendo utilizado tradicionalmente nos curtumes locais, onde os taninos são extraídos unicamente a partir das cascas da planta (PAES et al., 2006). Em 2017 o IBGE registrou uma produção de 95 toneladas de casca de angico vermelho, porém, seu uso sem controle e manejo inadequado, levaram Paes et al. (2006) a concluir que a espécie está desaparecendo do cenário no semiárido brasileiro.

Buscando alternativas para diminuir a exploração sob o angico, Azevedo et al. (2017) destacaram a *Mimosa caesalpiniiifolia* e Azevedo et al. (2015) a *Mimosa tenuiflora*, como alternativas para suprimento de taninos vegetais. Para essa última espécie, já foi comprovada

sua eficiência no curtimento de peles de animais, e na produção de adesivos para madeira (PAES et al., 2006). A utilização de extratos vegetais contendo taninos na indústria de couro pode ser uma alternativa para reduzir o impacto ao meio ambiente, substituindo o uso de sais de cromo, metal altamente tóxico.

Paes et al. (2006) analisaram a casca do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) como uma alternativa para a região nordeste, que atualmente só utiliza extratos de angico vermelho e concluíram que a casca do cajueiro apresenta valores superiores ao do angico e que novas pesquisas devem ser aprofundadas para tal finalidade.

Pesquisas com *M. caesalpinifolia* identificaram elevados níveis de pureza dos taninos na espécie, e outros estudos vêm sendo desenvolvidos visando o potencial bactericida. Porém, a finalidade de clarificação da água em processos de tratamento de efluentes, ainda não foram relatados na literatura. A descoberta de novas tecnologias para uso dos taninos contribui para agregar valor à espécie (RIBASKI et al., 2003; SOUSA, 2018).

3.2.3. Angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. var. *cebil* (Gris.) Alts.)

É uma das espécies mais comum em áreas de Caatinga, pertence a família Mimosaceae, estão presentes principalmente em altitudes que variam de 300 a 800 m, sua floração ocorre no período de outubro a dezembro e a frutificação de novembro a abril, com árvores que podem chegar até 20 m de altura, sua madeira é pesada e avermelhada com casca também avermelhada e seu fruto alongado. Sua área de ocorrência se estende do Ceará ao Rio Grande do Sul, passando ainda pelos estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (QUEIROZ, 2009).

Figura 2: (A) Individuo de *Anadenanthera colubrina* e (B) Fruto coletado.



Fonte: Acervo pessoal

Esta espécie é bastante resistente e utilizada para obras hidráulicas e expostas, carretas, peças estruturais, postes, dormentes, esteios, construção civil e naval, revestimentos de galerias (minas de carvão), marcenaria, carpintaria, lenha e carvão vegetal, adequada para a apicultura. Com peso específico de 0,907 a 1,063 g/cm³ e, resistência à flexão estática de 750 kgf/cm². Sua casca é amarga e adstringente, com teores de taninos variando de 19 a 25% em relação à casca seca, muito utilizada na indústria do curtume (LIMA, 2011).

No Brasil existem diversas espécies de angicos, das quais se extrai as cascas (AFONSO, 2008). A utilização das cascas de angico-vermelho promove um aproveitamento de resíduos e agrega valor, tendo em vista a ampla gama de utilização dos compostos fenólicos. No Nordeste é a espécie mais importante produtora de taninos, onde ela é utilizada nos curtumes tradicionais, apesar da diversidade de espécie arbóreas e arbustivas de ocorrência na região (DINIZ et al., 2003).

A exploração desordenada do angico, a falta de práticas adequadas de manejo e de uma política de reflorestamento que vise à reposição das árvores exploradas e, sobretudo, a falta de outras opções de matéria-prima (espécies produtoras de taninos) capazes de em curto prazo, substituírem total ou parcialmente o angico-vermelho para o curtimento de peles, estão colocando essa espécie florestal em risco de esgotamento, e conseqüentemente, provocando um certo transtorno financeiro as famílias que dependem dessa cadeia produtiva para sobreviverem (PAES et al., 2006a; PAES et al., 2006b; PAES et al., 2008; LIMA, 2011).

Paes et al. (2010) ao observarem o uso expressivo do angico vermelho para o curtimento de pele, sendo a casca a sua única parte utilizada para extração de taninos. Analisaram as concentrações de taninos presentes em todas as partes dessa espécie como casca do tronco e raízes, frutos com e sem sementes, madeira de cerne, folhas, flores, ramos finos e sementes.

O estudo concluiu que todas as partes vegetais analisadas apresentaram taninos, porém as que mais se destacaram foram das cascas do tronco, dos frutos sem sementes e casca da raiz, porém não em quantidades suficientes que justifique sua extração para fins comerciais. Os autores destacaram a necessidade da realização de novos estudos a serem conduzidos para avaliar a viabilidade técnica dos taninos presentes nos frutos para o curtimento de peles minimizando, assim o impacto sobre as árvores de angico remanescentes, pois a exploração do angico se não for bem conduzida (planejada), poderá acarretar danos irreparáveis à espécie e ao ecossistema.

3.2.4. Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.)

O sabiazeiro ou sansão do campo pertence à família Fabaceae, é uma árvore de pequeno porte, que não alcança grandes diâmetros e na maioria das vezes se apresenta na forma de touceiras, ocorrendo predominantemente nos Estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará (GONÇALVES et al., 2010). O sabiazeiro possui diversas utilidades, como na reposição de matéria orgânica e recuperação de solos degradados, translocação de nutrientes e fixação de nitrogênio pela ação de bactérias do gênero *Rhizobium*, além de ser adequada para quebra-ventos e cercas vivas (GUIMARÃES e FONSECA, 1990; FRANCO et al., 1992; ANDRADE et al., 2000; SANTANA et al., 2009).

Figura 3: (A) Indivíduo de *Mimosa caesalpinifolia* e (B) cascas após a coleta.



Fonte: Acervo pessoal

Segundo Lorenzi (1992), a madeira de sabiá é apropriada para moirões, estacas e esteios. Essa espécie segundo Ferreira et al. (2007), apresenta ser promissora para plantios florestais no nordeste brasileiro, em função de seu rápido crescimento e seu valor proteico como forrageira e de suas várias outras utilidades, ainda assim essa espécie é pouco estudada.

A composição química da madeira depende de fatores, como crescimento, idade, posição do tronco, dentre outros. Em estudos sobre a caracterização físico-química da madeira do sabiá, Gonçalves et al. (2010) encontraram o percentual de 9% de extrativos, 0,45% de cinzas e sua densidade básica de 0,74%, possuindo alto valor calorífico. Segundo Moura et al. (2006), o sabiá tem grande valor econômico para o nordeste brasileiro em razão de seu alto poder calorífico e resistência físico-mecânica de sua madeira.

Azevedo et al. (2017), ao analisarem folhas, galhos finos e casca do sabiá, identificaram a presença de taninos em todas as partes analisadas, porém é na casca onde há a maior concentração de taninos condensados (8,38%) e menor quantidade de não taninos (1,22%). Pesquisas apontam que a espécie possui um maior teor de pureza de taninos, caracterizando um grande potencial na região da Caatinga.

3.2.5. Catanduva (*Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson

Pityrocarpa moniliformis (Benth.) Luckow & R. W. Jobson é uma espécie endêmica do Brasil que ocorre ao longo da região Nordeste e no Estado de Minas Gerais, conhecida como angico-de-bezerro, rama-de-bezerro, catanduva, entre outras derivações populares (AZEVEDO et al., 2010). Pertence à família Fabaceae é considerada a terceira maior família de Angiospermas depois da Asteraceae e Orchidaceae; compreendendo aproximadamente 727 gêneros e 19.325 espécies (SOUSA et al., 2009). O gênero Piptadenia, que pertence à subfamília Mimosoideae, conta com aproximadamente 20 espécies (JUDD et al., 2002).

P. moniliformis é caracterizada como uma espécie pioneira, decídua, heliófita e possui crescimento rápido com porte arbóreo entre 4 e 9 metros de altura. Entre suas utilidades estão listadas o uso na construção civil local, por exemplo, em marcenarias ou lenha e carvão vegetal e na confecção de cabos de ferramentas mais rudimentares, como pás, enxadas, entre outras. A catanduva apresenta sua madeira pesada com textura média grã-reversa, resistência mecânica média e boa durabilidade natural (BENEDITO et al., 2011).

Figura 4: (A) indivíduo de *Pityrocarpa moniliformis* e (B) frutos sem sementes



Fonte: Acervo pessoal

Além disso, é uma planta apícola melífera e adaptada a terrenos áridos. Segundo Lorenzi (2002), tais características da *P. Moniliformis* favorece seu uso em reflorestamentos heterogêneos com fins de preservação ambiental, atuando no combate à erosão e na primeira e segunda fase da recomposição florestal de áreas degradadas (MAIA, 2004).

De acordo com Alves et al. (2014) as folhas, cascas e frutos de catanduva contém elevado teor de antioxidantes, que tem suas potencialidades como fitoterápicos atuantes no combate a doenças e no controle do crescimento de células cancerígenas. Alguns autores (SILVA et al., 2011; FELIX, 2019) discorrem que a catanduva possui altos níveis de componentes fenólicos com funções de bioativos, e atuantes na manutenção da estabilidade oxidativa da matriz alimentar, nos cosméticos e na preparação de fármacos.

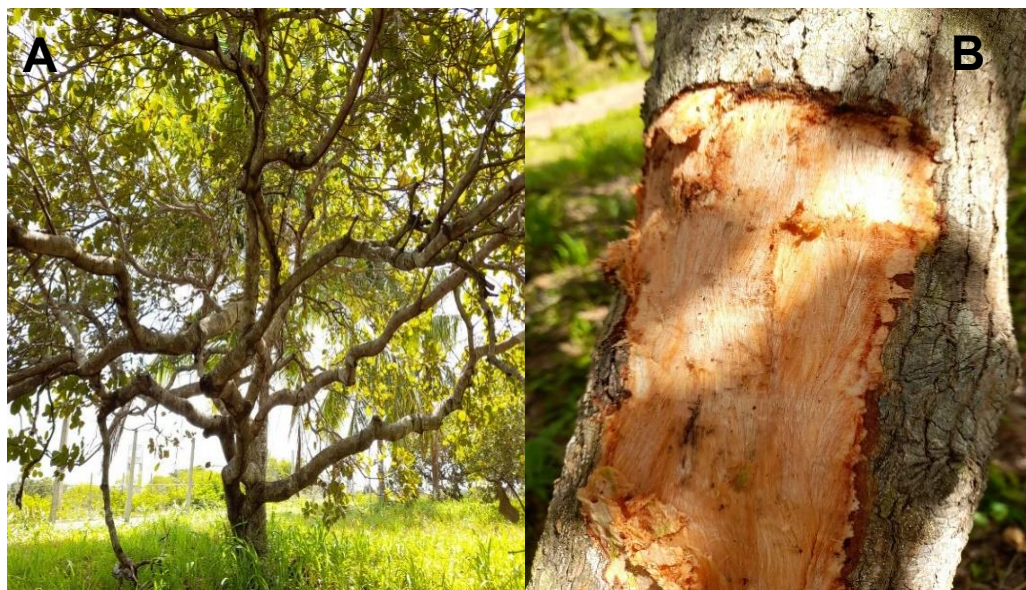
Além de saponinas, flavonóides, triterpenos e taninos gálicos encontrados nas folhas e frutos (SILVA, et al., 2013; ALVES et al., 2014) as folhas e frutos de *P. moniliformis* apresentam em sua composição saponinas, flavonóides, triterpenos e taninos gálicos (SILVA, et al., 2013; ALVES et al., 2014), aleloquímicos possivelmente atuantes neste estudo. Para a espécie *P. moniliformis*, há poucos relatos na literatura sobre sua composição química, daí o interesse em investigar o seu potencial tanífero existente no fruto sem a semente, e não há estudos relacionado a essa espécie sobre extração e quantificação de taninos em seu fruto.

3.2.6. Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), esta espécie pertence à família Anacardiaceae, a qual compõe árvores e arbustos cerca de 400 a 600 espécies distribuídas em 60 a 74 gêneros, apresenta porte elevado, com altura variando entre 8 e 15 m e extensão da copa podendo atingir até 20 m, dependendo das condições de clima, solo e sanidade (CRISÓSTOMO et al., 2002). Possui caule resinoso, copa frondosa e folhas simples, inteiras, de aspecto subcoráceo, glabra e curto-pecioladas, seu sistema radicular é constituída por uma raiz pivotante, podendo atingir até 10 m de profundidade (MENDONÇA; MENDONÇA, 2013).

Essa espécie é dividida em dois grupos o comum e o anão-precocce, ambos contribuem para o desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões do Nordeste, cuja produção, ocorre principalmente nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (AQUINO, OLIVEIRA, ROSSETTI, 2004), e essa exploração seja comercial da castanha e pseudofruto do caju, como também, pelos subprodutos provenientes das cascas, como por exemplo, a extração de uma substância tintorial vermelho-escuro usada no tingimento de tecidos (DE SOUSA et al., 2007; DA SILVA et al., 2009; FREIRE et al., 2017).

Figura 5: (A) Indivíduo de *Anacardium occidentale* L. e (B) Casca recém coletada.



Fonte: Acervo pessoal

Apesar da potencialidade do pseudofruto e da casca de cajueiro como matéria-prima para diversos produtos, estes são subutilizados quando comparados com a exploração da castanha. Em geral, cascas de árvores são ricas em taninos, estruturas polifenólicas que fazem parte dos metabólitos secundários de plantas. Segundo Paes et al. (2006) e Chaves et al. (2010), o caule de cajueiro possui grande potencial para ser utilizado como fonte de taninos.

Paes et al. (2006) ao analisarem o potencial tanífero de seis espécies florestais do semiárido, com a finalidade de oferecer outras opções de taninos vegetais para a indústria de curtimento de couro no Nordeste, das espécies analisadas o cajueiro destacou-se por apresentar o maior percentual de teor de taninos condensados com 19,83%. Atualmente o angico vermelho é a espécie tradicionalmente explorada pelas indústrias de curtumes e que se não for manejada de forma adequada pode desaparecer do semiárido Brasileiro.

O cajueiro é uma cultura de grande importância para a agricultura de regiões semiáridas, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico, e dessa espécie pode-se fazer uso de muitas partes da planta com diversas finalidades, os frutos, a casca de caule e os extratos de folhas têm sido tradicionalmente utilizados no tratamento de úlceras bucais e pépticas, distúrbios intestinais, dispepsia, asma, diabetes, dor de garganta, asma, bronquite e doenças inflamatórias (SILVA et al., 2017).

O tronco do cajueiro produz uma resina amarela, conhecida por goma do cajueiro, que pode substituir a goma arábica, usada na indústria do papel e farmacêutica. Sua madeira

é durável e de coloração rosada, e pode ser aproveitada na construção civil, carpintaria, marcenaria etc. (SANTOS et al., 2009).

As flores são especialmente melíferas e tem propriedades tônicas, já que contêm anacardina, da sua seiva produz-se tinta. A raiz tem propriedades purgativas, além de ser consumido natural, o caju pode ser utilizado na preparação de sucos, mel, doces, passas, sorvetes, licores, a castanha, depois de torrada, torna se um produto exportado para quase todo o mundo (SOUSA,2013).

3.2.7. Utilização de taninos vegetais

O Brasil é um dos maiores exportadores tânicos do mundo, com destaque para a empresa TANAC S. A., localizada em Montenegro, Rio Grande do Sul, que exporta aproximadamente 85% (30 mil t/ano) da sua produção para mais de 70 países (TANAC, 2013), para diversas utilidades, como indústria farmacêutica, bebidas, na fabricação de plásticos, fungicidas, confecção de adesivos e como floculantes ou coagulantes (SIMÕES et al., 2010).

O setor de curtimento de couro é um segmento industrial que vem intensificando o uso de taninos vegetais, ocupando uma grande importância na utilização dessa matéria-prima principalmente no Nordeste do Brasil (GONÇALVES e LELIS, 2001). Estes autores ainda destacam que as substâncias tânicas têm poder de transformar a pele do animal em couro por conter uma ação adstringente retirando a água dos interstícios das fibras, contraindo tecidos orgânicos moles e transformando em material não putrescível.

Apesar da diversidade de espécies florestais no Nordeste, vários curtumes utilizam a única fonte utilizada que o é angico-vermelho (DINIZ et al., 2003). Segundo Paes et al. (2006a) outra espécie que apresentou potencial para a produção de taninos para o uso nos curtumes foi a Jurema-preta, devido apresentarem crescimento rápido e de ocorrência em praticamente em toda a região Nordeste do Brasil.

Os taninos vegetais possuem inúmeras utilidades, na produção de resinas e dispersantes que atuam no controle da viscosidade dos poços na indústria petrolífera. Essas resinas apresentam características de ligação interna, tempo de formação de géis e viscosidade semelhantes às das resinas de uso comercial (BATTESTIN et al., 2004). Os taninos vegetais mostram ser eficientes quanto ao controle da corrosão em sistemas de produção e transportes de produtos petrolíferos (MARCOLINO et al., 2014).

Os taninos vegetais também são utilizados na fabricação de adesivos para madeira e derivados da mesma (CARNEIRO et al., 2012). Os adesivos à base dessa substância recebem o nome de tanino-formaldeídos ou TF e são obtidos por reação de flavonóides poliméricos naturais, que são os taninos condensados com formaldeído. Esse tipo de adesivo,

em relação aos outros, tem a vantagem de serem utilizados para a colagem de produtos expostos aos desgastes do ambiente (TEODORO e LELIS, 2005).

Além de todas essas utilidades, os taninos são usados para aplicação medicinal, o barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.), por exemplo, possui alto teor de taninos condensados de 20 a 30% em suas cascas, o que provavelmente explica a atividade cicatrizante de feridas e úlceras (ARDISSON et al., 2002; CASTRO, 2009; JACOBSON et al., 2005). A partir da casca do barbatimão foi possível constatar que a planta possui substâncias que apresenta propriedades satisfatórias na cicatrização de feridas e, posteriormente, adequam-se aos métodos de formulação de cremes cicatrizantes (SILVA e ROSA, 2016).

Araújo et al. (2017) comprovaram a eficiência dos taninos de *A. occidentale* e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan com ação inibitória contra diferentes espécies de bactérias cariogênicas, sem causar toxicidade sobre células eucarióticas ou atividade mutagênica.

