

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA  
ETEC TRAJANO CAMARGO  
Técnico Em Química**

**Gustavo Trasse de Oliveira  
Heloísa Zambuzi Ferraz  
Jackson Daniel Vieira Moreira**

**USO DO PLANEJAMENTO FATORIAL PARA O TRATAMENTO  
DE EFLUENTES COM EXTRATO DA SEMENTE DE MORINGA**

**LIMEIRA – SP  
2022**

**Heloísa Zambuzi Ferraz  
Gustavo Trasse De Oliveira  
Jackson Daniel Vieira Moreira**

**USO DO PLANEJAMENTO FATORIAL PARA O TRATAMENTO  
DE EFLUENTES COM EXTRATO DA SEMENTE DE MORINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso Técnico em Química  
da Etec Trajano Camargo, orientado pela  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Gislaine Barana Delbianco,  
como requisito parcial para obtenção do  
Título de Técnico em Química.

**LIMEIRA – SP  
2022**

Dedicamos esse trabalho aos nossos pais, que nos deram suporte e proporcionaram sempre o melhor. À nossa orientadora Gislaine e coorientador Kaique, que nos auxiliaram e ensinaram a como sermos pessoas melhores, como profissionais e individualmente.

Agradecemos nossa orientadora Gislaine e  
coorientador Kaique por todo o  
conhecimento e apoio, somos gratos  
também pela orientação e carinho dos  
nossos pais em toda nossa jornada como  
estudantes e técnicos em química.  
Agradecemos pôr fim a escola pelas  
oportunidades e experiências marcantes  
vivas e a Letícia, auxiliar de laboratório  
da escola que nos ajudou em toda a  
preparação das aulas práticas de PDTCC.

“A imaginação é mais importante que o conhecimento...”

**ALBERT EINSTEIN**

## RESUMO

O principal coagulante utilizado para tratamento de água no Brasil atualmente é o sulfato de alumínio, devido às suas habilidades comprovadas, seu preço competitivo e sua disponibilidade. Contudo, ocasionalmente os coagulantes químicos não estão disponíveis a um preço razoável para as populações dos países em desenvolvimento, mas uma alternativa é o uso de coagulantes naturais. O extrato da semente de Moringa Oleífera contém quantidades significativas de proteínas solúveis com carga positiva e, por esta razão, tem sido bastante utilizada como coagulante natural. Buscando melhorar a eficiência para o uso e preparo do extrato, são utilizadas ferramentas analíticas para entender a influência dos fatores e utilizar melhores medidas. O planejamento fatorial é uma técnica analítica para elaboração de experimentos de controle para analisar as variáveis que causam impacto no processo. O presente trabalho visa a utilização da ferramenta de planejamento fatorial para realizar os experimentos de coagulação e floculação com o extrato da semente de moringa em solução salina em amostras de água bruta. O uso do extrato manifestou alterações perceptíveis nas determinações de condutividade e alcalinidade, mas para a condutividade, o pH teve um impacto superior em relação ao que foi causado pelo uso do extrato. Com o uso da ferramenta se obteve resultados favoráveis, podendo destacar como cada fator acaba interagindo no tratamento de efluentes, mas com o uso do extrato de semente houve resultados irresolutos, pois os níveis de turbidez e sólidos totais sedimentáveis se mantiveram baixos desde os testes com água bruta.

Palavras-chave: extrato de moringa, planejamento fatorial, tratamento de efluentes.

## **ABSTRACT**

The main coagulant used for water treatment in Brazil today is aluminum sulfate, due to its proven abilities, competitive price and availability. However, occasionally chemical coagulants are not available at a reasonable price for populations in developing countries, but an alternative is the use of natural coagulants. Moringa Oleifera seed extract contains significant amounts of positively charged soluble proteins and, for this reason, has been widely used as a natural coagulant. Seeking to improve efficiency for the use and preparation of the extract, analytical tools are used to understand the influence of factors and use better measures. Factorial design is an analytical technique for designing control experiments to analyze the variables that impact the process. The present work aims to use the factorial planning tool to carry out coagulation and flocculation experiments with moringa seed extract in saline solution in raw water samples. The use of the extract manifested perceptible changes in the determinations of conductivity and alkalinity, but for conductivity, pH had a greater impact than the one caused by the use of the extract. With the use of the tool favorable results were obtained, being able to highlight how each factor ends up interacting in the treatment of effluents, but with the use of the seed extract there were irresolute results, since the levels of turbidity and total sedimentable solids remained low since the tests with raw water.

Key-words: Moringa extract, factorial design, effluents treatment.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.1. Pesquisa das metodologias nas análises .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.2. Aplicação do planejamento fatorial .....</b>	<b>12</b>
<b>3. INTRODUÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1. Histórico de utilização da semente de Moringa .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.1. Histórico sobre Planejamento Fatorial.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.2 Processos de Tratamento de Corpos Hídricos com a Semente de Moringa... 15</b>	
<b>3.3. Legislação Relacionada à Classe de Estado e Tratamento das Águas em Rios e Lagos.....</b>	<b>16</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1 Coleta e preservação de água. ....</b>	<b>19</b>
<b>4.2.1. Determinação da turbidez.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2.2. Determinação da cor. ....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.3. Determinação do pH.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.4. Determinação dos sólidos totais sedimentáveis.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.5. Determinação da alcalinidade total da água. ....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.6. Determinação de gás carbônico livre. ....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.7. Determinação da condutividade elétrica. ....</b>	<b>22</b>
<b>4.3. Preparação do extrato da semente de Moringa Oleíferas sua utilização para os tratamentos de coagulação/floculação e decantação. ....</b>	<b>22</b>
<b>4.4. Aplicação da ferramenta de Planejamento Fatorial. ....</b>	<b>25</b>



