

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LETÍCIA PEDRÃO CORREIA

Potencial coagulante das sementes de *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth. e *Inga nobilis* Willd. para o tratamento de água

CAMPO MOURÃO

2019

LETÍCIA PEDRÃO CORREIA

**Potencial coagulante das sementes de *Maclobium acaciifolium*
(Benth.) Benth. e *Inga nobilis* Willd. para o tratamento de água**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Campo Mourão

Orientador: Prof. Dr. Flávia Vieira da Silva Medeiros

CAMPO MOURÃO

2019



TERMO DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
INTITULADO Potencial coagulante das sementes de *Macrobium acaciifolium* (Benth.)
Benth. e *Inga nobilis* Willd. para o tratamento de água DO(A) DISCENTE Leticia
Pedrão Correia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia de cinco de dezembro ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. O(A) discente foi arguido(a) pela Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a comissão considerou o trabalho

_____ (aprovado, aprovado com alterações ou reprovado).

Prof. Eudes José Arantes
Avaliador(a) 1
UTFPR

Prof. Morgana Suszek Gonçalves
Avaliador(a) 2
UTFPR

Prof. Flávia Vieira da Silva Medeiros
Orientador
UTFPR

“O Termo de Aprovação encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental”.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus, por me dar esperança e força, me mostrando todos os dias que sou capaz de realizar os meus sonhos e concluir mais esta etapa.

Agradeço especialmente à minha família, principalmente meus pais Keila e Rafael, meus avós Iracema e Carlos, que se fizeram presente durante toda minha faculdade mesmo de longe e tornaram esta realização profissional possível e minha irmã Elisa.

Aos meus amigos, deixo meu muito obrigada por estarem ao meu lado nos momentos bons e difíceis, em especial ao meu namorado Guilherme, minhas amigas Jullia, Flavia, Letícia, Luisa, Milena e Brenda, meus amigos Gabriel, Gustavo e Leonardo, e também minha querida amiga Carolina que infelizmente não está mais nesse plano conosco, mas sei que continua ao meu lado em todos os momentos, me guiando e dando forças para continuar.

Agraço também a minha orientadora Flavia, que se tornou uma grande amiga e esteve sempre presente e disposta a me ajudar, independentemente de qualquer desafio. Aos professores Eudes e Morgana, por aceitarem fazer parte da minha banca e me orientarem a concluir este trabalho do melhor modo possível.

RESUMO

Para avaliar e poder confirmar a eficiência ou a ineficiência de coagulantes orgânicos como alternativa no processo de coagulação e posterior comparação da água tratada com os padrões de potabilidade, sementes das espécies *Macrolobium acaccifolium* e *Inga nobilis* foram testadas. Através do equipamento Jar test, foram realizados ensaios de coagulação/floculação para a clarificação da água e posteriormente foram medidos os parâmetros cor, turbidez, UV₂₅₄, UV₂₇₂ e pH com as amostras da água tratada. A partir das análises, os resultados foram apresentados a partir da média das triplicatas, em que para a semente de *Inga nobilis* utilizando o Tratamento 2, obteve-se uma eficiência de 14,81% na remoção de cor; 51,28% de eficiência na remoção de turbidez; pH se manteve dentro da faixa entre 6 e 8, estando dentro do padrão estabelecido, porém utilizando mais de 150ml do coagulante no Tratamento 4, o pH se mostrou fora do padrão, pois se manteve em uma média de 5; e utilizando o Tratamento 3, foram encontradas aproximadamente 607,01 mg/l de matéria orgânica na água, podendo presumir que a adição do coagulante adicionou mais matéria orgânica na água durante o tratamento. Já para a semente de *Macrolobium acaciifolium*, utilizando o Tratamento 3 obteve-se uma eficiência de 39,33% na remoção de cor; 78,72% de eficiência na remoção de turbidez; absorvância média de 0,111 nm; e apresentou os melhores resultados com aproximadamente uma média de 30,38 mg/L de matéria orgânica presente na água, já os piores resultados foram apresentados utilizando os Tratamentos 1 e 2, com uma média de 616,62 mg/L de matéria orgânica, sendo ineficazes devido à grande quantidade de matéria orgânica dissolvida. Portanto, pode-se concluir que o coagulante extraído de *Macrolobium acaciifolium* foi mais eficaz em comparação ao coagulante extraído de *Inga nobilis*. Porém a água tratada não pode ser considerada como água potável, já que está fora dos padrões de potabilidade.

Palavras-chave: Coagulante orgânico, tratamento de água, eficiência.

ABSTRACT

To evaluate and confirm the efficiency or inefficiency of organic coagulants as an alternative in the coagulation process and subsequent comparison of treated water with potability standards, seeds of *Macrolobium acacifolium* and *Inga nobilis* species were tested. Using the Jar test equipment, coagulation / flocculation assays were performed to clarify the water and subsequently the color, turbidity, UV254, UV272 and pH parameters were measured with the treated water samples. From the analyzes, the results were presented from the triplicate average, where for *Inga nobilis* seed using Treatment 2, an efficiency of 14.81% in color removal was obtained; 51.28% turbidity removal efficiency; pH remained within the range between 6 and 8, being within the established standard, but using more than 150ml of coagulant in Treatment 4, the pH was non-standard, as it remained at an average of 5; and using Treatment 3, approximately 607.01 mg / l of organic matter was found in water, and it can be assumed that the addition of coagulant added more organic matter in water during treatment. For *Macrolobium acaciifolium* seed, using Treatment 3, an efficiency of 39.33% in color removal was obtained; 78.72% turbidity removal efficiency; mean absorbance of 0.111 nm; and presented the best results with approximately an average of 30.38 mg / l of organic matter present in the water, whereas the worst results were presented using Treatments 1 and 2, with an average of 616.62 mg / l of organic matter, being ineffective due to the large amount of dissolved organic matter. Therefore, it can be concluded that the coagulant extracted from *Macrolobium acaciifolium* was more effective compared to the coagulant extracted from *Inga nobilis*. However, treated water cannot be considered as potable water as it is out of potability standards.

Key words: Organic coagulant, water treatment, efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sementes de <i>Macrolobium acaccifolium</i> (Benth.) Benth.....	17
Figura 2 - Sementes de <i>Inga nobilis</i> Willd.....	18
Figura 3 - A – Semente de <i>Inga nobilis</i> e <i>Macrolobium acaciifolium</i> , respectivamente, com óleo e trituradas; B – Semente de <i>Macrolobium acaciifolium</i> e <i>Inga nobilis</i> , respectivamente, sendo desengorduradas em álcool etílico absoluto.....	20
Figura 4 - A – Coagulante em meio salino utilizando 1g de semente de <i>Macrolobium acaciifolium</i> ; B – Coagulante em meio salino utilizando 1g de semente de <i>Inga nobilis</i> ; C - Coagulante em meio salino utilizando 10g de semente de <i>Macrolobium acaciifolium</i> ; D - Coagulante em meio salino utilizando 10g de semente de <i>Inga nobilis</i>	21
Figura 5 - Eficiência de remoção de cor utilizando coagulante orgânico.....	25
Figura 6 - Eficiência de remoção de turbidez utilizando coagulante orgânico.....	26
Figura 7 - Resultados encontrados de absorvância após tratamento da água bruta com coagulante orgânico.....	27
Figura 8 - Resultados encontrados de MOD após tratamento da água bruta com coagulante orgânico.....	27
Figura 9 - Eficiência de remoção de cor utilizando coagulante orgânico.....	29
Figura 10 - Eficiência de remoção de turbidez utilizando coagulante orgânico...	30
Figura 11 - Resultados encontrados de absorvância após tratamento da água bruta com coagulante orgânico.....	31
Figura 12 - Resultados encontrados de MOD após tratamento da água bruta com coagulante orgânico.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos tratamentos utilizados no tratamento da água bruta.....	21
Tabela 2 - Resultados da caracterização da água bruta antes dos procedimentos de coagulação/floculação.....	24
Tabela 3 – pH utilizando coagulante extraído das sementes de <i>Inga nobilis</i>	25
Tabela 4 – pH utilizando coagulante extraído das sementes de <i>Macrolobium acaciifolium</i>	28
Tabela 5 - Resultados da eficiência de remoção de cor e turbidez, absorvância em UV254 e UV272, depois dos procedimentos de coagulação/floculação sem utilização de coagulante orgânico.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos.....	10
1.1.1 Objetivo geral.....	10
1.1.2 Objetivos específicos.....	10
1.2 Justificativa.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. Caracterização da água.....	12
2.1.1 Características físicas.....	12
2.1.2 Características químicas.....	14
2.2 Coagulação.....	14
2.2.1 Coagulantes químicos.....	15
2.2.2 Coagulantes orgânicos.....	15
2.2.3 Potencial coagulante orgânico.....	16
2.3 Floculação.....	16
2.4 Descrição botânica das espécies.....	17
2.4.1 <i>Maclobium acaciifolium</i> (Benth.) Benth.....	17
2.4.2 <i>Inga nobilis</i> Willd.....	17
3 METODOLOGIA.....	19
3.1 Caracterização da água bruta	
1919	
3.2 Extração e preparo do coagulante	19
3.2.1 Extração do óleo das sementes.....	19
3.2.2 Extração do coagulante orgânico.....	20
3.3 Caracterização dos coagulantes	21
3.3.1 Proteínas totais.....	21
3.4 Ensaios de coagulação/floculação.....	21
3.5 Teste Controle.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Caracterização da água bruta.....	23
4.2 Ensaios de coagulação/floculação com coagulante extraído das sementes	
de <i>Inga nobilis</i>.....	23