Os taninos vegetais são ótimos coagulantes efetivos, pois estão presentes em uma ampla faixa de pH, tornando desnecessário o uso de outras substâncias, como soda ou cal (SILVA, 2004). Os taninos são uma das alternativas no tratamento da água para abastecimento, apresentando inúmeros benefícios, se comparados aos coagulantes químicos que normalmente são utilizados, pois além de não acrescentar metais aos processos de floculação/coagulação/sedimentação ao se descartar o lodo formado nesses processos pode ser utilizado para diversas finalidades (STROHER et al., 2013).

Segundo Sánchez-Mártin et al. (2014), a utilização destes poderá gerar um lodo isento de alumínio ou ferro, comparado aos coagulantes inorgânicos, e existe a possibilidade de ser aproveitado como adubo, se os demais constituintes não o tornarem impróprio para essa finalidade. Além da redução da concentração de alumínio é uma vantagem no que tange à disposição no solo, pois o alumínio do lodo tende a fixar o fósforo, evitando sua assimilação pelas raízes das plantas (VANACÔR e GEHLING, 2011).

3.3. Coagulantes químicos

Os principais coagulantes utilizados para o tratamento da água são os químicos, conhecidos como clássicos ou convencionais, sendo eles, os sais de alumínio e ferro, pois em sua formação contém hidróxidos que permitem uma ação sobre as partículas em suspensão sob diferentes faixas de pH de atuação (KAWAMURA, 2000).

A Tabela 1 apresenta os coagulantes mais utilizados e as faixas de pH em que geralmente obtém-se as condições ótimas para o tratamento da água.

Coagulante	Faixa de pH
Sulfato de Alumínio (Alúmen)	5,0 a 8,0
Sulfato Ferroso Clorado	< 4,0
Sulfato Ferroso	8,5 a 11,0
Sulfato Férrico	5,0 a 11,0
Cloreto Férrico	5,0 a 11,0

Fonte: Pavanelli, G. (2001)

Para um bom funcionamento do processo de coagulação, a escolha do coagulante torna-se algo de suma importância. A escolha dependerá principalmente das características da água ou efluente a ser tratado, da tecnologia do tratamento e do custo do coagulante (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Os coagulantes químicos são eficazes removendo uma ampla variedade de impurezas da água, como partículas coloidais e substâncias inorgânicas. Porém, o uso dessas substâncias tem sido debatido devido à presença de metais presentes na água tratada e no lodo gerado ao final do processo, podendo apresentar altas concentrações dessas substâncias (CORAL, 2009).

Segundo Heller e Pádua (2006), os coagulantes naturais são uma alternativa para o tratamento da água bruta, pois possui inúmeras vantagens em comparação ao coagulante químico tais como: aumenta a vida útil dos filtros, diminui o volume de lodo gerado, aumenta a eficiência na remoção de cor e turbidez, entre outros.

3.3.1. Cloreto férrico

O cloreto férrico é um coagulante de fórmula molecular $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, que pode ser obtido como sólido ou solução, e tem capacidade de atuar em ampla faixa de pH, formando hidróxido ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) como precipitado (RICHTER, 2009). Quando dissolvido em água, configura solução castanha, ácida e corrosiva que pode ser utilizado tanto no tratamento de águas quanto de efluentes (PUREWATER, 2018).

Os sais de ferro possuem uma grande importância no tratamento de água, podendo em alguns casos desenvolver os melhores resultados do que o sulfato de alumínio (PAULA, 2014). No tratamento de esgotos urbanos e efluentes o sulfato e o cloreto férrico vêm se

mostrando como excelentes agentes de floculação por formarem flocos e apresentar menor densidade, enquanto os sais de alumínio oferecem maior eficiência no tratamento de efluentes por decantação (IOSHIMURA, 2016).

Além de poder gerar problemas ambientais e na saúde, os sais férricos contêm uma alta corrosividade, o que encurta a vida útil dos equipamentos e tubulações das estações de tratamento. A presença de cloro oriundo do cloreto férrico pode também causar corrosão tipo pitting, a mais destrutiva e incidente forma de corrosão (IOSHIMURA, 2016). De forma geral, os sais férricos à base de sulfato são menos corrosivos do que os à base de cloreto, além de serem mais baratos, sendo um dos motivos para o seu grande uso no mercado (Shi et al., 2003).

3.4. Coagulantes naturais

Os coagulantes naturais são polissacarídeos ou proteínas, cuja sua funcionalidade é semelhante aos coagulantes químicos, porém apresentam uma enorme vantagem por se tratar de coagulantes biodegradáveis e não apresentam toxicidade, atuam nos sistemas de partículas coloidais, neutralizando e formando pontes entre partículas, sendo responsáveis pela formação de flocos (GRAHAM et al., 2014).

Em um levantamento realizado por Lima et al. (2020), sobre os diferentes tipos de coagulantes naturais para o tratamento de água, concluíram que os coagulantes naturais mais utilizados são o Tanfloc SG, a *Moringa oleífera*, além de estudos quanto à funcionalidade do quiabo (*Abelmoschus esculentus*), sendo possível incluir também as sementes de nirmali; entre o tanino e os cactos (VIJAYARAGHAVAN et al., 2011; ABOULHASSAN et al., 2016; KARANJA et al., 2017).

A utilização de coagulantes a base de plantas no tratamento de efluentes torna-se importante, pois consegue atingir pilares essenciais como ambientais, de saneamento e desenvolvimento sustentável, pois esses coagulantes são geralmente considerados seguros para a saúde humana, com baixa produção de lodo, baratos e disponíveis localmente, portanto, globalmente acessíveis (VIJAYARAGHAVAN et al., 2011; LIMA et al., 2020).

3.4.1. Uso de coagulantes naturais no tratamento da água

A contaminação de águas tem sido um dos grandes problemas da sociedade moderna, limitando a disponibilidade desse recurso natural, logo, alternativas como tecnologias aplicadas ao reuso da água podem amenizar os impactos ao meio ambiente (KLAUTAU e GONÇALVES, 2007). Historicamente o mercado utiliza produtos químicos para a clarificação

da água, a exemplo do sulfato de alumínio e cloreto férrico são considerados os mais acessíveis no mercado.

O acúmulo dessas substâncias nos lençóis freáticos apresenta sério risco para a humanidade, pois além dos impactos ambientais há problemas relacionados às doenças de coordenação motora, demência, Alzheimer e mal de Parkinson (FIORENTINI, 2005).

Nos últimos anos, estudos vêm sendo realizados acerca da substituição de coagulantes químicos pelos coagulantes poliméricos no abastecimento da água possibilitando melhorias na redução dos teores de metais do lodo (KONRADT-MORAES et al., 2007). O uso de resíduos vegetais, por meio da extração de taninos, vem sendo utilizados a fim de tornar mínimos esses impactos (BREGA FILHO e MANCUSO, 2003).

Os taninos possuem a propriedade de não alterar o pH da água tratada, uma vez que a faixa de pH é de 4,5 a 8 (KONRADT-MORAES et al., 2007), por ser uma faixa efetiva elimina o uso de alcalinizantes, como soda ou cal. Um dos fatores importantes no uso de coagulantes biodegradáveis no tratamento de efluentes é a redução do odor desagradável, causados pela ação dos microrganismos associados aos sulfatos reduzidos a sulfetos no processo de coagulação/floculação (CRUZ, 2004).

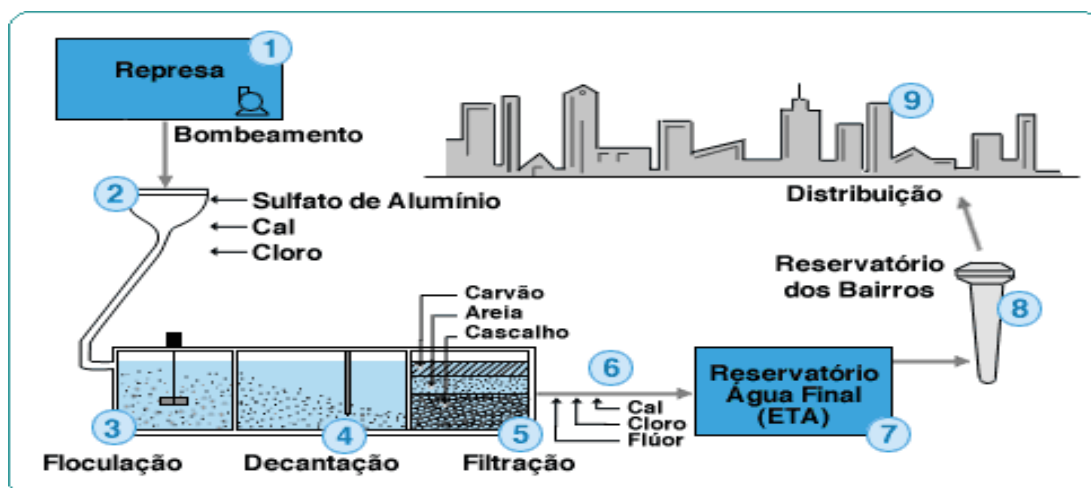
3.4.2. Tratamento da água - coagulação e floculação

Entre os métodos utilizados no tratamento da água, a coagulação e floculação (CF) é um dos mais praticados devido ao seu baixo custo, simplicidade e confiabilidade. A função do coagulante na CF é desestabilizar partículas coloidais, solúveis e suspensas na água, fazendo com que formem flocos com densidade suficiente para sedimentar devido à gravidade (OLADOJA, 2015). Os agentes coagulantes mais comuns utilizados são sais inorgânicos, como $Al_2(SO_4)_3$ e $FeCl_3$, ou polímeros sintéticos (BELTRAN - HEREDIA et al., 2011).

Em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) convencional, as etapas realizadas consistem basicamente em: mistura rápida do agente coagulante, floculação, decantação, filtração rápida, desinfecção, uso do cloro para controle do pH e fluoretação (PHILIPPI JÚNIOR, 2005). As etapas de coagulação e floculação ocorrem no compartimento representado pelo item 3 (Figura 6). Na etapa de coagulação, há necessidade da mistura rápida, em que ocorre a dispersão do coagulante na água de forma homogênea e rápida, uma vez que as reações de desestabilização dos coloides por neutralização de carga ocorrem em frações de segundo (RICHTER, 2009).

Em pesquisas realizadas os coagulantes de taninos vegetais surgem como uma alternativa no tratamento da água para abastecimento. Acredita-se que os taninos podem assumir a propriedade de coagulante e atuar na etapa do tratamento referente à coagulação/floculação (SILVA, 1999).

Figura 6: Etapas de uma estação convencional do tratamento de água.



Fonte: ÁGUABIO (2014)

Ao analisar a turbidez e o desempenho do tanino e o sulfato de alumínio, Bergamasco e Bassetti (2009) observaram que a água tratada com taninos apresentou maior formação de sólidos em relação ao sulfato de alumínio, em que afirmam que os flocos formados pelos taninos se apresentaram mais definidos e aglutinados que os flocos formados pelo sulfato de alumínio.

Para os parâmetros pH e alcalinidade, verificou-se que a água tratada com taninos apresentou resultados mais desejáveis, uma vez que este coagulante pouco alterou nesses quesitos, não sendo então necessário o uso de um outro produto para a correção do pH do meio (SOUSA, 2014). Os autores ainda ressaltam as vantagens a serem consideradas desse coagulante e que muitos estudos ainda devem ser realizados de forma a caracterizar por completo o seu desempenho no tratamento de águas para consumo humano.

Ao comparar o uso de taninos e o sulfato de alumínio em água de um efluente Cruz (2004), afirmou que o tanino catiônico, apresentou resultados muito parecidos em relação à qualidade do efluente final, além de que a utilização do tanino é vantajosa por apresentar menor custo, usar matéria-prima renovável, menor contribuição de ânions sulfatos ao efluente final, menor geração de massa de lodo e obtenção de um lodo orgânico com maior facilidade de eliminação.

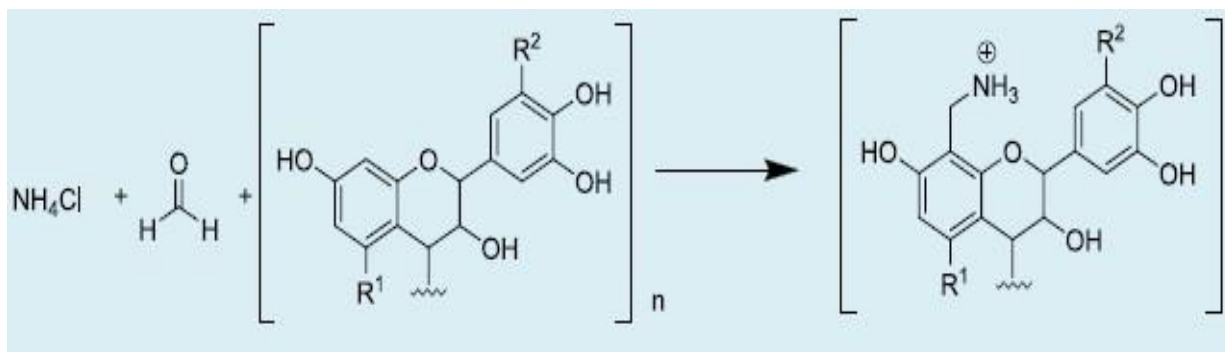
3.5. Alteração na estrutura do tanino para clarificação da água

A estrutura química dos taninos não é a mesma para todas as espécies vegetais das quais são extraídos, o que torna difícil a determinação exata das estruturas químicas dos taninos obtidos de cada espécie vegetal (TALIB et al., 2016). Os taninos vegetais não

apresentam naturalmente características catiônicas que o habilitem para uso como coagulante.

Pesquisas já foram realizadas a respeito de alterações químicas na estrutura dos taninos, porém, a maioria delas são patentes (BELTRÁN - HEREDIA et al., 2009). A Figura 7 apresenta a estrutura polimérica hipotética do tanino cationizado comercializado por nome Tanfloc produzido por uma empresa brasileira. (GRAHAM et al., 2008).

Figura 7: Reação de cationização do tanino da *Acacia mearnsii*.



Fonte: Mangrich et al. (2014)

Segundo Mangrich et al., (2014), a reação que torna os taninos eficientes nesse sentido envolve três reagentes: os taninos, um aldeído e um composto de amino. Estes, sob certas condições de pH e temperatura e concentrações ideais, produzem os agentes coagulantes, sendo esse processo químico chamado de Reação de Mannich.

Essa reação resultará em um polímero catiônico, que se ioniza quando se dissolve em água, adquirindo carga positiva e atuando como um cátion (GRAHAM et al., 2008). Desta forma, espera-se que em sistemas com partículas coloidais, os taninos neutralizem as cargas e formem espécies de “pontes” entre estas partículas, formando os flocos (KONRADT-MORAES et al., 2008).

O tanino cationizado preserva as características do extrato vegetal natural, como solubilidade em água, e apresenta algumas outras, como centros catiônicos que podem provocar a neutralização de cargas. Além disso, apresenta comportamento anfotérico, devido à presença dos nitrogênios quaternários e dos agrupamentos fenólicos (TALIB et al., 2016). Taninos condensados são polímeros de unidades flavonóides ligadas umas às outras por ligações carbono-carbono (SCHOFIELD, MBUGUA, PELL, 2001).

LITERATURA CITADA

ABOULHASSAN MA, SOUABI S, YAACOUBI A, BAUDU M. Coagulation efficacy of a tannin coagulant agent compared to metal salts for paint manufacturing wastewater treatment. *Desal. wat. treat.* [Internet]. 2016 [cited 2018 Apr 18];57(41). Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19443994.2015.1101016?journalcode=tdwt20>. ÁGUABIO. **Tratamento de água**. Disponível em: <http://www.agua.bio.br/botao_d_l.htm>. Acesso em: 13 nov. 2014.

ALVES, M. J.; MOURA, A. K. S.; COSTA, L. M.; ARAÚJO, E. J. F.; SOUSA, G. M.; COSTA, N. D. J.; FERREIRA, P. M. P.; SILVA, J. N.; PESSOA, C.; LIMA, S. G.; CITÓ, A. M. G. L. Phenols, flavonoids and antioxidant and cytotoxic activity of leaves, fruits, peel of fruits and seeds of *Piptadenia moniliformis* Benth (Leguminosae –Mimosoideae). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, Santiago, v.13, n.5, p.466-476, 2014

ANDRADE, A.G.; COSTA, G.S.; FARIA, S.M. Deposição e decomposição de serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.777-785, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832000000400010>.

AQUINO, A. R. L.; OLIVEIRA, F. N.S.; ROSSETTI, A. G. Correção do solo para cultivo do cajueiro no cerrado piauiense. Embrapa Agroindústria Tropical, 20 p. Documentos, 81, 2004.

ARAÚJO, J.S.C.; CASTILHO, A.R.F.; LIRA, A.B.; PEREIRA, A.V.; AZEVEDO, T.K.B.; BRITO COSTA, E.M.M.; PEREIRA, M.S.V.; PESSOA, H.F.L.; PEREIRA, J.V. Antibacterial activity against cariogenic bacteria and cytotoxic and genotoxic potential of *Anacardium occidentale* L. and *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan extracts. **Archives of Oral Biology**, v.85, p.173-179, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2017.10.008>.

ARAÚJO, M.M.; NAVROSKI, M.C.; SCHORN, L.A. **Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura**. 1. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2018.

ARDISSON, L.; GODOY, J.S.; FERREIRA, L.A.M.; STEHMANN, J.R.; BRANDÃO, M.GL. Preparação e caracterização de extratos glicólicos enriquecidos em taninos a partir das cascas de *stryphonodendron adstringens* (Mart.) Coville (Barbatimão). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.12, n.1, p.27-34, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2002000100004>.

ASHOK, P.K.; UPADHYAYA, K. Tannins are astringent. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.1, n.3, p.45-50, 2012. Disponível em: <http://www.phytojournal.com/archives/2012/vol1issue3/PartA/8.1.pdf>.

AZERÊDO, G. A.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V.; MORO, F. V. Superação de dormência de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, 49-58. 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/3259/S0101-31222010000200006.pdf?sequence=1>

AZEVEDO, T. K. B.; CARDOSO, M. G. A.; CAMPOS, D. B. P.; SOUZA, D. G.; NUNES, L. J.; GOMES, J. P. S.; Carnaval, A. A. A.; SILVA, G. G. G. Substâncias tânicas presentes em partes da árvore sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em plantio comercial de 5 anos. **Revista Agroecossistemas**, v.9, n.2, p.263-274, 2017a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v9i2.5033>.

AZEVEDO, T.K.B.; PAES, J.B.; CALEGARI, L.; & do NASCIMENTO, J. W. B. Qualidade dos taninos de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) para a produção de adesivo tanino formaldeído. **Ciência Florestal**, v.25, n.2, p.507-514, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509818470>.

