

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS LONDRINA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**INGRID CARDOZO BOTELHO**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA MUCILAGEM DA SEMENTE DE CHIA COMO  
COAGULANTE ORGÂNICO NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA  
ABASTECIMENTO.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LONDRINA**

**2020**

**INGRID CARDOZO BOTELHO**

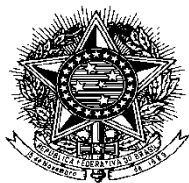
**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA MUCILAGEM DA SEMENTE DE CHIA COMO  
COAGULANTE ORGÂNICO NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA  
ABASTECIMENTO.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso Superior de  
Engenharia Ambiental e Sanitária da  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Câmpus Londrina.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Joseane Debora  
Peruço Theodoro

**LONDRINA**

**2020**



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Londrina  
Coordenação de Engenharia Ambiental



## TERMO DE APROVAÇÃO

### TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

#### **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA MUCILAGEM DA SEMENTE DE CHIA COMO COAGULANTE ORGÂNICO NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO.**

Por

**INGRID CARDOZO BOTELHO**

Monografia apresentada às 09 horas 00 min. do dia 01 de dezembro de 2020 como requisito parcial, para conclusão do Curso de **Engenharia Ambiental** da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Isabela Bruna Tavares Machado Bolonhesi	Membro
Prof. Ajadir Fazolo	Membro
Prof. Joseane Debora Peruço Theodoro	Orientador
Prof. Orlando de Carvalho Junior	Professor(a) responsável TCCII

## **AGRADECIMENTOS**

A minha gratidão vai primeiramente a Deus, por ter me guiado, amparado e fortalecido durante toda graduação, me dando saúde, vontade e coragem para enfrentar todos os desafios encontrados.

A minha família, especialmente meus pais Heloisa e Alirio, por toda ajuda, incentivo e apoio durante todos esses anos mesmo estando longe, sempre se fizeram presente em todas as etapas.

Aos meus amigos e meu namorado Matheus, eu agradeço por sempre estarem ao meu lado e nos momentos difíceis me lembrarem que sou capaz e que tudo daria certo.

A professora Joseane por me orientar desde 2016 em meu primeiro ano como voluntária do programa de iniciação científica, desde então seguimos juntas por vários trabalhos, muito obrigada por acreditar em mim, por contribuir grandemente na minha formação profissional, por compartilhar seu conhecimento comigo e por estar sempre disponível para me ajudar.

A UTFPR por ter me ensinado tanto e por ter disponibilizado todo o espaço do laboratório e equipamentos para realização desse trabalho.

A UNIOESTE e ao Paulinho por disponibilizar o espaço e seu tempo para realizar as análises dos metais e contribuir com a riqueza desse trabalho.

Por fim, agradeço enormemente a todos que direta ou indiretamente contribuíram para meu conhecimento durante todos os anos de minha graduação, reconheço todo esforço e dedicação de cada professor que transmitiu um pouco de sua sabedoria.

O meu muito obrigada.

## RESUMO

BOTELHO, I. C. **Análise da eficiência da mucilagem da semente de chia como coagulante orgânico no tratamento de água para abastecimento.** 2020. 51f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina.

O proposto neste trabalho foi a utilização da semente de chia como coagulante orgânico alternativo no tratamento de água para abastecimento. Foram simuladas as etapas de coagulação, floculação e sedimentação com o equipamento Jar Test enquanto, para a etapa de filtração, utilizou-se papel filtro de 8 $\mu$ m na base em seguida 1 cm de algodão e por fim 2 cm de carvão ativado granulado 6-10 mm, com colunas de rápida filtração. As amostras de água foram coletadas no Lago Igapó II, localizado na cidade de Londrina – PR. Foram preparadas duas soluções coagulantes de chia (S1 e S2), com concentrações de 30 g.L<sup>-1</sup>, 35 g.L<sup>-1</sup> e 40 g.L<sup>-1</sup>. Utilizou-se dois tipos de tratamentos: somente coagulação (C) e coagulação seguida de filtração (CF) para comparação das eficiências e comparação com os valores máximos permitidos pela Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX de setembro de 2017, Ministério da saúde. Os parâmetros analisados foram remoção da turbidez e o comportamento do pH, sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica e a presença dos metais Na, K, Li e Ca. Os valores de máxima remoção da turbidez foi 89,4% obtidos nos ensaios de S1 30g.L<sup>-1</sup> e CF S2 para todas as concentrações. Apesar de não atingir os valores permitidos pela legislação, o percentual de remoção alcançado é considerado elevado. Para o pH percebeu-se que com os tratamentos houve uma redução, tornando-o mais ácido, porém os valores mínimos alcançados foram de 6,14 e 6,02 para S1 30 g.L<sup>-1</sup> e S2 40 g.L<sup>-1</sup> respectivamente. Mantendo dentro do permitido pela Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX de setembro de 2017, Ministério da saúde. Os parâmetros condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais foram inferiores nos ensaios de S1 alcançando o máximo de 51,33 ppm (amostra bruta 40 ppm) para concentração 40 g.L<sup>-1</sup> no tratamento CF e aumentando significativamente (153 ppm para 40 g.L<sup>-1</sup> no tratamento CF) com os ensaios de S2 devido a adição de NaCl no preparo da solução S2. Já a presença dos metais foram encontrados valores máximos de Na com S1 4,2 mg.L<sup>-1</sup> com S2 77,2 mg.L<sup>-1</sup>, de K com S1 20,6 mg.L<sup>-1</sup> e S2 28,5 mg.L<sup>-1</sup>, de Li com S1 0,36 mg.L<sup>-1</sup> e S2 0,4 mg.L<sup>-1</sup> e de Ca com S1 8,2 mg.L<sup>-1</sup> e S2 14,6 mg.L<sup>-1</sup>. Portanto, os resultados mostram a eficiência da semente de chia como coagulante orgânico, possibilitando aperfeiçoamento e uso futuro no tratamento de água e efluente.

**Palavra-chave:** Chia; coagulante orgânico; coagulação; filtração; tratamento de água.

## ABSTRACT

BOTELHO, I.C. **Analysis of the efficiency of the chia seed mucilage as an organic coagulant in the treatment of water for supply.** 2020. 51f. Graduate paper (Environmental and Sanitary Engineering), Federal Technological University of Paraná. Londrina.

The purpose of this paper was the use of chia seed as an alternative organic coagulant in the treatment of water for supply. The coagulation, flocculation and sedimentation steps were simulated with the Jar Test equipment, while for the filtration step used 8µm filter paper was used in the base, then 1 cm of cotton and finally 2 cm of granulated activated coal 6-10 mm with the rapid filtration columns produced for this study. The water samples used were collected from Igapó II Lake, located in the city of Londrina – PR. Two chia coagulant solutions were prepared (S1 and S2), and two treatments were used only coagulation (C) and coagulation followed by filtration (CF) to compare the efficiencies and compare with the maximum values allowed by the Consolidation Ordinance No. 5 Annex XX of September 2017, Ministry of Health. The analyzed parameters were removal of turbidity and the behavior of pH, total dissolved solids, electrical conductivity and the presence of metals Na, K, Li and Ca. For both solutions, the chosen concentrations were 30 g.L<sup>-1</sup>, 35 g.L<sup>-1</sup> and 40 g.L<sup>-1</sup>. The tests with Jar Test were performed using the methodology proposed by Botelho (2019). The values for maximum removal of turbidity were 89.4% obtained in the assays C S1 30g.L<sup>-1</sup> and CF S2 for all concentrations. In spite of not reaching the values allowed by law, the percentage of removal achieved is considered high. For the pH it was noticed that the treatments caused a reduction, making it more acid, however the minimum values reached were 6.14 and 6.02 for S1 30 g.L<sup>-1</sup> e S2 40 g.L<sup>-1</sup> respectively. Keeping to the extent permitted by Consolidation Ordinance No. 5 Annex XX of September 2017, Ministry of Health. The parameters electrical conductivity and total dissolved solids were inferior with the S1 assays reaching the maximum 51.3 ppm (raw sample 40 ppm) and increasing significantly (153ppm for 40 g.L<sup>-1</sup> treatment CF) with the S2 assays due to the addition of NaCl in the preparation of the S2 solution. As for the presence of metals, maximum values of Na were found with S1 4.2 mg.L<sup>-1</sup> and S2 77.2 mg.L<sup>-1</sup>, of K values with S1 20.6 mg.L<sup>-1</sup> and S2 28.5 mg .L<sup>-1</sup>, of Li with S1 0.36 mg.L<sup>-1</sup> and S2 0.4 mg.L<sup>-1</sup> and of Ca with S1 8.2 mg.L<sup>-1</sup> and S2 14.6 mg.L<sup>-1</sup>. Therefore, the results show the efficiency of the chia seed with organic coagulant, enabling improvement and future use to water and effluents treatment.

**Key Words:** Chia; organic coagulant; coagulation, filtration water treatment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Lago Igapó II, local de amostragem. ....	23
<b>Figura 2</b> - Fluxograma com as principais etapas do processo.....	24
<b>Figura 3</b> - Aspecto da solução S1.....	25
<b>Figura 4</b> - Aspecto da solução S2.....	26
<b>Figura 5</b> - Aspecto das soluções S1 e S2 após separação por peneiras. ....	27
<b>Figura 6</b> - Colunas de rápida filtração.....	28
<b>Figura 7</b> - Registro do ensaio. ....	29
<b>Figura 8</b> - Aspecto das amostras do ensaio 1 soluções S1 e S2 para o tratamento C.....	32
<b>Figura 9</b> - Aspecto das amostras do ensaio 1 soluções S1 e S2 para o tratamento CF. ....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Porcentagem de remoção de turbidez para S1 e tratamento C e CF. .....	33
<b>Gráfico 2</b> - Porcentagem de remoção de turbidez para S2 e tratamento C e CF. .....	34
<b>Gráfico 3</b> - Comportamento da condutividade com a S1 pelos tratamentos C e CF. ....	35
<b>Gráfico 4</b> - Comportamento da condutividade com a S2 pelos tratamentos C e CF. ....	36
<b>Gráfico 5</b> - Comportamento do pH com a S1 pelos tratamentos C e CF.....	37
<b>Gráfico 6</b> - Comportamento do pH com a S2 pelos tratamentos C e CF.....	37
<b>Gráfico 7</b> - Comportamento dos sólidos dissolvidos totais com a S1 pelos tratamentos C e CF. ....	38
<b>Gráfico 8</b> - Comportamento dos sólidos dissolvidos totais com a S2 pelos tratamentos C e CF. ....	39
<b>Gráfico 9</b> - Concentração dos metais Na, K, Li e Ca com a S1 pelos tratamentos C e CF. ....	41
<b>Gráfico 10</b> - Concentração dos metais Na, K, Li e Ca com a S2 pelos tratamentos C e CF. ....	41