4.3 Ensaio de coagulação/floculação com coagulante extraído das sementes de <i>Macrolobium acaciifolium</i>.....	28
4.4 Proteínas totais.....	32
4.5 Teste Controle.....	33
5 CONCLUSÃO	34

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida vegetal e animal. O homem necessita de água com qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender as necessidades, proteção da saúde e para propiciar o desenvolvimento econômico. O sistema de abastecimento de água pode ser concebido e projetado para atender a pequenos povoados ou a grandes cidades, variando nas características e no porte de suas instalações (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

A população mundial está em constante crescimento e rápido desenvolvimento, aumentando vertiginosamente o consumo de água. Paralelamente, há o crescimento na eliminação de dejetos, se fazendo assim necessário um sistema de saneamento básico eficiente. Ao ter acesso ao tratamento de água e esgoto, a população tem a oportunidade de extinguir ou pelo menos minimizar os efeitos de uma possível contaminação por agentes patogênicos, em que o veículo transmissor seja a água (ZIMMERMAN, 2001).

O processo de tratamento de água possui como uma das primeiras etapas a coagulação, que consiste em uma etapa onde ocorre a desestabilização das partículas coloidais e suspensas presentes na água captada para o abastecimento. O objetivo da coagulação é elevar significativamente a velocidade de sedimentação dos coloides presentes na água bruta. No contexto sanitário, a importância da coagulação evidencia-se na remoção de partículas microscópicas, associadas aos micro-organismos patogênicos, geralmente encontrados nas águas naturais e com velocidades de sedimentação muito reduzidas (LIBÂNIO, 2010).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa foi analisar o potencial coagulante das sementes de *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth. e *Inga nobilis* Willd..

1.1.2 Objetivos específicos

- Coletar e caracterizar a água bruta;
- Extrair o óleo das sementes;

- Preparar solução salina dos coagulantes obtidos;
- Realizar ensaios de coagulação/floculação para avaliar o potencial coagulante das sementes;
- Caracterizar a água tratada e comparar com os padrões de potabilidade;

1.2 Justificativa

Usualmente são utilizados coagulantes químicos nos métodos convencionais de tratamento de água, sendo aplicados sais de ferro e de alumínio. Porém os coagulantes químicos apresentam a desvantagem de gerar grande quantidade de lodo como resíduo do processo, e em particular, o sulfato de alumínio exige controle em sua concentração residual na água tratada, pois a sua concentração indesejada no organismo humano pode trazer malefícios à saúde (NISHI et al., 2011).

Os coagulantes naturais são uma solução para a diminuição dos problemas causados pela utilização de coagulantes químicos. Segundo Lima (2018) as principais vantagens dos coagulantes naturais incluem a alta disponibilidade da matéria prima, muitas vezes renovável; baixa corrosividade sobre o sistema de distribuição; diminuição de até cinco vezes do volume de lodo gerado no processo, que além de biodegradável apresenta maior valor nutricional; em geral não apresentam riscos à saúde humana e animal; reduzem custos e perigos nos processos de tratamento de água e estimulam o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente sustentáveis.

As sementes de *Moringa oleífera* Lam pertencente à família Fabaceae, estão sendo utilizadas como coagulantes naturais para o tratamento de água, porém como é considerada uma espécie exótica, seu uso se torna restrito no Brasil. Neste estudo serão utilizadas as sementes das espécies *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth. e *Inga nobilis* Willd., que são leguminosas e pertencem à mesma família da Moringa, verificando assim suas possíveis similaridades relacionadas ao desempenho do coagulante. O uso dessas espécies é unicamente utilizado para extração de madeira, ou seja, suas folhas, frutos e sementes não possuem utilidade para outros fins. Dessa forma, o aproveitamento dessas sementes é uma alternativa para que as mesmas contribuam no tratamento da água.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização da água

A água é um dos recursos naturais mais importantes no planeta e até bem pouco tempo era considerado como um bem infinito. O aumento da população e todos os fatores atrelados com este crescimento têm ocorrido em detrimento da degradação dos recursos hídricos devido aos seus usos múltiplos, destacando entre eles a agricultura, o abastecimento público, a pecuária, a indústria, a geração de energia, o saneamento básico, a recreação e o lazer (Zhang et al., 2010; FAO, 2015).

Águas naturais apresentam elementos vitais para o desenvolvimento humano, mas também pode conter organismos ou compostos prejudiciais à saúde, que podem ser reduzidos ou cessados através de tratamentos de água para abastecer a população. A qualidade da água apresenta grande importância no setor de saúde, já que o consumo de água contaminada por diferentes organismos patogênicos pode gerar inúmeras doenças, podendo atingir desde a população de pequenas vilas até grandes cidades. Nesse sentido, para manejar corretamente essa substância tanto para abastecimento humano quanto para atividades industriais, torna-se fundamental conhecer suas características e propriedades.

De acordo com o Ministério da Saúde (2006), as características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Como tais características podem ser expressas por meio de concentrações ou outros valores numéricos, elas passaram a ser designadas como parâmetros, alguns destes referenciados como propriedades organolépticas no padrão de potabilidade vigente.

2.1.1 Características físicas

Os principais parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente as águas naturais são a turbidez, cor, temperatura, sabor e odor.

A turbidez corresponde à fração de matéria suspensa na água, podendo ser representada por argila, areia, silte, plânctons, dentre outros. A turbidez da água bruta é altamente influenciada pelo regime de chuvas da região e pela característica da

cobertura vegetal da bacia hidrográfica, que em períodos chuvosos e bacias desprotegidas elevam a turbidez dos corpos d'água (VIANNA, 2013).

Semelhante à cor, a turbidez se consolidou como parâmetro sanitário e não somente como um parâmetro estético. É fundamental a remoção da turbidez para obter uma boa eficiência de desinfecção, já que os microrganismos utilizam as partículas suspensas como escudo contra os agentes desinfetantes.

A cor das águas naturais representada pela parte dissolvida da matéria orgânica na água é basicamente causada pela presença de compostos orgânicos, originados da decomposição de matéria orgânica vegetal e animal, sendo esses compostos denominados de substâncias húmicas. Pode ser causada também pela presença de ferro e manganês, além de despejos industriais. Ela pode ser classificada como cor aparente, que representa a cor causada por matéria dissolvida mais a parcela em suspensão, e cor verdadeira, representada somente pela matéria dissolvida (BERNARDO e PAZ, 2013).

A cor deixou de ser apenas um fator estético, sendo também um parâmetro de controle da formação de subprodutos. A desinfecção e pré-oxidação com produtos de cloro na presença de matéria orgânica levam a formação de subprodutos indesejáveis (MEYER, 1994).

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático condicionando as influências de uma série de parâmetros físicos e químicos. As variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, podendo apresentar estratificação vertical. A temperatura da água é influenciada pela radiação disponível, latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (ZUMACH, 2003).

Na água, a temperatura pode interferir em alguns processos nas Estações de Tratamento de Água, como a coagulação, sedimentação e flotação (BERNARDO e PAZ, 2013). Quanto à água distribuída para população, a temperatura não representa um risco para a saúde humana, porém é observada uma baixa aceitação de águas mais quentes.

Na perspectiva da Fundação Nacional de Saúde (2014), a conceituação de sabor envolve uma interação de gosto (salgado, doce, azedo e amargo) com o odor. No entanto, genericamente utiliza-se a expressão conjunta: sabor e odor. Sua origem está

associada tanto à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos, quanto à atuação de alguns micro-organismos, notadamente algas.

2.1.2 Características químicas

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), alguns elementos presentes na água bruta podem inviabilizar o uso de determinadas tecnologias de tratamento, como por exemplo os parâmetros químicos de pH, acidez, alcalinidade e dureza.

O pH traduz a acidez ou alcalinidade da água, representada pela concentração de íons H^+ dissolvidos na água. Segundo Bernardo e Paz (2013), o pH é fundamental para que os processos de coagulação, floculação, filtração e desinfecção ocorram eficientemente, sendo monitorado em todo o processo de tratamento. Além disso, o controle de pH na saída do tratamento tem a finalidade de conservar as redes de distribuição contra corrosões ou incrustações (BRAGA, 2014).