AZEVEDO, T.K.B.; PAES, J.B.; CALEGARI, L.; SANTANA, G.M. Teor de taninos condensados presente na casca de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) em função das fenofases. **Floresta e Ambiente**. v.24, p.7, 2017b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.026613>.

BATTESTIN, V.; MATSUDA, K.L.; MACEDO, A.Z. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.15, n.1, p.63-72, 2004. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/58/75>.

BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; DÁVILA-ACEDO, M. A. Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract. **Journal of Hazardous Materials**, v.186, n.2–3, p.1704–1712, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.12.075>.

BELTRAN-HEREDIA, J.; SANCHEZ-MARTÍN, J.; FRUTOS-BLANCO, G. *Schinopsis balansae* tannin-based flocculant in removing sodium dodecyl benzene sulfonate. **Separation and Purification Technology**, v.67, n.3, p.292–303, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.03.039>.

BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.,2009. Removing heavy metals from polluted surface water with a tannin-based flocculant agente. v.165, p.1215–1218. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.09.104>.

BENEDITO, C. P.; RIBEIRO, M. C. C.; TORRES, S. B.; CAMACHO, R. G. V.; SOARES, A. N. R.; GUIMARÃES, L. M. S. Armazenamento de sementes de catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.) em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 28-37, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100003>.

BERNAYS, E.A., DRIVER, G.C.; BILGENER, M. Herbiores and plant tannins. **Elsevier**, v.19, p.263-302, 1989. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60160-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60160-9).

BEZERRA, J.M.; MOURA, G.B.A.; SILVA, B. B.; LOPES, P.M.O.; SILVA, Ê.F.F. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.73–84, 2014. Disponível em doi: 10.1590/ S1415-43662014000100010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Serviço florestal Brasileiro. **Os biomas e suas florestas**. 2016. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/os-biomas-e-suas-florestas>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ecologia e conservação da caatinga. Recife: Universitária da UFPE, 2003. 822 p.

BRASIL. Ministério da saúde. Portaria de Consolidação GM/MS N° 888, de 4 de Maio de 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P.C.S. **ConceitodeReusodeÁgua**.in: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F., **Reúso de Água**. 1ª. Barueri: Manole,2003.

BROWNING, B.L. **The chemistry of wood**. New York: J. Wiley, 1963. 689 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/pol.1964.100020442>

CALEGARI, L.; LOPES, P.J.G.; OLIVEIRA, E.; GATTO, D.A.; STANGERLIN, D.M. Quantificação de taninos nas cascas de jurema-preta e acácia-negra. **Pesquisa Florestal**

Brasileira, v.36, p.61-69,2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.85.986>.

CARNEIRO, A.C.O. **Efeito das ulfitação dos taninos de *E. grandise E. pellitapara* produção de chapas de flocos**.2002.90f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa,2002.

CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; CASTRO, A.F.N.M.; SANTOS, R.C.; CASTRO, R.V.O.; PINHEIRO, M.A. Parâmetros cinéticos de adesivos produzidos a partir de taninos de *Anadenanthera peregrina* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.36, n.4, p.767-775, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100 67622012000400018>

CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; PIMENTA, A.S.; MORI, F.A. Reatividade dos taninos da casca de *Eucalyptus grandis* para produção de adesivos. **Cerne**, v.7, n.1, p.1-9, 2001. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74470101.pdf>.

CASTRO, A.H.F.; PAIVA, R.; ALVARENGA, A.A.; VITOR, S.M.M. Calogênese e teores de fenóis e taninos totais em barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (mart.) coville). **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.2, p.385-390, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000200004>.

CHAVES, M. H.; CITÓ, A. M. G. L.; LOPES, J. A. D.; COSTA, D. A.; OLIVEIRA, C. A. A.; COSTA, A. F.; BRITO JÚNIOR, F. E. M. Fenóis totais, atividade antioxidante e constituintes químicos de extratos de *Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae. *Rev. bras. farmacogn.*, Curitiba, v. 20, n. 1, 2010.

CORAL, L.A., R. BERGAMASCO, R. B., BASSETTIC, F. J. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo 2nd International Workshop | Advances in Cleaner Production. KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE São Paulo – Brazil – May 20th-22nd – 2009.

CRISÓSTOMO, J.R.; CAVALCANTE, J.J.V.; BARROS, L. de M.; ALVES, R.E.; FREITAS, J.G.; OLIVEIRA, J.N. Melhoramento do cajueiro anão-precoce: avaliação da qualidade do pedúnculo e a heterose dos seus híbridos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal. v.24, n.2, p.477-480, 2002b.

CRUZ, J. G. H. **Alternativas para a aplicação de coagulante vegetal à base de tanino no**

tratamento do efluente de uma lavanderia industrial. 2004. 62 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,2004.

DI BERNARDO, L. et al. Ensaio de tratabilidade de águas e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: Rima, 2002.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 2. ed. São Carlos: Rima Editora, v. 2. 1584 p, 2005.

DINIZ, C. E. F.; PAES, J. B.; MARINHO, I. V. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8. 2003, São Paulo. Anais. São Paulo: SBS/SBEF, 2003. 1 CD-ROM.

FIORENTINI, V. **Uso do tanino no processo de tratamento de água como melhoria em sistema de gestão ambiental.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,2005.

FRANCO, A.A; CAMPELLO, E.F.; MONTEIRO, E.M.S.; FARIA, S.M. de. **Revegetação de solos degradados.** Serópedica: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, 1992. p.1-9.

GONÇALVES, C.A.; LELIS, R.C.C. Teores de taninos na casca e na madeira de cinco leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p.167-173, 2001. Disponível:<http://www.floram.periodikos.com.br/article/588e21f9e710ab87018b45cb/pdf/floram-8-%C3%BAnico-167.pdf>.

GONÇALVES, C.A.; LELIS, R.C.C.; ABREU, H.S. Caracterização físico-química da madeira de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Revista Caatinga**, v. 23, n.1, p.54-62,2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237117582009.pdf>

GRAHAM N, GANG F, GEOFFREY F, WATTS M. Characterisation and coagulation performance of a tannin-based cationic polymer: A preliminary assessment. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 2008 Sept;327(1-3):9-16.

GUIMARÃES, D.P.; FONSECA, C.E.L. da. **Considerações preliminares sobre o uso de quebra ventos nos cerrados.** Planaltina:Centrode Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (EMBRAPA), 1990. 21 p. (Documentos,34).

HAGERMAN, A. E.; ZHAO, Y.; JOHNSON, S. Methods for determination of condensed and hydrolyzable tannins. **ACS Symposium Series**, Washington, v. 662, p. 209-222, 1997.

HARBONE, J.B.; PALO, R.T.; ROBBINS, C.T. **Plant defenses against mammalian herbivore**. London: C R C, 1991. 192p.

HASLAM, E. Chemistry of vegetable tannins. London: **Academic**, 1966. 170p.

HAUFF, S.N. **Representatividade do Sistema Nacional de Unidades de Conservação na Caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. 54p.
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.04.004>

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 2 ed. Belo Horizonte: Editora: UFMG, v. 2, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. 31, p.55, 2017. com.br/PT/institucional.php?nomTbl=texto_empresa&codDado=5>. Acesso em: 11 jun. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2015**. Rio de Janeiro. ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2015/estimativa_dou_2015_20150915.pdf .12 abr. 2018.

IOSHIMURA, R. A. Estudo da Eficiência Granulométrica no Processo de Filtração direta Com Aplicação de Coagulantes no Tratamento de Água. 2016, Monografia (Engenharia Ambiental)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina.2016.

JACOBSON, T.K. B; GARCIA, J; SANTOS, S.C; DUARTE, J. B; FARIAS, J. G; KLIEMANN, H.J. Influência de fatores edáficos na produção de fenóis totais e taninos de duas espécies de barbatimão (*Stryphnodendron* sp.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 163-169, 2005. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2218/2174>.

JORGE, F.C; BRITO, P; PEPINO, L.; PORTUGAL, A.; GIL, H.; COSTA, R.P. Aplicações para as Cascas de Árvores e para os Extratos Taninosos: Uma Revisão. **Silva Lusitana**, v. 9, n. 2, p. 225-236,2001.

JUDD W.S, CAMPBELL C.S, KELLO, G.G E.A, STEVENS P.F, DONOGHUE, M.J. 2002. Plant systematic, a phylogenic approach. Ed. 2. Sinauer Associates Inc: Sunderland, Massachusetts, United States.

KARANJA A, FENGTING L, NG'ANG'A W. Use of cactus opuntia as a natural coagulant: water treatment in developing countries. *Int. J. Adv. Res.* 2017;5(3):884-94.

KAWAMURA, Susumu. Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. *Journal American Water Works Association.* V. 83, n. 10, p. 88-91. 01 out. 1991.

KLAUTAU, J. VONP.; GONÇALVES, M.F. Reuso de água: um projeto e sua viabilidade aplicada a lava-jatos. *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24^a.2007.

KONRADT-MORAES, L.C.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C.G.; HENNIG, D.; BONGIOVANI, M.C. Utilização do diagrama de coagulação na avaliação da remoção de matéria orgânica natural (NOM) para obtenção de água potável. **Revista Internacional de Engenharia de Reatores Químicos.** V.6, n.1, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.2202/1542-6580.1441>

KONRADT-MORAES, L.C.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C.R.G.; BONGIOVANI, M.C.; HENNIG, D. (2007). Avaliação da Eficiência de Remoção de Cor e Turbidez, Utilizando como Agente Coagulante os Taninos Vegetais, coma Finalidade de Obtenção de Água Tratada. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24, 2007, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2007. Disponível em <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/I-178.pdf>.

LAKS, P. E. Chemistry of bark. In: HON, D.N. S.; SHIRAISHI, N. **Wood and Cellulosic Chemistry.** New York: Marcel Dekker Inc., 1991. p.257-330.

LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M; LACHER, J.R.T.E. Changing the course of biodiversity conservation in the caatinga of northeastern Brazil. **Conserv. Biol.**, v.19, n.3, p.701-706, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00703.x>.

LIMA, C. R. **Potencialidade dos extratos tânicos das espécies angico vermelho, jurema preta e jurema vermelha no curtimento de peles caprinas.**2011, 78p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2011.

LIMA, P. R.; DE ALMEIDA, I, V.; VICENTINI, V. E. P.; os diferentes tipos de coagulantes naturais para o tratamento De água: uma revisão. **Evidência**, Joaçaba v. 20, n. 1, p. 9-22, jan./jun. 2020. <https://doi.org/10.18593/eba.24807>.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Plantarum, 1992. 368p.

LOZOYA, X.; NAVARRO, V.; ARNASON, J.T.; KOURANY, E. Experimental evaluation of *Mimosa tenuiflora* (Willd) poir (tepescohuite) I-Screeningoftheantimicrobialpropertiesof bark extracts **Archivos de Investigacion Medica**. v. 20 p. 87-93,1989.

MAIA, G. N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: D & Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413 p

MAIA, J. M.; SOUSA, V.F.O.; LIRA, E.H.A.; LUCENA, A.M.A. Motivações socioeconômicas para a conservação e exploração sustentável do bioma Caatinga. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [s.i.], v. 41, p.295-310, 30 ago. 2017. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v41i0.49254>

MANGRICH, A.S; DOUMER, M.E.; MALLMANN, A.S.; WOLF, C.R. Química verde no tratamento de águas: Uso de coagulante derivado de tanino de *acácia mearnsii*. **Revista Virtual de Química**, v.6, n.1, p.2–15, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20140002>.

MARCOLINO, J. B.; COSTA, E.M.; MORAES, M.K.; CASSEL, I.E.; AZAMBUJA, D.S.; FAY, R.S. Emprego do tanino vegetal da acácia negra como inibidor do processo corrosivo do aço ABNT 1010 em presença de CO₂. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 21. 2014, Cuiabá. **Anais** [...]. Cuiabá: CBECIMAT, 2014.

MIERZWA, J.C.; SILVA, M.C.C.; RODRIGUES, L.B.; HESPANHOL, I. Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. **Eng. sanit. ambient**. V.13, n.1, p.78-87, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522008000100011>.

MORI, F. A. **Caracterização parcial dos taninos da casca e dos adesivos produzidos de três espécies de eucaliptos**. 2000. 73 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) -

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa,2000.

MORI, F.A. et al. Influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). **Floresta e Ambiente**, Seropédica,v. 10, n.1, p. 86-92,2003.

MORI, F.A. **Uso de taninos da casca de *Eucalyptus grandis* para produção de adesivos**. 1997. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa,1997.

MOTA, G.S. **Características anatômicas e ecológicas de casca e madeira de *Anadenanthera***. 2015. 134 p. Tese (Botânica Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MOURA, O.N.; PASSOS, M. A. A.; FERREIRA, R.L. C.; MOLICA, S.G.; LIRA JUNIOR, M.A.; LIRA, M.A.; SANTOS, V.F. Distribuição de Biomassa e nutrientes na parte aérea de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **Revista Àrvore**, v. 30, n. 06, p. 877-884, 2006.

NDABIGENGESERE, A., NARASIAH, K.S., TALBOT, B.G, 1995. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Research*. 29,703–710. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00161-Y](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)00161-Y)

OLADOJA, N.A. Headwayon natural polymeric coagulants in water and waste water treatment operations. *J. Water Process Eng.* 6, 174–192. 2015

OLIVEIRA, M.R.; RODRIGUES, J.M.E.; CHIAVONE-FILHO, O., MEDEIROS, J.T.N. Estudo das condições de cultivo da Algaroba e Jurema preta e determinação do poder calorífico. **Revista de Ciência &Tecnologia**. v.14 – pp. 93-104,1999.

PAES, J. B. et al. Substâncias tânicas presente em várias partes da árvore angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. var. cebil (Gris.) Alts.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, 38: 441-447, 2010.

PAES, J. B.; DINIZ, C. E. F.; MARINHO, I. V.; LIMA, C. R. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro. *Cerne*, Lavras, v. 12, n. 3, p. 232-238, 2006.

PAES, J. B.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E.; PAIVA, L. M.; MEDEIROS NETO, P. N.; AZEVÉDO, T. K. B.; DANTAS, S. S. Correlações entre as características anatômicas, químicas e energéticas da madeira e produção e utilização de taninos de espécies de ocorrência no semi-árido brasileiro. 2008. 55p. (Relatório de pesquisa).

PAES, J.B.; AZEVEDO, T.K.B.; LIMA, C.R.; OLIVEIRA, E. Variação no teor de taninos com as fenofases da planta e posições no tronco em árvores de angico vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Gris.) Alts.). In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. Anais... São Pedro: CEVEMAD/UNESP/IBRAMEM, 2006b. CD ROM. 10p.

PAES, J.B.; MARINHO, I.V., LIMA, R.A., LIMA, C.R.; AZEVEDO, T.K.B. Viabilidade técnica dos taninos de quatro espécies florestais de ocorrência no Semiárido brasileiro no curtimento de peles. **Revista Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 453-462. 2006b. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050981927>.

PANSHIN, A. J; HARRAR, E.S.; BETHEL, J.S.; BAKER, W. J. **Forest products: their sources, production, and utilization**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1962.538p.

PAULA, S.L. Clarificação do extrato aquoso de *Stevia Rebaudiana* (Bert.) Bertoni, utilizando polímeros naturais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. 2001. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PEDROSO, K.; TAVARES, C.R.G.; JANEIRO, V.; DA SILVA, T. L.; DIAS, P.Z.; Avaliação do tratamento do lixiviado do aterro sanitário de Maringá, Paraná, por processo de coagulação/floculação com tanfloc SG. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.4, n. 2, p.87-98, 2012. Disponível em: <https://revistas.apps.uepg.br/index.php/ret/article/view/11455/209209209428>.

PELEGRINO, E.C.F. **Emprego de coagulante à base de tanino em sistema de pós-tratamento de efluente de reator UASB por flotação**.2011.161p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos,

São Carlos,2011.

PHILIPPI JÚNIOR, A. (Ed.). Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005.

PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: M. Dekker, 1994. 289 p.

PIZZI, A. Natural phenolic adhesive I: tannin. In: PIZZI, A.; MITAL, K. L. (Org.). **Handbook of adhesive technology**. 2nd ed. New York: M. Dekker, 2003. p.573-587.

PIZZI, A. **Wood adhesives**: chemistry and technology. New York: Marcel Dekker, 1983.364 p.
Process Biochemistry, v. 45, n. 9, p. 1437–1444,2010.

PORTILLO-QUINTERO, C.A.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G.A. Extent and conservation of tropical dry forests in Americas. **Elsevier**, v.143, n.1, p.144-155, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. (Eds.). Ecologia e conservação da Caatinga. Recife: **Editora Universitária**: Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

QUEIROZ, L. P. Leguminosas da caatinga. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009. 467 p

RIBASKI, J., LIMA, P.C.F., OLIVEIRA, V.R., DRUMOND, M.A. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**,2003.

RICHTER, C. A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. São Paulo: Blucher, 2009. 340p.
SANTANA, G.M.; PAES, J. B.; JUNIOR, J.T. C.; AZEVEDO, T.K.B.; GUEDES, R.A. Teor de taninos condensados em diferentes partes de *Anadenanthera Colubrina* (vell.) Brenan.var.*Cebil* (Gris.) Alts. (Mimosaceae),**60ºCongressoNacionaldeBotânica**,2009.

SANTOS, J.C.; LEAL, I.R.; ALMEIDA-CORTEZ, J.S.; FERNANDES, G.W.; TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. Trop. Conserv. Sci, v.4, n.3, p.276-286, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/194008291100400306>

SANTOS, S.C.; MELLO, J.P.C. Taninos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1999. p.323-354.

SARTORI, C.J. **Avaliação dos teores de Compostos fenólicos nas cascas de *Anadenanthera peregrina* (Angico vermelho)** 2012. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) -Lavras, Minas Gerais,2012.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D.M.; PELL, A.N. Analysis of condensed tannins: a review. **Elsevier**. Ed. 1-2, v.91, p.21-40, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00228-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00228-0).

SANTOS EB, DANTAS GS, SANTOS HB, DINIZ MF, SAMPAIO FC. Estudo etnobotânico de plantas medicinais para problemas bucais no município de João Pessoa, Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2009; 19 (1): 321-324.

SILVA JG, SOUZA IA, HIGINO JS, SIQUEIRA-JUNIOR JP, PEREIRA JV, PEREIRA MSV. Atividade antimicrobiana do extrato de *Anacardium occidentale* Linn. em amostras multiresistentes de *Staphylococcus aureus*. *R Bras Farmacogn* 2007; 17 (4):572-77

SILVA, J. A.; ROSA, J.R. Análise físico-química de taninos do barbatimão (*stryphnodendron adstringens* (mar.)) e sua aplicação em cremes. In: CONGRESSO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG, 3. Pirenópolis. Anais [...]. Pirenópolis: UEG, 2016.