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Valores máximos permitidos.....	22
<b>Tabela 2</b> - Padrão de Potabilidade.....	22
<b>Tabela 3</b> - Descrição da nomenclatura usada para as soluções.....	27
<b>Tabela 4</b> - Descrição da nomenclatura usada para os tratamentos.....	28
<b>Tabela 5</b> - Equipamento e metodologia usados para cada parâmetro.....	30
<b>Tabela 6</b> - Caracterização da amostra bruta de água do Lago Igapó II.....	31
<b>Tabela 7</b> – Dados dos ensaios com S1 e tratamento C.....	49
<b>Tabela 8</b> – Dados dos ensaios com S1 e tratamento CF.....	50
<b>Tabela 9</b> - Dados dos ensaios com S2 tratamento C.....	51
<b>Tabela 10</b> - Dados dos ensaios com S2 e tratamento CF. ....	52

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

C	Coagulação
Ca	Cálcio
CF	Coagulação mais filtração
cm	Centímetros
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DQO	Demanda química de oxigênio
E	Eficiência de remoção
g	Gramas
K	Potássio
L	Litros
Li	Lítio
mg	Miligrama
mm	Milímetros
mS	Mili Siemens
Na	Sódio
NaCl	Cloreto de sódio
°C	Celsius
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Parte por milhão
rpm	Rotações por minuto
S1	Solução de chia 1
S2	Solução de chia 2

UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
uT	Unidade de turbidez
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V1	Valor da amostra bruta
V2	Valor depois dos tratamentos
$\mu\text{m}$	Micrómetro
$\mu\text{S.cm}^{-1}$	Micro Siemens por centímetro

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
2.1. OBJETIVOS GERAIS.....	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
3.1. LEGISLAÇÃO APLICADA À ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO. ....	21
3.2. TRATAMENTO CONVENCIONAL DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO URBANO .....	17
3.3. COAGULANTES QUÍMICOS .....	18
3.4. COAGULANTES ORGÂNICOS .....	19
3.5. CHIA ( <i>SALVIA HISPANICA</i> ) .....	20
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
4.1. ÁREA DE ESTUDO.....	23
4.2. AMOSTRAGEM .....	23
4.3. LOCAL DO EXPERIMENTO .....	24
4.4. FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ESTAPAS .....	24
4.5. PREPARO DAS SOLUÇÕES COAGULANTES .....	24
4.6. ENSAIOS .....	27
4.7. ANÁLISE DOS PARÂMETROS .....	29
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA COLETADA .....	31
5.2. ANÁLISES DOS PARÂMETROS .....	31
5.2.1 REMOÇÃO DA TURBIDEZ.....	32
5.2.2 COMPORTAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	35
5.2.3 COMPORTAMENTO DO PH .....	36
5.2.4 COMPORTAMENTO DOS SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS.....	37

5.2.5 COMPORTAMENTO DOS METAIS NA, K, LI E CA.....	39
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO A – DADOS UTILIZADOS PARA O ESTUDO.....</b>	<b>49</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial e agrícola no Brasil trouxeram impactos ao meio ambiente e aumentaram o consumo de recursos e a geração de resíduos. Esse crescimento desordenado das cidades, principalmente das metrópoles, representa um dos principais problemas para o acesso da população a água potável, desafios que envolvem infraestrutura, investimento e logística são pontos importantes dessa problemática (ANA, 2019).

As descobertas de doenças transmitidas por vias hídricas evidenciam a necessidade de tratamento para a água tornando essa questão um fator de saúde pública. A transmissão de doenças a partir da água é um fator de saúde pública (BOTELHO, 2016)., sobretudo em países subdesenvolvidos como o Brasil. Assim, o Ministério da Saúde determinou através da Portaria 2914/11 atualizada pela Portaria de Consolidação nº 5, ANEXO XX de 28 de setembro de 2017, um padrão de potabilidade da água.

A água é um recurso que por muito tempo foi considerado inesgotável começou a chamar atenção de especialistas devido ao decréscimo de disponibilidade de água limpa (PUTTI, 2011). A preocupação com a escassez da água incentiva estudos sobre o seu tratamento, e, apesar de existirem tecnologias avançadas, o aumento constante da poluição torna o tratamento cada vez mais complexo e oneroso, sendo necessários estudos em busca de soluções sustentáveis (THEODORO, 2012).

Uma estação de tratamento de água convencional é composta pelas etapas de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. Na etapa de coagulação adiciona-se um coagulante químico para formação de aglomerados que posteriormente irão decantar. Para a escolha desse coagulante, é importante avaliar o sistema e as características da água (SCHMIDT, 2014).

Os coagulantes mais empregados nas estações de tratamento são sulfato de alumínio; cloreto férrico; policloreto de alumínio; sulfato ferroso clorado e sulfato férrico (LOPES B.V., 2014). Além de possuir metais contaminantes como manganês; chumbo; zinco; cobre e; mercúrio; esses coagulantes químicos permanecem no lodo resultante do tratamento, o que representa um

problema de geração de resíduo, devido aos elevados volumes gerados e por serem de difícil tratamento e destinação final (NEPUMOCENO, 2016).

Os polímeros naturais de baixo custo representam uma alternativa aos coagulantes químicos convencionais, uma vez que, ao se utilizar um coagulante natural, é possível minimizar a geração de lodo e facilitar seu tratamento, já que é um material biodegradável (THEODORO, 2012).

Estudos realizados com semente de *Moringa oleifera* e determinadas espécies de cactos como o Mandacaru, obtiveram resultados satisfatórios comparados com os químicos usualmente usados (FERREIRA, 2015). Com isso a busca por novas plantas que não apresentem toxicidade e que possam ser produzidas em grande escala para serem estudadas como coagulantes naturais se torna interessante.

A semente de chia é uma planta herbácea anual, originária do México (IXTANIA; NOLASCO; TOMÁS, 2010), considerada fonte de nutrientes, com recente utilização e pesquisa na indústria alimentícia (MUÑOZ et al., 2012), a partir de seu uso como semente inteira, farinha, mucilagem ou óleo (MARINELI et al., 2014).

O uso da chia como coagulante natural é recente. Tawakkoly; Alizadehdakhel; Dorosti (2019) realizaram uma pesquisa utilizando a mucilagem da chia como coagulante natural no tratamento de lixiviado no Islã. Os autores concluíram que a chia é um coagulante natural altamente eficiente, encontrando 39,76% de redução de demanda química de oxigênio (DQO) e 62,4%.

Dessa forma, nesse trabalho foi estudada a mucilagem da semente de chia aplicada ao tratamento de água. Foram adaptados métodos de extração da mucilagem para buscar resultados satisfatórios, dos parâmetros analisados buscando o padrão de potabilidade, e que com isso, possibilitem a viabilidade desse coagulante futuramente.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVOS GERAIS

Analisar a eficiência da mucilagem da semente de Chia (*Salvia Hispanica*), como coagulante orgânico alternativo no tratamento da água coletada do sistema semi-lêntico Lago Igapó II, situado na microbacia do ribeirão Cambé, na cidade de Londrina.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a melhor concentração do coagulante obtido a partir da mucilagem de chia na remoção do parâmetro turbidez.
- Analisar os parâmetros turbidez, sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica, pH e os metais Na, K, Li e Ca quando aplicado a solução mucilaginoso da semente de chia, para as concentrações 30 g.L<sup>-1</sup> 35 g.L<sup>-1</sup> e 40 g.L<sup>-1</sup> e para os tratamentos 1 (C) e 2 (CF).
- Comparar os resultados encontrados com os parâmetros determinados pela legislação Portaria de Consolidação nº 5, ANEXO XX de 28 de setembro de 2017.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. TRATAMENTO CONVENCIONAL DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO URBANO

Coagulação é a etapa inicial do processo de tratamento de água e está presente em quase a totalidade das tecnologias de tratamento no mundo (LIBÂNIO, 2008). É utilizada para facilitar a remoção de partículas suspensas ou dissolvidas, que geralmente são responsáveis por aspectos como cor, turbidez, sabor e odor na água (ARANTES, 2014).

Esse processo consiste na adição de produtos químicos junto com o cisalhamento hidrodinâmico para formação de aglomerados de partículas chamados de coágulos (GITIS & HANKINS, 2018).

Após a adição do coagulante é necessário promover mistura rápida para que ele entre em contato com todo o volume de água, é importante que essa etapa seja realizada adequadamente, visto que, o desempenho das etapas posteriores pode ser comprometido aumentando riscos sanitários para a água tratada (ARANTES, 2014).

De acordo com Theodoro (2012), características como a cor, a turbidez, a alcalinidade, o pH e a dureza afetam o controle da coagulação. Assim como a dosagem do coagulante é um fator de extrema importância, visto que, cada produto utilizado tem uma faixa ótima de pH e o aumento da dose não garante maior eficiência (SCHMIDT, 2014).

O principal objetivo das etapas de coagulação e floculação é aumentar significativamente a velocidade de sedimentação através da formação e aglomerados de partículas (LIBÂNIO, 2010).

Na floculação ocorre à mistura lenta, o que favorece o contato entre as partículas e coágulos já formados, sem quebrá-los, aumentando sua massa e tamanho, formando os flocos, o que facilita a sedimentação (SILVA, 2017)

De acordo com Pichler *et al.* (2012), a eficácia da floculação está diretamente relacionada com o tamanho dos flocos formados, quanto maior for o floco, mais rápido irá cair sob a influência da gravidade.

Nos tanques de decantação ocorrem a separação da fase líquida da sólida, os flocos formados através da ação da gravidade tendem a sedimentar, depositando-se no fundo do tanque. O resultado dessa etapa é a clarificação da água (ARANTES, 2014).

É também nesse momento que ocorre a geração de lodo, sendo necessária manutenção periódica nos tanques de decantação, para retirada do lodo, manual ou mecanicamente (LOPES B.V., 2014).

A etapa de filtração é essencial para corrigir possíveis falhas nas etapas anteriores, sendo assim responsável de maneira primordial pela remoção de partículas responsáveis pela cor e turbidez, assegurando a qualidade da água tratada (LIBÂNIO, 2010).

O leito filtrante normalmente é formado por areia e carvão ativado, nos quais microrganismos, partículas suspensas e coloidais são removidas, limpando a água (DI BERNARDO e DANTAS, 2005)

A separação dos sólidos da fase líquida se dá através de mecanismos complexos, que são influenciados pelas partículas da água, da taxa de operação, do método de operação dos filtros e do meio filtrante; os filtros podem ser classificados quanto a velocidade que a água passa o leito filtrante, sendo baixa, chamado filtro lento, ou rápida, denominado filtro rápido (FRAISOLI, 2019).

### **3.2. COAGULANTES QUÍMICOS**

As partículas sólidas suspensas presentes na água adsorvem contaminantes como bactérias, nutrientes, substâncias tóxicas, metais pesados; diminuindo a transparência da água e conseqüentemente sua qualidade (SARITHA; KARNENA; DWARAPUREDDI, 2019).

Os coagulantes químicos são substâncias que estabilizam as partículas coloidais possibilitando que elas se encontrem, aglutinem e formem flocos que sedimentam separando essas impurezas da água (SANTOS, 2001).