Acidez da água pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com uma base forte até um valor definido de pH, devido à presença de ácidos fortes, ácidos fracos e sais que apresentam caráter ácido. A grande importância no controle da acidez das águas é apresentada nos estudos de corrosão, que pode ser provocada tanto pelo gás carbônico como pelos ácidos minerais. A alcalinidade de uma amostra de água pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até um valor definido de pH. A alcalinidade das águas não representa risco potencial à saúde pública, porém provoca alteração no paladar e a rejeição da água em concentrações inferiores àquelas que eventualmente pudessem trazer prejuízos mais sérios (PIVELI, 2016).

Dureza de uma água é a medida da sua capacidade de precipitar sabão, isto é, nas águas que a possuem, os sabões transformam-se em complexos insolúveis, não formando espuma até que o processo se esgote. Teores elevados de dureza podem causar sabor desagradável e efeito laxativo, além da redução da formação de espumas do sabão e formação de incrustações nas tubulações (MOTA, 1997).

2.2 Coagulação

A coagulação é um processo que visa à desestabilização de partículas coloidais e suspensas através de fenômenos químicos e físicos. Inicialmente, os coagulantes

reagem com a água, formando espécies hidrolisadas com carga positiva ou precipitado de metal do coagulante utilizado. Estes produtos formados anteriormente colidem com as impurezas da água, tornando-as desestabilizadas, através do processo de mistura rápida, em que há o fornecimento de energia e agitação (BERNARDO e PAZ, 2013).

É necessário que ocorra uma mistura rápida para dispersar adequadamente o coagulante e promover colisões de partículas para realizar uma boa coagulação. Na visão de Di Bernardo e Dantas (2005), para que o processo de coagulação seja eficiente é preciso uma agitação intensa, pois é na unidade de mistura rápida que as interações do coagulante com a água ocorrem.

2.2.1 Coagulantes químicos

Os coagulantes químicos, como sais de alumínio e ferro, são os mais utilizados e apresentam bastante eficiência na remoção de sólidos em suspensão, além de serem abundantes, disponíveis e oferecerem um menor custo de obtenção.

Segundo Tzoupanos e Zouboulis (2008), estes coagulantes apresentam algumas desvantagens no processo, tais como a necessidade de ajuste do pH no tratamento, a sensibilidade às mudanças de temperatura, a necessidade de doses elevadas já que a neutralização da carga geralmente não é suficiente, a sensibilidade às características da amostra e composições específicas, e também a produção de lodo excessivo. Existem outros problemas de grande preocupação à população, como por exemplo doenças relacionadas ao uso destes compostos químicos.

2.2.2 Coagulantes orgânicos

O homem tem buscado na biodiversidade dos recursos naturais um coagulante natural, biodegradável, que apresente baixa toxicidade e seja de uso simples, barato e de fácil obtenção e aplicação para a clarificação da água bruta. Os coagulantes de origem orgânica naturais conhecidos universalmente como polieletrólitos são representados por compostos constituídos de grandes cadeias moleculares, dotados de sítios com cargas positivas ou negativas (SILVA, 2005).

Os coagulantes naturais têm demonstrado vantagens em relação aos coagulantes químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo

índice de produção de lodos residuais (MORAES, 2004). Portanto, é necessário buscar um coagulante natural que possa agir como um auxiliar no tratamento de águas, principalmente nos casos em que as águas apresentam elevada turbidez, para as quais somente o uso de sulfato de alumínio não é indicado.

2.2.3 Potencial coagulante orgânico

Como dito anteriormente, o uso de coagulantes químicos causa inúmeros danos ao ser humano. Uma contraproposta a isso é o uso de materiais naturais para a clarificação da água, que é uma prática antiga e utilizada por séculos em áreas rurais. Recentemente, foram realizados estudos com a utilização de coagulantes naturais, com especial destaque para a quitosana e a *Moringa oleífera* Lam (Divakaran, e Pillai, 2002; Baptista et al., 2015). Também foram avaliadas várias leguminosas como coagulante natural, entre elas algumas espécies de feijões, ervilhas, amendoins e tremoços.

Para avaliar e poder confirmar a eficiência ou a ineficiência de coagulantes orgânicos como alternativa no processo de coagulação, sementes das espécies de *Macrolobium acaccifolium* e *Inga nobilis* foram testadas, pois já existem bons resultados com a utilização da *Moringa* para este tipo de tratamento.

2.3 Floculação

A floculação consiste na agregação de partículas neutralizadas na fase da coagulação, formando-se flocos com a ajuda de um floculante que se liga às mesmas através de “pontes”. Os flocos vão aumentando de peso e tamanho permitindo a sua sedimentação por ação da gravidade, de forma a mais tarde poder separá-los da água por processos como a decantação e a filtração. Nesta fase há uma agitação mecânica da massa de água, mas com uma velocidade mais lenta, de modo a promover o bom contato entre as partículas e os flocos, para que não haja a destruição daqueles já formados (CACHEIRA; SANTOS; FARIA, 2012).

2.4 Descrição botânica das espécies

2.4.1 *Macrolobium acaccifolium* (Benth.) Benth.

Macrolobium acaccifolium (Benth.) Benth., popularmente conhecida como Araparí, é uma leguminosa arbórea que ocorre em áreas alagáveis do Brasil, Colômbia, Peru e Venezuela. Nas florestas alagáveis da Amazônia Central, essa espécie é encontrada em baixas elevações na várzea e no igapó.

As sementes de araparí (Figura 1) apresentam ácido palmítico, ácido linoléico, traços de ácido mirístico (ácidos comuns em alguns tipos de cosméticos) e de ácido lignocérico ou ácido tetracosanóico (BEHRENS et al., 2006). Sua madeira é leve, branca ou avermelhado claro, porosa e possui cheiro e gosto indistintos. É considerada própria para construção civil em obras internas, marcenaria, carpintaria, tábuas de boa qualidade, caixotaria, celulose e papel (PIO CORRÊA, 1926; DUCKE, 1939).

Figura 1 – Sementes de *Macrolobium acaccifolium* (Benth.) Benth.



FONTE: Plants of the world (2019).

2.4.2 *Inga nobilis* Willd.

Trata-se de um gênero exclusivamente neotropical, com sete principais áreas de distribuição, das quais o litoral, o interior do Brasil, o sudeste da América Central e o oeste da América do Sul, que constituem os principais centros de diversidade do gênero (Pennington 1997; Mata & Felix 2007). Conhecida popularmente como Ingá, ingazeiro, angá e angazeiro, a *Inga nobilis* (Figura 2) caracteriza-se basicamente por apresentar folhas paripenadas, com nectário na raque foliar, localizado entre cada par

de folíolo e legume, com sementes envolvidas por sarcotesta carnosa e adocicada (Bentham 1876).

Figura 2 – Sementes de *Inga nobilis* Willd.



FONTE: Árvores do cerrado (2005).

Essa espécie apresenta potencial econômico no reflorestamento, fitoterapia, produção de energia e alimentação. Apesar de ser um grupo bastante representado na região amazônica, ainda são poucos os trabalhos com ênfase no Amazonas, principalmente em uma área de clareiras naturais e antrópica como a Base Petrolífera de Urucu (SOUSA; BASTOS; GURGEL, 2011). É muito utilizada na área madeireira.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da água bruta

A água bruta utilizada nos ensaios foi coletada na Estação de Tratamento de Água da SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), localizada na cidade de Campo Mourão.

Sua caracterização se dá em relação aos parâmetros de cor, turbidez, UV₂₅₄ e UV₂₇₂ para futura conversão em matéria orgânica dissolvida (MOD) e pH, seguindo a metodologia de *Standard Methods* (RICE et al, 2012). A eficiência da remoção de turbidez e cor, será calculada através da Equação I, em que η é a eficiência do tratamento, c_i representa os parâmetros da água bruta e c_f representa os parâmetros da água tratada.

$$\eta (\%) = \frac{c_i - c_f}{c_i} \times 100 \quad (\text{Equação I})$$

Para saber a concentração de matéria orgânica dissolvida a partir da absorvância em UV₂₇₂, utilizou-se a Equação II, método proposto por Khan et al. (2014).

$$\text{MOD (mg.L}^{-1}\text{)} = 518,93 \times \text{Absorvância (272nm)} + 1,065 \quad (\text{Equação II})$$

3.2 Extração e preparo do coagulante

As sementes utilizadas foram gentilmente cedidas pelo professor Luiz Augusto Gomes de Souza, do Instituto de Pesquisas da Amazônia (INPA). Todos os ensaios foram realizados no Núcleo de Pesquisas em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. Foram realizados 3 ensaios utilizando 1g de semente e 3 ensaios utilizando 10g de semente para cada espécie, fazendo uma média para apresentar os resultados.