<b>5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1. Resultados Obtidos pelas análises físico-químicas. ....</b>	<b>25</b>
<b>5.1.1. Determinação da turbidez.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1.2. Determinação da cor. ....</b>	<b>25</b>
<b>5.1.3. Determinação do pH.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1.4. Determinação dos sólidos totais sedimentáveis.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1.5. Determinação da alcalinidade total da água. ....</b>	<b>27</b>
<b>5.1.6. Determinação de gás carbônico livre. ....</b>	<b>28</b>
<b>5.1.7. Determinação da condutividade elétrica. ....</b>	<b>29</b>
<b>5.1.8. Resultados Gerais das análises .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2 Resultados obtidos pelo planejamento fatorial.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2.1 Alcalinidade.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2.2 Condutividade elétrica. ....</b>	<b>33</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A poluição da água é uma das principais ameaças à saúde humana e ao meio ambiente. Frente a mais de 100 milhões de brasileiros sem acesso à coleta de esgoto, o Ministério do Meio Ambiente determinou em 2019 a qualidade da água como um dos eixos de sua agenda prioritária. (FERNANDO, 2021)

Para consumo humano, sem que apresente danos à saúde, deve-se tratar, limpar e descontaminar a água. Seu tratamento é um conjunto de procedimentos físico-químicos que são aplicados no efluente para que este fique em condições adequadas para o consumo, ou seja, para que a água se torne potável. O processo de tratamento, a livra de qualquer tipo de impurezas e protozoários, evitando a transmissão de doenças. (SANESUL, 2021)

No Brasil, utiliza-se diversas maneiras para o tratamento da água, de forma a adequá-la aos padrões de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde na Portaria nº 2914, de dezembro de 2011, consolidada pela portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017, que “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”, cujo anexo XX foi alterado recentemente pela Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 (FIGUEIREDO *et al.*, 2022)

A *Moringa oleífera* Lamarck (MO) é uma planta da família das *Moringácea*, nativa dos Himalaias e que se adaptou nos diversos continentes, sendo amplamente cultivada na Ásia, África e Américas. De crescimento rápido, a planta toda tem uma grande variedade de aplicações na dieta e na medicina popular. (KOIKE, KOCHI & PINTO, 2020)

A semente de *Moringa oleífera*, além de ser utilizada como coagulante no tratamento de águas, também possui propriedades adsorptivas no tratamento de coagulação-floculação de águas industriais, aumentando, assim, o poder de remoção de diversas classes de poluentes. (SANTANA *et al.*, 2020)

A cada ano, milhões de crianças morrem vítimas de infecções causadas por água contaminada. Coagulantes químicos, tais como o sulfato de alumínio, que às vezes não estão disponíveis a um preço razoável para as populações dos países em desenvolvimento, mas uma alternativa é o uso de coagulantes naturais, em geral de origem vegetal, para promover a coagulação de tais partículas. (PATERNIANI, MANTOVAN & SANT’ANNA, 2009)

A *Moringa oleífera* contém quantidades significativas de proteínas solúveis com carga positiva (MUNIZ, 2015), e por esta razão tem sido bastante utilizada como coagulante natural.

O principal coagulante utilizado para tratamento de água no Brasil atualmente é o sulfato de alumínio, devido às suas habilidades comprovadas, seu preço competitivo e sua disponibilidade. Porém o tratamento com a moringa produz entre 20% e 25% da quantidade de lodo que o tratamento com sulfato de alumínio produz (ABALIWANO *et al.*, 2008 apud VALVERDE *et al.*, 2015; PISE; HALDUKE, 2012).

Assim, quando a semente é adicionada à água turva, as proteínas liberam cargas positivas atraindo as partículas carregadas negativamente, como barro, argila, bactérias, e outras partículas tóxicas presentes na água (MUNIZ, 2015).

Katayonet *al.* (2007) relataram que o uso da semente apresenta diversas vantagens quando comparados aos coagulantes sintéticos, visto que os volumes de lodo gerados são menores, além de apresentar baixo custo, biodegradabilidade e apresentar baixo risco ao meio ambiente. (SOUZA, 2017)

Fica conferido à Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Bioatividades o monitoramento qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos no território do município de Limeira, respeitadas as demais competências. (CÂMARA MUNICIPAL DE LIMEIRA, 2012)

Bosque Maria Thereza conquista os limeirenses. O grande destaque é um lago que foi revitalizado e cercado com pedras para dar segurança aos frequentadores. Os mais atentos podem até encontrar um cágado que nada tranquilamente em meio a dezenas de peixes. O lago é formado por uma nascente, totalmente preservada, que deságua no Ribeirão Tatu. (SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL DE LIMEIRA, 2016)

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Aplicar a ferramenta de planejamento fatorial para realizar os experimentos de coagulação/floculação com o extrato da semente de *Moringa Oleífera* em solução salina em amostras de água do lago localizado no Bosque Maria Thereza no município de Limeira (SP), onde serão realizadas análises físico-químicas para conferir a eficiência do método (cor, turbidez, pH, alcalinidade total, condutividade elétrica, gás carbônico livre e sólidos totais sedimentáveis).

## **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **2.2.1. Pesquisa das metodologias nas análises**

Escolha das análises que vão caracterizar o estado da água e estudar as metodologias, verificando se são viáveis de acordo com os equipamentos disponíveis e providenciar os materiais e equipamentos que serão utilizados.

### **2.2.2. Aplicação do planejamento fatorial**

Estudar a ferramenta de planejamento fatorial e utilizá-la em nosso trabalho para definir as variáveis controle, fatores que serão alterados de acordo com cada experimento planejado (concentração de semente e pH), será realizado com dois níveis (-1 e +1) e um ponto central (0).