Sais de alumínio e de ferro são os mais empregados atualmente como coagulantes nas Estações de tratamento de água, eles não são biodegradáveis e podem disponibilizar íons solúveis tanto na água como no lodo gerado, com isso não são ambientalmente desejáveis (NEPOMUCENO, 2016). É nesse cenário que a pesquisa dos coagulantes orgânicos alternativos se mostra relevante, percebendo que há uma necessidade de buscar tecnologias mais sustentáveis.

O lodo gerado a partir do tratamento com utilização de coagulantes inorgânicos além de não serem biodegradáveis, mostrou-se com maior concentração de metais do que quando utilizado coagulantes orgânicos (BOTELHO, 2016).

### **3.3. COAGULANTES ORGÂNICOS**

Os coagulantes orgânicos podem ser produzidos ou extraídos de animais, plantas ou microrganismos, sendo um progresso considerável na tecnologia sustentável (TAWAKKOLY; ALIZADEHDAKHEL; DOROSTI, 2019). O objetivo é encontrar coagulantes orgânicos de baixo custo, que geram menos resíduos e que sejam eficientes no processo de coagulação.

Nas últimas décadas vem crescendo a introdução de polímeros orgânicos como auxiliares na coagulação no processo de tratamento de água, devido as suas vantagens, como a diminuição da dosagem de coagulantes químicos, aumento da densidade dos flocos e diminuição da geração de lodo (LIBÂNIO, 2010).

Os coagulantes orgânicos se destacam por serem biodegradáveis, com isso o lodo gerado pode ser degradado por microrganismos decompositores (NEPOMUCENO, 2016).

A semente da *Moringa oleífera*, possui quantidades significativas de proteínas solúveis de carga positiva que atrai as partículas negativas como da argila, de bactérias e outras partículas tóxicas que podem estar presentes na água, além de melhorar os parâmetros químicos, apresenta eficientes índices de redução de contaminantes microbiológicos (SILVA, 2017).

Quando comparada com sulfato de alumínio a *Moringa oleífera* mostra eficiência similar e o volume de lodo gerado é melhor que do coagulante químico, diminuindo gastos com tratamento, além de ser biodegradável e ter a possibilidade de ser utilizado como fertilizante (ARANTES, 2014).

O coagulante natural Tanfloc SG, a base de tanino, age neutralizando as cargas das partículas coloidais, formando flocos, ele não consome alcalinidade e então não altera o pH da água tratada, para uma água com turbidez elevada a concentração que trouxe os melhores resultados foi de 25 mg.L<sup>-1</sup> de Tanfloc SG no tempo de 30 minutos (FERRAREZE, 2016).

Outro coagulante natural é o cacto, um polímero que faz ligações químicas através do hidrogênio, adsorvendo partículas coloidais, pode apresentar dosagens 300 vezes menores do que dos coagulantes químicos, além de ser um recurso renovável (MELO, 2017).

### **3.4. CHIA (*SALVIA HISPANICA*)**

É uma planta herbácea da família Lamiaceae, é originária das regiões desde o oeste do México até a Guatemala (OLIVOS – LUGO et al. 2010). Segundo Ixtaina (2008) a planta produz sementes tanto brancas como pretas, porém não há diferença em sua composição. A semente de chia além de um importante alimento básico, fazia parte de rituais sagrados para sociedades pré-coloniais como maias e astecas, assim se tornou alvo dos espanhóis católicos que viam como um ritual pagão, extinguindo seu cultivo por séculos (COELHO & SALAS-MELLADO, 2014).

Atualmente a chia ganhou espaço mais uma vez e vem sendo cultivada não só em sua região de origem, mas em vários países. Isso ocorreu devido ao interesse por suas propriedades funcionais, é fonte antioxidante natural (COELHO & SALAS-MELLADO, 2014), rica em ácidos graxos essenciais, fibra alimentar e proteínas (UTPOTT, 2012).

Na presença de água a semente da Chia forma um abundante envelope de polissacarídeos mucilaginoso em volta da semente (WEBER, et.al., 1991) e apresenta alta viscosidade (CAMPO, et. al. 2017).

Segundo Tawakkoly, Alizadehdakhel e Dorosti (2019), a mucilagem da chia como coagulante natural no tratamento de lixiviado, de uma fábrica de fertilizante orgânico, alcançou 62,23% de remoção de turbidez e 39,76% de redução de DQO, se mostrando um coagulante altamente eficaz para esse tipo de tratamento.

Em estudo o coagulante a base de chia mais auxiliares de floculação de maracujá e quiabo, encontrou-se resultados muito eficientes de remoção de turbidez atingindo 87%, em concentrações de 110 ppm da chia 2,5 ppm do quiabo e 0 ppm de maracujá, comparada com o coagulante a base de *Moringa oleifera* que atingiu somente 35% de remoção de turbidez (RIBEIRO, 2015).

### **3.5. LEGISLAÇÃO APLICADA À ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO**

Um recurso essencial para vida no planeta, tanto humana como animal e vegetal, está comprometido. A Organização das Nações Unidas (ONU) lançou para 2018-2028 a década para ação – “Água para o desenvolvimento sustentável”, tendo como objetivo central construir a vontade e o momento político para alcançar as metas do ODS 6 (Objetivos de desenvolvimento sustentável) que diz respeito a água (UM-Water, 2018). Esse cenário confirma a necessidade de buscar novas tecnologias e formas alternativas para o tratamento da água, visto que, não só a quantidade, mas principalmente sua qualidade vem sendo prejudicada.

A contaminação da água nas cidades vem do esgoto, monóxido de carbono, poluição, produtos derivados de petróleo e bactérias, já na agricultura, a contaminação vem por aplicações de inseticidas, herbicidas, fungicidas ou ainda por fertilizantes (PUTTI, 2011). Além dessas fontes, tem-se o descarte incorreto de resíduos que na maioria das vezes vão parar nos rios e lagos.

A área de estudo, Lago Igapó II, se enquadra de acordo com as definições e classificações de corpos hídrico da Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) 357/2005, como Classe 2, e com isso necessita de tratamento convencional caso seja destinada ao consumo humano.

Essa Resolução dispõe de valores máximos permitidos para parâmetros de qualidade da água que estão colocados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Valores máximos permitidos.

<b>Parâmetros</b>	<b>Águas doces de classe II</b>
Cor verdadeira	Até 75 uH
Turbidez	Até 100 uT
pH	6,0 a 9,0
Condutividade elétrica	-

Fonte: Resolução CONAMA 357/2005.

A Portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da saúde; atualizada pela Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX de setembro de 2017 define os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água e o padrão de potabilidade, para que não ofereça riscos à saúde. Na Portaria de consolidação nº 5/17 diz que o próprio sistema de abastecimento é responsável por controlar a qualidade da água desde a captação até a rede de distribuição. Valores de alguns dos parâmetros definidos pelo padrão de potabilidade estão da Tabela 2.

**Tabela 2** - Padrão de Potabilidade

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores máximos permitidos (VMP)</b>
<b>Cor aparente</b>	15 uH
<b>Turbidez</b>	5 uT
<b>pH</b>	6 a 9
<b>Condutividade elétrica</b>	-
<b>Sólidos dissolvidos totais</b>	1000 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Na</b>	200 mg.L <sup>-1</sup>
<b>K</b>	-
<b>Li</b>	-
<b>Ca</b>	-

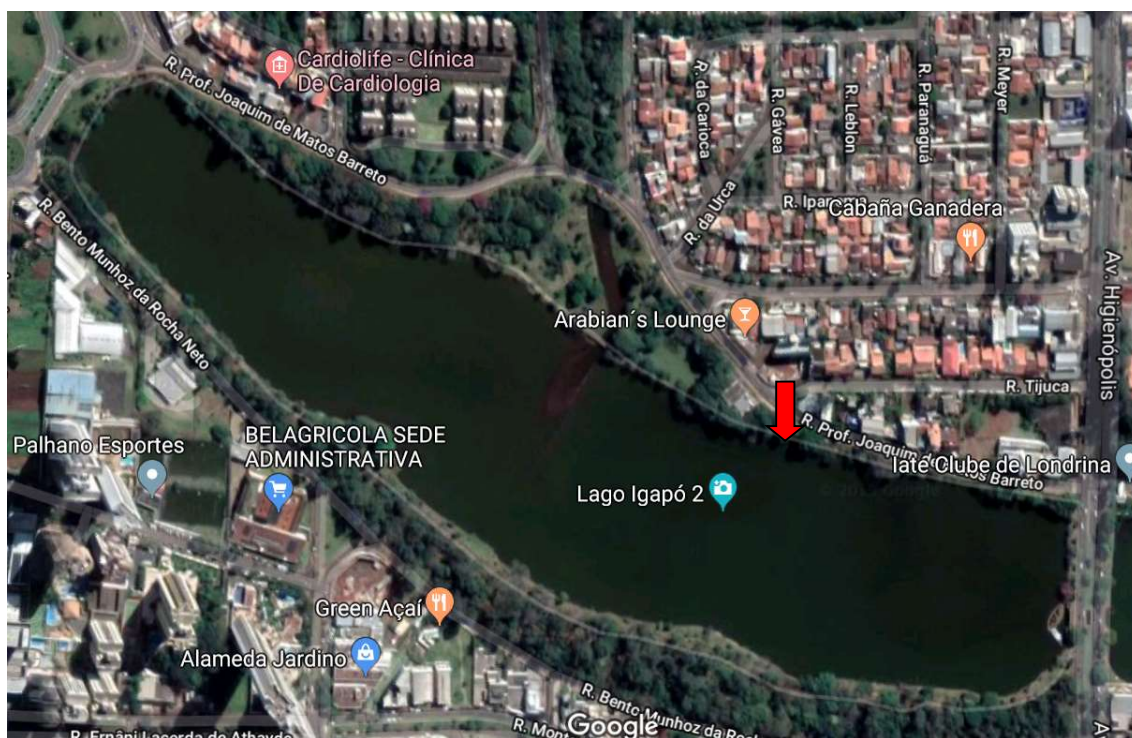
Fonte: Ministério da saúde, 2017.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. ÁREA DE ESTUDO

O local de amostragem foi o Lago Igapó II, um sistema semi-lêntico, localizado na Microbacia do Ribeirão Cambé, na cidade de Londrina, Paraná. O ponto de amostragem está representado na Figura 1 pela flecha vermelha com coordenadas 23° 19' 40" S, 51° 10' 13" W.

**Figura 1** - Lago Igapó II, local de amostragem.



Fonte: Google Earth 23° 19' 40" S, 51° 10' 13" W; 2019.

### 4.2. AMOSTRAGEM

A amostra de água foi coletada em galões plásticos de 60 litros, higienizados através do triplice lavagem, com o objetivo de remover qualquer tipo de impureza. O acondicionamento foi feito no próprio galão a temperatura ambiente.