3.2.1 Extração do óleo das sementes

A casca da semente de *Inga nobilis* e *Macrolobium acaciifolium* foi removida manualmente e a semente moída com a ajuda de um liquidificador doméstico (Figura 3A). O pó foi desengordurado em álcool etílico absoluto (Figura 3B), utilizando o método de ultrassom, com banho ultrassônico Ultrasonic Cleaner modelo DC200H, na frequência de 40 kHz e tempo de extração de 60 minutos, temperatura igual a 25°C, e a massa da amostra/volume de solvente de 1:10. O sobrenadante foi separado manualmente, disposto em cápsulas de porcelana e deixadas por aproximadamente três dias no dessecador.

Figura 3 – A – Semente de *Inga nobilis* e *Macrolobium acaciifolium*, respectivamente, com óleo e trituradas; B – Semente de *Macrolobium acaciifolium* e *Inga nobilis*, respectivamente, sendo desengorduradas em álcool etílico absoluto.



FONTE: Autoria própria (2019).

3.2.2 Extração do coagulante orgânico

Para o planejamento experimental foi utilizada a concentração da solução salina de NaCl, de 1 M. O preparo do coagulante em meio salino consiste em adicionar em um béquer de vidro 1,0 g da semente dessecada em 1,0 L de solução salina e 10,0 g da semente dessecada em 1,0 L de solução salina, conforme Tabela 1. Esses tratamentos foram feitos utilizando as sementes de *Macrolobium acaciifolium* e *Inga nobilis*.

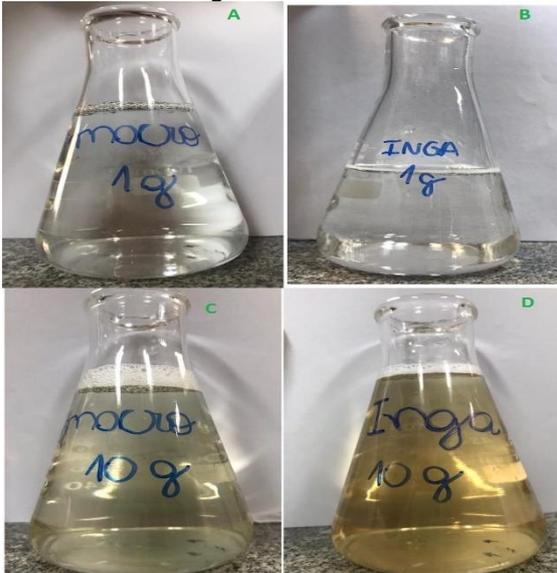
Tabela 1 – Classificação dos tratamentos utilizados no tratamento da água bruta.

Tratamento 1	1g de semente com solução salina
Tratamento 2	10g de semente com solução salina
Tratamento 3	1g de semente sem solução salina
Tratamento 4	10g de semente sem solução salina

FONTE: A autoria própria (2019).

A extração do coagulante é realizada por turbólise durante 3 minutos com a solução salina e com auxílio de um liquidificador doméstico, e em seguida foi feita a agitação por meio de um agitador magnético por 30 minutos. A solução obtida foi filtrada a vácuo em papel de filtro de qualidade (Figura 4). Houve também a preparação do coagulante em água destilada, sem adição de sal para posterior comparação.

Figura 4 - A – Coagulante em meio salino utilizando 1g de semente de *Macrolobium acaciifolium*; B – Coagulante em meio salino utilizando 1g de semente de *Inga nobilis*; C - Coagulante em meio salino utilizando 10g de semente de *Macrolobium acaciifolium*; D - Coagulante em meio salino utilizando 10g de semente de *Inga nobilis*.



FONTE: A autoria própria (2019).

3.3 Caracterização dos coagulantes

3.3.1 Proteínas totais

As proteínas constituem um fator limitante para o tratamento biológico de águas residuais. Um sistema de tratamento mais eficiente pode estar diretamente relacionado com a concentração de proteína (Miwa, A.; Falco, P.; Calijuri, M., 2008).

A quantificação das proteínas totais extraídas das sementes foi feita utilizando o Kit Hach, que contém um conjunto de reagentes para análise de Nitrogênio total faixa 0,01 - 0,5 mg/l pelo método salicilato para 10 mL de amostra do coagulante extraído das sementes. Para expressar o resultado em proteína, é preciso multiplicar a quantidade de nitrogênio total encontrada através do método por 6,25.

3.4 Ensaios de coagulação/floculação

Os ensaios de coagulação/floculação foram executados no equipamento de *Jar Test* 6 da marca Nova Ética, com regulador de rotação das hastes misturadoras e jarros com capacidade de 2 litros. O uso do *Jar Test* permite determinar a dosagem ideal de coagulante ou auxiliar de coagulação necessária para provocar a clarificação da água bruta.

Em cada jarro foram adicionados 1,0 L de água bruta e 10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 150, 200 e 250 ml de volume do coagulante, com auxílio de provetas. Para a realização dos ensaios a água estava em temperatura ambiente, variando entre 25 e 35°C.

O tempo de mistura rápida (TMR) estabelecido é de 1 minuto e o gradiente de velocidade foi de 120 rpm, enquanto o tempo de mistura lenta (TML) foi de 15 minutos e o gradiente de velocidade de 60 rpm. Após esse procedimento, para que ocorresse a sedimentação do material floculado, as amostras permaneceram em repouso por 15 minutos (BAZZO, 2016).

Posteriormente, foram medidos os parâmetros cor, turbidez, UV₂₅₄ e UV₂₇₂ e pH com as amostras da água tratada para verificar a eficiência do processo por meio da comparação dos resultados obtidos com os padrões de potabilidade da Portaria de Consolidação nº5 de 2017 do Ministério da Saúde (Anexo XX).

3.5 Teste Controle

O teste controle foi realizado para verificar se a eficiência na remoção de cor e turbidez, absorvância, MOD e pH realmente foi eficaz utilizando os coagulantes extraídos das sementes, para posteriormente fazer a comparação dos resultados obtidos no teste controle, ou seja, adicionando somente 1,0 L de água bruta em cada

jarro no *Jar Test* sem adição dos coagulantes, subtraindo os resultados de eficiência com o coagulante dos resultados de eficiência sem o coagulante.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da água bruta

Podem ser observados na Tabela 2 os valores dos parâmetros avaliados para a água bruta que foi utilizada nos ensaios de coagulação e floculação com os coagulantes de *Inga nobilis* e *Macrolobium acaciifolium*.

Tabela 2 - Resultados da caracterização da água bruta antes dos procedimentos de coagulação/floculação

	Cor (Pt-Co)	Turbidez (NTU)	UV₂₅₄ (nm)	MOD (mg/l)	pH
Água bruta	50,77	13,63	0,091	59,18	6,82

FONTE: Aatoria própria (2019).

Por meio dos resultados destes parâmetros, pode-se concluir que o rio em que a água foi coletada e utilizada neste estudo, pode ser classificada pela Resolução CONAMA nº 357 (2005), como rio de água doce de classe II, já que a turbidez não ultrapassa o valor de 100 UNT, a cor verdadeira é inferior à 75 mg Pt/L e o pH se encontra dentro da faixa de 6,0 a 9,5. De acordo com o Capítulo II e seção I da Resolução, essa água pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274 (2000); à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

4.2 Ensaios de coagulação/floculação com coagulante extraído das sementes de *Inga nobilis*

Foram realizados os ensaios a partir do coagulante extraído das sementes de *Inga nobilis*, definidos como Tratamento 1, 2 3 e 4, e os resultados dos parâmetros analisados mencionados anteriormente encontram-se na Tabela 3 e nos gráficos a seguir, mostrando apenas as médias das triplicatas.

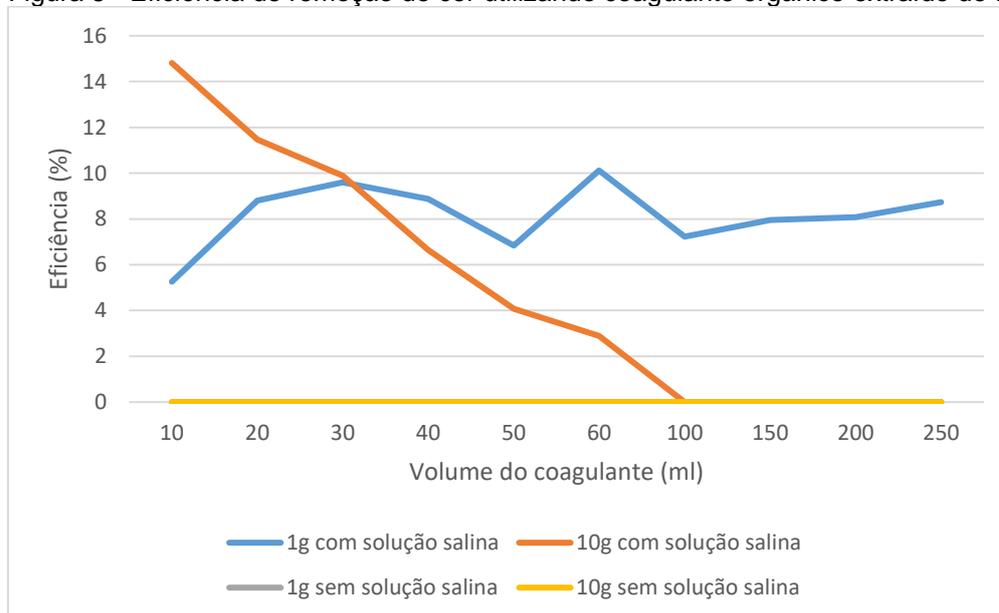
Tabela 3 – pH utilizando coagulante extraído das sementes de *Inga nobilis*.