SILVA, J. F. V.; SILVA, L. C. N.; ARRUDA, I. R. S.; SILVA, M. V. Antimicrobial activity of *Pityrocarpa moniliformis* leaves and its capacity to enhance the activity of four antibiotics against *Staphylococcus aureus* strains. *Journal of Medicinal Plants Research*, v. 7, n. 28, p. 2067-2072, 2013.

SILVA, R.V. **Uso de taninos da casca de três espécies de eucalipto na produção de adesivos para madeira**. 2001. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa,2001.

SILVA, T.S.S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto**.1999.88f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, São Paulo,1999.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; DE MELLO, J.C.P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: daplantaaomedicamento**. 6. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2010.

SNIF-SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. 2017. Boletim, ed.1. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/publicacoes/1179-boletim-snif-2017-ed-1>.

SOUSA J.S, BASTOS M.N.C, ROCHA, A.E.S. 2009. Mimosoideae (Leguminosae) do litoral paraense. Acta Amazônica 39: 799 – 812.

SOUSA, A. D. **Otimização da extração de taninos da casca do cajueiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. 68p.

SOUSA, T. B. **Caracterização de cascas de espécies florestais brasileiras e uso de seus taninos na clarificação da água**. Tese (Doutorado em Engenharia de Biomateriais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018. 73p.

TALIB, Y.; IDRIS, A.; ASLINA, S.A. Tannin-base da gentfor coagulation and flocculation of municipal wastewater: Chemical composition, performance assessment compared to Polyaluminum chloride, and application in a pilot plant. **Journal of Environmental Management**, v. 184, p. 494–503, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.033>.

TANAC. **Construindo o futuro todos os dias**. Montenegro: TANAC, [2013]. Disponível em: http://www.tanac.com.br/PT/institucional.php?nomTbl=texto_empresa&codDado=5. Acesso em: 25 março 2019.

TANAC/SA. Tanfloc: Coagulante/floculante de origem vegetal. Tanac S.A. Montenegro/RS, Disponível na internet via WWW. URL: <http://www.tanac.com.br/PT/index.php>. Acesso em: 20/04/2019

TEODORO, A.S.; LELIS, C.C.R. Colagem de madeira sólida com adesivo natural à base de tanino. **Revista Universidade Rural**, Seropédica, v. 25, n. 1 p. 55-59, 2005.

TRUGILHO, P.F.; CAIXETA, R.P.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. **Cerne**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 1997. v. 186, n. 2–3, p. 1704–1712, fev. 2011. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48461447/AVALIAO_DO_CONTEUDO_EM_TANINOS_CONDENSADO20160831-10391-q1jw9j.pdf.

VANACÔR, R.N; GEHLING, G.R. Caracterização do lodo dos decantadores de uma ETA convencional utilizando coagulante orgânico derivado do tanino. I -009 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

VASCONCELOS, J. Plano de Divulgação do Bioma Caatinga. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 9p.

VIJAYARAGHAVAN, G., SIVAKUMAR, T., KUMAR, V., 2011. Application of Plant Based Coagulants for Waste Water Treatment. Int. J. Adv. Eng. Res. Stud. 188–92. disponível em: <https://doi.org/E-ISSN2249-8974>

XIA, Z.; SINGH, A., KIRATITANAVIT, W., MOSURKAL, R., KUMAR, J., NAGARAJAN, R. Unraveling the mechanism of thermal and thermo-oxidative degradation of tannic acid. **Thermochimica Acta**, v. 605, p. 77–85,2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2015.02.016>.

YIN, C.Y. Emerging usage of plant-based coagulants for water and waste treatment. **Process Biochemistry**, v. 45, n. 9, p. 1437–1444,2010. disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>.

ZUCKER, W.V. Tannins: does structure determine function? An ecological perspective. **The American Naturalist**. Lancaster, v. 121 n. 3, p. 335-365, 1983.

Capítulo 1

**APLICAÇÃO DE TANINOS VEGETAIS UTILIZANDO ESPÉCIES FLORESTAIS DA
CAATINGA NO TRATAMENTO DA ÁGUA**

Aplicação de taninos vegetais utilizando espécies florestais da Caatinga no tratamento da água

Bruna Ferreira dos Anjos; Tatiane Kelly Barbosa de Azevedo; Bruna Rafaella Ferreira da Silva; Renata Martins Braga; Alexandre Santos Pimenta; Rafael Rodolfo de Melo; Pedro Nicó de Medeiros Neto

RESUMO

Novas tecnologias estão sendo empregadas quanto ao tratamento da água, como a utilização de substâncias extraídas de espécies arbóreas e tem apresentado resultados satisfatórios. Os taninos vegetais apresentam relevante importância econômica, ecológica e social no setor florestal não madeireiro do país, despertando inúmeras pesquisas em busca de novas espécies produtoras. Esta pesquisa tem como objetivo, quantificar os taninos condensados, cationizar e avaliar a eficiência dos coagulantes naturais extraído das cascas do cajueiro e sabiá, dos frutos sem sementes de angico-vermelho e da catanduva no tratamento da água e analisar os parâmetros pH, turbidez e o melhor tempo de sedimentação. As cascas e os frutos foram coletados de árvores que apresentavam boas características fitossanitárias, obtidas em um plantio florestal, localizados na Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), município de Macaíba- RN. Foram determinados o teor de sólidos totais (TST), índice de Stiasny (IS) e o teor de taninos condensados (TTC). Para os ensaios foram, os agentes coagulantes utilizados foram os taninos cationizados provenientes das espécies florestais foram utilizadas três concentrações 50 mg/L¹, 100 mg/L¹ e 150 mg/L¹. Os melhores percentuais foram para a casca do cajueiro *A. occidentale* TST, I e TTC (33,36%, 59,45% e 19,83% respectivamente). Os taninos das quatro espécies florestais apresentaram eficiência na remoção da turbidez da água. Todavia, *A. occidentale* apresentou um melhor desempenho em todas as concentrações, especificamente na concentração de 150 mg o valor foi de 0,80 de NTU para remoção da turbidez. Os taninos praticamente não alteraram o pH, o que é uma característica interessante no tratamento da água.

Palavras-chave: Coagulantes naturais, Espécies florestais, PFNM.

Application of vegetable tannins using forest species from the Caatinga in water treatment

ABSTRACT

New technologies are being used for water treatment, such as the use of substances extracted from tree species, and have shown satisfactory results. Vegetable tannins have relevant economic, ecological and social importance in the country's non-timber forest sector, triggering numerous researches in search of new producing species. This research aims to quantify the condensed tannins, cationize and evaluate the efficiency of natural coagulants extracted from cashew and thrush husks, seedless fruits of angico-red and catanduva in water treatment and

analyze the parameters pH, turbidity and the best settling time. The bark and fruits were collected from trees with good phytosanitary characteristics, obtained from a forest plantation, located at the Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), Municipality of Macaíba-RN. Total solids content (TST), Stiasny index (IS) and condensed tannin content (TTC) were determined. For the tests were, the coagulating agents used were the preventive cationized tannins of forest species, three concentrations were used 50 mg/L¹, 100 mg/L¹ and 150 mg/L¹. The best percentages were for the bark of cashew tree *A. occidentale* TST, I and TTC (33.36%, 59.45% and 19.83% respectively). The tannins of the four forest species were efficient in removing turbidity from the water. However, *A. occidentale* performed better at all concentrations, specifically at the concentration of 150 mg the value was 0.80 NTU for turbidity removal. The tannins practically did not change the pH, which is an interesting feature in water treatment.

Keywords: Natural coagulants, Forest species, PFNM.

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a disponibilidade e qualidade da água tem exigido uma nova consciência em relação à utilização deste recurso (SANTOS e POLEDNA, 2005). Hoje, o mau uso, aliado a grande demanda, vem preocupando especialistas e autoridades no assunto, pelo evidente decréscimo da disponibilidade da água limpa em todo o planeta. A escassez de água deve ser vista como um fator determinante de sobrevivência e as estimativas apresentadas quanto à disponibilidade para o futuro se mostram pouco positivas.

Uma das fontes de poluição da água está justamente no tratamento dela, isso acontece nas etapas de coagulação e floculação, para que possa existir uma melhor clarificação da água, nesses processos em sua maioria é usado produtos químicos como o sulfato de alumínio e o cloreto férrico. Estes por sua vez, quando utilizados em excesso, permanecem na água em grande concentração, ocasionando sérios problemas a saúde humana. Porém, um dos principais malefícios em usá-los é a formação do lodo após a decantação. Esse lodo, além de conter os flocos de coloides, contém também resíduos desses produtos químicos, que por sua vez são descartados em rios e lagos sem passar por qualquer tratamento (SOUSA, 2015).

Novas tecnologias estão sendo empregadas quanto ao tratamento da água, como a utilização de substâncias extraídas de espécies arbóreas e tem apresentado resultados satisfatórios na clarificação desse recurso. Substâncias como os taninos vegetais possuem uma melhor biodegradabilidade em relação aos coagulantes inorgânicos, pois possuem partículas coloidais, e ao neutralizar cargas criam pontes entre elas, sendo este processo

responsável pela formação de flocos e consequente sedimentação (KAWAMURA, 1991; BELTRÁN-HEREDIA et al., 2008; GRAHAM et al., 2008).

A importância do uso dos coagulantes naturais no tratamento da água e efluentes, é muito relevante, uma vez que isso atinge profundamente os três pilares para o desenvolvimento sustentável: meio ambiente, sociedade e economia. No Brasil, assim como em demais países do mundo, a situação é preocupante, embora o país apresente uma disponibilidade hídrica privilegiada. Neste cenário, a água doce adquire uma escassez progressiva e um valor cada vez mais elevado, tornando-se um bem econômico propriamente dito (LIMA et al., 2020).

A utilização dos coagulantes de origem metálicos em larga escala no tratamento de esgoto vem contribuindo para uma grande geração de lodo ocasionando contaminação aos efluentes. Apesar de ser usado com bastante frequência em estações de tratamento, essas substâncias devem ser administradas com devido cuidado sua alta toxicidade (KAWAMURA, 1991; CARVALHO, 2008; OKUDA et al., 2001).

No Brasil existe a maior concentração de árvores tanantes do mundo. Entretanto, o uso dessa matéria prima é pouco usado na produção de coagulantes naturais para o tratamento da água e esgoto (SILVA, 1999). Na Caatinga vários pesquisadores estão identificando possíveis espécies produtoras de taninos vegetais como jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), jurema-vermelha (*Mimosa arenosa*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina*), entre outras (AZEVEDO et al., 2017; PAES et al., 2006; CALEGARI et al., 2016; LOPES et al., 2015).

Estudos que visem novas substâncias, a fim de promover uma eficiência igualitária ou superior aos coagulantes químicos no tratamento da água tornam-se importantes não apenas pelo valor econômico agregado, mas também em relação à saúde da população e a conservação do meio ambiente.

Diante do exposto, o objetivo dessa pesquisa foi quantificar os taninos condensados, cationizar e avaliar a eficiência dos coagulantes naturais extraído das cascas do cajueiro (*Anacardium occidentale*); sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), dos frutos sem sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina*) e da (*catanduva Pityrocarpa Moniliformis*) no tratamento da água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Seleção de Árvores e coleta de cascas e frutos

Para condução do estudo foram usadas amostras de cinco árvores de cada espécie com características fitossanitárias saudáveis, sendo selecionadas aquelas com ausência de

ataque de pragas e doenças para cada espécie (*Mimosa caesalpiniiifolia*, *Anacardium occidentale*, *Pityrocarpa Moniliformis*, *Anadenanthera colubrina*), localizadas na Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), município de Macaíba- RN.

O solo da área é classificado como latossolo amarelo de textura arenosa e topografia plana (BELTRÃO; FREIRE; SANTOS, 1975). O clima local é uma transição entre os tipos As e BSw caracterizado como tropical chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen com temperatura média anual de 27,1°C, umidade relativa anual de 76% e precipitação pluviométrica variando entre 86 e 1.07 mm (IDEMA, 2013).

Para as espécies *Pityrocarpa Moniliformis*, *Anadenanthera colubrina*, foram selecionadas árvores aleatórias, separados os frutos das sementes para que não fossem interferir no resultado da quantificação. Para coleta das cascas de sabiá e do Cajueiro, com auxílio de facão as cascas foram retiradas dos troncos e ramos, posteriormente foram separadas do fuste, e pesadas para determinação de sua umidade inicial. Em seguida foram secas ao ar, moídas em uma forrageira e utilizadas para extração de taninos em grande quantidade. Para a realização da quantificação dos taninos condensados, uma amostra do material de cada indivíduo (aproximadamente 200g) teve sua granulometria reduzida, utilizando moinho do tipo Willey, em seguida classificada com auxílio de peneiras granulométricas de 16, 60 e 150 “mesh”.

2.2. Extração das substâncias tânicas

Para a quantificação dos taninos foram utilizadas três porções de 25 g de material homogeneizado e seco de cada espécie. As amostras foram transferidas para balões de fundo chato com capacidade de 500 mL, em que foram adicionados 250 mL de água destilada (relação 1:10) e submetidas à fervura sob refluxo por duas horas. Sendo cada uma submetida a duas extrações, a fim de retirar o máximo de extrativos presentes. Assim, a relação material: solução passou a ser de 1:20. Após essas etapas, o material foi passado em uma peneira de malha 150 *mesh*, e em um tecido de flanela, para a retenção de partículas finas.

O extrato obtido foi homogeneizado e filtrado em um funil de vidro sintetizado de porosidade número 2. Em seguida foi concentrado para 250 mL, pela evaporação da água ao empregar um aparelho tipo Soxhlet e retiradas três alíquotas (amostras) de 50 mL de cada extrato, nas quais duas delas foram utilizadas para a determinação do teor de taninos condensados (TTC) e uma foi evaporada em estufa a 103 ± 2 °C por 48 h, para a determinação da porcentagem de teor de sólidos totais (TST). (Equação 1).

$$TST(\%) = \frac{M1 - M2}{M2} \times 100$$

Em que: TST = Teor de sólidos totais (%); M_1 = Massa inicial (g); e M_2 = Massa final (g).

2.3. Determinação do teor de taninos condensados (TTC) e índice de Stiasny (IS)

Para a determinação do TTC presente em cada amostra utilizou-se o método de Stiasny, descrito por Guangcheng et al. (1991), com algumas modificações. Para tanto, aos 50 mL do extrato bruto foram adicionados 4 mL de formaldeído (37% m/m) e 1 mL de ácido clorídrico concentrado. Cada mistura foi submetida à fervura sob refluxo por 30 min. Nessas condições, os taninos formam complexos insolúveis que podem ser separados por filtragem simples.

Para isso usou-se o filtro de papel posto em funil de Büchner de 10 cm de diâmetro e 4 cm de profundidade. O material retido no filtro foi seco em estufa a 103 ± 2 °C por 24 horas, pesado e calculado o índice de Stiasny. A quantidade de taninos presente em cada amostra foi obtida ao se multiplicar o índice de Stiasny pelo teor de sólidos totais. Todas as análises foram realizadas em triplicatas, usando-se as metodologias citadas por Trugilho et al. (1997) e Paes et al. (2006a; 2006b). Após obter a massa seca do precipitado, é calculado o índice de Stiasny (I) em porcentagem seguindo a equação 2:

$$I(\%) = \left(\frac{M_2}{M_1} \right) \times 100$$

Em que: I = Índice de Stiasny (%); M_1 = Massa de sólidos em 50 mL de extrato; M_2 = Massa do precipitado taninos – formaldeído.

A quantidade de taninos presente em cada amostra foi obtida ao multiplicar o índice de Stiasny pelo teor de sólidos totais (Equação 3).

$$TTC (\%) = \frac{TST \times I}{100}$$

2.4. Cationização

Para que os taninos possam ser utilizados como coagulantes, é necessário que eles passem por uma modificação química em sua estrutura. A cationização, tal processo foi realizado para os taninos das quatro espécies, com base na reação de Mannich relatada por Konrath e Fava (2006), em três etapas:

- 5,4 g de cloreto de amônio e 24,4 g de formaldeído foram colocados em um balão volumétrico. A mistura foi aquecida a temperatura entre 80 e 90 °C durante um período de 2h. Para verificar a eficácia da reação entre formaldeído e cloreto de amônio, foi realizada uma avaliação visual pelo aparecimento da cor amarelo claro a incolor.

- O produto obtido na primeira etapa foi misturado com 28,0 g de uma solução aquosa de tanino (50%) durante 30 minutos a temperatura entre 50 e 60 °C.
- Após a segunda etapa, foi realizado o estágio pós-reação, que consistiu na adição de 0,2 g de monoetanolamina, que reagiu por 3 horas a uma temperatura entre 50 e 60 °C.

2.5. Ensaio de coagulação

A água utilizada para a realização dos testes foi coletada no açude localizado na Escola Agrícola de Jundiá-EAJ, no Município de Macaíba-RN. Após a coleta, a água foi acondicionada em galões de 5 litros. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Microbiologia Ambiental, no Complexo Tecnológico de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Para ensaios do processo de coagulação/floculação da água, foi utilizado o equipamento Jar-test, onde em cada jarro foi adicionado 1,5 L da água coletada. Inicialmente foi verificada as medidas de pH e turbidez. Os agentes coagulantes utilizados foram os taninos cationizados provenientes das cascas de *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Anacardium occidentale*, e dos frutos de *Pityrocarpa Moniliformis* e *Anadenanthera colubrina*, para todos os coagulantes foram utilizadas três concentrações sendo estas 50 mg/L¹, 100 mg/L¹ e 150 mg/L¹.

Nos quatro coagulantes foram aplicados dois períodos de agitação: um a 130 rpm com 2 min e outro a 30 rpm por 30 min (mistura rápida e lenta), valores adaptados aos trabalhos de Beltrán-Heredia e Sanchez-Martin (2009) e Sousa (2015). Foi verificada a turbidez inicial e o pH inicial. Após 1 h do término de cada teste foi avaliado o pH e a turbidez final de cada amostra, para encontrar qual a variável ótima de concentração e tempos de agitação para cada espécie.