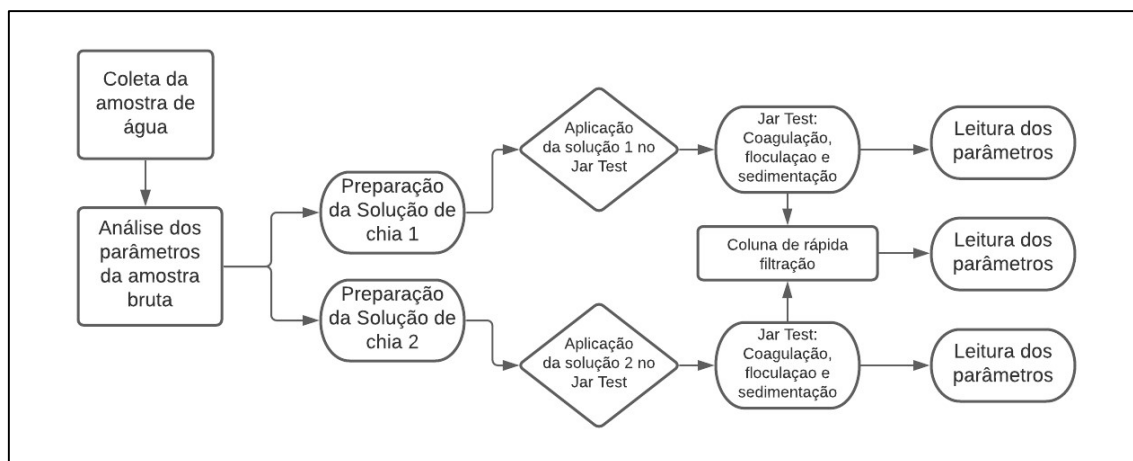
### 4.3. LOCAL DO EXPERIMENTO

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Londrina, exceto as análises dos metais Na, K, Li e Ca que foram realizadas na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus Toledo.

### 4.4. FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ETAPAS

Na Figura 2 observa-se o fluxograma com as principais etapas do processo realizado neste trabalho.

**Figura 2** - Fluxograma com as principais etapas do processo.



Fonte: Autoria própria.

### 4.5. PREPARO DAS SOLUÇÕES COAGULANTES

O preparo da solução da Chia foi feito de duas maneiras buscando melhores resultados, através de duas metodologias adaptadas. A primeira a metodologia de extração de mucilagem de Lopes A. C. (2017) e a segunda a metodologia de Tawakkoly, Alizadehdakhel e Dorosti (2019).

Segundo Lopes A. C. (2017), estudos preliminares desenvolvidos para o trabalho, avaliaram a influência do tempo e da proporção de água para cada grama de chia e mostraram que essa metodologia é a de maior rendimento para extração. Para preparação da solução (S1) a semente de chia inicialmente



foi colocada em água destilada em uma proporção de 1:40 (peso:volume), colocadas em agitação magnética por uma hora e meia, a temperatura ambiente de 24°C (Figura 3). Foram utilizadas as concentrações de 30g.L<sup>-1</sup>; 35g.L<sup>-1</sup> e 40g.L<sup>-1</sup> de solução.

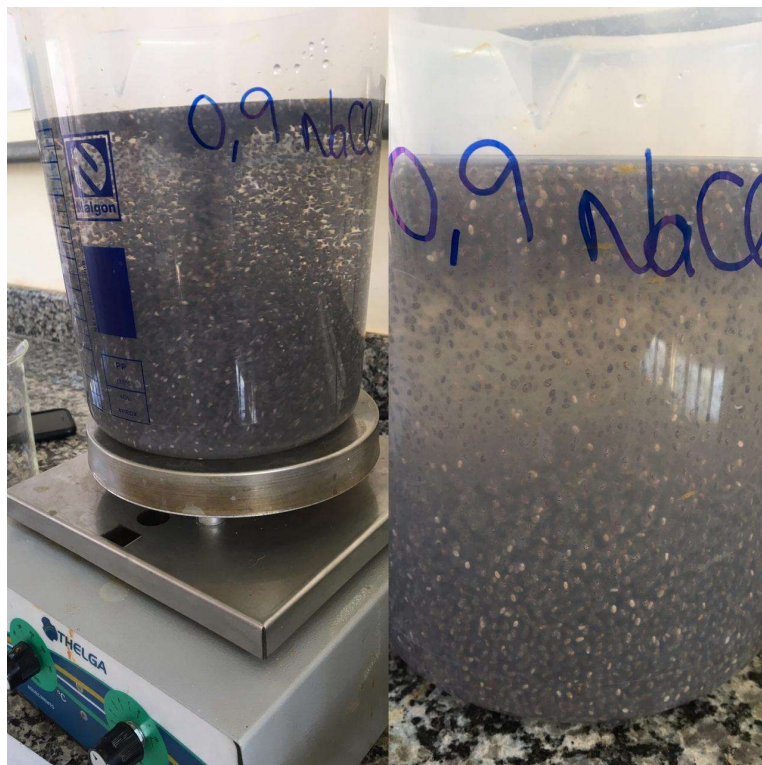
**Figura 3** - Aspecto da solução S1.



Fonte: Autoria própria.

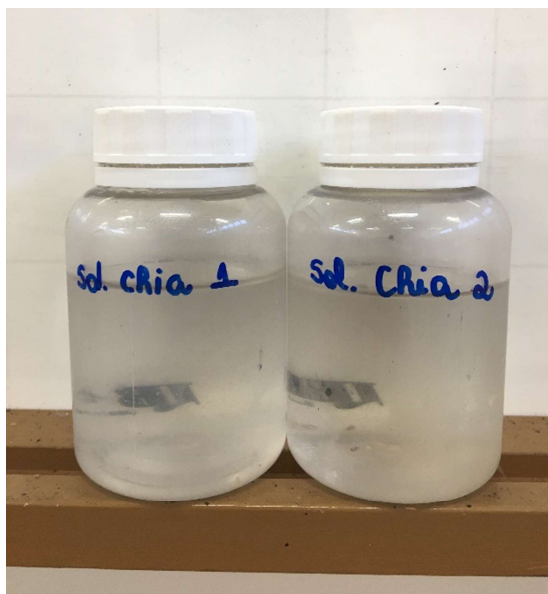
Adaptando a metodologia segundo Tawakkoly, Alizadehdakhel e Dorosti (2019), para a preparação da solução (S2) as sementes foram higienizadas e secas em estufa por 2 horas a 100°C. Então, colocadas em água mais solução de 0,9% de NaCl. A solução foi agitada por 2 horas para que as sementes inchem (Figura 4). As concentrações utilizadas foram de 30g.L<sup>-1</sup>; 35g.L<sup>-1</sup> e 40g.L<sup>-1</sup> de solução, baseado nos resultados encontrados por Tawakkoly, Alizadehdakhel e Dorosti (2019).

**Figura 4** - Aspecto da solução S2.



Fonte: Autoria própria.

As duas misturas foram separadas através de peneiras domésticas, a fim de separar a fração sólido/líquido, semente do gel transparente. A mucilagem obtida com polissacarídeo altamente viscoso está representada na Figura 5 e foi empregada como coagulante para tratamento da água do Lago Igapó II. A Tabela 3 descreve a nomenclatura usada para as soluções de chia.

**Figura 5** - Aspecto das soluções S1 e S2 após separação por peneiras.

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 3** - Descrição da nomenclatura usada para as soluções.

Nomenclatura	Descrição	Código
<b>Solução de chia 1</b>	Adaptada (LOPES, 2017)	S1
<b>Solução de chia 2</b>	Adaptada (TAWAKKOLY; ALIZADEHDAKHEL; DOROSTI, 2019)	S2

Fonte: Autoria própria.

#### 4.6. ENSAIOS

Os experimentos foram realizados no equipamento Jar Test de modelo 218 – 6LDB marca Nova Ética, que simula as etapas de coagulação, floculação e sedimentação. Possui 6 jarros de acrílico de 2 litros cada, e funciona com controle de agitação.

Para simular a etapa de filtração foram preparadas colunas de filtração rápidas adaptadas (FRAISOLI, 2019). Para confeccionar as 6 colunas de rápida filtração iguais, foram utilizadas provetas plásticas de 50mL, configurada em modelo de fluxo descendente. Na base da coluna (Figura 6) foi utilizado papel filtro de 8 $\mu$ m, seguido de 1 cm de algodão e por fim 2 cm de carvão ativado granulado 6-10 mm, lote 23586 da marca Alphatec.

**Figura 6** - Colunas de rápida filtração.



Fonte: Autoria própria.

Os coagulantes foram despejados nos jarros do Jar Test simultaneamente em regime de mistura rápida. A metodologia adotada foi de 3 minutos de mistura rápida a 150 rpm seguido de 15 minutos de mistura lenta a 50 rpm, por fim o aparelho foi desligado e dado o tempo de 10 minutos de sedimentação (BOTELHO, 2019).

Os tratamentos analisados foram os tratamentos 1 e 2 que estão descritos na Tabela 4. Os ensaios foram realizados em triplicata, para melhor comprovação dos resultados.

A Figura 7 representa a montagem do equipamento Jar Test e da coluna de rápida filtração usada no tratamento de água.

**Tabela 4** - Descrição da nomenclatura usada para os tratamentos.

Nomenclatura	Descrição	Código
<b>Tratamento 1</b>	Coagulação	C
<b>Tratamento 2</b>	Coagulação + Filtração	CF

Fonte: Autoria própria.

**Figura 7 - Registro do ensaio.**



Fonte: Autoria própria.

#### **4.7. ANÁLISE DOS PARÂMETROS**

Os parâmetros analisados foram cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, pH, sólidos dissolvidos totais e os metais Na, K, Li, Ca, visando verificar a eficiência da aplicação do coagulante orgânico no tratamento da água (Tabela 5).

**Tabela 5** - Equipamento e metodologia usados para cada parâmetro.

Parâmetro	Equipamento	Metodologia
<b>Turbidez</b>	Turbidímetro Policontrol AP-2000	2130 B
<b>Condutividade elétrica</b>	Condutivímetro Mca 150	2510 B
<b>pH</b>	phmetro mPA-210P	4500-H+ B
<b>Sólidos dissolvidos totais</b>	TDS Meter 3 Water Quality Tester	-
<b>Na, K, Li, Ca</b>	Fotômetro de chama DM- 61 Digimed	-

Fonte: APHA, 2012.

Para determinação da porcentagem de remoção da turbidez foi usada a Equação 1:

$$E = \frac{V1-V2}{V1} * 100 \quad (1)$$

Sendo:

E = Eficiência de remoção;

V1 = Valor da amostra bruta (uT);

V2 = Valor depois dos tratamentos C e CF (uT).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA COLETADA

Após a coleta da água, as amostras foram levadas para a UTFPR – Campus Londrina, onde foi realizado a caracterização, análises dos parâmetros turbidez, pH, sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica, enquanto os parâmetros Na, K, Li e Ca na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – Campus Toledo. Os valores encontrados estão na Tabela 6.