## **3. INTRODUÇÃO TEÓRICA**

### **3.1. Histórico de utilização da semente de Moringa**

A moringa pode ser aplicada para muitos fins, dentre eles: Uso da folha da moringa para alimentação de gado de corte e leiteiro, beneficiando os animais de corte com mais peso e ajudando na produção de leite em 30% ao dia, nos animais leiteiros. Pode ser utilizada também, no auxílio do aumento da produção de hormônios nas plantas, aplicando o suco de folhas frescas da moringa, a planta a ser analisada, aumenta de 25 a 30% sua produção hormonal. A utilização do pó da folha da moringa, pode ser muito benéfico para a alimentação humana, principalmente para mães que amamentam e crianças de 1 a 3 anos. O pó da folha é muito rico em: vitamina A, cálcio, ferro, magnésio e contém 21% dos níveis indicados para consumo de proteína de um adulto. (SEMENTES CAIÇARA, 2018)

Por possuir a propriedade antioxidante, a moringa pode ser utilizada para a prevenção de doenças, como câncer, reumatismo, aterosclerose, cujas são causadas por radicais livres, estes sendo neutralizados pela ação antioxidante da planta. (MARINHO *et al*, 2016)

Imagem 1: Semente de Moringa



Fonte: Sementes Arbocenter, 2021

### 3.1.1. Histórico sobre Planejamento Fatorial

Considerando que no Brasil, os recursos financeiros e laboratoriais encontram-se escassos em decorrência das restrições de verbas para a aquisição de equipamentos e materiais de consumo, antes de cada pesquisa científica, devem-se fazer uma breve reflexão para a definição das condições experimentais, que possibilitam obter resultados fidedignos, já que a otimização de parâmetros experimentais de relevância é

considerada como uma das partes mais importantes para a elaboração de um trabalho científico, principalmente aqueles que têm por objetivo o desenvolvimento de processos tecnológicos com muitas análises. (PERALTA-ZAMORA *et al.*, 2005).

O planejamento fatorial é uma estratégia analítica útil e sua principal aplicação reside na triagem das variáveis mais relevantes de um determinado sistema analítico. (MONTGOMERY, 1991)

Dentre os diversos tipos de planejamento experimental, os sistemas de planejamento fatorial destacam-se, pois permitem avaliar simultaneamente o efeito de diversas variáveis, a partir de um número reduzido de ensaios experimentais, quando comparados aos variados processos (PERALTA-ZAMORA *et al.*, 2005).

Para compreensão do uso e aplicação da ferramenta de planejamento fatorial, devem-se entender certos aspectos:

- Fator: cada variável do sistema em estudo.

- Nível: condições de operação dos fatores de controle investigadas nos experimentos. Geralmente são identificados por nível baixo (-) e nível alto (+).
- Modelo estatístico: modelo do tipo  $y=b_0+b_1x_1$ . Sendo:  $b_0, b_1, \dots, b_n$  efeitos de cada fator na resposta.
- Efeito: mudança ocorrida na resposta quando se muda do nível baixo (-) para o nível alto (+). Efeito =  $R_+ - R_-$ .

Sendo:

$R_+$  = média dos valores de resposta obtidos com valores altos (+) do fator

$R_-$  = média dos valores de resposta obtidos com valores baixos (-) do fator

- Efeito principal: é a diferença média observada na resposta quando se muda o nível do fator de controle investigado.

Matematicamente o efeito principal pode ser representado por:  $2(\sum y^+ - \sum y^-) / (b^a)$

Sendo:

- $y$  = a média dos efeitos individuais da medida, (+) e (-) corresponde ao nível alto e nível baixo;

$b^a$  = ao número total de experimentos do planejamento.

- Efeitos de interação: é a metade da diferença entre os efeitos principais de um fator nos níveis de outro fator. Os valores de interação entre os fatores também podem ser calculados. Para tal, o efeito de interação entre as variáveis é obtido levando-se em consideração os sinais já atribuídos às variáveis envolvidas, como se fosse uma operação matemática de multiplicação.

- Erro padrão para os efeitos: erro na determinação dos efeitos. É o mesmo, tanto para os efeitos principais quanto para os de interação, e pode ser calculado por meio de equação.

$$\text{Erro Padrão do Efeito} = \frac{S}{\sqrt{2^{k-1}}}$$

- $S$  = erro na medida (desvio padrão);
- $K$  = número de fatores experimentais no planejamento fatorial. (CUNICO, 2007)

Para executar um planejamento fatorial deve-se seguir alguns passos, dentre eles, os níveis em que cada fator será estudado, isto é, os valores dos fatores que serão empregados nos experimentos. Cada um desses experimentos, em que o sistema é submetido a um conjunto de

níveis definido, é um ensaio experimental. Em geral, se houver  $n_1$  níveis do fator 1,  $n_2$  do fator 2, ..., e  $n_k$  do fator k, o planejamento será um fatorial.

$n_1 \times n_2 \times \dots \times n_k$ . Caso queira repetir os ensaios para ter a estimativa de erro, o experimentador deve realizar mais análises. (DEMING, 1981).

### 3.1.2 Processos de Tratamento de Corpos Hídricos com a Semente de Moringa

Dentre as diferentes formas de obtenção do coagulante líquido, o que foi preparado a partir do pó da moringa adicionado à solução salina de KCl ou NaCl 1M em processo combinado (coagulação/floculação/sedimentação/ultrafiltração) obtiveram melhores resultados na remoção dos níveis de turbidez com valor médio (99,69%) e cor aparente (100%) independente da turbidez inicial de 150 uT a 550 uT. Os autores Moreti *et al.* (2013) chegaram à conclusão de que a aplicação das sementes da moringa mostrou-se com grande eficiência. Porém, para que os parâmetros físico-químicos analisados estivessem dentro dos limites exigidos pela Portaria nº2914/MS, foi necessária a utilização da etapa de ultrafiltração. (FIGUEIREDO *et al.*, 2022)

Amaral *et al.* (2006) realizaram análises utilizando extratos obtidos a partir das sementes de Moringa oleífera, adicionados à água a ser purificada por radiação solar em garrafas PET e concluíram que mesmo para valores elevados de turbidez, da ordem de 200 a 250 NTU, foi totalmente neutralizado de E colido após 12 h de exposição ao sol.