VOLUME DO COAGULANTE (ml)	10	20	30	40	50	60	100	150	200	250
Tratamento 1	7,6	7,9	7,6	7,5	7,4	7,3	7,1	6,9	6,8	6,8
Tratamento 2	6,9	6,7	6,5	6,0	6,4	6,0	6,2	6,2	6,2	6,2
Tratamento 3	8,5	8,3	8,2	8,0	8,0	7,8	7,7	7,6	7,5	7,3
Tratamento 4	7,3	7,1	7,0	6,8	6,5	6,3	6,0	5,6	5,4	5,1

FONTE: Autoria própria (2019).

Através dos resultados obtidos, pode-se comparar com os padrões de potabilidade da Portaria de Consolidação nº5 de 2017, demonstrando que o valor de pH não sofreu grandes alterações, se mantendo sempre dentro da faixa entre 6 e 8, estando dentro do padrão estabelecido. Porém utilizando mais de 150ml do coagulante no Tratamento 4, o pH se mostrou fora do padrão, pois se manteve em uma média de 5.

Os resultados da eficiência de remoção de cor e turbidez são mostrados abaixo nas Figuras 5 e 6, absorvância na Figura 7 e MOD na Figura 8.

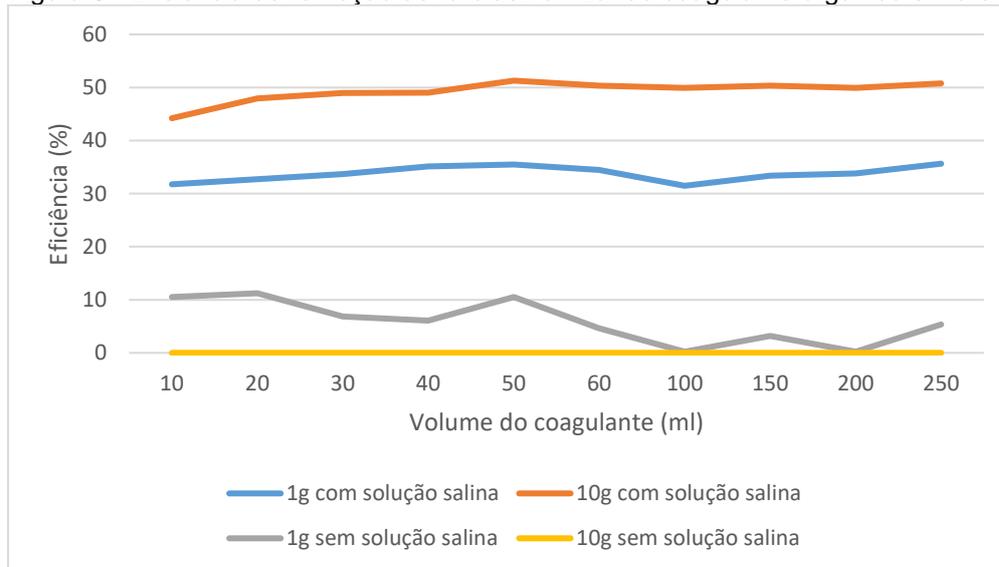
Figura 5 - Eficiência de remoção de cor utilizando coagulante orgânico extraído de *Inga nobilis*.

Fonte: Autoria própria (2019).

A partir da Figura 5, observou-se que o melhor resultado obtido utilizando o Tratamento 2, no volume de 10 ml apresentando 14,81% de eficiência na remoção e 43,25 (mg/L Pt-Co); o melhor resultado obtido utilizando o Tratamento 1 foi no volume de 60 ml apresentando 10,11% de eficiência na remoção de cor e 45,63 (mg/L Pt-Co).

Já os resultados utilizando os Tratamentos 3 e 4 não se mostraram eficazes, pois a cor aumentou para uma média de 91,20 (mg/L Pt-Co). Segundo o padrão de potabilidade da Portaria de Consolidação nº5/2017, o valor de cor deve ser igual ou menor que 15 mg/L Pt-Co, ou seja, os resultados obtidos neste estudo estão fora do padrão de potabilidade.

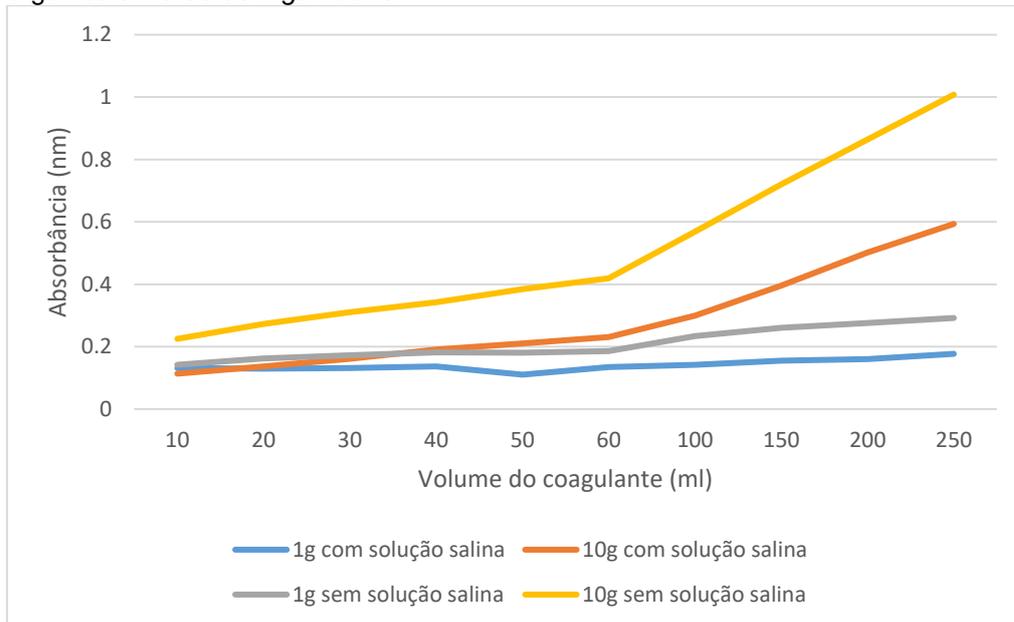
Figura 6 - Eficiência de remoção de turbidez utilizando coagulante orgânico extraído de *Inga nobilis*.



FONTE: Autoria própria (2019).

Observando a Figura 6, foi possível verificar que a maior eficiência de remoção de turbidez apresenta-se quando é utilizado o Tratamento 2, no volume de 50 ml, apresentando 51,28% de eficiência na remoção e 6,64 NTU. O melhor resultado obtido utilizando o Tratamento 1 foi o volume de 250 ml, apresentando 35,63% de eficiência na remoção e 8,77 NTU. Já os resultados utilizando os Tratamentos 3 e 4 se mostraram ineficazes pois aumentaram o valor da turbidez. O padrão de potabilidade da Portaria de Consolidação nº5/2017 impõe que o valor da turbidez deve ser igual ou menor que 1,0 NTU, ou seja, os resultados obtidos neste estudo estão fora do padrão de potabilidade.