**Tabela 6** - Caracterização da amostra bruta de água do Lago Igapó II.

Parâmetro	Amostra bruta
<b>Turbidez (uT)</b>	126
<b>Condutividade elétrica (<math>\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}</math>)</b>	0,16
<b>pH</b>	7,4
<b>Sólidos dissolvidos totais (ppm)</b>	40
<b>Na (ppm)</b>	3,9
<b>K (ppm)</b>	1,8
<b>Li (ppm)</b>	0,3
<b>Ca (ppm)</b>	6,2

Fonte: Aatoria própria (2020).

### 5.2. ANÁLISES DOS PARÂMETROS

Cabe ressaltar que os valores utilizados para realização desses gráficos estão nas Tabelas 7, 8, 9 e 10 (Apêndice A).

Os dados analisados foram comparados entre as soluções S1 e S2 e os tratamentos C e CF. Nos gráficos estão representados os valores das médias entre as triplicatas. Nas Figuras 8 e 9 estão representadas as amostras 1 da triplicata para as soluções S1 e S2, e os tratamentos C e CF.



**Figura 8** - Aspecto das amostras do ensaio 1 soluções S1 e S2 para o tratamento C.



Fonte: Autoria própria.

**Figura 9** - Aspecto das amostras do ensaio 1 soluções S1 e S2 para o tratamento CF.

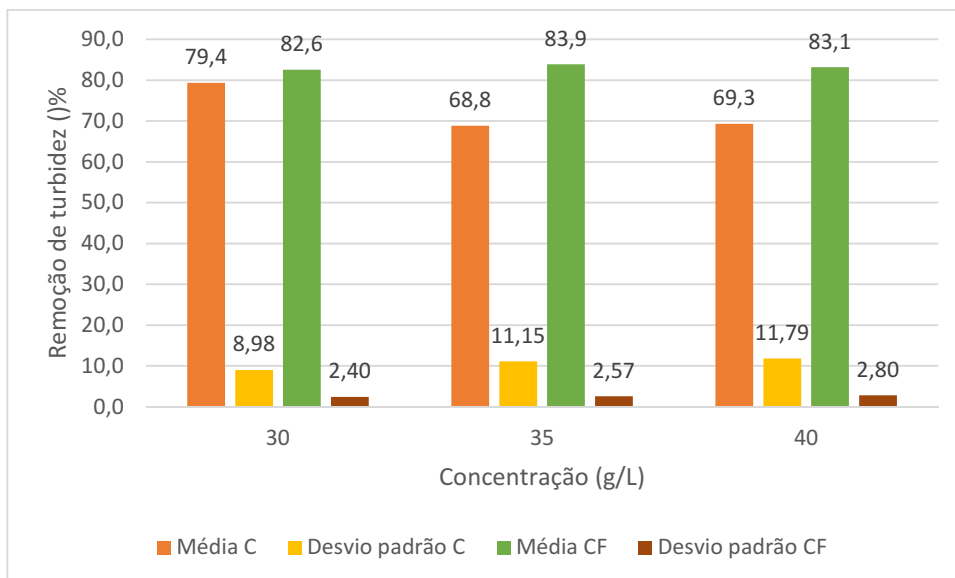


Fonte: Autoria própria.

### 5.2.1 REMOÇÃO DA TURBIDEZ

Verificou-se um resultado interessante para ambas as soluções e tratamentos, a maioria dos valores acima de 70% de remoção. O valor da amostra bruta para turbidez foi de 126uT, o ensaio que obteve maior remoção chegou a 13,3 uT na amostra de concentração 30g.L<sup>-1</sup> no tratamento CF.



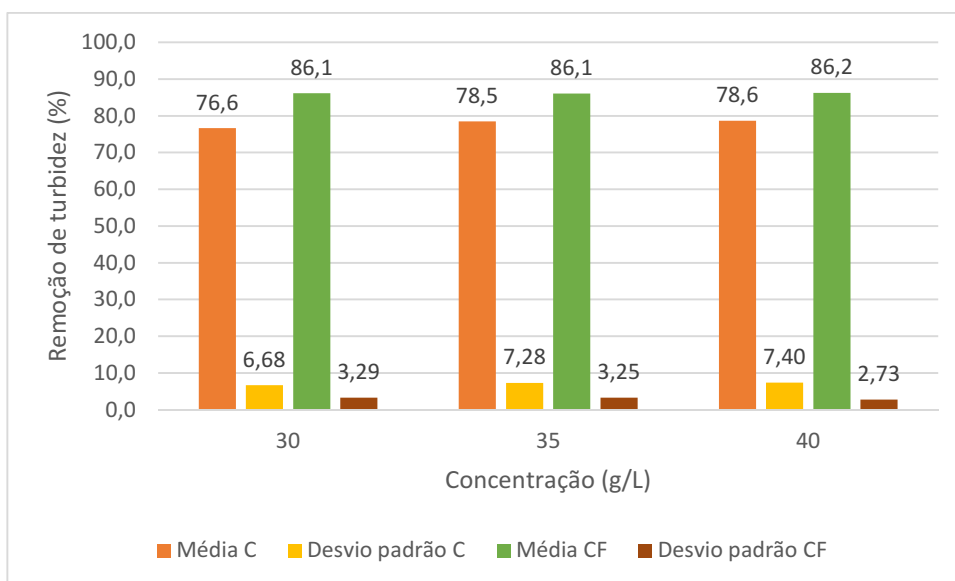


**Gráfico 1** - Porcentagem de remoção de turbidez para S1 e tratamento C e CF.

No Gráfico 1 tem-se o valor máximo para o tratamento C na concentração  $30\text{g.L}^{-1}$  de 79,4% de remoção de turbidez. As outras concentrações do tratamento C apresentaram valores um pouco abaixo de 70% de remoção.

Percebeu-se que ao utilizar a filtração (Gráfico 2) as porcentagens de remoção aumentaram para todas as concentrações, a mais elevada foi de 83,9% de remoção na concentração  $35\text{g.L}^{-1}$ .

Foi possível observar que para o tratamento C o desvio padrão foi bem mais elevado que no tratamento CF, mostrando uma confiabilidade maior no tratamento submetido ao auxílio da filtração.



**Gráfico 2** - Porcentagem de remoção de turbidez para S2 e tratamento C e CF.

No tratamento C e S2 encontrou-se o maior valor de remoção 78,6% na concentração 40g.L<sup>-1</sup>. Se mantendo nessa faixa de valor para 35g.L<sup>-1</sup> e caindo para 76,6% para 30g.L<sup>-1</sup>.

Comparando os resultados da S1 com os da S2 para o tratamento CF encontrou-se uma melhor remoção do parâmetro turbidez na segunda, atingindo 86,2% de remoção na concentração 40g.L<sup>-1</sup>, e de 86,1% nas demais concentrações. Além disso, quando se compara o tratamento C com o CF na S2 todos os resultados com o CF se mantiveram acima de 82%, mostrando-se mais eficiente.

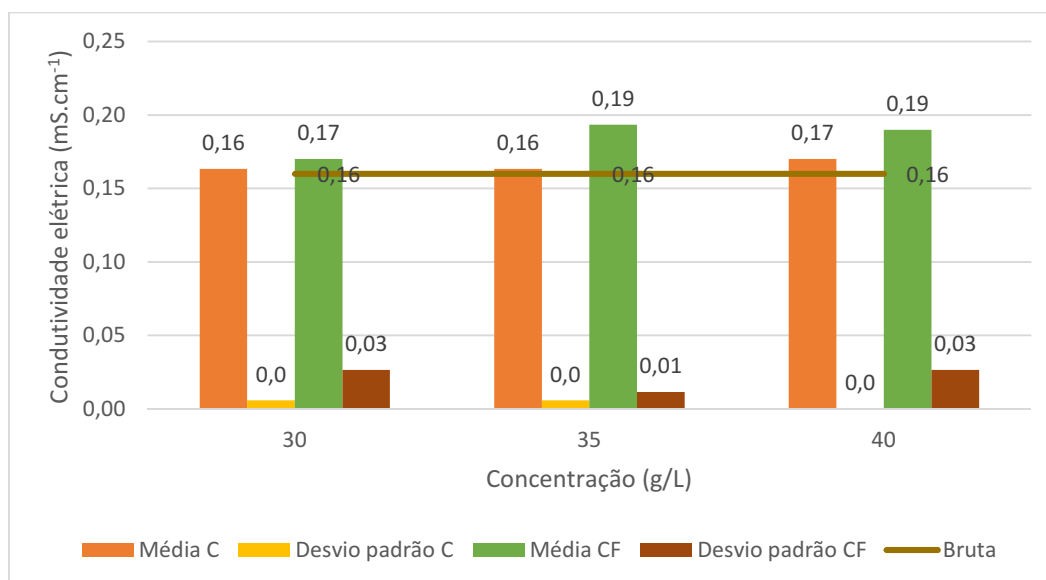
No estudo feito por Ribeiro (2015), da utilização da chia como coagulante em pós tratamento de efluente de laticínio, encontrou-se um valor de remoção de turbidez de 87% no ensaio de concentração 110 ppm de chia e 2,5 ppm de quiabo, comprovando mais uma vez sua potência como coagulante.

## 5.2.2 COMPORTAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

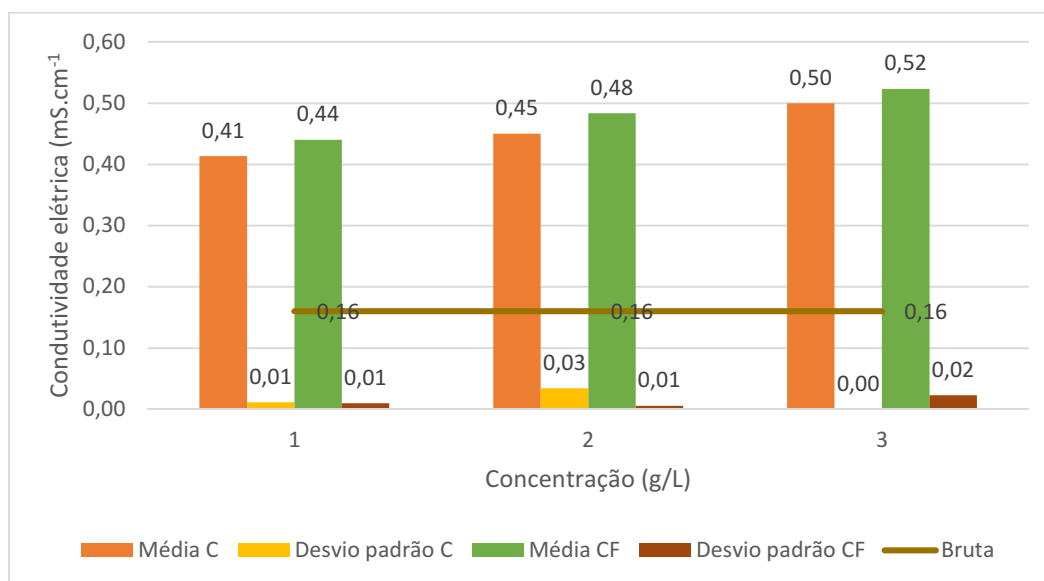
Em análises de água a condutividade elétrica indica a concentração total de íons em solução (PARRON, MUNIZ E PEREIRA, 2011).