A solução coagulante obtida das sementes de Moringa oleífera é eficiente para tratar águas com turbidez variando de 50 até 100 NTU, tanto por sedimentação simples quanto por filtração lenta em manta sintética não tecida. (PATERNIANI, MANTOVANI & SANT'ANNA, 2009)

Paterniani *et al.* (2009) verificaram a eficácia do extrato da semente de Moringa como floculante, realizando o tratamento de água a partir da filtração lenta direta realizada em manta não tecida e posterior sedimentação.

La Azharia Jahn (1986) conclui que, com a certa quantidade de semente, é possível reduzir de 98 a 100% os níveis de coliformes fecais de águas brutas que apresentavam, inicialmente, altos níveis de turbidez, baixando-a para menos de 10 UNT.

De acordo com o trabalho de Lo Monaco *et al.* (2010), preparou-se extratos obtidos com a trituração, em liquidificador, de 1, 2 e 3 gramas de sementes de moringa em cada 100 mL de água destilada (soluções de 10, 20 e 30 g L<sup>-1</sup> de sementes), sendo a suspensão, posteriormente,

filtrada em malha de 1 mm. O extrato resultante foi armazenado em geladeira (4°C) e utilizado no dia seguinte do seu preparo.

A Moringa oleífera atua como um coagulante natural. A coagulação forma flocos com densidade superior à da água, os quais ficarão depositados no fundo da garrafa. Essa age como um decantador, onde separa sólidos em suspensão na água a ser tratada. (BORGIO *et al*, 2017)

No que se refere à turbidez, as sementes de Moringa oleífera L. depuram melhor a água residuária de curtume em pH 7,0. A concentração de 8,0 g de extrato de semente por litro de água residuária de curtume apresentou a melhor eficiência na floculação dos sólidos em suspensão, sendo que o tempo ideal foi de 6 horas. (RICO; *et al*, 2011)

Segundo o trabalho de Madrona *et al* (2010), o preparo da solução coagulante, foi feito usando quatro diferentes extrações, que foram obtidas por extração com água e solução de KCl em três diferentes concentrações molares, 0,01, 0,1 e 1 M. O tipo de sal e a molaridade foram obtidos a partir de dados encontrados em literatura (OKUDA *et al*. 1999; NKURUNZIZA *et al*. 2009).

As soluções coagulantes foram preparadas para uso imediato. Trituram-se em um “blender” 5g de sementes de M. oleífera descascadas e 100 mL de solução de KCl 1,0 M ou NaCl 1,0 M. Em seguida esta solução foi mantida sob agitação durante 30 min. e posterior filtração a vácuo (VEIT, 2014)

### **3.3. Legislação Relacionada à Classe de Estado e Tratamento das Águas em Rios e Lagos**

O Índice dos níveis Estado Tróficos visa avaliar e classificar os efluentes em diferentes graus de trofia, ou seja, analisa a água considerando os níveis de nutrientes presentes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas e cianobactérias. Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila a IET(CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando, de forma adequada, o nível de crescimento de algas em suas águas. (CETESB, 2013)

Em rios, o cálculo do IET, a partir dos valores de fósforo total, é feito pela fórmula, segundo LAMPARELLI (2004):  $IET = 10 \cdot (6 - ((0,42 - 0,36 \cdot (\ln PT) / \ln 2)))$ , onde o fósforo total (PT) é expresso em µg/L. Em reservatórios, o cálculo do IET a partir dos valores de fósforo é



feito pela fórmula:  $IET = 10 \cdot (6 - (1,77 - 0,42 \cdot (\ln.PT) / \ln 2))$  onde o fósforo total (PT) é expresso em  $\mu\text{g/L}$ . Foi calculado o IET para 1.034 pontos em que existiam valores de Fósforo Total.

O estado de eutrofização definido pelo IET é apresentado nas tabelas a seguir:

Tabela 1: Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Carlson Modificado

<b>Tabela 5 - Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Carlson Modificado</b>				
<b>Classificação do Estado Trófico - Rios</b>				
<b>Categoria (Estado Trófico)</b>	<b>Ponderação</b>	<b>Secchi - S (m)</b>	<b>P-total - P (<math>\text{mg.m}^{-3}</math>)</b>	<b>Clorofila a (<math>\text{mg.m}^{-3}</math>)</b>
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$		$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$		$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$		$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$		$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$		$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
Hipereutrófico	$IET > 67$		$640 < P$	$7,46 < CL$

Fonte: CETESB, 2013

Tabela 2: Classificação do IET

<b>Tabela 7 - Classificação do IET</b>	
<b>Categoria (Estado Trófico)</b>	<b>Ponderação</b>
Ultraoligotrófico	0,5
Oligotrófico	1
Mesotrófico	2
Eutrófico	3
Supereutrófico	4
Hipereutrófico	5

Fonte: CETESB, 2013

Art. 1º. A Resolução Conjunta SMA/SSRH N°4 de 22 de novembro de 2012, define e regulamenta as condutas regulamentadoras para aplicação de algicidas em efluentes superficiais, bem como as técnicas para a implementação do plano de sua utilização, com vistas ao controle de qualidade da água para consumo humano e aspectos ambientais. Art. 2º. São elegíveis para a utilização de algicidas, em caráter excepcional, os corpos d'água superficiais

utilizados para abastecimento público que apresentem: I - eventos de floração de cianobactérias com densidades superiores a 10.000 células de cianobactérias/mL, em pelo menos três meses do monitoramento anual do corpo hídrico; ou II - evento de floração de cianobactérias com densidades superiores a 50.000 células de ciano bactérias/mL em pelo menos um mês do monitoramento anual do corpo hídrico. § 1º Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água superficial para consumo humano deverão comprovar as excepcionalidades por meio das análises resultantes em programa de monitoramento ambiental sistemático. (Resolução Conjunta SMA/SSRH nº 004/2012)

A adoção de técnicas adequadas de coleta constitui um dos requisitos básicos em estudos quantitativos e qualitativos das cianobactérias. No entanto, a escolha da metodologia depende do problema a ser analisado e senso crítico na adequação dos métodos. É fundamental a obtenção de amostras representativas da comunidade, seja utilizando aparelhos sofisticados ou adaptando dispositivos mais simplificados. (CETESB, 2013)

Além dos padrões de qualidade da água, outra importante análise a ser realizar é a de toxicidade, para se investigar as interações entre as possíveis substâncias químicas presentes no meio aquático, como é explicado no seguinte trecho da resolução: “as possíveis interações entre as substancias e a presença de contaminantes não listados, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos ou outros métodos cientificamente reconhecidos” (artigo 8º, §4º). Mesmo tendo a presença dos ensaios ecotoxicológicos, ainda sim a resolução determina que os órgãos ambientais estaduais serão responsáveis pela indicação da realização ou não destes testes. (ABES, 2015)

Art. 1º Esta Lei normatiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) deveres de analisar e aplicar normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 2020).