2.6. Análise fatorial

A pesquisa foi realizada com quatro espécies florestais, sendo empregado em um delineamento experimental casualizado (DIC) com arranjo fatorial (4x3x3), totalizando 36 amostras. Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado para análise dos dados foi o Sisvar®. Os gráficos foram criados em diagrama de Pareto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Taninos condensados das cascas e dos frutos das espécies florestais

Quantificação de taninos condensados é uma das variáveis mais importantes para a determinação da potencialidade de extração comercial de uma espécie, e estudos sobre quantificação de diferentes partes da planta, fortalece a potencialidade de usos da espécie. Na Tabela 1 é possível observar os valores médios encontrados para determinação do teor de sólidos totais (TST), do índice de Stiasny (IS) e do teor de taninos condensados (TTC) obtidas das cascas das espécies *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá), *Anacardium occidentale* (cajueiro) e dos frutos de *Pityrocarpa moniliformis* (catanduva) e *Anadenanthera colubrina* (angico-vermelho).

Tabela 1: Comparações entre médias do teor de sólidos totais TST (%), índice de Stiasny I (%) e teor de taninos condensados TTC (%) para taninos vegetais presente nas espécies analisadas.

Espécies	TST (%)	IS (%)	TTC (%)
Frutos da catanduva (<i>Pityrocarpa moniliformis</i>)	57,06 a	0,42 c	0,23 c
Frutos do angico-vermelho (<i>Anadenanthera colubrina</i>)	17,60 c	60,93 b	10,70 b
Casca do Sabiá (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>)	9,18 d	91,27a	8,38 b
Casca do Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>)	33,36 b	59,45 b	19,83 a

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste T a (5%).

Para Medeiros et al. (2019) o teor de sólidos totais (TST) pode ser entendido como o rendimento bruto da amostra em forma de pó. Nesse sentido, o fruto da *Pityrocarpa moniliformis* apresentou o maior percentual 57,06%, em seguida, a casca de *Anacardium occidentale* com 33,36%, o fruto do *Anadenanthera colubrina* obteve 17,60% e por último, a casca do *Mimosa caesalpinifolia* com 9,18%, valores que diferem estatisticamente entre si.

Não observou-se na literatura valores sobre a quantificação dos frutos de *P. moniliformis*, porém neste estudo das espécies analisadas foi a que obteve o maior valor para TST. Azêvedo et al., (2017) encontraram valores inferiores para *Mimosa tenuiflora* entre 24,25% a 30,80%. Paes et al., (2006) encontrou o mesmo valor para *A. occidentale* com 33,36%. Paes et al., (2010) ao analisar os extratos tânicos de diversas partes de *A. colubrina* obteve para os frutos com sementes e sem sementes valores similares a essa pesquisa com 18,20% e 17,60% respectivamente.

O índice de Stiasny refere-se aos taninos do tipo flavanol, os quais são precipitados por meio da condensação com formaldeído em meio ácido, sendo estes de elevado peso molecular e de difícil dissolução (MEDEIROS et al., 2019). Nesta variável avaliada, a *Mimosa caesalpinifolia* destacou-se com 91,27%. Não houve diferença significativa entre as espécies

Anadenanthera colubrina 60,93% e *Anacardium occidentale* 59,45%, o menor valor foi para o fruto de *Pityrocarpa moniliformis* com 0,42%.

Esses valores evidenciam resultados promissores para essas três espécies, pois quanto maior o índice de Stiasny, maior a quantidade de polifenóis, o que indica maior grau de pureza em taninos condensáveis e menor será a quantidade de outras substâncias como açúcares, gomas entre outras (FERREIRA, 2004). Paes et al., (2010) encontraram valores semelhantes para o fruto sem sementes de *A. colubrina* com 60,93% valor superior encontrado pelo mesmo autor, porém para o fruto com sementes apresentando um percentual de 40,12%.

O TTC pode ser interpretado como a proporção de taninos presentes nos materiais analisados. Nesse estudo, o maior valor observado para esta variável foi para *A. occidentale* com 19,83% em seguida o fruto de *A. colubrina* com 10,70% e *M. caesalpiniiifolia* com 8,38%, sendo o fruto de *P. moniliformis* obteve o menor valor com 0,23%, diferindo-se estatisticamente dos demais. Todavia, ambas as espécies apresentaram neste estudo teores inferiores aos encontrados por Mori et al. (2003) encontraram um TTC de 30,10% para a *Stryphnodendron adstringens*(barbatimão), enquanto Silva (2021) encontrou para a mesma espécie um valor inferior com 15,23%.

Os frutos e sementes de *P. moniliformis* apresentam altas taxas de predação por insetos quando ainda aderidos à planta-mãe, principalmente *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) (CORREIA et al., 2017). O que pode ter influenciado tanto para o IS quanto para o TTC, pois a presença de valores baixos para o teor de taninos condensados indica que será menor a sua proteção, sendo uma das finalidades dos taninos para os vegetais, se mostrando mais susceptíveis ao ataque de insetos e doenças.

Gonçalves e Lelis (2001) encontraram o valor de 2% de TTC para o sabiá, sendo este inferior aos obtidos no presente estudo, algumas variáveis podem alterar esses valores, como idade da planta, sítio (temperatura, solo etc.), período de coleta (AZEVEDO, et al. 2017). Conseqüentemente, influenciando a quantidade de metabólitos produzidos e as proporções dos metabólitos na planta (GOBBO NETO e LOPES, 2007; TAIZ et al., 2017).

Segundo Paes et al. (2010), espécies com percentual superior a 10% de TTC apresentam potencial para serem exploradas economicamente. Estes valores podem ser encontrados na casca do cajueiro e do angico-vermelho sem sementes. Todavia, para cada espécie e órgão vegetal pode haver variação da composição química do tanino, o que pode também influenciar seu uso, sendo necessário realizar novos estudos para avaliar seu potencial de aplicação.

3.2. Tratamento da água com os coagulantes cationizados

Após a aplicação de cada coagulante e ao final dos processos de coagulação, a água tratada foi coletada no turbidímetro e a cada 10 minutos esses valores foram verificados no intervalo a cada 10 minutos até completar os 60 minutos. Observa-se a média dos melhores valores das repetições, tendo a catanduva o melhor tempo de sedimentação com 30 minutos na concentração de 100 mg, mas para a remoção da turbidez destaca-se a de 50 mg com o valor de 32 NTU. (Tabela 2).

Tabela 2: Tratamentos, concentrações, valores de pH inicial e final, o melhor tempo de sedimentação para cada coagulante, turbidez inicial e a turbidez final.

TRATAMENTO	CONC.	PH Inicial	PH Final	SED-T (min)	TURB-I (NTU)	TURB-F (NTU)
Catanduva (<i>Pityrocarpa moniliformis</i>)	50	7,75	7,72	60	150	32
	100	6,76	6,77	30	150	60
	150	6,97	6,88	50	150	45
Angico-vermelho (<i>Anadenanthera colubrina</i>)	50	6,83	7,07	40	150	40
	100	6,76	6,87	50	150	36
	150	7,04	7,05	50	150	36
Sabiá (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>)	50	7,22	7,04	60	150	35
	100	7,4	7,03	40	150	45
	150	7,29	7,05	40	150	45
Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>)	50	6,8	7,14	50	150	8,2
	100	6,79	7,01	40	150	2,4
	150	7,02	6,88	40	150	0,80

Fonte: Autoria própria, 2021.

Para o fruto de *A. colubrina* o melhor tempo de sedimentação foi na concentração de 50 mg aos 40 minutos, na remoção da turbidez os valores foram iguais para as concentrações de 100 mg e 150 mg com 36 NTU. A espécie *M. caesalpinifolia* obteve os mesmos valores no tempo de sedimentação com 40 minutos tanto para 100 mg quanto para 150 mg, o seu melhor valor quanto a turbidez da água foi com a concentração de 50 mg com 35 NTU.

Em relação aos coagulantes anteriores o coagulante de *A. occidentale* obteve os melhores resultados a partir da concentração de 100mg com médias na remoção da turbidez

de 2,4 e 0,80 NTU, assim como o melhor tempo de sedimentação foi tanto 100 mg quanto para 150 mg com 40 minutos para remoção da turbidez.

Segundo a portaria GM/MS Nº 888, de 4 de Maio de 2021 que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL 2021). O capítulo V dispõe sobre os padrões de potabilidade. Onde para garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) ou pontos de consumo deverá atender ao VMP de 5,0 uT para turbidez (BRASIL 2021), a *A. occidentale* foi a espécie que mais se enquadrou nos padrões de potabilidade analisados neste estudo.

Na Tabela 3 podemos observar os dados obtidos dos três tratamentos, relacionando o tempo de sedimentação para as quatro espécies florestais as médias mostram que a partir da concentração de 100 mg podemos obter valores menores.

Tabela 3: Análise de variância para as concentrações de tanino (mg) das quatro espécies florestais em relação ao tempo de sedimentação.

FV	CONC-50(mg)			CONC-100(mg)			CONC-150(mg)			
	GL	SQ	QM	P	SQ	QM	P	SQ	QM	P
Trat. 3		4757,81	1585,93	0,00	29746,93	9915,64	0,00	30185,11	10061,0	0,00
Tempo 5		4823,76	964,75		3653,75	730,75		4542,92	908,58	
erro 63		3486,60	55,34		1094,45	17,37		1683,18	26,71	
CV (%) =			18,87			9,78			12,90	
Média geral:			39,41			42,62			40,07	

Legenda: GL – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados MQ – soma média dos quadrados; P - probabilidade de significância; CV- coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Os dados obtidos, foram comparadas as médias dos quatro tratamentos, onde o P foi significativo para todas as concentrações, quanto ao coeficiente de variação para 50mg; 100mg e 150 apresentou dados homogêneos com 18,87; 9,78 e 12,90 respectivamente, não houve valores discrepantes, com CV menor que 20, a composição química desses

coagulantes, pelo fato de ser de origem orgânicos pode ter influenciado os resultados de maneira positiva.

As médias de turbidez para cada espécie estão descritas na (Tabela 4), na concentração de 50 mg, notou-se o *A. occidentale* com valor menor que as outras três espécies florestais com 25,45 em um agrupamento distinto, ou seja, apresenta diferença estatística significativa.

Tabela 4. Comparação de médias para as concentrações de coagulantes de 50 mg 100mg e 150mg das quatro espécies florestais em relação ao tempo de turbidez.

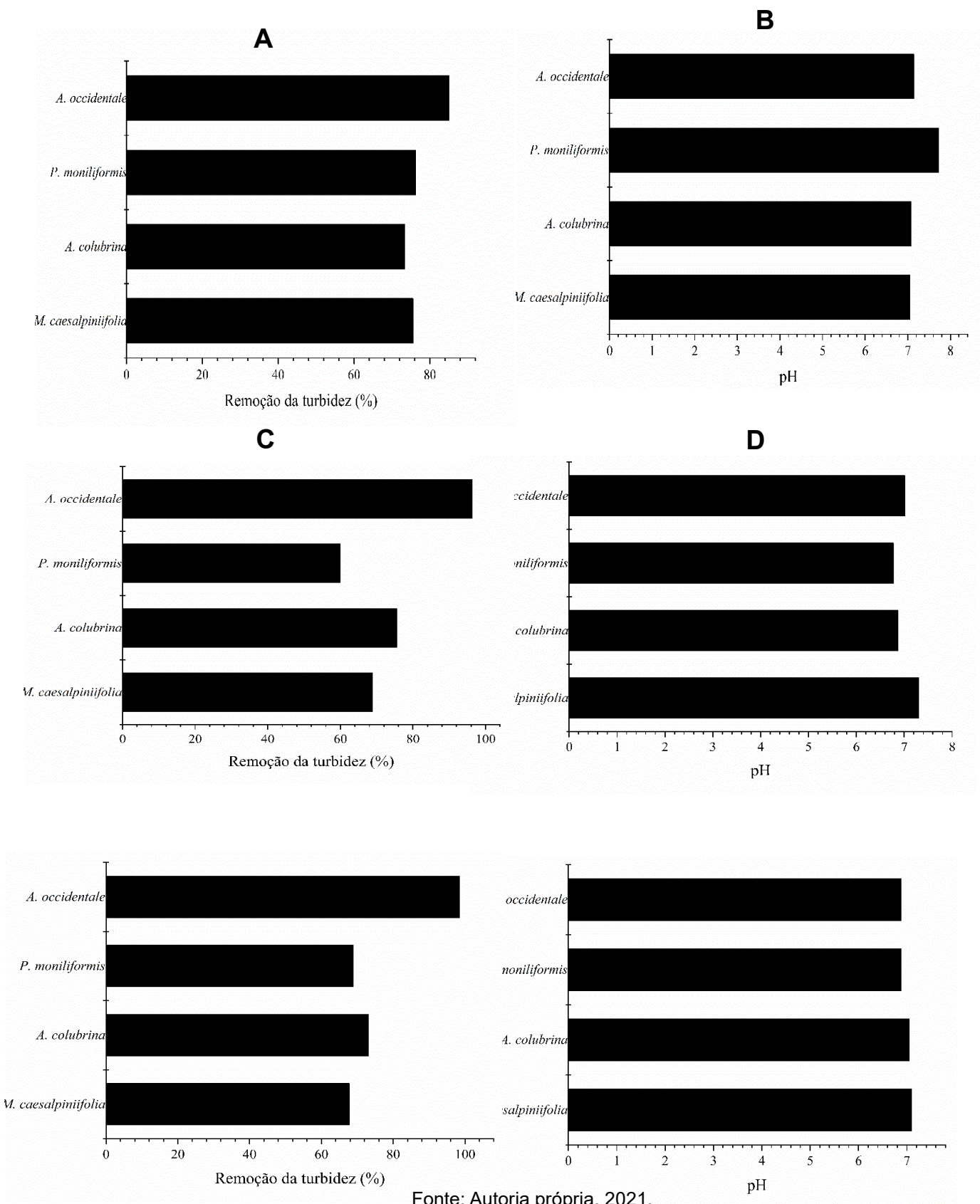
	Conc.50 mg/L ¹	Conc.100 mg/L ¹	Conc.150 mg/L ¹
Tratamentos	Média	Média	Média
Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>)	25,45a	9,22 a	5,22 a
Catanduva (<i>Pityrocarpa moniliformis</i>)	42,66 b	63,61 d	53,33 c
Sabiá (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>)	44,00 b	51,94 c	56,05 c
Angico-vermelho (<i>Anadenanthera colubrina</i>)	45,55 b	45,72 b	45,67 b

Fonte: Autoria própria, 2021.

Os coagulantes orgânicos apresentaram-se em quatro agrupamentos distintos, porém o *A. occidentale* possui a menor média estatística na concentração de 100 mg com 9,22. Observa-se que para esta concentração cada coagulante é pertencente a um tipo de agrupamento, diferindo estatisticamente entre si. As médias para a concentração de 150mg o *A. occidentale* é apresentado novamente com a menor média com 5,22 pertencente isoladamente a um agrupamento, a espécie *A. colubrina* apresenta-se em um grupo exclusivo com 45,67. As espécies *P. moniliformis* *M. caesalpinifolia* formam apenas um grupo estatístico com as médias 53,33 e 56,05.

As ótimas médias para o *A. occidentale*, podem ser influenciadas por sua composição química na casca, pois contém um alto teor de lignina com 29,31% sendo uma das suas funções é a proteção dos tecidos vegetais contra a oxidação e a ação de microorganismos, além de possuir 70,08% de holocelulose e o teor de cinzas de 2,64 (MONTENEGRO 2010). Não há na literatura as propriedades químicas do *A. occidentale* que o torne coagulante para o tratamento da água. Na figura 1 podemos observar a eficiência de cada espécie florestal assim como seu comportamento na remoção da turbidez e PH.

Figura 1: Comparação após aplicação dos três coagulantes para as concentrações de 50,100 e 150 mg. A) Remoção de turbidez com 50mg da água; B) pH final com 50mg. C) Remoção de turbidez com 100mg da água; D) pH final com 100mg. E) Remoção de turbidez com 150mg da água; F) pH final com 150mg



Fonte: Autoria própria, 2021.

Foi possível observar que o uso dos taninos das quatro espécies, utilizando a concentração de 50 mg no tratamento da água teve ação significativa na remoção da turbidez, as espécies *M. caesalpinifolia*, *P. moniliformis* e *A. colubrina* mantiveram um percentual semelhante com mais de 75% da remoção, quanto para *A. occidentale* teve um destaque de 84% da remoção da turbidez (Figura 1-A).

A Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, publicada no DOU N° 053, de 18 de março de 2005 nas páginas 58 e 59, vem substituir a resolução N° 20 do CONAMA, estabelecendo alguns parâmetros no que se refere à qualidade da água para uso doméstico e industrial. Dessa forma, a Resolução N° 357 em questão “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências (CONAMA, 2005).

Na seção I das águas doces Art. 4° onde as águas são classificadas para diversas finalidades, dentre elas para o consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. Dentre as condições e padrões da resolução N° 357 o valor de turbidez é até 40 (UNT) e os valores de pH podem variar de 6,0 a 9,0 (CONAMA, 2005).

Para as quatro espécies utilizadas observou-se remoção da turbidez, comprovando aptidão do produto como coagulante. Para o valor do pH final após a realização dos testes com essa concentração, não houve alteração significativa, o que torna um resultado satisfatório para ambas as espécies, pois além de coagular não altera o pH da água (Figura 1-B). O pH e a turbidez inicial da água foram medidos antes dos ensaios na qual as condições iniciais eram em média (7,20) e turbidez (150 NTU) para a concentração de 50 mg de taninos.

O uso dos taninos na concentração de 100 mg no tratamento da água teve uma eficiência maior quando foi aplicado o coagulante a partir da casca do *A. occidentale*, com mais de 95% na remoção da turbidez, seguido do fruto do *A. colubrina* com eficiência de 77%. O percentual dos demais coagulantes cationizados *M. caesalpinifolia*, *P. moniliformis* obtiveram 65% e 60% respectivamente, valores menores usando 50 mg, a concentração de 100 mg não foi tão eficiente com os coagulantes de *M. caesalpinifolia* e *P. moniliformis* (Figura 1-C).

O menor valor para o fruto de *P. moniliformis* na remoção da turbidez, pode-se levar em comparação a quantificação dos taninos que para o Índice de Stiasny foi de 0,42% e para o teor de taninos condensados foi de 0,23%, o que pode ter influenciado no resultado para esta espécie, o resultado semelhante ao encontrado na espécie *M. caesalpinifolia*, onde o maior valor de taninos puro com 91,27%.

É importante levar em consideração que, para cada espécie e órgão vegetal pode haver variação da composição química do tanino, o que pode também influenciar seu uso. A exemplo da jurema-preta, estudo de Paes et al. (2006b) comprovaram a viabilidade técnica do tanino extraído desta espécie para o curtimento de pele, podendo este substituir o angico vermelho.