Nesse experimento a condutividade elétrica não variou significativamente, no Gráfico 3 é possível observar pela linha que mostra o valor da amostra bruta  $0,16 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , o resultado mais elevado para S1 foi no ensaio de  $40\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  que atingiu  $0,22 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

Já para a S2 o comportamento da condutividade aumentou de maneira significativa (Gráfico 4), alcançando a média de  $0,52 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para concentração  $40\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Isso se deve à presença de NaCl na S2. Esse sal é utilizado em estudos de tratamento por eletrocoagulação para aumentar a condutividade elétrica, consequentemente melhorar a eficiência do processo. Encontrou-se em estudo de verificação do efeito da adição de NaCl no tratamento de água o valor máximo de  $660 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para uma concentração de  $250 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de NaCl em 80 minutos de eletrocoagulação (MARTINS, 2017).



**Gráfico 3** - Comportamento da condutividade com a S1 pelos tratamentos C e CF.

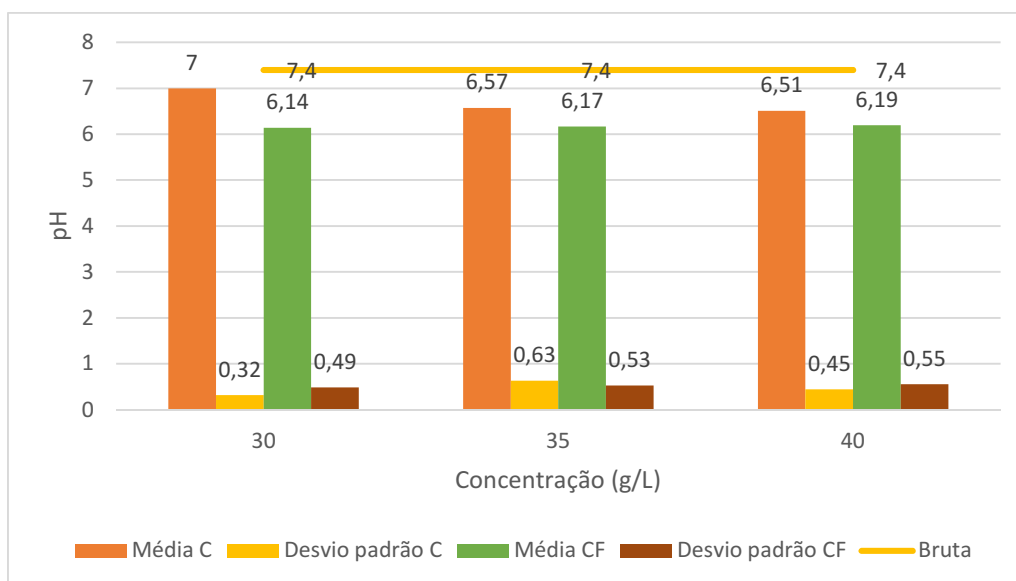


**Gráfico 4** - Comportamento da condutividade com a S2 pelos tratamentos C e CF.

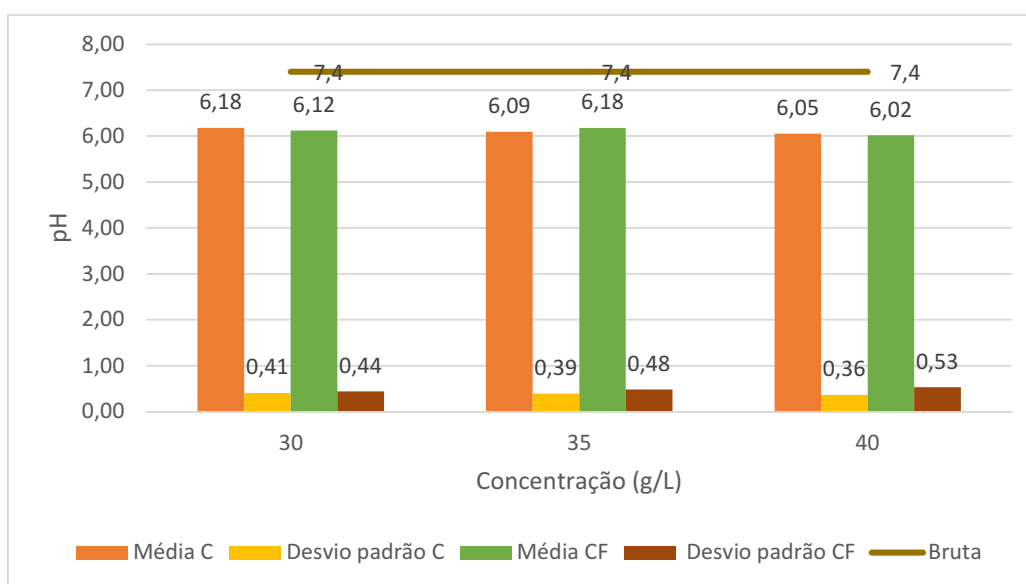
### 5.2.3 COMPORTAMENTO DO PH

Analisando os Gráficos 5 e 6 que representam os dados de pH é possível concluir que houve uma breve redução no pH, tornando-o mais ácido. Pode-se perceber que os valores ficaram dentro do permitido pela Resolução do Ministério da saúde; Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX de setembro de 2017; mínimo 6.

Foi possível identificar que o tratamento CF diminuiu o pH em uma proporção maior que o tratamento C. O valor mínimo foi de 6,14 na concentração 30g.L<sup>-1</sup> para S1, já em S2 o menor valor encontrado foi de 6,02 na concentração 40 g.L<sup>-1</sup>.



**Gráfico 5** - Comportamento do pH com a S1 pelos tratamentos C e CF.



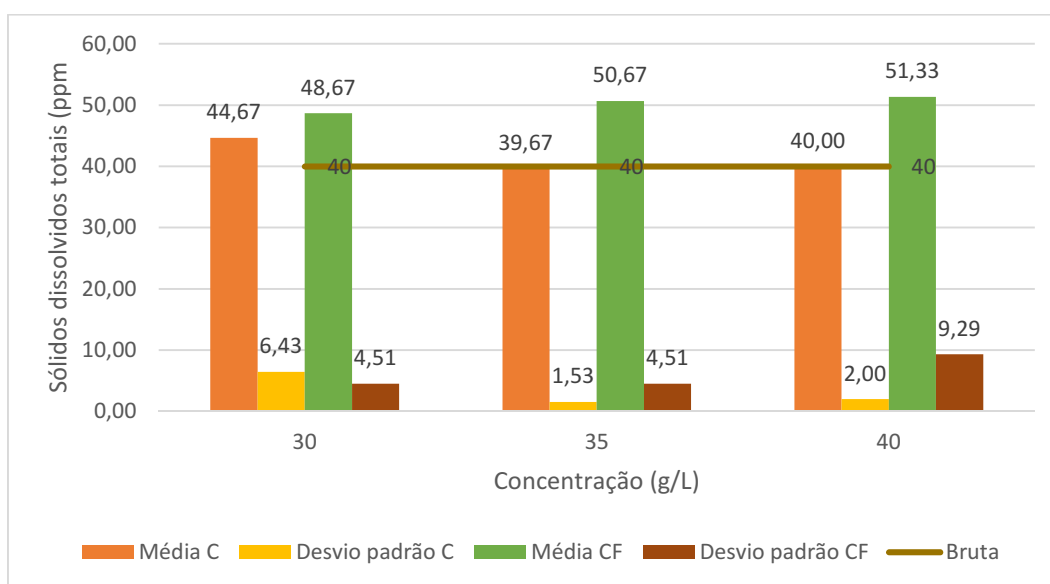
**Gráfico 6** - Comportamento do pH com a S2 pelos tratamentos C e CF.

## 5.2.4 COMPORTAMENTO DOS SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

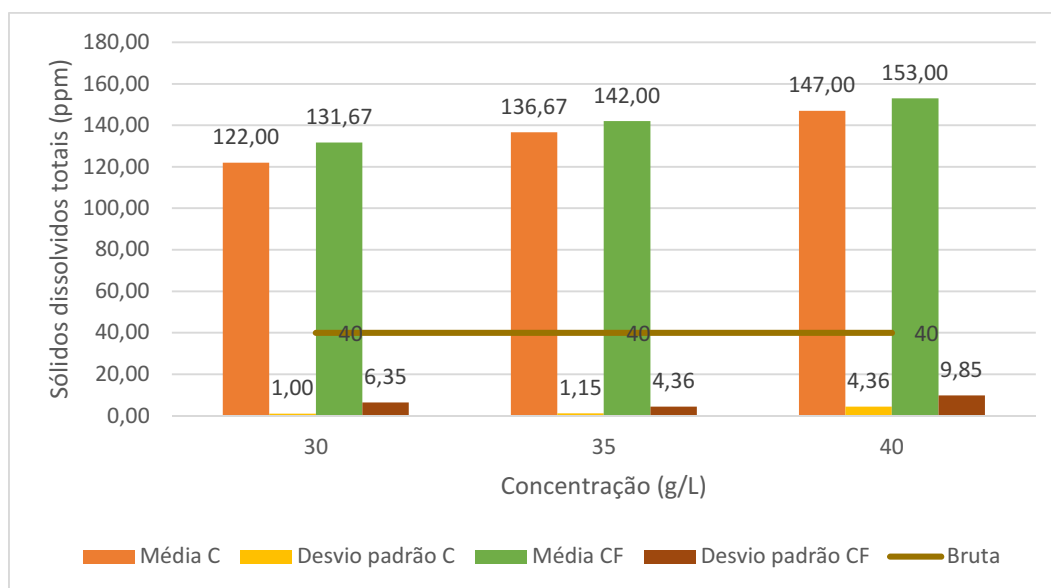
Quando analisado (Gráficos 7 e 8) o parâmetro sólidos dissolvidos totais percebeu-se que aumentaram levemente na S1 enquanto aumentaram em maior proporção na S2 atingindo o máximo de 164 ppm na S2 tratamento CF ensaio de concentração 40g.L<sup>-1</sup>, porém todos estão dentro do permitido pela

Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX de setembro de 2017, Ministério da saúde de no máximo 1000 mg.L<sup>-1</sup> ou ppm.

Sabe-se que o aumento superior na S2 se deve a adição de NaCl no preparo da solução, contribuindo no valor medido de sólidos dissolvidos totais. No Gráfico 8 ficou nítido o aumento dos sólidos dissolvidos totais proporcionalmente ao aumento da concentração de solução de chia.