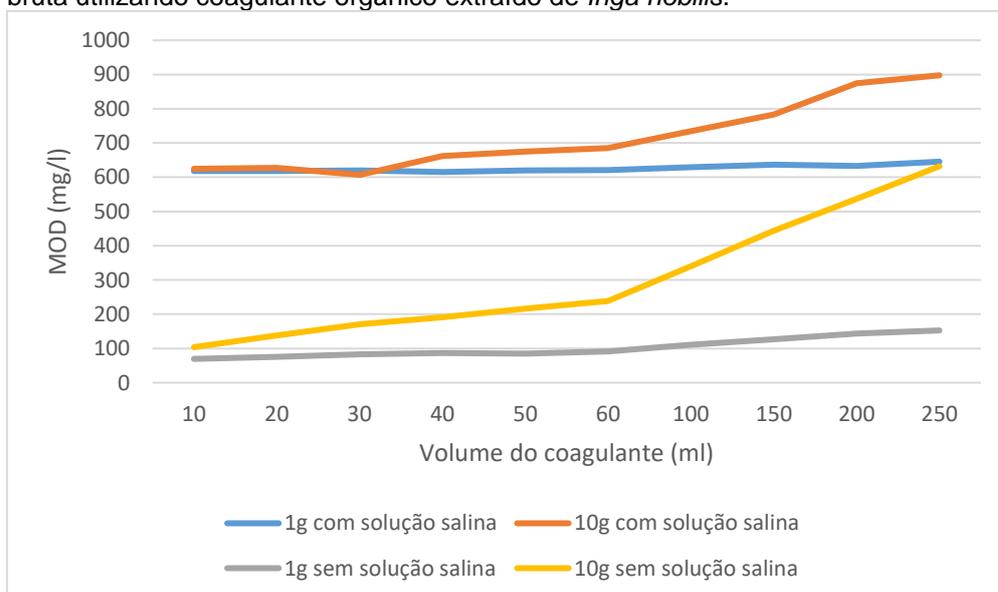
Figura 7 – Resultados encontrados de absorvância após tratamento da água bruta com coagulante orgânico extraído de *Inga nobilis*.



FONTE: Aatoria própria (2019).

Observando a Figura 7, é possível afirmar que utilizando o Tratamento 1 a absorvância se mantém em uma faixa média de 0,148 nm e que qualquer um dos outros tratamentos apresentam resultados nessa faixa de 0,148 nm quando o volume é utilizado em pequenas quantidades. Comparando com a absorvância da água bruta de 0,091 nm, pode-se presumir que a quantidade de matéria orgânica na água tratada aumentou ao invés de diminuir com o tratamento.

Figura 8 – Resultados encontrados de matéria orgânica dissolvida (MOD) após tratamento da água bruta utilizando coagulante orgânico extraído de *Inga nobilis*.



FONTE: Aatoria própria (2019).

Os dados obtidos na Figura 8 a partir da Equação 2, indicam que utilizando o Tratamento 3 foram obtidos os melhores resultados com aproximadamente 607,01 mg/l de matéria orgânica na água. Os piores resultados são apresentados utilizando o Tratamento 2, sendo ineficazes devido à grande quantidade de matéria orgânica dissolvida. Quanto menor a quantidade de matéria orgânica dissolvida (MOD), menor é a quantidade de matéria orgânica na água, ou seja, maior a remoção da mesma com o tratamento de coagulação e floculação, portanto, pode-se presumir que a adição do coagulante extraído das sementes adicionou mais matéria orgânica na água durante o tratamento, por isso ocorreu o aumento da quantidade da mesma, já que a água bruta apresentava inicialmente 59,18 mg/de MOD, mostrando assim que o tratamento foi ineficaz para remoção de MOD.

4.3 Ensaio de coagulação/floculação com coagulante extraído das sementes de *Macrolobium acaciifolium*

Foram realizados os ensaios a partir do coagulante extraído das sementes de *Macrolobium acaciifolium*, definidos como Tratamento 1, 2, 3 e 4, e os resultados dos parâmetros analisados mencionados anteriormente encontram-se na Tabela 3 e nos gráficos a seguir, mostrando apenas as médias das triplicatas.

Tabela 4 – pH utilizando coagulante extraído das sementes de *Macrolobium acaciifolium*.

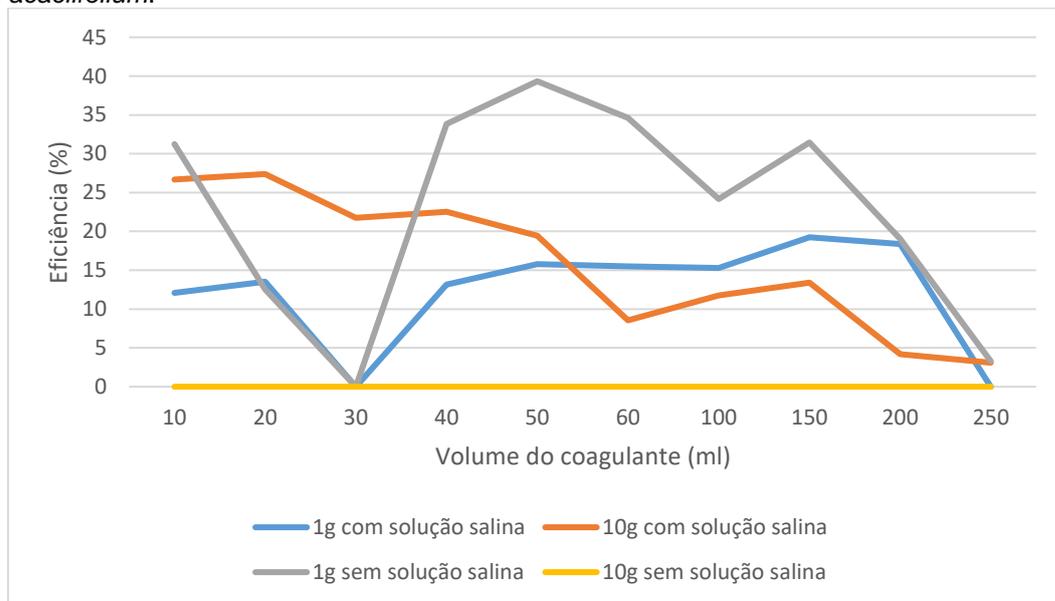
Volume do coagulante (ml)	10	20	30	40	50	60	100	150	200	250
Tratamento 1	8,0	7,8	7,6	7,5	7,3	7,2	7,0	7,9	6,7	6,6
Tratamento 2	5,6	5,5	5,5	5,5	5,6	5,6	5,5	5,5	5,5	5,6
Tratamento 3	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0	6,1	6,0	6,1	6,1	6,0
Tratamento 4	6,2	6,0	6,1	6,0	6,0	6,0	5,8	5,6	5,4	5,4

FONTE: Autoria própria (2019).

Foi possível comparar os resultados com os padrões de potabilidade da Resolução CONAMA nº357 (2005), em que, pode-se presumir que o valor de pH sofreu alterações, se mantendo sempre dentro da faixa entre 5 e 6 utilizando os Tratamentos 2, 3 e 4, ou seja, fora do padrão estabelecido. Porém utilizando o Tratamento 1, o valor do pH não sofreu grandes alterações, se mantendo sempre dentro da faixa entre 6 e 8, ou seja, dentro do padrão de potabilidade estabelecido.

Os resultados da eficiência de remoção de cor e turbidez são mostrados a seguir nas Figuras 9 e 10, respectivamente, absorvância na Figura 11 e MOD na Figura 12.

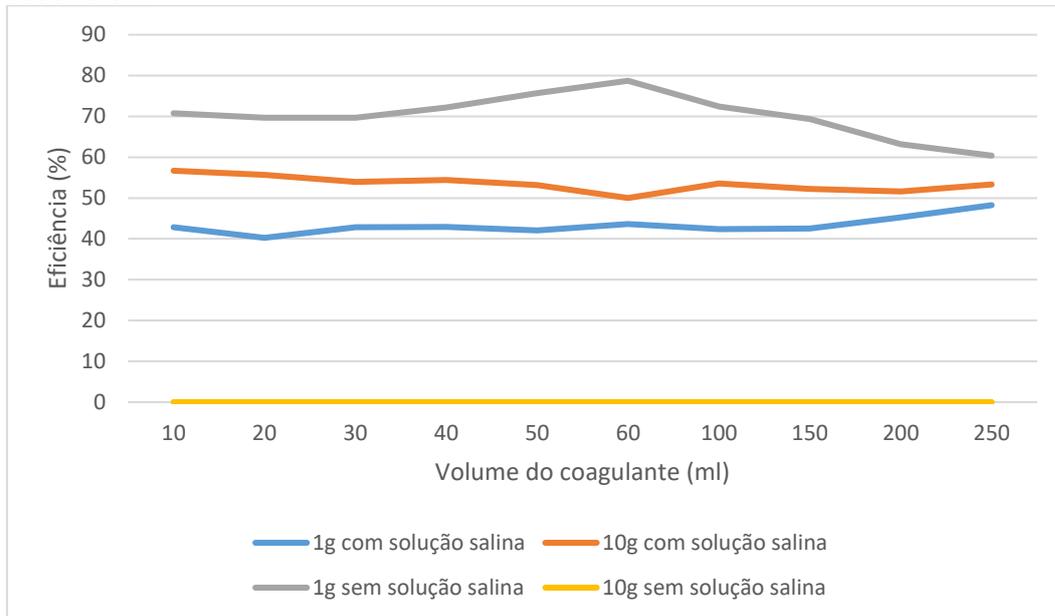
Figura 9 - Eficiência de remoção de cor utilizando coagulante orgânico extraído de *Macrolobium acaciifolium*.



FONTE: Autoria própria (2019).