O angico-vermelho é referência no curtimento de pele no Nordeste, porém essa atividade possivelmente pode levar a espécie em extinção, devido ao mau manejo florestal. Todavia, os frutos são descartados no processo de curtimento, sendo a espécie detentora de taninos em todas as partes da planta Paes et al., (2010), por isso, a matéria-prima deste estudo são os frutos sem sementes para que o valor econômico possa ser agregado.

Para o valor do pH final após a realização dos testes e aplicação dos coagulantes na água, é possível verificar que todos os coagulantes obtiveram os valores de pH próximos, isso porque em todas as repetições e concentrações a média dos valores de pH inicial foi entre 6,8 ao final do teste chegou a 7,10 sem grandes alterações para esse parâmetro (Figura 1-D). Couto Junior et al. (2012) ressaltaram a importância do uso dos taninos no tratamento de água para abastecimento que possuem pH entre 6,0 e 8,0.

Na concentração de 150 mg a espécie *A. occidentale* obteve uma remoção da turbidez de 99% um resultado ótimo em relação aos demais coagulantes, que mantiveram quase o percentual com valores entre 60% e 70%, ou seja, de acordo com a (Figura 1-E). é possível averiguar o destaque para o uso do coagulante a partir da casca do cajueiro, vale ressaltar que em todos os taninos houve a mesma modificação em sua estrutura para que fossem realizados os testes.

Os valores de pH utilizando a concentração de 150 mg os coagulantes das espécies florestais mantiveram o mesmo para todas com 7 (Figura 1-F). De acordo com os padrões de potabilidade da água, todas as concentrações se enquadram dentro da resolução de Nº 357 do CONEMA, ou seja, para esse parâmetro todas as espécies foram altamente eficientes no tratamento da água.

Silva (2021), ao realizar testes com espécies florestais, obteve resultado igual ao utilizar a *M. tenuiflora*, apresentando 99% na remoção da turbidez da água, o mesmo ocorrido neste estudo, utilizando uma concentração relativamente baixa do coagulante, provavelmente devido os taninos da espécie apresentarem um alto peso molecular, uma vez que foi possível observar durante o processo de coagulação, que os taninos de *A. occidentale* reagiram rapidamente e formaram flocos maiores que os outros coagulantes.

O resultado para a espécie foi satisfatório e pode ser comparado ao encontrado por Béltran-Heredia et al. (2011), para o tanino comercial derivado de *Acacia mearnsii* de Wild. Após a realização dos testes e aplicação dos coagulantes na água, o valor do pH final não alterou significativamente, reafirmando o uso de taninos vegetais para o tratamento da água.

A utilização dos taninos vegetais de espécies da Caatinga para o tratamento da água, ainda é pouco estudado. Souza et al. (2019) realizaram testes utilizando extrativo do tanino puro da casca de *Mimosa caealpinifolia* Benth., em comparação com o coagulante químico cloreto férrico, para utilização no tratamento de efluente, e concluíram que o tratamento utilizando os taninos do sabiá apresentaram baixa eficiência na remoção da turbidez, contudo, o pH se mostrou estável, não havendo a necessidade de corrigir o pH.

4. CONCLUSÕES

Para as quatro espécies florestais analisadas o *Anacardium occidentale* apresentou um melhor desempenho em todas as concentrações, especificamente a partir de 100 mg valor esse não encontrado na literatura com espécies florestais da Caatinga, sendo uma das pesquisas pioneiras no uso da casca do cajueiro para o tratamento da água. Quanto ao pH os taninos obtiveram ótimos resultados, pois não houve alteração significativa, sendo necessário realizar mais estudos que visem melhorar o desempenho dos taninos vegetais na clarificação da água.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, a Escola Agrícola de Jundiaí-EAJ, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais-PPGCFL.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, T.K.B. et al. Teor de taninos condensados presente na casca de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) em função das fenofases. *Floresta e Ambiente*. v.24, p.7,2017.

BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; DÁVILA-ACEDO, M. A. Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract. *Journal of Hazardous Materials*, v.186, n.2–3, p.1704–1712,2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.12.075>.

BELTRÃO, V. A.; FREIRE, L. C. M.; SANTOS, M. F. Levantamento Sem detalhado da Área do Colégio 379 Agrícola de Jundiaí – Macaíba/RN. Recife: SUDENE – Recursos de Solos, Divisão de Reprodução, 380 p. 1975.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu

enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 10 de julho de 2021.

CALEGARI, L. et al. Quantificação de taninos nas cascas de jurema-preta e acácia-negra. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 36: 61-69, 2016.

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

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – Conama. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Diário Oficial da União*. Poder Executivo, Brasília, DF, 16 maio 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 19 de Julho de 2021.

FERREIRA, E. S. Utilização dos polifenóis da casca de pinus para produção de adesivos para compensados. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004.

GOBBO NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*. 2: 374-381.2007

GONÇALVES, C. A.; LELIS, R. C. C. Teores de tanino da casca e da madeira de cinco leguminosas arbóreas. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, 8:167-173. 2001.

GRAHAM N, GANG F, GEOFFREY F, WATTS M. Characterisation and coagulation performance of a tannin-based cationic polymer: A preliminary assessment. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 2008 Sept;327(1-3):9-16.

Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). Perfil do seu município: Macaíba. IDEMA, 2013.

KAWAMURA, Susumu. Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. *Journal American Water Works Association*. V. 83, n. 10, p. 88-91. 01 out. 1991.

LIMA, P. R.; DE ALMEIDA, I, V.; VICENTINI, V. E. P.; Os diferentes tipos de coagulantes naturais para o tratamento De água: uma revisão. *Evidência*, Joaçaba v. 20, n. 1, p. 9-22, jan./jun. 2020. <https://doi.org/10.18593/eba.24807>.

LOPES, P. J. G. et al. Produtividade em Casca e Taninos Condensados de Jurema-Preta. *Nativa*, 3: 95-101, 2015.

MEDEIROS, J. X. et al. Bark and Fruit Extracts *Anadenanthera colubrina* (Vell.), *Mimosa tenuiflora* (Willd.) and *Acacia mearnsii* (Willd.) Species. *Journal of Experimental Agriculture*, 1: 1-7, 2019.

MONTENEGRO, AAT; LIMA, C. R.; PARENTE, JIG. Caracterização química da madeira do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). In: **Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL DE CELULOSE E PAPEL, 43., 2010, São Paulo. Sessões Técnicas. São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2010., 2010.

PAES, J. B. et al. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no Semiárido brasileiro. *Revista Cerne*, Lavras/MG, 12: 232-238, 2006a.

PAES, J. B. et al. Substâncias tânicas presente em várias partes da árvore angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. var. *cebil* (Gris.) Alts.). *Scientia Forestalis*, Piracicaba, 38: 441-447, 2010.

PAES, J. B. et al. Viabilidade técnica dos taninos de quatro espécies florestais de ocorrência no semiárido brasileiro no curtimento de peles. *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria, 16: 453-462. 2006b.

PAIVA, L. L. O raleio altera a produtividade do plantio e a concentração de taninos na casca da *Mimosa caesalpinifolia* Benth.? 2019.73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

SILVA, B. R.F. Aplicação dos taninos de *Stryphnodendron adstringens* e *Mimosa tenuiflora* como coagulantes no tratamento de água para abastecimento.2021. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais,2021.

SILVA, T. S. S. Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto. 1999. 88 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, São Paulo, 1999.

SOUSA, T.B. Uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água para abastecimento. 2015. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais,2015.

SOUZA, D. G. et al. Quantificação de taninos presentes na casca da *Mimosa caealpiniifolia* Benth. e sua utilização no tratamento de efluentes. *Nativa*, Sinop, v. 7, n. 6, p. 789-793, nov./dez. 2019. *Pesquisas Agrárias e Ambientais*. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i6.8631>

TAIZ, Z. L. et al. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, p.888. 2017.

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. *Cerne*: Lavras, 3: 1-13, 1997.

Capítulo 2

**USO DE COAGULANTE A PARTIR DA CASCA DE *Anacardium occidentale* NO
TRATAMENTO DA ÁGUA**

Uso de coagulante a partir da casca de *Anacardium Occidentale* no tratamento da água

Bruna Ferreira dos Anjos; Tatiane Kelly Barbosa de Azevedo; Renata Martins Braga;
Alexandre Santos Pimenta

RESUMO

A preocupação com os recursos naturais tem crescido bastante nas últimas décadas, sobretudo com os recursos hídricos. Uma das fontes de poluição da água está justamente em seu tratamento na utilização de coagulantes químicos, que acabam gerando lodo altamente agressivo ao ambiente e ao homem. Uma das formas de solucionar esse problema é utilizar os taninos vegetais para esta finalidade, já que é um biodegradável que não agride a natureza. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a eficiência de um coagulante natural extraído da casca do cajueiro *Anacardium Occidentale* e comparar com dois coagulantes comerciais, sendo o tanfloc SG de origem natural, e o coagulante químico, cloreto férrico. A água utilizada para a realização dos testes foi coletada no açude localizado na Escola Agrícola de Jundiá-EAJ, os ensaios de coagulação/floculação foram realizados no laboratório de Microbiologia Ambiental, no Complexo Tecnológico de Engenharia da UFRN. Os ensaios de coagulação foram feitos no Jar-test e as soluções utilizadas foram 50mg, 100mg e 150 mg. Foram analisados a turbidez e o pH. Foi possível concluir neste estudo que dos coagulantes analisados o cajueiro cationizado obteve ótimas respostas tanto para o pH quanto para a remoção da turbidez. O coagulante comercial orgânico Tanfloc também obteve resultados satisfatórios, porém o cajueiro cationizado reagiu melhor para todos os parâmetros analisados. O coagulante químico cloreto férrico além de não clarificar a água deixou ácida. Os taninos praticamente não alteraram o pH da água bruta, o que é uma característica desejável no tratamento da água para abastecimento. Estudos devem ser feitos a fim de melhorar o desempenho dos taninos da clarificação da água.

Palavras-chave: Floculação, coagulação, polímero catiônico, clarificação.

Use of coagulant from *Anacardium Occidentale* bark in water treatment

ABSTRACT

The concern with natural resources has grown a lot in the last decades, especially with water resources. One of the sources of water pollution is precisely its treatment in the use of chemical coagulants, which end up generating sludge that is highly aggressive to the environment and to man. One of the ways to solve this problem is to use vegetable tannins for this purpose, as it is biodegradable and does not harm nature. The objective of this research was to evaluate

the efficiency of a natural coagulant extracted from the bark of the cashew tree *Anacardium Occidentale* and to compare it with two commercial coagulants, being the tanfloc SG of natural origin, and the chemical coagulant, ferric chloride. The water used to carry out the tests was collected in the weir located at the Agricultural School of Jundiaí-EAJ, the coagulation/flocculation tests were carried out in the Environmental Microbiology laboratory, at the Technological Engineering Complex at UFRN. Coagulation tests were performed in Jar-test and the solutions used were 50mg, 100mg and 150mg. Turbidity and pH were analyzed. It was possible to conclude in this study that from the analyzed coagulants, the cationized cashew tree obtained excellent responses for both pH and turbidity removal. The commercial organic coagulant Tanfloc also obtained satisfactory results, but the cationized cashew tree reacted better for all parameters analyzed. The chemical coagulant ferric chloride in addition to not clarifying the water left acidic. The tannins practically did not change the pH of the raw water, which is a desirable characteristic in the treatment of water for supply. Studies must be done in order to improve the performance of the water clarification tannins and maintain their performance.

Keywords: Flocculation, coagulation, cationic polymer, clarification.

1. INTRODUÇÃO

O elevado nível de urbanização vem contribuindo negativamente para o armazenamento dos recursos hídricos no que se refere à quantidade e qualidade, tornando cada vez mais escasso atender as necessidades da sociedade moderna, além da falta de saneamento e acesso limitado a esse recurso natural. O tratamento da água para o consumo humano, irrigação, setor industrial, dentre outras atividades, tem despertado estudos que possam ser realizados acerca da reutilização da água. Dessa forma, o uso dos taninos vegetais no tratamento da água pode se tornar uma alternativa para substituição de coagulantes químicos (SOUSA, 2018).

Os principais recursos hídricos utilizados para abastecimento público são mananciais superficiais cuja qualidade da água, na grande maioria das vezes, apresenta-se degradada. Nestas condições, a utilização de agentes floculantes tradicionais à base de sais inorgânicos metálicos, a exemplo do cloreto férrico, podem não ser eficientes e ainda, requerem rígido controle sobre o residual de alumínio na água tratada destinada ao consumo humano. A possibilidade de dano indesejável ao organismo humano, em especial ao sistema nervoso, é fato cientificamente comprovado e alvo cada vez mais de pesquisas médicas no mundo inteiro, o que exige controle rígido da presença dos metais tanto na água potável como na água dos mananciais (KAWAMURA, 1991; CLAYTON, 1989).

A utilização dos taninos para o tratamento da água apresenta diversas vantagens como biodegradabilidade do lodo gerado, baixo consumo de alcalinidade, obtenção a partir de fontes renováveis, e não liberação de metais para o consumo humano na água tratada (YIN, 2010). Apesar dos taninos apresentarem ótimos resultados no tratamento da água devido sua capacidade de neutralizar cargas superficiais de partículas coloidais em suspensão, promovendo aglomeração e sedimentação (CORAL et al., 2009).

Os taninos quando usados naturalmente não apresentam características catiônicas que o habilitem para serem usados como coagulantes para clarificação da água, sendo necessário passar pelo processo de cationização, onde o produto dessa reação se ioniza quando se dissolve em água, adquirindo carga positiva e atuando como um cátion, desestabilizando o sistema coloidal quando neutraliza as cargas (KLUMB e FARIA, 2012; MANGRICH et al., 2014).

Os taninos possuem uma vasta aplicação, como na indústria farmacêutica, alimentícia, curtimento de couro, adesivos para madeira e no tratamento da água. Segundo Pizzi (1994), existem duas diferentes classes de taninos, ambas de natureza fenólica: hidrolisáveis e condensados, sendo esta última classe de maior importância por ter ampla ocorrência na natureza, e por sua grande presença nos vegetais superiores, principalmente nas cascas.

A estrutura básica dos taninos condensados, de modo geral, corresponde a copolímeros de condensação, poucos são os estudos direcionados ao potencial do uso de taninos de espécies brasileiras para o tratamento da água, principalmente espécies da Caatinga que possuem grande produção de cascas. Algumas espécies desse bioma tem ganhado destaque pela grande quantidade de taninos existente, como é o caso da *Anadenanthera colubrina* (angico-vermelho) e a *Mimosa tenuiflora* (Jurema preta) ambas da família Fabaceae.

Outro atrativo em explorar a extração dos taninos de espécies florestais é a possibilidade de agregação de valor, uma vez que na maioria das vezes as cascas são consideradas resíduos. Com isso, os taninos que não teriam utilidade alguma serão destinados a uma finalidade nobre como o tratamento da água, segundo Mori et al. (2003), apresenta um rendimento em taninos na casca de cerca de 30%, média pouco superior à da acácia negra, cerca de 28%, segundo Tanac (2014).

Diversos autores afirmam que os coagulantes naturais de *Moringa oleífera* e o Tanfloc tem como uma das suas principais vantagens apresentam uma redução de contaminantes presentes no efluente tratado, pois não adiciona metais ao processo, além de um ótimo desempenho na clarificação de efluentes. Diante do exposto, o objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito do uso de taninos vegetais proveniente da casca do cajueiro e comparar com

dois coagulantes comerciais, o polímero catiônico tanfloc e o coagulante químico cloreto férrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Seleção de árvores e coleta de cascas e frutos

Para condução do estudo foram usadas amostras coletadas de cinco árvores com características fitossanitárias saudáveis da *Anacardium occidentale*, obtidas na Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), município de Macaíba- RN.

O solo é classificado como latossolo amarelo de textura arenosa e topografia plana (BELTRÃO; FREIRE; SANTOS, 1975). O clima local é uma transição entre os tipos As e BSw caracterizado como tropical chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen com temperatura média anual de 27,1°C, umidade relativa anual de 76% e precipitação pluviométrica variando entre 86 e 1.07 mm (IDEMA, 2013).

As cascas foram coletados com auxílio de facão, sendo retiradas no tronco e ramos, posteriormente pesadas para determinação de sua umidade inicial. Em seguida foram secas ao ar, moídas em uma frrageira e utilizado para extração de taninos em grande quantidade. Para a realização da quantificação dos taninos condensados, uma amostra de casca (aproximadamente 200g) teve sua granulometria reduzida, utilizando moinho do tipo Willey.

2.2. Extração das substâncias tânicas

Para a quantificação dos taninos foram utilizadas três porções de 25 g de material seco de cada espécie. As amostras foram transferidas para balões de fundo chato com capacidade de 500 mL, em que foram adicionados 250 mL de água destilada (relação 1:10) e submetidas à fervura sob refluxo por duas horas. Sendo cada uma submetida a duas extrações, a fim de retirar o máximo de extrativos presentes. Assim, a relação material: solução passou a ser de 1:20. Após essas etapas, o material foi passado em uma peneira de malha 150 *mesh*, e em um tecido de flanela, para a retenção de partículas finas.

O extrato obtido foi homogeneizado e filtrado em um funil de vidro sintetizado de porosidade número 2. Em seguida foi concentrado para 250 mL, pela evaporação da água ao empregar um aparelho tipo Soxhlet e retiradas três alíquotas (amostras) de 50 mL de cada extrato, nas quais duas delas foram utilizadas para a determinação do teor de taninos condensados (TTC) e uma foi evaporada em estufa a 103 ± 2 °C por 48 h, para a determinação da porcentagem de teor de sólidos totais (TST) (Equação 1).

$$TST(\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100$$

Em que: TST = Teor de sólidos totais (%); M_1 = Massa inicial (g); e M_2 = Massa final (g).

2.3. Determinação do teor de taninos condensados (TTC) e índice de Stiasny (IS)

Para a determinação do TTC presente em cada amostra utilizou-se o método de Stiasny, descrito por Guangcheng et al. (1991), com algumas modificações. Para tanto, aos 50 mL do extrato bruto foram adicionados 4 mL de formaldeído (37% m/m) e 1 mL de ácido clorídrico concentrado. Cada mistura foi submetida à fervura sob refluxo por 30 min. Nessas condições, os taninos formam complexos insolúveis que podem ser separados por filtragem simples.