**Gráfico 7** - Comportamento dos sólidos dissolvidos totais com a S1 pelos tratamentos C e CF.



**Gráfico 8** - Comportamento dos sólidos dissolvidos totais com a S2 pelos tratamentos C e CF.

### 5.2.5 COMPORTAMENTO DOS METAIS NA, K, LI E CA

O sódio (Na) é encontrado em abundância em sua forma iônica ( $\text{Na}^+$ ) nas águas naturais devido a sua alta solubilidade, o valor máximo recomendado para água potável é de  $200 \text{ mg. L}^{-1}$ , mas em águas superficiais, mesmo aquelas que recebem efluentes, as concentrações ficam abaixo de  $50 \text{ mg. L}^{-1}$  (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). No Gráfico 9 percebe-se que os valores de Na não ultrapassam  $5 \text{ mg.L}^{-1}$ , mostrando-se baixas concentrações do metal, visto que inicialmente a concentração estava em  $3,9 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Já no Gráfico 10, observa-se um aumento muito significativo na concentração de sódio, chegando a  $77,2 \text{ mg.L}^{-1}$  no ensaio S2 e CF de concentração  $40 \text{ g.L}^{-1}$ , isso pode ser explicado devido a adição do sal NaCl na preparação da solução S2, mesmo com o aumento é um valor abaixo do máximo permitido de  $200 \text{ mg.L}^{-1}$  no padrão de potabilidade.

Segundo Parron, Muniz e Pereira (2011), as concentrações de potássio em águas superficiais variam de 1 a  $3 \text{ mg.L}^{-1}$ , no Gráfico 9 e 10 para o tratamento C observa-se valores entre 2 e  $3 \text{ mg.L}^{-1}$ , já para o tratamento CF os valores se mantiveram acima de  $20 \text{ mg.L}^{-1}$ , mostrando concentrações bem elevadas do

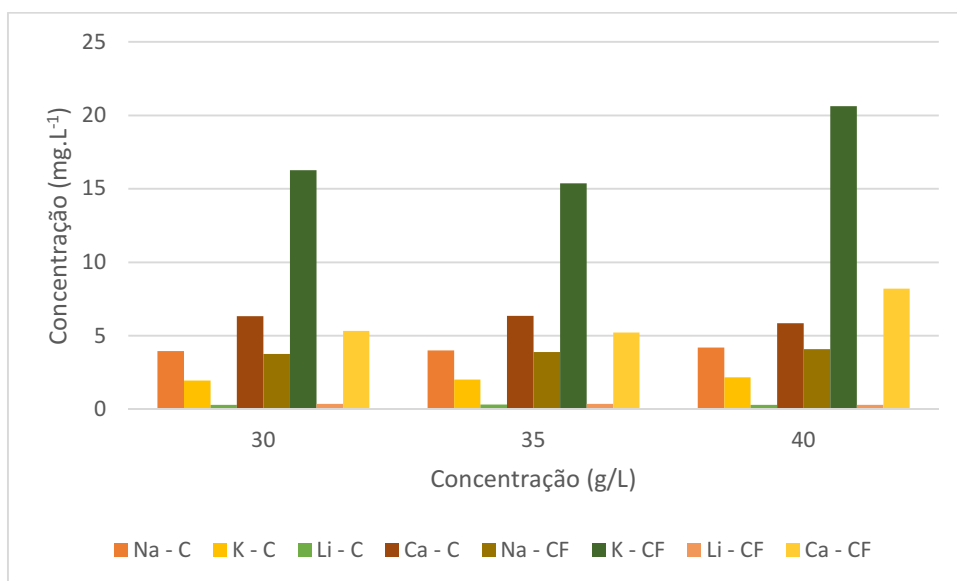
metal, isso evidencia alguma contaminação quando os ensaios foram submetidos a filtração.

Os sais de K são muito utilizados na indústria e em fertilizantes para a agricultura, com isso descargas industriais e de áreas agrícolas podem elevar as concentrações nos mananciais (DOVIDAUSKAS; OKADA; IHA; CAVALLINI; OKADA; BRIGANTI, 2017). O valor inicial de potássio na água era de  $1,8 \text{ mg.L}^{-1}$  com isso no tratamento C não foi observado mudança significativa do metal.

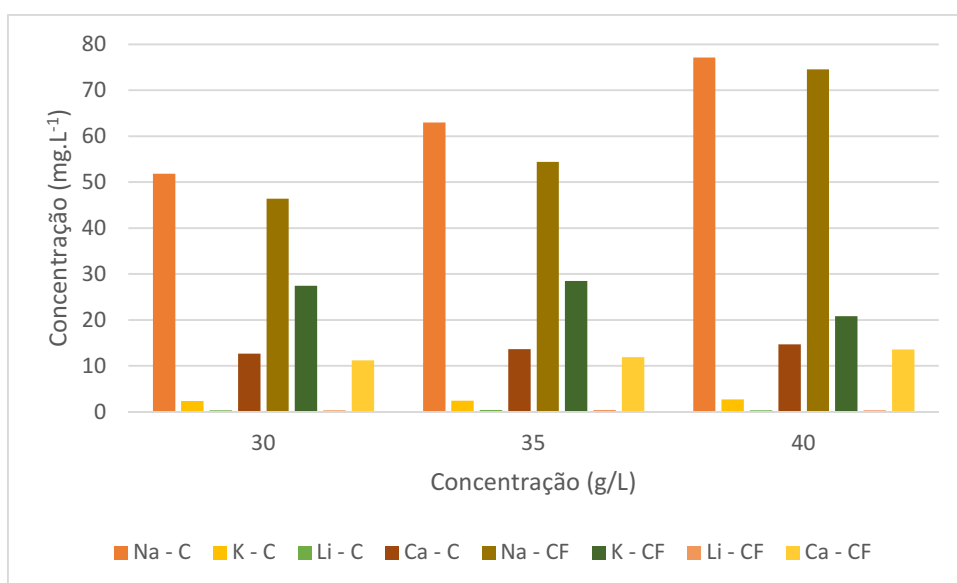
As concentrações de Li encontradas tanto nos ensaios da S1 como da S2 foram de  $0,3$  a  $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$ , não mostrando mudanças após os dois tratamentos, já que o valor inicial do metal na água era de  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ . Estudos mostraram em amostras coletadas na cidade de Ibitinga-SP valores de até  $0,15 \text{ mg.L}^{-1}$  (DOVIDAUSKAS; OKADA; IHA; CAVALLINI; OKADA; BRIGANTI, 2017). Com isso, percebe-se que os valores de Li para a água do Lago Igapó II já estavam baixos.

A presença de Ca na água se dá pelo contato do corpo hídrico com depósitos de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) e gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ); pode ser encontrado no corpo hídrico em concentrações em torno de  $15 \text{ mg.L}^{-1}$  (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). De acordo com o Gráfico 9 e 10 dos resultados encontrados pós tratamento o maior valor de Ca foi  $8,2 \text{ mg.L}^{-1}$  para S1 e CF e  $14,7 \text{ mg.L}^{-1}$  para S2 e CF. Na amostra bruta a concentração de Ca era de  $6,2 \text{ mg.L}^{-1}$ , percebemos com isso que para S1 nos dois tratamentos não houve mudanças significativas para esse metal, já em S2 tanto para o tratamento C como para CF os valores aumentaram em média 70%.





**Gráfico 9** - Concentração dos metais Na, K, Li e Ca com a S1 pelos tratamentos C e CF.



**Gráfico 10** - Concentração dos metais Na, K, Li e Ca com a S2 pelos tratamentos C e CF.

## 6 CONCLUSÃO

Ao finalizar esse estudo conclui-se que o coagulante de semente de chia é uma importante alternativa aos coagulantes inorgânicos utilizados em sistemas de tratamento de água.

A aplicação da mucilagem de chia como coagulante mostrou-se satisfatória ao final dos tratamentos C e CF, com destaque para a S2 que manteve o percentual de remoção de turbidez acima de 82% para todas as concentrações. Apesar de não atingir o valor máximo permitido pela legislação de turbidez essa porcentagem de remoção é considerada elevada.

Nos valores de pH, houve uma redução, tornando-o mais ácido. O valor mínimo foi de 6,14 na concentração 30g.L<sup>-1</sup> para S1, já em S2 o menor valor encontrado foi de 6,02 na concentração 40 g.L<sup>-1</sup>. Apesar da diminuição todos se mantiveram acima de 6 o mínimo permitido pela Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX de setembro de 2017, Ministério da saúde.

As respostas para condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais, apresentaram valores maiores nos ensaios com S2 devido a presença de NaCl na solução. Os valores máximos foram 0,55  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e 164 ppm para o ensaio S2 1CF 40g.L<sup>-1</sup>, respectivamente.

No que diz respeito aos metais para o sódio com S1 os valores estiveram abaixo de 5 mg.L<sup>-1</sup>, já com S2 chegaram até 77,2 mg.L<sup>-1</sup>, devido a presença de NaCl na solução.

O potássio com o tratamento C para S1 e S2 variou entre 2 e 3 mg.L<sup>-1</sup>, já com CF, para as duas soluções atingiu valores acima de 20 mg.L<sup>-1</sup>.

O lítio se apresentou em concentrações baixas para ambas as soluções, ficando entre 0,3 e 0,4 mg.L<sup>-1</sup>.

Para o cálcio os maiores valores encontrados foram 8,2 mg.L<sup>-1</sup> para S1 e CF e 14,7 mg.L<sup>-1</sup> para S2 e CF. Sabe-se que ao comparar com o valor da amostra bruta 6,2 mg.L<sup>-1</sup> os tratamentos com a S1 não sofreram grandes alterações, já com S2 para os dois tratamentos a concentração de Ca aumentou em média 70%.

Portanto, conclui-se que a semente de chia é um coagulante orgânico promissor para o tratamento de águas e efluentes, atingindo resultados de remoção de turbidez melhores na concentração  $40 \text{ g.L}^{-1}$  com a S2 e tratamento CF, a média apresentou 86,3% de remoção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional das águas. **Acesso à água potável no Brasil ainda permanece como desafio.** Rede Brasil 15 de Mar. 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/acesso-a-a-gua-pota-vel-no-brasil-ainda-permanece.2019-03-15.2041077813#:~:targetText=Apesar%20de%20consider%C3%A1veis%20avan%C3%A7os%2C%20o,sociedade%20civil%20ligadas%20ao%20tema.>> Acesso em: 12 de nov. 2019.

APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22 ed. Washington, 2012.

ARANTES, Camila Clementina. **APLICAÇÃO DE COAGULANTE À BASE DE PÓ DE SEMENTES DE Moringa oleifera CONFINADO EM SACHÊS NO TRATAMENTO DE ÁGUA.** 2014. 256 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

BOTELHO, Ingrid C. Análise da eficiência da Chia – *Salvia Hispanica* como coagulante alternativo no tratamento de água. **XXIV Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica** UTFPR - 2019. <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2019> >

BOTELHO, Jaqueline da Costa. **Tratamento de água de corpo lântico com uso de coagulante orgânico e inorgânico – lago Igapó II.** 2016. 60p. Trabalho de Graduação (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 15 de nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de consolidação nº5** de 28 de setembro de 2017. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html) >. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

BRASIL. **Portaria nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Ministério da Saúde. [S. l.], 27 jan. 2012. Disponível em: <[http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/PORTARIA\\_No-2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011.pdf](http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/PORTARIA_No-2.914_DE_12_DE_DEZEMBRO_DE_2011.pdf) >. Acesso: 25 setembro 2019.