Art. 40. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, abastecidos por corpos d'água superficiais e subterrâneos, devem coletar amostras semestrais da água bruta, em um ponto pré-estabelecido, para análise levando em consideração os parâmetros exigidos nas legislações específicas, com o objetivo de avaliação de risco à saúde humana. (BRASIL, 2011).

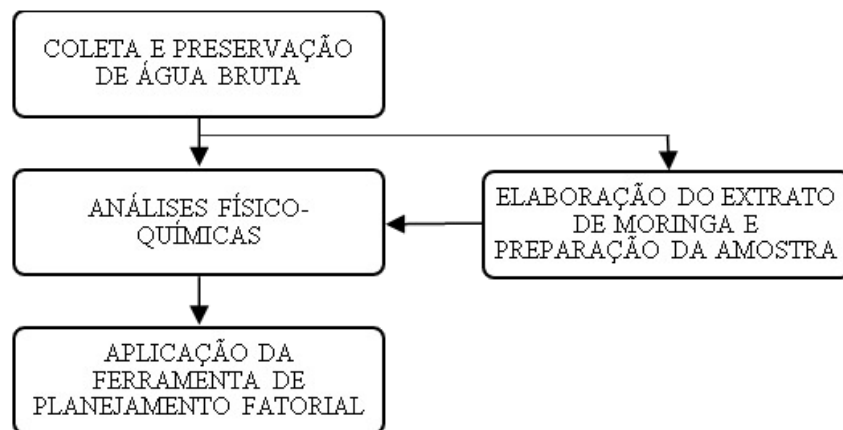
#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas pesquisas sobre como a *Moringa Oleífera* age como coagulante/floculante, quais propriedades químicas fazem com que partículas pequenas de sujeira se unam e possam decantar, e de que forma a semente é agregada no tratamento de água e efluentes, qual as melhores substâncias que potencializam seu efeito, e com qual concentração e quantidade de sementes a serem moídas e se devem ser tiradas as cascas ou não.

As atividades experimentais foram realizadas nos laboratórios da ETEC Trajano Camargo, sob a supervisão da Professora Gislaine Ap. Barana Delbianco e Kaique Gonçalves Ferreira, baseadas no fluxograma.

##### 4.1. FLUXOGRAMA

**Figura 1: Fluxograma de atividades experimentais.**

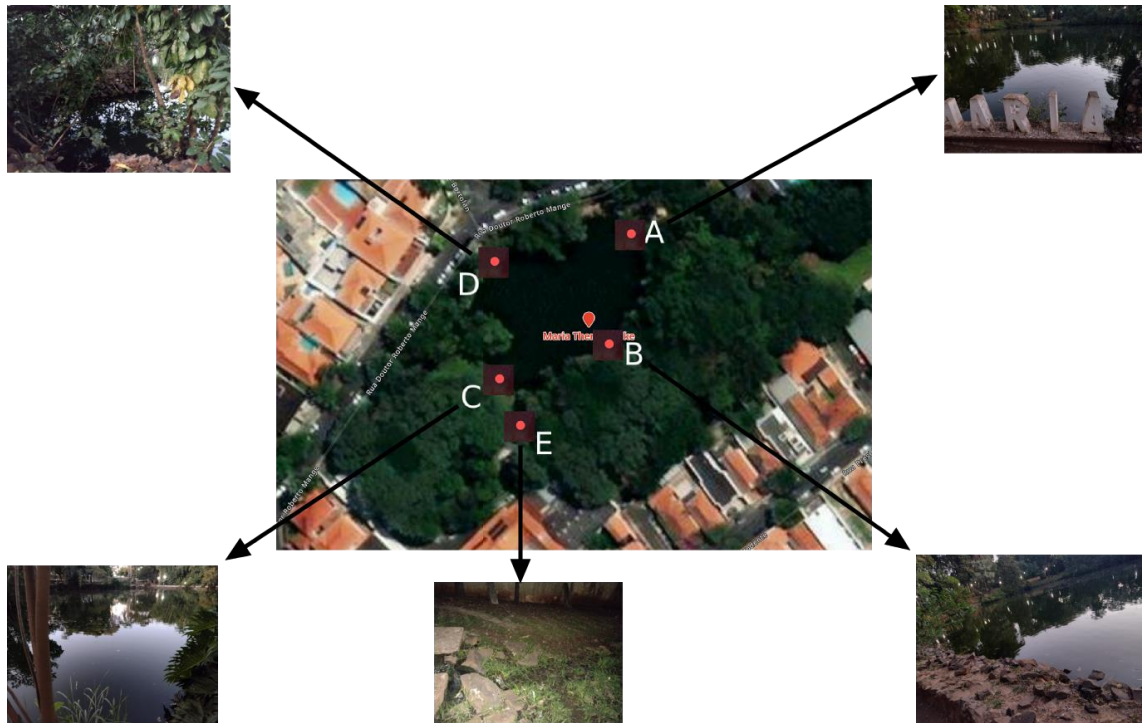


**Fonte:** os autores, 2022.

##### 4.1.1 Coleta e preservação de água.

As amostras foram coletadas diretamente do lago presente no Bosque Maria Thereza especificadamente nas coordenadas 22°34'09.2"S 47°24'06.1"W (Sistema de Coordenadas WGS), em 5 pontos diferentes: nascente e em 4 pontos divergentes na margem em 4 diferentes pontos, como apresentado nas imagens a seguir:

Figura 2: Mapeamento dos Pontos de Coleta



Fonte: Google Earth, 2022. Organizado pelos autores.