Para isso usou-se o filtro de papel posto em funil de Büchner de 10 cm de diâmetro e 4 cm de profundidade. O material retido no filtro foi seco em estufa a 103 ± 2 °C por 24 horas, pesado e calculado o índice de Stiasny. A quantidade de taninos presente em cada amostra foi obtida ao se multiplicar o índice de Stiasny pelo teor de sólidos totais. Todas as análises foram realizadas em triplicatas, usando-se as metodologias citadas por Trugilho et al. (1997) e Paes et al. (2006a; 2006b). Após obter a massa seca do precipitado, é calculado o índice de Stiasny (I) em porcentagem seguindo a equação 2:

$$I(\%) = \left(\frac{M_2}{M_1} \right) \times 100$$

Em que: I = Índice de Stiasny (%); M_1 = Massa de sólidos em 50 mL de extrato; M_2 = Massa do precipitado taninos – formaldeído.

A quantidade de taninos presente em cada amostra foi obtida ao multiplicar o índice de Stiasny pelo teor de sólidos totais (Equação 3).

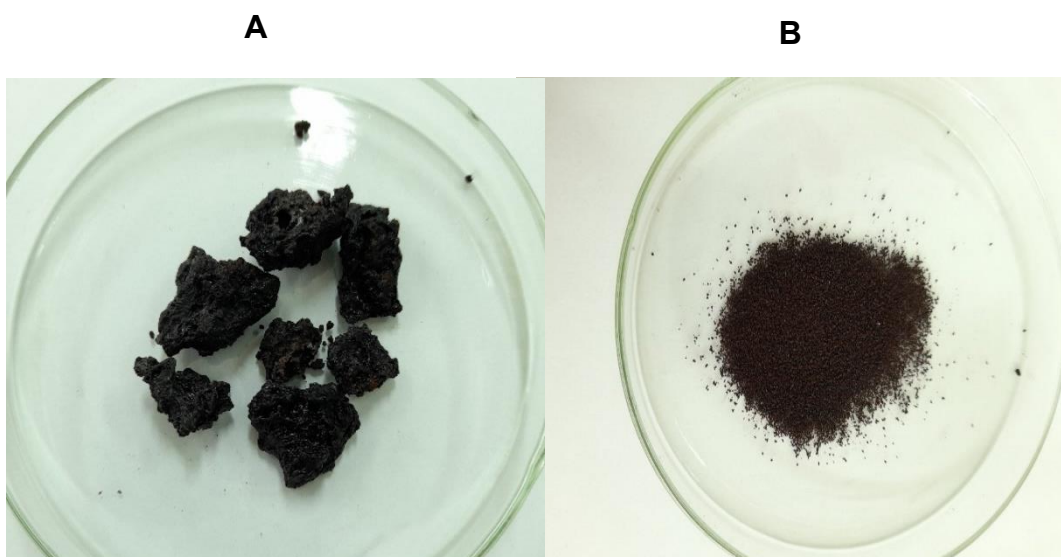
$$TTC(\%) = \frac{TST \times I}{100}$$

2.4. Cationização

Anterior à aplicação dos taninos em água, é necessário que eles passem por uma modificação química em sua estrutura, a cationização. Tal processo foi realizado para os taninos das quatro espécies, com base na reação de Mannich relatada por Konrath e Fava (2006), em três etapas:

- 5,4 g de cloreto de amônio e 24,4 g de formaldeído foram colocados em um balão volumétrico. A mistura foi aquecida a temperatura entre 80 - 90 °C durante um período de 2h. Para verificar a eficácia da reação entre formaldeído e cloreto de amônio, foi realizada uma avaliação visual pelo aparecimento da cor amarelo claro a incolor.
- O produto obtido na primeira etapa foi misturado com 28,0 g de uma solução aquosa de tanino (50%) durante 30 minutos a 50 - 60 °C.
- Após a segunda etapa, foi realizado o estágio pós-reação, que consistiu na adição de 0,2 g de monoetanolamina, que reagiu por 3 horas a uma temperatura de 50 - 60 °C (Figura1 A e B)

Figura1: (A) Casca do cajueiro cationizado antes de ser macerado (B) casca do cajueiro macerado.



Fonte: Acervo pessoal

2.5. Ensaio de coagulação

A água utilizada para a realização dos testes foi coletada no açude localizado na Escola Agrícola de Jundiá-EAJ, no Município de Macaíba-RN. Após a coleta, a água foi acondicionada em galões de 5 litros, para obter visivelmente resultados satisfatórios foi necessário adicionar uma quantidade de uma terra que continha barro, pois a água do açude não era bastante turva, além da necessidade de padronizar a turbidez inicial de todas as amostras. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Microbiologia Ambiental, no Complexo Tecnológico de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Para ensaios do processo de coagulação/floculação da água, foi utilizado o equipamento Jar-test, onde em cada jarro foi adicionado 1,5 L da água coletada (Figura 2). Inicialmente foi verificada as medidas de pH e turbidez. O agente coagulante utilizado foram os taninos cationizados provenientes das cascas de *Anacardium occidentale* e dois coagulantes comerciais o cloreto férrico e o Tanfloc. O produto foi cedido pela empresa TANAC na forma sólida, para todos os coagulantes foram utilizadas três concentrações sendo elas 50mg/L¹, 100mg/L¹ e 150mg/L¹.

Nos três coagulantes foram aplicados dois períodos de agitação: um a 130 rpm com 2 min e outro a 30 rpm por 30 min (mistura rápida e lenta), valores adaptados aos trabalhos de Beltrán-Heredia e Sanchez-Martin (2009) e Sousa (2015). Foi verificada a turbidez inicial e o pH inicial. Após 1 h do término de cada teste foi avaliado o pH e a turbidez final de cada amostra, para encontrar qual a variável ótima de concentração e tempos de agitação para cada coagulante.

Figura 2- Jar-test utilizado para os testes



Fonte: Acervo pessoal

2.6. Análise fatorial

A pesquisa foi realizada utilizando uma espécie florestal e dois coagulantes comerciais e para cada teste foram 3 tratamentos realizados em três repetições, totalizando 27 repetições, no delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de

probabilidade. O programa estatístico utilizado para análise dos dados foi o Sisvar®. Os gráficos foram criados em diagrama de Pareto.

2.7. Análise de FTIR

A análise de espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), foi realizado no instituto de química da Universidade Federal do Rio grande do Norte, feita tanto para os taninos puros, quanto para confirmar a cationização. As amostras foram avaliadas usando um espectrofotômetro Shimadzu IRAffinity-1 usando pastilhas de KBr. As amostras foram secas em estufa a 60 °C durante três horas e os espectros foram obtidos por reflectância total atenuada (ATR). Cada espectro foi obtido com 32 varreduras com resolução de 4 cm⁻¹ de 4000 a 500 cm⁻¹.

2.8. Análise de presença de formaldeído na água

Foi acondicionado em um recipiente uma amostra de 250ml da água tratada com o coagulante da casca do cajueiro, essa amostra foi enviada para o Laboratório Centro de Qualidade Analítica em Campinas-SP. O método utilizado foi EPA - Environmental Protection Agency - SW 846: Testing Methods for Evaluating Solid Wastes. A amostra foi recebida em uma temperatura de 23,5 °C e o material enviado para análise foi do resultado da melhor concentração 150mg (Figura 3).

Figura 3: amostra da água para análise



Fonte: Acervo pessoal

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando-se dois coagulantes comerciais, tanfloc e cloreto férrico com um coagulante natural, tanino de *Anacardium occidentale*, encontrou-se os seguintes resultados (Tabela 1). Diferenças significativas nas concentrações de 50, 100 e 150 mg.

Tabela 1. Análise de variância para as concentrações de tanino (mg) da espécie florestal cajueiro e dois coagulantes comerciais em relação ao tempo de sedimentação.

FV	CONC-50 (mg)				CONC-100 (mg)			CONC-150 (mg)		
	GL	SQ	QM	P	SQ	QM	P	SQ	QM	P
Trat.	2	7163,84	3581,92	0,00	12545,17	6272,58	0,00	13328,41	6664,20	0,00
Tempo 5		1195,53	239,10		1683,5	336,61		2585,07	517,01	
erro 46		5208,18	113,22		716,70	15,58		1303,32	28,33	
CV (%) =		52,73			19,09			22,53		
Média geral:		20,17			20,68			23,63		

Legenda: GL – graus de liberdade; SQ – soma dos quadrados MQ – soma média dos quadrados; P - probabilidade de significância; CV- coeficiente de variação.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Os dados obtidos, foram comparadas as médias dos três tratamentos, em função do tempo de sedimentação, para todas as concentrações o P foi significativo, quanto ao coeficiente de variação para 50 mg foi a concentração que apresentou dispersão de dados mais heterogêneos com 52,73 e para as concentrações de 100 e 150mg foram 19,09 e 22,53 respectivamente.

Quando comparada as médias para a concentração de 50mg (Tabela 2), o coagulante comercial tanfloc ofertou o melhor desempenho com uma média de 4,19 seguido do *Anacardium occidentale* com 25,45 formando um mesmo agrupamento, apesar de apresentarem valores heterogêneos, já o cloreto férrico com 30,88 com maior valor.

A partir da concentração 100mg o *Anacardium occidentale* passa a ter uma eficiência significativa com 9,22; o tanfloc com 10,60 e o cloreto férrico com 42,22; notou-se um aumento das médias para os coagulantes comerciais. Na concentração de 150mg o *Anacardium occidentale* manteve sua média abaixo das demais com 5,22 em seguida o tanfloc com 22,05 e o cloreto férrico com 43,61.

Em relação ao Tanfloc e o *Anacardium occidentale* da menor a maior concentração permaneceram em um mesmo agrupamento, a linearidade de valores observada pode ser justificada pelo fato destes produtos não consumirem a alcalinidade do meio e apresentarem características orgânicas, não diferindo estatisticamente entre si, ao contrário do coagulante químico cloreto férrico.

Tabela 2. Comparação entre as médias para as concentrações de 50 mg 100mg e 150mg dos três tratamentos em relação a turbidez.

	Conc-50 mg/L ¹	Conc-100 mg/L ¹	Conc-150 mg/L ¹
Tratamentos	Média	Média	Média
Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>)	25,45a	9,22 a	5,22 a
Tanfloc	4,19 a	10,60 a	22,05 a
Cloreto férrico	30,88 b	42,22 b	43,61 b

Médias seguidas por uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

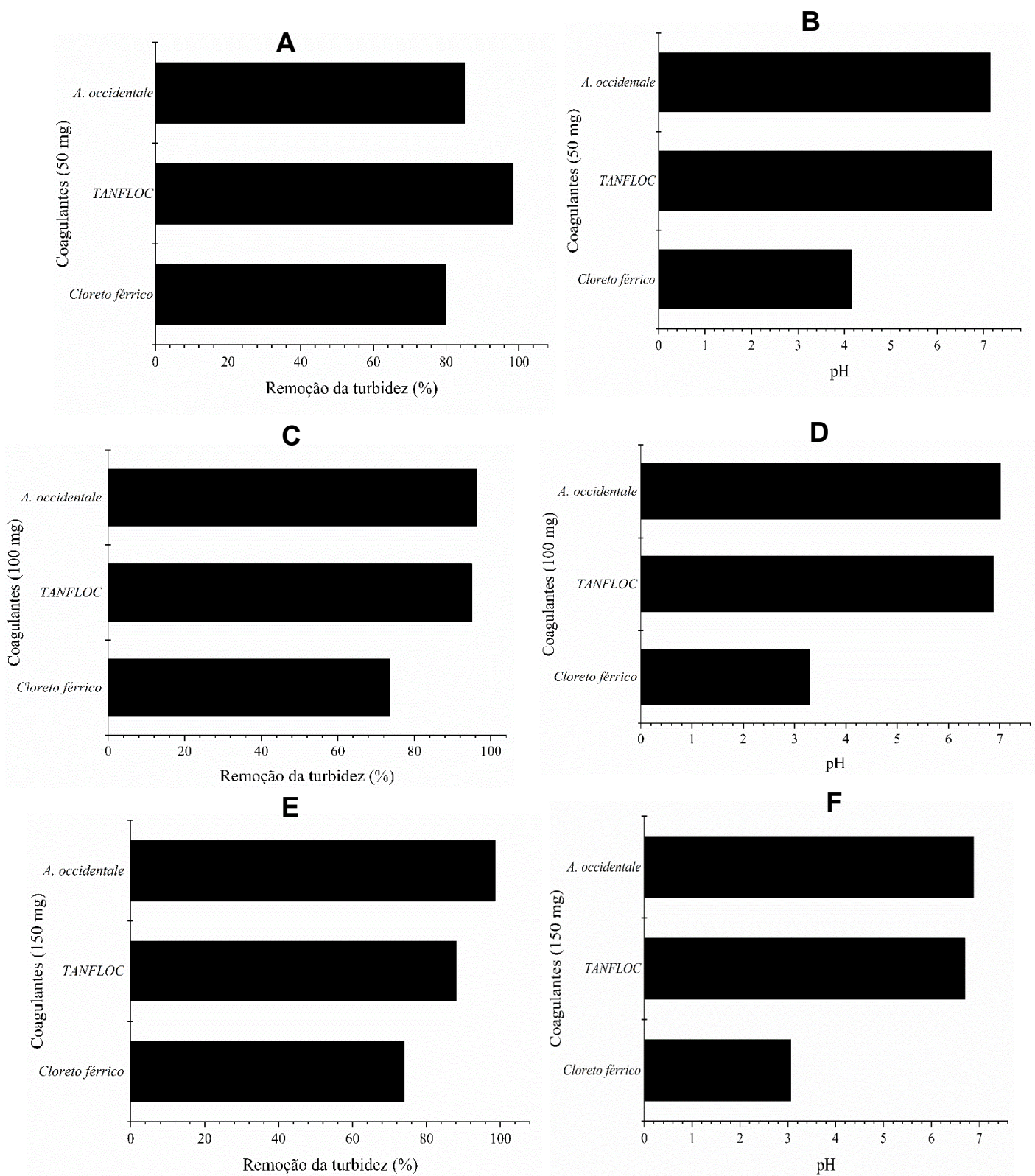
Fonte: Aatoria própria, 2021.

Os dados da tabela 2 apresenta para os coagulantes comerciais, quanto maior é sua concentração menor será sua eficiência, comportamento inverso apresentado quando utilizado o *Anacardium occidentale*, quanto maior sua dosagem mais eficiente o coagulante será. Resultados com altas concentrações foram encontrados por Béltran-Heredia et al. (2012) para *Acacia mearnsii* (acácia negra), foi necessário 150 mg de taninos cationizados com base na reação de Mannich para se obter uma melhor remoção de turbidez.

Silva (2021) ao utilizar uma concentração menor para *Stryphnodendron adstringens* (Barbatimão) com 50mg obteve 75% na remoção da turbidez, quando aplicado a concentração de 150mg a remoção subiu para 96%. Tais resultados devem ampla compreensão sobre as medidas e as variáveis que influenciam diretamente no processo de uso dos taninos no tratamento da água.

Essas médias corroboram com os resultados obtidos na (Figura 4). Os tratamentos para a concentração de 50 mg, o Tanfloc obteve o melhor resultado com 97% da remoção, seguido do tanino de *Anacardium occidentale* com 84% e o cloreto férrico com 80%. Quanto ao pH final, os coagulantes orgânicos obtiveram o mesmo valor que foi 7, toda via, o cloreto férrico finalizou o pH com 4.2 tornando a água ácida (Figura3. A-B). Segundo Silva (1999), o tanino não modifica o pH da água tratada por não consumir alcalinidade do meio, sendo efetivo em uma faixa de pH de 4,5 – 8,0.

Figura 4: Comparação após aplicação dos três coagulantes para as concentrações de 50,100 e 150 mg. A) Remoção de turbidez com 50mg da água; B) pH final com 50mg. C) Remoção de turbidez com 100mg da água; D) pH final com 100mg. E) Remoção de turbidez com 150mg da água; F) pH final com 150mg.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Sousa (2014) ao pesquisar sobre a utilização de taninos nas cascas de duas espécies florestais (*Anadenanthera peregrina* e *Tachigali aurea*) no tratamento da água, comparou com dois coagulantes químicos cloreto férrico e sulfato de alumínio, reforçou a importância do desempenho que o tanino desenvolveu no parâmetro pH, uma vez que não houve alteração desse parâmetro e ao serem misturados com os coagulantes químicos mantiveram sua eficiência.

Em relação a concentração de 100 mg os polímeros catiônicos obtiveram o mesmo percentual com 95% na remoção da turbidez, o tanfloc manteve sua eficiência enquanto os taninos de *Anacardium occidentale* aumentou em relação a concentração anterior. Para o cloreto férrico sua eficiência diminuiu para 75%, o que notou-se para esse coagulante quanto menor é a concentração, maior será sua eficiência (Figura 4- C).

Os valores do pH final para os coagulantes catiônicos mantiveram o valor com 7, para o cloreto férrico o valor diminuiu para 3,5 tornando a água ainda mais ácida, quanto maior concentração menos clarifica e mais altera o pH. Nas análises realizadas com esses três tratamentos, percebe-se que o pH é uma variável importante e deve ser considerada quando se trata da água (Figura 4- D).

Ao comparar os dados obtidos para os três coagulantes com a Resolução CONAMA 430 (CONAMA, 2011), observa-se que, o cloreto férrico não se enquadra dentro das normas da seção II do Art. 14° sobre as águas doces de classe, onde dentro das condições e padrões: I - condições de qualidade de água, a Resolução exige que o valor do pH se mantenha entre 5 e 9.

Coral et al.(2009) ao analisarem a eficiência na aplicação de diferentes concentrações de um coagulante químico com um polímero natural obtiveram resultados satisfatórios com o Tanfloc SG, os valores de pH referentes às amostras tratadas com esse coagulante natural se mostraram praticamente constantes para todas as concentrações utilizadas, ao utilizar o coagulante químico observou-se uma redução de pH de acordo com o aumento da concentração do coagulante, o que pode ser justificado pelo fato do sulfato de alumínio ser um coagulante ácido, podendo diminuir drasticamente o pH da solução, o mesmo ocorrido nesse estudo com o cloreto férrico.

A concentração de 150 mg o *A. occidentale* obteve um percentual maior com 99% na remoção da turbidez, e o Tanfloc diminuiu para 89%, o cloreto férrico manteve sua baixa remoção com 75%, mantendo o valor da concentração anterior. O pH final para os coagulantes orgânicos permaneceram o mesmo, praticamente não há alteração, enquanto para o cloreto férrico baixou ainda mais seu valor final para 3 tornando a água mais ácido (Figura 4.E-F).