A partir da Figura 9, observou-se que o melhor resultado foi obtido utilizando o Tratamento 3, no volume de 50 ml, apresentando 39,33% de eficiência na remoção e 30,8 mg/L Pt-Co; o melhor resultado obtido utilizando o Tratamento 2 foi no volume de 20 ml, apresentando 27,38% de eficiência na remoção de cor e 36,8 mg/L Pt-Co. Já os resultados utilizando os Tratamentos 1 e 4 não se mostraram eficazes quando comparados com os outros, pois a cor aumentou. Com isso, pode-se afirmar que os resultados obtidos estão fora do padrão de potabilidade, já que a cor aceitável na Portaria de Consolidação nº5/2017 é de 15 mg/L Pt-Co.

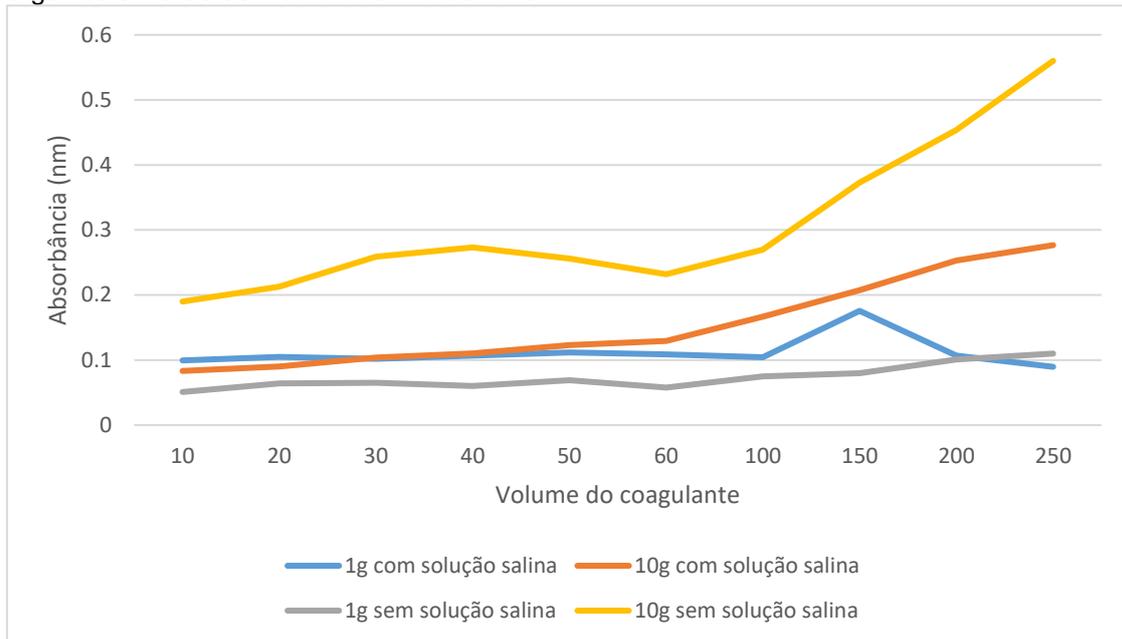
Figura 10 - Eficiência de remoção de turbidez utilizando coagulante orgânico extraído de *Macrolobium acaciifolium*.



FONTE: Autoria própria (2019).

A Figura 10 mostra que utilizando o Tratamento 3 foi obtido o melhor resultado, no volume de 60ml, 78,72% de eficiência na remoção de turbidez e 2,9 NTU. Foram verificados outros resultados significativos, porém utilizando o Tratamento 2, com volume de 10ml, 56,68% de eficiência na remoção e 5,9 NTU; Tratamento 1, com volume de 250ml, 48,25% de eficiência na remoção e 7,45 NTU. Já o resultado do Tratamento 4, não apresentou remoção de turbidez pois aumentou o valor da turbidez. Portanto, os resultados obtidos neste estudo estão fora do padrão de potabilidade, pois de acordo com o padrão de potabilidade da Portaria de Consolidação nº5/2017 o valor da turbidez deve ser igual ou menor que 1,0 NTU.

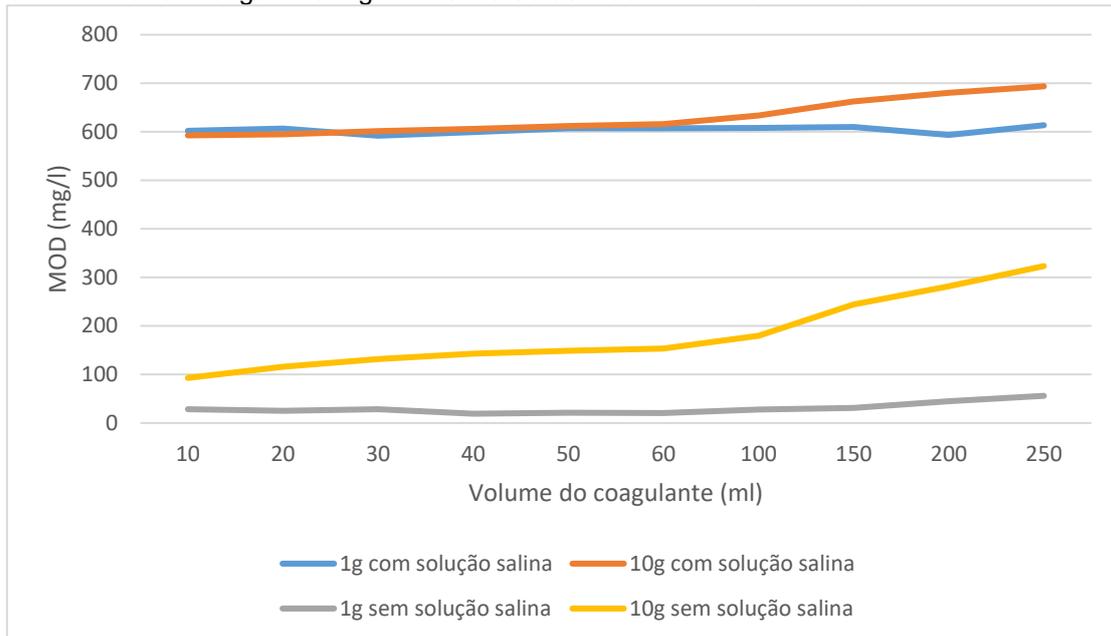
Figura 11 – Resultados encontrados de absorvância após tratamento da água bruta com coagulante orgânico extraído de *Macrolobium acaciifolium*.



FONTE: Autoria própria (2019).

Os resultados apresentados na Figura 11, mostram que quando utilizado o Tratamento 3, a absorvância fica em uma faixa média de 0,111 nm, indicando que a quantidade de matéria orgânica na água é baixa, porém não diminuiu com o tratamento, já que a absorvância média da água bruta é 0,091nm, indicando que a quantidade de matéria orgânica encontrada na água tratada aumentou ao invés de diminuir com o tratamento.

Figura 12 - Resultados encontrados de matéria orgânica dissolvida (MOD) após tratamento da água bruta utilizando coagulante orgânico extraído de *Macrolobium acaciifolium*.



FONTE: Autoria própria (2019).

Ao observar a Figura 12, pode-se presumir que a utilização do Tratamento 3 apresentou os melhores resultados obtidos a partir da Equação 2, quando comparados aos outros, com aproximadamente uma média de 30,38 mg/L de matéria orgânica presente na água. Os piores resultados foram apresentados utilizando os Tratamentos 1 e 2, com uma média de 616,62 mg/L de matéria orgânica, sendo ineficazes devido à grande quantidade de matéria orgânica dissolvida, indicando que esses tratamentos aumentaram a quantidade de MOD na água após o tratamento e que esse tratamento só foi eficaz utilizando o Tratamento 3.

4.4 Proteínas totais

Para realizar a quantificação de proteínas foi encontrado a quantidade de nitrogênio total em cada coagulante e posteriormente multiplicado por 6,25, resultando num valor de 109,375 mg/l para *Macrolobium acaciifolium* e 58,125 mg/l para *Inga nobilis*. Como dito anteriormente, a quantidade de proteínas pode estar relacionada com um tratamento mais eficiente da água, portanto, pode-se dizer que provavelmente a grande quantidade de proteína encontrada na semente de *Macrolobium acaciifolium* justificaria essa espécie apresentar os melhores resultados no tratamento, quando comparada com *Inga nobilis*.

4.5 Teste Controle

Os resultados do teste controle foram apresentados na Tabela 11, sem a utilização dos coagulantes extraídos das sementes, somente com 1,0 L de água bruta no *Jar Test*.

Tabela 5 - Resultados da eficiência de remoção de cor e turbidez, absorvância em UV₂₅₄ e UV₂₇₂, depois dos procedimentos de coagulação/floculação sem utilização de coagulante orgânico.

	Cor (%)	Turbidez (%)	UV ₂₅₄ (nm)	MOD (mg/l)
Branco	0	21,49	0,151	68,52

FONTE: Autoria própria (2019).