Para a coleta, os recipientes utilizados foram três garrafas pet de 1 L, pretas, devidamente identificadas e limpas com água potável, detergente, água deionizada, e álcool 70%. Sendo utilizado para a coleta de água: luvas, algodão e álcool para impedir a contaminação das amostras já no local.

No transporte foi realizado em uma caixa de isopor com gelo reciclável para atingir a temperatura de no máximo 4°C. Para as análises em laboratório, as amostras devem demorar no máximo duas horas para chegar ao refrigerador.

As amostras foram armazenadas em refrigerador com temperatura abaixo de 5° C, por no máximo duas semanas. No momento das análises e do processo de coagulação, elas estavam em temperatura ambiente o tempo todo, sendo retirada do refrigerador apenas quando foram realizados os experimentos.

#### 4.2.1. Determinação da turbidez.

Para analisar os níveis de turbidez, foi colocada a amostra em uma cubeta grande, disponibilizada no kit de análise de campo e posicionada a amostra a ser analisada até a borda do recipiente, sem derramar. Colocou-se a vidraria sobre o primeiro disco de Secchi e olhando

de cima para baixo, foi feita a análise dos níveis de turbidez. A Resposta foi obtida quando o disco abaixo da amostra ficou totalmente invisível a olho nu, sendo 50, 100, 200 ou mais NTU.

#### **4.2.2. Determinação da cor.**

Para a realização da análise de cor, foram transferidos 50 ml da amostra a ser analisada em uma proveta de vidro, previamente disponibilizada no kit de análise, retirando o suporte de plástico, a tampa da proveta e posicionada a vidraria sobre a tabela de cores pré-estabelecida. A leitura foi feita e foi indicado quantitativamente o nível de cor da amostra.

#### **4.2.3. Determinação do pH**

O equipamento foi ligado alguns minutos antes da realização das análises, para ser estabilizado. Em seguida, ele foi calibrado, tirando o eletrodo da solução de KCl em que estava armazenado, lavando com água destilada, e secando delicadamente com um papel toalha. Depois foi mergulhado em duas soluções tampão com pH conhecido, e realizada a calibração no aparelho. Foi lavado novamente com água destilada e secado com papel toalha, e depois inserido na amostra com pH desconhecido e realizada a análise.

#### **4.2.4. Determinação dos sólidos totais sedimentáveis.**

Para determinar os sólidos totais sedimentáveis, foi posicionado o Cone Imhoff em seu suporte, de forma que as marcações ficassem voltadas ao analista. A amostra estava perfeitamente homogeneizada, para garantir que os sólidos ficassem em suspensão. Após a mistura da solução, foi transferido para o cone até o volume de 1 (um) litro. O ensaio teve a duração de 60 (sessenta) minutos, porém no 45° minuto, foi girado sutilmente o cone em 360°, para que os sólidos que ficaram retidos em sua parede conseguissem decantar. Após o período de 60 (sessenta) minutos, foi feita a leitura da marcação no cone e foi representado em ml/L<sup>-1</sup>.

#### **4.2.5. Determinação da alcalinidade total da água.**

Para determinação da alcalinidade, foram adicionadas 3 gotas de fenolftaleína na amostra, titulada com ácido clorídrico 0,02M até a mudança de cor para um tom mais rosado. Foi anotado o volume de HCl gasto na titulação (FUNASA). Caso o pH do experimento não possibilite o uso do indicador de fenolftaleína, o mesmo foi substituído pelo vermelho de metila

e utilizando o mesmo procedimento anterior, mas o ponto de viragem é indicado pela passagem da coloração amarela para vermelha.

#### **4.2.6. Determinação de gás carbônico livre.**

Para a análise de CO<sub>2</sub> livre, foi coletada a amostra e deixada em repouso, foram adicionadas 10 gotas de fenolftaleína, se a solução apresentasse alguma coloração, ela não teria CO<sub>2</sub> livre, mas se ela não colorisse, deveria ser titulada com hidróxido de sódio 0,02M até o surgimento de uma leve coloração rósea por pelo menos 30 segundos (FUNASA).

#### **4.2.7. Determinação da condutividade elétrica.**

Para realizar a análise de condutividade elétrica, fora ligado o condutivímetro e esperado por 10 minutos, a sonda de condutividade foi enxaguada, antes e depois do ajuste com solução padrão, com água destilada e secada com papel. Foi ajustado o aparelho com solução padrão de condutividade elétrica a 20°C ou 25°C. Após esses passos, seguiu-se com a medição da solução em estudo (FERREIRA).

### **4.3. Preparação do extrato da semente de Moringa Oleíferas sua utilização para os tratamentos de coagulação/floculação e decantação.**

As sementes de Moringa (figura 2) foram disponibilizadas por nosso coorientador e colocadas em uma estufa por 2 horas a 65°C, depois descascadas e trituradas com o almofariz e pistilo, e por fim peneiradas. As sementes foram armazenadas em dessecador e utilizadas no prazo máximo de duas semanas.

Figura 3: Sementes de Moringa utilizadas.



Fonte: os autores, 2022.

O extrato foi obtido com solução salina de KCl concentração de 1,0 M, foram utilizados 100 mg de semente e 10 ml da solução de KCl, e 50 mg de semente e 5 ml da solução de KCl (de acordo com cada variação de concentração do pó, como apresentado no planejamento fatorial). Em seguida, essa solução ficou em agitação por 20 minutos em um agitador magnético, e foi filtrada a vácuo. Após o preparo do extrato, foram realizados no mesmo dia, os testes de jarro, com as amostras de água coletadas no lago do Bosque Maria Thereza, localizado no município de Limeira no estado de São Paulo.