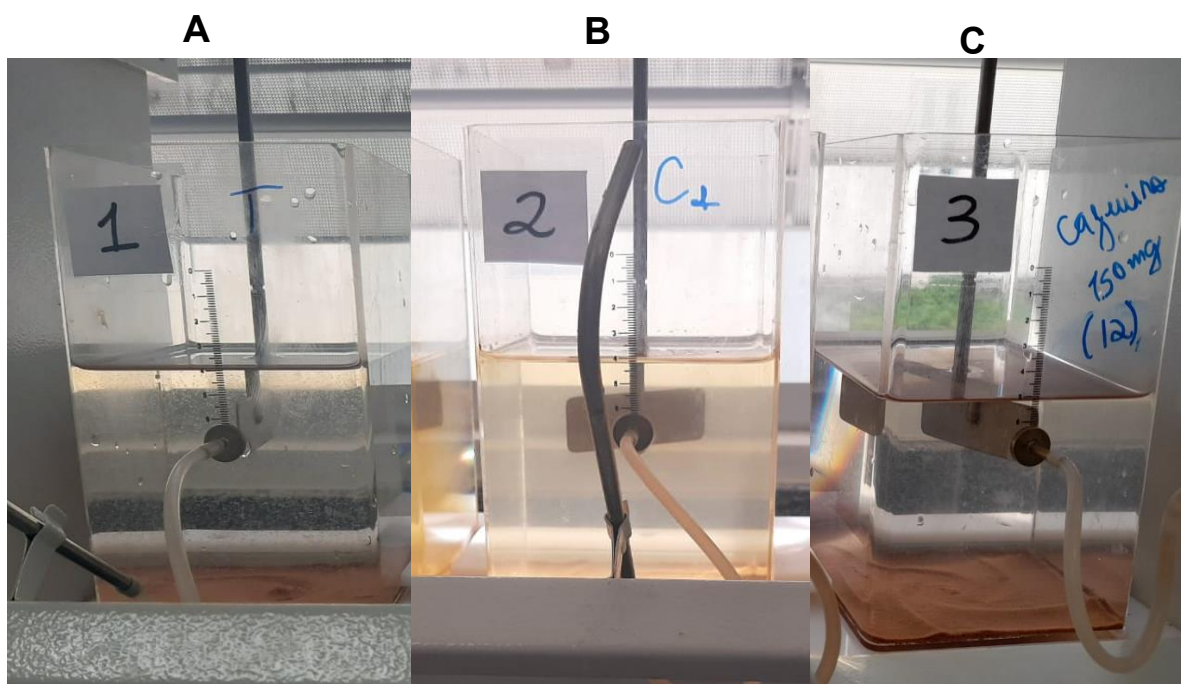
A remoção da turbidez com o coagulante cationizado do *A. occidentale* apresentou resultados promissores, após o processo de floculação e coagulação com valor de 0,80 NTU

na concentração de 150 mg, vale salientar que o valor inicial da turbidez da água antes de ser adicionada qualquer coagulante foi de 150 NTU. Ao longo do tempo esses valores foram diminuindo de forma significativa, considerando um excelente desempenho nesse parâmetro. O polímero catiônico tanfloc também apresentou ótimos resultados chegando a 1,7 NTU, porém esse valor foi ao utilizar a concentração de 50mg.

Ao final de cada tratamento foi observado que o melhor tempo que cada coagulante levou para sedimentar, quando se observou o material ao fundo dos jarros do jar test os flocos formados, para o Tanfloc e o cajueiro notou-se uma granulometria dos flocos consideravelmente grande com flocos bem definidos o cloreto férrico formou flocos bem finos e pouco definidos. Nas etapas de coagulação ocorre a floculação, onde ocorre formação de flocos devido a agregação de partículas neutralizadas na fase anterior (CACHEIRA et al., 2012).

Segundo Paula (2004), a formação dos flocos pode ocorrer espontaneamente, apenas pelos sucessivos choques entre as várias partículas presentes, desde que o sistema possua energia disponível para tal. Segundo Ioshimura (2016), a sedimentação diferenciada ocorre devido à desigualdade entre as velocidades de decantação dos flocos formados, resultando no tamanho dos flocos afetando o processo de decantação. Na (Figura 4) podemos observar os resultados após os processos de coagulação, floculação e sedimentação.

Figura 5: (A) tratamento utilizando tanfloc (B) tratamento utilizando o cloreto férrico (C) tratamento utilizando a casca do cajueiro (*Anacardium occidentale*)



Fonte: acervo pessoal

3.1. Resultado das análises de FTIR para o cajueiro

A espectroscopia FTIR, é um dos métodos analíticos mais utilizados para análises moleculares, devido sua facilidade de manuseio, custo e confiabilidade dos resultados fornecidos, todavia, este método não é possível elucidar completamente a composição química dos taninos, e sim, ter ideia acerca dos principais grupos funcionais presentes (SASIDHARAN et al., 2011; RICCI et al., 2015). Os grupos funcionais dos taninos de *A. occidentale* puro e modificado, através da reação de Mannich foram analisados por FTIR. O espectro é apresentado na Figura 4 (A e B).

Ao analisar os dados apresentados sobre a presença ou não de modificações no processo de cationização dos taninos puros do *A. occidentale* percebe-se que existem a presença de bandas de estiramento de O-H em estruturas fenólicas e alifáticas na frequência de 3400 cm^{-1} com transmitância de 85 %, enquanto para os taninos cationizados manteve-se esta frequência, mas a transmitância foi de 100 % através da reação de Mannich.

Esses resultados corroboram com Marques (2020) que obteve respostas semelhantes para os taninos puros com 3418 cm^{-1} para *Acacia mangium Willd.* (Acacia), o valor de 3452 cm^{-1} em *Azadirachta indica* A. Juss (Nim), 3418 cm^{-1} em *Mimosa tenuiflora* Willd (Jurema Preta), e 3429 cm^{-1} para *mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá) e Silva (2021) para *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão) foi de 3199 cm^{-1} . Identificando que as duas últimas podem ser atribuídas ao alongamento de amidas primárias, indicando que as ligações N-H foram formadas (SILVERSTEIN et al., 1981) e que o grupo amina foi adicionado com sucesso ao tanino (FARIS et al., 2016), além de que apresentaram mais grupos hidroxilas em suas moléculas devido ao uso do formaldeído na reação (Ramires e Frollini, 2012).

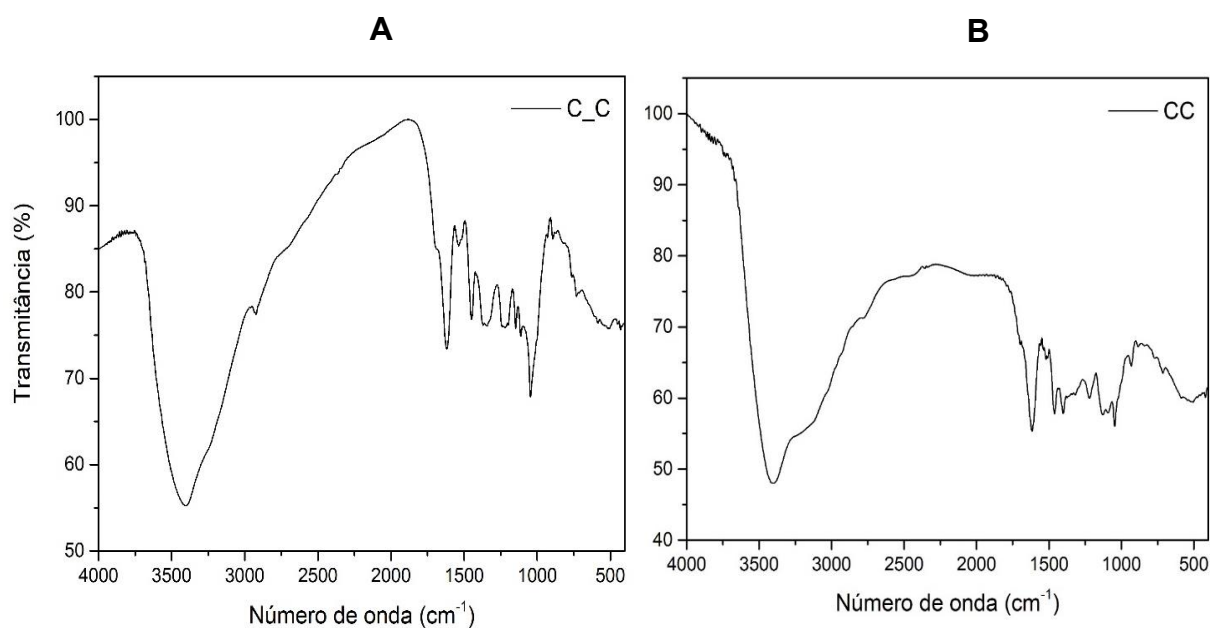


Figura 6- Espectro FTIR dos extratos tânicos de *A. occidentale* puro (A) e cationizado (B)

Fonte: A autoria própria, 2021.

Contudo, observa-se que houve o estiramento do C-H para compostos aromáticos no pico 3000 cm^{-1} para os taninos puros de *A. occidentale*, caracterizando os movimentos vibracionais de alongamento. Porém este feito não apresenta-se para os taninos cationizados. No entanto, nas espectrais $1580\text{ a }1615\text{ cm}^{-1}$ e $1450\text{ a }1510\text{ cm}^{-1}$ ocorreu o estiramento aromático (C=C), esses movimentos vibracionais dos grupos são característicos de anéis aromáticos com vários picos de características fortes a médios.

De acordo com Ntenga et al. (2017), os altos picos de C=C, combinados com o alto índice de Stiasny da espécie, podem ser considerados como um indicador de pureza dos extratos de taninos. Todavia, para os taninos modificados foi observado o desaparecimento dos picos 1520 cm^{-1} e 1300 cm^{-1} via reação de Mannich, sendo que tais pontos evidencia a presença de taninos condensados na molécula (Ntenga et al., 2017) e a vibração do anel B (semelhantes a catecol do anel B), respectivamente.

Em contrapartida, nos taninos modificados surgiu o pico 600 cm^{-1} a 900 cm^{-1} destacando os dobramentos fora do plano dos anéis aromáticos, provavelmente em decorrência do cloreto de amônio na reação da cationização (Faris et al., 2016; Lugo et al., 2020), e o segundo está atribuído aos movimentos de OH de álcoois aromáticos e flexão fora do plano de CH aromático (Chen et al., 2010).

3.2. Análise da água para presença de Formaldeído

O método utilizado foi o internacional EPA 5021A:2014 / EPA 8260D:2017 ⁽¹⁾, onde a presença do formaldeído na água foi inexistente, ou seja, não foi detectado dentro dos limites de detecção do método que foi de 0,001 sendo o limite de quantificação de 0,002. Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos devido aos efeitos negativos causados na saúde da população exposta ao formaldeído, e países da União Europeia é de até 0,2% como formaldeído livre, e em produtos orais é de 0,1%; no Japão o uso do formaldeído é proibido; e no Brasil, o produto é permitido, porém com percentual de até 0,1% em produtos orais, até 0,2% em todos os outros usos é até 5% (COSMÉTICOS e PERFUMES, 2007; SILVA 2021).

Para o método de cationização foi necessário o uso de 24,4 g de formaldeído, para que o tanino estivesse propriedades como coagulantes e aumentasse sua eficiência. Silva (2021) ao testar coagulantes de espécies florestais para o tratamento da água, a fim de substituir o formaldeído utilizou a hexamina, tal reagente apresenta baixa ou nenhuma emissão de formaldeído (PICHELIN et al., 1999; PIZZI, 1994), ou seja, ele não se comporta como um composto produtor de formaldeído.

Baseado nisso, surgiu o interesse de Silva (2021) em testar a hexamina como substituto do formaldeído na cationização dos taninos vegetais. O resultados obtidos não foram satisfatórios para a hexamina, os agentes coagulantes que continham formaldeído foram altamente eficientes com 99% na remoção da turbidez, o mesmo ocorrido nesse estudo, a análise realizada mostrou que para a metodologia aplicada o valor de formaldeído foi baixa, não liberando a sustância na água tratada com o coagulante do cajueiro.

4. CONCLUSÃO

Foi possível concluir neste estudo que dos coagulantes analisados o cajueiro cationizado obteve ótimas respostas tanto para o pH quanto para a remoção da turbidez, o coagulante comercial orgânico Tanfloc também obteve resultados satisfatórios, porém o cajueiro cationizado reagiu melhor a todos os parâmetros analisados. O coagulante químico cloreto férrico além de não clarificar a água deixou bastante ácida. Os taninos praticamente não alteraram o pH da água bruta, o que é uma característica interessante no tratamento da água para abastecimento. Estudos devem ser feitos a fim de melhorar o desempenho dos taninos da clarificação da água e manter seu desempenho.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, a Escola Agrícola de Jundiaí-EAJ, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais-PPGCFL.

REFERÊNCIAS

BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; DÁVILA-ACEDO, M. A. Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract. *Journal of Hazardous Materials*, v.186, n.2-3, p.1704-1712, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.12.075>.

BELTRÃO, V. A.; FREIRE, L. C. M.; SANTOS, M. F. Levantamento Sem detalhado da Área do Colégio 379 Agrícola de Jundiaí – Macaíba/RN. Recife: SUDENE – Recursos de Solos, Divisão de Reprodução, 380 p. 1975.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 10 de Julho de 2021.

CORREIA, L. A. S.; MEDEIROS, J.A. D.; SILVA, A. B.; FERRARI, C. S.; PACHECO, M. V. Physiological quality of catanduba seeds under *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) infestation. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v.38, n.2, p.65-70, 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – Conama. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 16 maio 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 19 de Julho de 2021.

CONSERVANTES. COSMÉTICOS E PERFUMES. São Paulo, (43). jan/fev/mar. 2007. Disponível em: <http://insumos.com.br/cosmeticos_e_perfumes/artigos/conservantes_n%2044.pdf>.

FARIS, A.H., IBRAHIM, M.N.M., RAHIM, A.A. Preparation and characterization of green adhesives using modified tannin and hyperbranched poly (amine-ester). *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 71, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2016.08.009>.

FERREIRA, E. S. Utilização dos polifenóis da casca de pinus para produção de adesivos para compensados. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004.

GUANGCHENG, Z., YUNLU, L., YAZAKI, Y., 1991. Extractive yields, Stiasnyvalues and polyflavonoid contents in barks formsixacacia species in Australia. *Australian Forestry*, Queensland, 554, 2, 154- 156.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). Perfil do seu Município: Macaíba. IDEMA, 2013.

- KAWAMURA, Susumu. Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. Journal American Water Works Association. V. 83, n. 10, p. 88-91. 01 out. 1991.
- KONRATH, R.A., FAVA, F.J., 2006. Processo de preparação de um agente floculante à base de extrato vegetal. BR n. PI 0500471-3 A.
- LOPES, P. J. G. et al. Produtividade em Casca e Taninos Condensados de Jurema-Preta. Nativa, 3: 95-101, 2015.
- MARQUES, S. R.R. Potencial anticariogênico de taninos de espécies florestais. 2020. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2020.
- MORI, F.A., MORI, C.S.L.O., MENDES, L.M., SILVA, J.R.M., MELO, V.M., 2003. Influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). Floresta e ambiente. 10, 1, 86-92.
- NTENGA, R., PAGORE, F.D., PIZZI, A., MFOUMOU, E., OHANDJA, L.M.A., 2017. Characterization of Tannin-Based Resins from the Barks of *Ficus platyphylla* and of *Vitellaria paradoxa*: Composites' Performances and Applications. Materials Sciences and Applications. 8, 12, 899-917. 10.4236/msa.2017.812066
- PAES, J. B. et al. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no Semiárido brasileiro. Revista Cerne, Lavras/MG, 12: 232-238, 2006a.
- PAES, J. B. et al. Substâncias tânicas presente em várias partes da árvore angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. var. *cebil* (Gris.) Alts.). Scientia Forestalis, Piracicaba, 38: 441-447, 2010.
- PAES, J. B. et al. Viabilidade técnica dos taninos de quatro espécies florestais de ocorrência no semiárido brasileiro no curtimento de peles. Revista Ciência Florestal, Santa Maria, 16: 453-462. 2006b.
- PAIVA, L. L. O raleio altera a produtividade do plantio e a concentração de taninos na casca da *Mimosa caesalpinifolia* Benth.? 2019.73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.
- PICHELIN, F.; KAMOUN, C.; PIZZI, A. Hexamine Hardener Behaviour: effects on wood glueing, tannin and other wood adhesives. **HolzalsRoh-und Werkstoff**, 57, 305-317 p., 1999.
- PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. New York: Marcel Dekker, 1994, 680p.

RAMIRES, E.C., FROLLINI, E., 2012. Composites: Part B Tannin—Phenolicresins: Synthesis, characterization, and application as matrix in biobased composites reinforced with sisal fibers. *Compos. Part B.* 43, 2851–2860.

RICCI, A., KENNETH, J., OLEJAR, G. P., PARPINELLO, P. A., KILMARTIN, V. A., 2015. Application of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy in the Characterization of Tannins, *Applied Spectroscopy Reviews.* 407-442. 10.1080/05704928.2014.1000461

SILVA, B. R.F. Aplicação dos taninos de *Stryphnodendron adstringens* e *Mimosa tenuiflora* como coagulantes no tratamento de água para abastecimento. 2021. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2021.

SILVA, T. S. S. Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto. 1999. 88 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, São Paulo, 1999.

SILVERSTEIN, R.M., BASSLER, G.C., MORRILL, T.C., 1981. Spectrometric identification of organic compounds. John Wiley & Sons, 95–137.

SOUSA, T. B. Caracterização de cascas de espécies florestais brasileiras e uso de seus taninos na clarificação da água. 2018. 75 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Biomateriais) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

SOUSA, T.B. uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água para abastecimento. 2015. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2015.

SOUZA, D. G. et al. Quantificação de taninos presentes na casca da *Mimosa caealpinifolia* Benth. e sua utilização no tratamento de efluentes. *Nativa*, Sinop, v. 7, n. 6, p. 789-793, nov./dez. 2019. Pesquisas Agrárias e Ambientais. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i6.8631>

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. *Cerne: Lavras*, 3: 1-13, 1997.

Considerações Finais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da presente pesquisa, foi possível concluir que, os tratamentos com as espécies florestais foram muito bons, principalmente em relação ao pH não houve alteração. O coagulante orgânico a partir da casca do cajueiro teve um importante destaque em todos os parâmetros, principalmente ao clarificar a água com 99% na remoção da turbidez, para o cloreto férrico os resultados foram bem inferiores quando comparados com os orgânicos, não clarificou e deixou a água ácida.

Com isso, é possível observar que os taninos podem ser uma boa fonte alternativa de coagulante para tratamento da água para abastecimento, pois, além de apresentar resultados satisfatórios, podem contribuir para o cenário econômico, social e ambiental para o nordeste agregando valor as espécies.