Analisando os resultados da Tabela 5 e comparando com os resultados discutidos anteriormente, pode-se observar que a eficiência de remoção de cor se deu apenas utilizando os coagulantes orgânicos, já que não houve eficiência de remoção. A remoção de turbidez sem os coagulantes indica que 21,49% já foram eficazes, ou seja, para *Inga nobilis* somente 29,79% foi removido durante o processo de tratamento, e para *Macrolobium acaciifolium* 57,23% foi eficaz utilizando os coagulantes, demonstrando assim que essa espécie seria a mais eficiente na remoção de turbidez. A absorvância em UV₂₅₄ não obteve grandes alterações, já a MOD utilizando *Macrolobium acaciifolium* apresenta uma boa eficiência quando comparada com *Inga nobilis* e ao teste branco.

De acordo com Lima (2018), as aplicações práticas de *Moringa oleífera* no tratamento de águas brutas apresentam algumas desvantagens, como a introdução de mais matéria orgânica na água a ser tratada e a diminuição da eficiência de coagulação provocada pela presença de lipídeos e carboidratos nas sementes. A partir desta afirmação pode-se presumir que quanto a isso, as sementes de *Macrolobium acaciifolium* e *Inga nobilis* apresentaram semelhanças à Moringa, já que as mesmas aumentaram a quantidade de matéria orgânica na água e se mostraram pouco eficientes quando analisados os resultados citados anteriormente, possivelmente.

Siqueira et al. (2018) mostram em seus resultados que a Moringa atingiu uma remoção de 75,8% de cor e 80,0% de turbidez utilizando uma quantidade de 5 ml do coagulante. Visto que o coagulante extraído de *Macrolobium acaciifolium* e *Inga nobilis* foi utilizado em maior quantidade e seus resultados de eficiência foram

consideravelmente baixos, pode ser possível afirmar que mesmo as espécies utilizadas neste estudo possuem características semelhantes à Moringa, não necessariamente apresentariam resultados semelhantes.

5 CONCLUSÃO

Diante dos resultados encontrados neste trabalho, verificou-se que para remoção de cor e turbidez, o coagulante de *Macrolobium acaciifolium* produzido utilizando o Tratamento 3 no volume de 50 ml e 60ml, apresentou os melhores resultados, tendo a porcentagem de remoção de 39,33% e 78,72%, respectivamente. Enquanto o coagulante de *Inga nobilis* utilizando o Tratamento 2 no volume de 10 ml apresentou 14,81% de eficiência na remoção de cor e quando utilizado um volume de 50 ml apresentou 51,28% de eficiência na remoção de turbidez.

Para a absorbância, utilizando o coagulante extraído de *Inga nobilis* em qualquer tratamento, os melhores resultados são obtidos quando o volume é utilizado em pequenas quantidades. Já para o coagulante extraído de *Macrolobium acaciifolium*, os melhores resultados são obtidos utilizando o Tratamento 3. A quantidade de matéria orgânica dissolvida aumentou em ambos os casos, devido à grande quantidade de proteínas encontradas nas sementes.

Portanto, pode-se concluir que o coagulante extraído de *Macrolobium acaciifolium* foi mais eficaz em comparação ao coagulante extraído de *Inga nobilis*. Porém a água tratada não pode ser considerada como água potável, já que está fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº5/2017. Uma solução a isso é a realização de ensaios combinados de coagulantes orgânicos com coagulantes químicos para futuros trabalhos.

REFERÊNCIAS

BAZZO, F. P. **Análise multivariada na avaliação de polímeros naturais de Ceratonia siliqua L. e Moringa oleifera Lam como agentes coagulantes aplicados em tratamento de água destinada ao abastecimento.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

BERNARDO, L. DI; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água.** 2013. Disponível em: https://issuu.com/editoracubo/docs/tratamento-agua-v01-dibernardo_issu. Acesso em: 20. out. 2018.

BRAGA, Fernando Pinto. **Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de água do município de Juiz de Fora - MG.** 2014. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC-Fernando-Pinto-Braga-2014.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2018.

CACHEIRA, Catarina Seabra; SANTOS, João Pedro Sousa; FARIA, José Pedro Neto. **Processo de COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO.** 2012. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/REL_MIEA102_02.PDF>. Acesso em: 15 set. 2018.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, A. D. B. 2005. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** 2 ed., v. 1, São Carlos, Rima, 2005.

DIVAKARAN,R,PILLAI,S.,**Flocculation of river silt using chitosan, Water Research,** n. 36, p. 2414 – 2418, 2002.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS.** 2014. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_controle_qualidade_agua_tecnicos_trabalham_ETAS.pdf>. Acesso em: 17 set. 2019.

KHAN, S., Yaoguo, W., Xiaoyan, Z., Jingtao, L., Jichao, S., Sihai, H., 2014, **Estimation of concentration of dissolved organic matter from sediment by using uv-visible spectrophotometer.** International Journal of Environmental Pollution and Remediation. V. 2, p. 24-29, 2014.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos da qualidade e tratamento de água.** São Paulo: Editora Átomo, 2005.

LIMA, Júnior R. N. **Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidades.** 2018. Disponível em: <<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v10n3a20.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

MEYER, S. T. **O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública.** Cad. Saúde Pública, v. 10, n. 1, p. 99-110, 1994.

Ministério da saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano.** 2006. Disponível em:

<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.

Miwa, A. C. P.; Falco, P. B.; Calijuri, M. C. **Avaliação de métodos espectrofotométricos para determinação de proteína em amostras de lagoas de estabilização.** 2008. Disponível em:

<<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n2/a14v13n2.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

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

MOTA, Suetonio. **Introdução à engenharia ambiental.** 1 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. 1997.

NISHI, L.; MADRONA, G. S.; VIEIRA, A. M. S., BASSETTI, F. J.; SILVA, G. F.; BERGAMASCO, R. **Coagulação/Floculação com Sementes de Moringa oleifera Lam para Remoção de Cistos de Giardia spp. e Oocistos de Cryptosporidium spp. da água.** In: International Workshop: Advances in Cleaner Production. 2011.

Pennington, T.D. 1997. **The genus Inga botany.** Royal Botanic Gardens, Kew. 844p.

Pio Corrêa, M. 1926. **Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas.** Imp. Nac. Rio de Janeiro. 1: p. 145-283.

PIVELI, Roque Passos. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos.** 2016. Disponível em:

<<http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%206%20-%20Alcalinidade%20e%20Acidez.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2018.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; CLESCERI, L. S. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater.** APHA-American Public Health Association, 22ed. 2012.

SILVA, C. A. **Estudos aplicados ao uso da moringa oleifera como coagulante natural para melhoria da qualidade de águas.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, Minas Gerais. 2005.

SIQUEIRA, Ana Paula da Silva; SILVA, Cleiltan Novais da; REZENDE, Luciana Cristina Soto Herek. **Análise da performance dos coagulantes naturais Moringa oleifera e tanino como alternativa ao sulfato de alumínio para o tratamento de água.** 2018. Disponível em:

<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2018a/eng/ananlise%20da%20performance.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.

SOUSA, Julio dos Santos de; BASTOS, Maria de Nazaré do Carmo; GURGEL, Ely Simone Cajueiro. **The genus Inga (Leguminosae-Mimosoideae) in the Urucu Petroleum Province, Coari, Amazonas, Brazil.** 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rod/v62n2/2175-7860-rod-62-02-0283.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2018.

TZOUPANOS, Nikos D.; ZOUBOULIS, Anastasious I. **Coagulation-flocculation processes in water/waste water treatment: the application of new generation of chemical reagents.** International Conference on heat transfer, ther malengineeringin gandenvironment. 2008.

VALENTE, Amanda Alves. **Análises de alimentos.** 2011. Disponível em: <https://zootecnia.jatai.ufg.br/up/186/o/Amanda_Alves_Valente.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.

VIANA, D. B.; BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. **Levantamento e caracterização de dados de turbidez de água bruta e tratada de 44 ETAS no Brasil com tratamento em ciclo completo.** 2013.

VIJAYARAGHAVAN, G.; SIVAKUMAR, T.; VIMAL KUMAR, A. **Application of plant based coagulants for waste water treatment.**International Journal of Advanced Engineering Research and Studies. V. 1, n. 1, p. 88-92, out-dez. 2011.

ZHANG, Z.; TAO, F.; DU, J.; SHI, P.; YU, D.; MENG, Y. et al. **Surface water quality and its control in a river with intensive human impacts—a case study of the Xiangjiang River, China.** Journal of Environmental Management, v. 91, p. 2483–2490, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015>.

ZIMMERMAN, Robert H..**Wetlands and infectious diseases.** Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 17, supl. 2001.

ZUMACH, Rosalene. **Enquadramento de curso de água Rio Itajaí-Açu e seus principais efluentes em Blumenau.** Dissertação (MestradoemEngenhariaAmbiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.