Como não possuímos o equipamento de *Jar Test*, foi utilizada uma placa magnética para realizar a coagulação/floculação, com o objetivo de variar alguns fatores que poderiam ou não ter influenciado nos testes, foi utilizada a ferramenta de planejamento fatorial completo, onde varia-se o pH e a concentração de extrato da semente de moringa (variáveis controle), feito em dois níveis e um ponto central como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Níveis dos fatores estudados em planejamento fatorial

Variável de Controle	Níveis		
	Baixo (-1)	Central (0)	Alto (+1)
Extrato de moringa (mg L <sup>-1</sup> )	0	50	100
pH	4	7	10

Fonte: Autores, 2021.

Foi utilizado 1 L da amostra de água em cada experimento em um Becker onde realizou-se os testes, caso fosse necessário por conta das condições de pH específicas, foram utilizadas soluções de NaOH e HCl com concentração de 0,1M, para reajustá-lo.

As condições empregadas nos processos de coagulação/floculação foram tempo de coagulação de 20 minutos em agitação, e foi desligado na floculação por 20 minutos, ficando em repouso.

Tabela 4 – Níveis dos fatores estudados em planejamento fatorial

Experimento	Extrato de moringa (mg L <sup>-1</sup> )	pH
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	0	0
6	0	0

Fonte: Autores, 2021.

Após a coleta das amostras e, posteriormente, após a coagulação/floculação/sedimentação, a água foi caracterizada em parâmetros físico-químicos, os parâmetros avaliados foram: cor, turbidez, pH, sólidos totais sedimentáveis, condutividade, CO<sub>2</sub> livre e alcalinidade (variáveis resposta).



#### 4.4. Aplicação da ferramenta de Planejamento Fatorial.

O Planejamento Fatorial é um processo analítico, que a partir de variáveis específicas para um fator, foi realizada uma série de simulações para definir quais os melhores níveis para consubstanciar a preparação do extrato de moringa, sendo utilizado um programa adequado para se operar com esses procedimentos estatísticos.

### 5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

#### 5.1. Resultados Obtidos pelas análises físico-químicas.

##### 5.1.1. Determinação da turbidez.

Os níveis de turbidez se mantiveram os mesmos, desde a água bruta, até a presente realização dos experimentos (< 50 N.T.U).

##### 5.1.2. Determinação da cor.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se na água bruta níveis de 3 a 5 mg Pt Co/L, quando analisados os níveis de cor da amostra. Todavia, os experimentos 1, 4, 5 e 6 constaram níveis menores que 3 mg Pt Co/L, enquanto nos experimentos 2 e 3, apresentaram níveis de 3 mg Pt Co/L.

Tabela 5 – Resultados obtidos sobre a Cor.

	<b>Cor</b>
<b>Água bruta</b>	3 a 5 mg Pt Co/L
<b>Experimento 1</b>	Menor que 3 mg Pt Co/L
<b>Experimento 2</b>	Menor que 3 mg Pt Co/L
<b>Experimento 3</b>	Menor que 3 mg Pt Co/L
<b>Experimento 4</b>	Menor que 3 mg Pt Co/L
<b>Experimento 5</b>	Menor que 3 mg Pt Co/L
<b>Experimento 6</b>	Menor que 3 mg Pt Co/L

Fonte: Os autores, 2022.

### 5.1.3. Determinação do pH

Analisando os níveis de pH, mediu-se na água bruta 6,4. Já nos experimentos cujo pH fora ajustado para 4, com o decorrer de uma semana (pois não temos tempo necessário para realizar as análises no mesmo dia) o pH mudou, causando diferentes resultados, estes foram pH 5 no experimento 1 e pH 6 no experimento 2. No experimento 3 e 4, o pH inicialmente foi ajustado para 10, mas no decorrer das semanas, o pH se estabilizou em 10,59 e 10,75, respectivamente. Por fim, os experimentos 5 e 6 tiveram seus potenciais ajustados para 7, contudo o potencial se consolidou em 8,09 e 7,89, nessa ordem.

Tabela 6 – Resultados obtidos sobre o pH.

	<b>pH</b>
<b>Água bruta</b>	6,34
<b>Experimento 1</b>	5
<b>Experimento 2</b>	6
<b>Experimento 3</b>	10,59
<b>Experimento 4</b>	10,75
<b>Experimento 5</b>	8,09
<b>Experimento 6</b>	7,89

Fonte: Os autores, 2022.

### 5.1.4. Determinação dos sólidos totais sedimentáveis.

Na análise de sólidos totais sedimentáveis, apresentaram-se resultados esperados, em que na água bruta, o teor de sólidos foi abaixo dos níveis calculáveis. Nos experimentos 1, 3, 4 e 6 se constatou níveis abaixo dos calculáveis, já no experimento 2, analisou-se 3 ml/L de sólidos sedimentados e, no experimento 5, o resultado foi de 0,5ml/l.

Tabela 7– Resultados obtidos sobre sólidos totais sedimentáveis

	<b>Sólidos Totais Sedimentáveis</b>
<b>Água bruta</b>	Abaixo dos níveis calculáveis
<b>Experimento 1</b>	Abaixo dos níveis calculáveis
<b>Experimento 2</b>	0,3 ml/L
<b>Experimento 3</b>	Abaixo dos níveis calculáveis
<b>Experimento 4</b>	Abaixo dos níveis calculáveis
<b>Experimento 5</b>	0,5 0,3 ml/L
<b>Experimento 6</b>	Abaixo dos níveis calculáveis

Fonte: Os autores, 2022.

### 5.1.5. Determinação da alcalinidade total da água.

O ácido clorídrico não é um padrão primário e, por isso é necessário que ele seja padronizado com algum padrão primário, como o carbonato de sódio.

Para padronizar com o uso desse padrão primário, é necessário que se use o suporte universal para prender uma bureta de 25 ml que deve ser preenchida, com o auxílio de um béquer, por uma solução de HCl com a concentração teórica de 0,02M. Após isso, deve-se colocar um Erlenmeyer com 10,00ml de uma solução com volume de 250 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,02M, preencher com aproximadamente 50 ml de água destilada e adicionar 3 gotas de indicador alaranjado de metila.