CAMPO, C.d., dos Santos, P.P., Costa, T.M.H., Paese, K., Guterres, S.S., Rios, A.d.O., Flôres, S.H., Nanoencapsulation of chia seed oil with chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) as wall material: characterization and stability evaluation. **Food Chemistry (2017).**

COELHO, M. S., & SALAS-MELLADO, M. de L. M. (2014). Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da

semente de chia (*Salvia hispanica* L) em alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, 17(4), 259–268. doi:10.1590/1981-6723.1814

DOVIDAUSKAS, Sergio; OKADA, Isaura Akemi; IHA, Maria Helena; CAVALLINI, Álvaro Gennari; OKADA, Marina Miyuki; BRIGANTI, Rita de Cássia. Parâmetros físico-químicos incomuns em água de abastecimento público de um município da região nordeste do Estado de São Paulo (Brasil). **Vigilância Sanitária em Debate**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 106-115, 23 fev. 2017. *Vigilancia Sanitaria em Debate: Sociedade, Ciencia y Tecnologia*. <http://dx.doi.org/10.22239/2317-269x.00840>.

FERRAREZE, Caio N. M. **Tratamento de água através do processo de eletrocoagulação associado ao uso de coagulantes orgânicos e inorgânicos**. 2016. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2016.

FERREIRA, THAYSE G. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CACTOS DA ESPÉCIE OPUNTIA FICUS-INDICA COMO COAGULANTE NO TRATAMENTO DE ÁGUA**. 2015. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Tecnologia em Processos Ambientais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

FRAISOLI, D. **Tratamento físico e químico de efluente de laticínios com o uso de coagulantes orgânicos**. 2019. 72f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina.

GITIS, V., & HANKINS, N. (2018). Water treatment chemicals: Trends and challenges. **Journal of Water Process Engineering**, 25, 34–38. doi: 10.1016/j.jwpe.2018.06.003.

IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. **Characterization of chia (*Salvia hispanica* L.) white and dark seeds and oils**. In: TOMÁS, M. C. (Ed.). *Advances in fats and oils research*. Kerala: Trans world Research Network, 2010. p. 135-147.

IXTAINA, Vanesa Y.; NOLASCO, Susana M.; TOMÁS, Mabel C.. Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Industrial Crops And Products**, [s.l.], v. 28, n. 3, p.286-293, nov. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.03.009>.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Campinas, SP: Átomo, 2010.

LOPES, Aline Chitto. **Mucilagem de chia e sua utilização no processamento de biscoito salgado isento de glúten**. 2017. Número total de folhas 68f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017.

LOPES, V. Bruno. **Eficiência de Coagulantes na Remoção de Diferentes Concentrações de Ferro e Manganês para ETA Terras Baixas.**, 2014. 51p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MARINELI, Rafaela S., MORAES Érica A., LENQUISTE Sabrina A., GODOY Adriana T., EBERLIN Marcos N. and MARÓSTICA, Mário R. Jr. Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 59, n. 2, p.1304-1310, dez. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.014>.

MARTINS, Ana L. N. **Estudo da variação de concentração de cloreto de sódio no processo de eletrocoagulação aplicado ao tratamento de água**. 2017. 69 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MELO, J. M. D. **Aplicação de polímero orgânico extraído do cacto (*Cereus jamacaru*) como coagulante principal e associado ao sulfato de alumínio no tratamento de água**. 67p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

MUÑOZ, L.A., COBOS A., DIAZ O., AGUILERA J.M. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 108, n. 1, p.216-224, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.037>.

NEPOMUCENO, T. C. **Estudo da aplicabilidade de coagulantes orgânicos e inorgânicos no tratamento de água para abastecimento público**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2016.

Olivos-Lugo, B.L., Valdivia-López, M.A. and Tecante, A. (2010) Thermal and Physicochemical Properties and Nutritional Value of the Protein Fraction of Mexican Chia Seed (*Salvia hispanica* L.). **Food Science and Technology International**, 16, 89-96.

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas; PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Comitê Local de Publicações, 2011. 69 p.

PICHLER, Thomas *et al.* Eliminating turbidity in drinking water using the mucilage of a common cactus. **Water Supply**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 179-186, 1 mar. 2012. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/ws.2012.126>.

PUTTI, Luciana Dário. **Estudo e percepção das etapas de tratamento de água no município de Jaú**. 138 folhas. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

RIBEIRO, Iuri. **Aplicação de coagulantes e floculantes orgânicos alternativos no pós-tratamento de efluente de laticínio**. 2015. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

SANTOS, H. R. **Aplicação de coagulantes no afluente de reator anaeróbio de leite expandido alimentado com esgoto doméstico**. 2001. 129 p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

SARITHA, V., KARNENA, M. K., & DWARAPUREDDI, B. K. (2019). “Exploring natural coagulants as impending alternatives towards sustainable water clarification” – A comparative studies of natural coagulants with alum. **Journal of Water Process Engineering**, 32, 100982. doi:10.1016/j.jwpe.2019.100982

SCHMIDT, Aline Ruth. **Análise da utilização do policloreto de alumínio (PAC) e sulfato de alumínio na eliminação de turbidez de água de abastecimento**. 2014. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

SILVA, Larissa Botura da. **Coagulante orgânico Moringa oleifera como alternativa ao uso do coagulante inorgânico sulfato de alumínio no tratamento de água**. 2017. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

TAWAKKOLY, Baback; ALIZADEHDAKHEL, Asghar; DOROSTI, Fatereh. Evaluation of COD and turbidity removal from compost leachate wastewater using *Salvia hispanica* as a natural coagulant. **Industrial Crops And Products**, [s.l.], v. 137, p.323-331, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.038>.

THEODORO, J.D. P. **Estudo dos mecanismos de coagulação/floculação para a obtenção de água de abastecimento para o consumo humano**. 2012. 184f. Tese (Doutorado em Engenharia Química, área de desenvolvimento de processos) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2012.

UM-Water. **Annual report 2018**. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/un-water-annual-report-2018/>. Acesso em: 27 de setembro de 2019.

Utpott, M. **Utilização da mucilagem da chia (*Salvia hispanica* L.) na substituição de gordura e/ou gema de ovo em maionese**. 2012. 50 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

WEBER, Charles W. Howard S. Gentry, Edwin A. Kohlhepp & Peter R. McCrohan (1991): The nutritional and chemical evaluation of Chia seeds. **Ecology of Food and Nutrition**, 26:2, 119-125.

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





## ANEXO A – DADOS UTILIZADOS PARA O ESTUDO

Tabela 7 – Dados dos ensaios com S1 e tratamento C.

Réplica	Concentração	pH	Turbidez	SDT	Condutividade	Na	K	Li	Ca
1	30 g/L	6,7	29,3	52	0,16	4	2	0,3	6,2
1	35g/L	6,66	29,1	41	0,16	3,8	1,9	0,4	6,1
1	40g/L	6,5	29	42	0,17	4,2	2,2	0,3	6,4
2	30 g/L	7,34	35,3	40	0,16	3,9	2	0,3	6,5
2	35g/L	7,15	33,4	38	0,16	4	2,1	0,3	6,4
2	40g/L	6,96	31,3	38	0,17	4,2	2,2	0,3	6,7
3	30 g/L	6,96	13,4	42	0,17	4	1,9	0,3	6,3
3	35g/L	5,9	55,3	40	0,17	4,2	2,1	0,3	6,6
3	40g/L	6,07	55,8	40	0,17	4,2	2,1	0,3	4,5

**Tabela 8** – Dados dos ensaios com S1 e tratamento CF.

<b>Réplica</b>	<b>Concentração</b>	<b>pH</b>	<b>Turbidez</b>	<b>SDT</b>	<b>Condutividade</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Li</b>	<b>Ca</b>
1	30 g/L	6,47	20,6	53	0,19	3,7	11,8	0,4	5,4
1	35g/L	6,53	18,9	55	0,2	4,3	14,4	0,3	5,4
1	40g/L	6,63	23,7	62	0,22	4,1	20,8	0,3	13,9
2	30 g/L	6,37	19,8	44	0,14	3,7	27,2	0,4	5,2
2	35g/L	6,42	18	51	0,2	3,6	22,1	0,4	5,1
2	40g/L	6,38	17,2	47	0,18	4,1	29	0,3	5,3
3	30 g/L	5,58	25,4	49	0,18	3,9	9,8	0,3	5,4
3	35g/L	5,56	24	46	0,18	3,8	9,6	0,4	5,2
3	40g/L	5,57	22,8	45	0,17	4,1	12,1	0,3	5,4

**Tabela 9** - Dados dos ensaios com S2 tratamento C.

<b>Réplica</b>	<b>[ ]</b>	<b>pH</b>	<b>Turbidez</b>	<b>SDT</b>	<b>Condutividade</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Li</b>	<b>Ca</b>
1	30 g/L	6,2	23,5	123	0,4	49	2,3	0,4	12,5
1	35g/L	6,19	20,5	136	0,41	58,2	2,3	0,4	13,2
1	40g/L	6,19	21,4	152	0,5	84,4	2,8	0,3	15,1
2	30 g/L	6,57	25,8	122	0,42	51,7	2,4	0,3	12,7
2	35g/L	6,43	23,3	136	0,47	61,2	2,4	0,4	13,4
2	40g/L	6,32	21,7	145	0,5	72,5	2,6	0,3	14,3
3	30 g/L	5,76	39,1	121	0,42	54,7	2,4	0,3	12,8
3	35g/L	5,66	37,6	138	0,47	69,5	2,6	0,3	14,3
3	40g/L	5,64	37,7	144	0,5	74,6	2,7	0,3	14,6

**Tabela 10** - Dados dos ensaios com S2 e tratamento CF.

<b>Réplica</b>	<b>[ ]</b>	<b>pH</b>	<b>Turbidez</b>	<b>SDT</b>	<b>Condutividade</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Li</b>	<b>Ca</b>
1	30 g/L	6,55	21,6	139	0,45	45	26,7	0,3	11
1	35g/L	6,71	21,6	144	0,49	48,7	39,1	0,4	11,3
1	40g/L	6,52	18,8	164	0,55	78,1	15,2	0,3	13,9
2	30 g/L	6,14	13,3	128	0,43	45	42,4	0,4	10,9
2	35g/L	6,06	13,4	145	0,48	56,2	33,2	0,4	11,8
2	40g/L	6,07	13,4	150	0,51	72	33,9	0,3	13,1
3	30 g/L	5,67	17,6	128	0,44	49,2	13,2	0,3	11,7
3	35g/L	5,77	17,8	137	0,48	58,4	13,2	0,4	12,5
3	40g/L	5,46	19,8	145	0,51	73,5	13,3	0,3	13,6