Por fim, deve-se titular até a mudança de cor de alaranjado para uma tonalidade avermelhada, anotar o volume, repetir o processo em até 7 vezes, realizar os cálculos para descobrir a concentração real e calcular o fator de correção, expresso por:  $Fc = \frac{\text{Concentração real}}{\text{Concentração teórica}}$ .

Na determinação da alcalinidade da água bruta, obteve-se uma quantidade de 183,552 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, enquanto nos experimentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, se obteve, respectivamente os seguintes resultados: 70,0939 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; 89,2139 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; 220,7760 mg/L de

CaCO<sub>3</sub>; 268,3327 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; 203, 2722 mg/L de CaCO<sub>3</sub> e 160,2722 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Os resultados descritos estão presentes na tabela a seguir:

Tabela 8 – Resultados obtidos sobre a alcalinidade

	<b>Alcalinidade Total da Água</b>
<b>Água bruta</b>	183,552 mg/L de CaCO <sub>3</sub>
<b>Experimento 1</b>	70,0939 mg/L de CaCO <sub>3</sub>
<b>Experimento 2</b>	89,2139 mg/L de CaCO <sub>3</sub>
<b>Experimento 3</b>	220,7760 mg/L de CaCO <sub>3</sub>
<b>Experimento 4</b>	268,3327 mg/L de CaCO <sub>3</sub>
<b>Experimento 5</b>	203, 2722 mg/L de CaCO <sub>3</sub>
<b>Experimento 6</b>	160,2722 mg/L de CaCO <sub>3</sub>

Fonte: Os autores, 2022.

#### **5.1.6. Determinação de gás carbônico livre.**

Assim como o ácido clorídrico, o hidróxido de sódio não é um padrão primário, pois não é possível estabelecer a quantidade de água e carbonato de sódio que podem estar adsorvidos sem uma titulação, por isso é necessário que ele seja padronizado por um padrão primário, sendo o biftalato de potássio aquele que será utilizado.

Para padronizar o NaOH, é necessário que se use uma bureta de 25ml devidamente presa em um suporte universal e preenchida, com o auxílio de um béquer, por uma solução de NaOH com a concentração teórica de 0,02M. O padrão primário deve ser colocado em um erlenmeyer, preenchido com 10,00ml de uma solução com volume de 250ml de biftalato de potássio 0,02M, adicionar aproximadamente 50ml de água destilada e adicionar 3 gotas de indicador fenolftaleína 1% (em etanol). O indicador de que a reação foi efetuada é a cor da solução, que mudará para rosa por mais de 15 segundos.

Deve-se repetir o procedimento 7 vezes para realizar os cálculos e obter o valor da concentração real e calcular o fator de correção.

Em relação a quantidade de gás carbônico livre, a água bruta apresentou uma quantidade de 7,5296 mg/L de CO<sub>2</sub>Livre, enquanto nos experimentos 3 e 4 não se obteve quaisquer quantidades de CO<sub>2</sub> Livre, porém nos demais experimentos a concentração foi, respectivamente: 4,0967 mg/L de CO<sub>2</sub> Livre; 2,6071 mg/L de CO<sub>2</sub> Livre; 1,4896 mg/L de CO<sub>2</sub> Livre; 2,2350 mg/L de CO<sub>2</sub> Livre. Podem-se conferir os resultados na tabela a seguir:

Tabela 9 – Resultados obtidos sobre a presença de CO<sub>2</sub> Livre

	<b>Gás Carbônico Livre</b>
<b>Água bruta</b>	7,5296 mg/L de CO <sub>2</sub> Livre
<b>Experimento 1</b>	4,0967 mg/L de CO <sub>2</sub> Livre
<b>Experimento 2</b>	2,6071 mg/L de CO <sub>2</sub> Livre
<b>Experimento 3</b>	Não contêm CO <sub>2</sub> Livre
<b>Experimento 4</b>	Não contêm CO <sub>2</sub> Livre
<b>Experimento 5</b>	1,4896 mg/L de CO <sub>2</sub> Livre
<b>Experimento 6</b>	2,2350 mg/L de CO <sub>2</sub> Livre

Fonte: Os autores, 2022.

### **5.1.7. Determinação da condutividade elétrica.**

A condutividade elétrica foi, até o momento, a análise com maior discrepância, com resultados apresentados de 208,0 Us/25°C na água bruta, 1,586 Us/25°C no experimento 1; 0,1641 Us/25°C no experimento 2; 338,7 Us/25°C no experimento 3; 476,0 Us/25°C no experimento 4; 354,9 Us/25°C no experimento 5 e, por fim, no experimento 6 a condutividade elétrica foi de 298,0 Us/25°C, resultados expressos na tabela 8:

Tabela 10 – Resultados obtidos sobre a condutividade elétrica

<b>Condutividade Elétrica</b>	
<b>Água bruta</b>	208,0 Us/25°C
<b>Experimento 1</b>	1,586 Us/25°C
<b>Experimento 2</b>	0,1641 Us/25°C
<b>Experimento 3</b>	338,7 Us/25°C
<b>Experimento 4</b>	476,0 Us/25°C
<b>Experimento 5</b>	354,9 Us/25°C
<b>Experimento 6</b>	298,0 Us/25°C

Fonte: Os autores, 2022.

### 5.1.8. Resultados Gerais das análises

Tabela 11 – Resultados gerais obtidos pelas análises

	<b>Cor</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Condutividade</b>	<b>Sólidos Totais Sedimentáveis</b>	<b>CO2 Livre</b>	<b>Alcalinidade</b>	<b>pH</b>
<b>Experimento 1</b>	< 3 mg Pt Co/L	< 50 N.T.U	1,5860 Us/25°C	Abaixo dos níveis calculáveis	4,0967 mg/L de CO <sub>2</sub> Livre	70,0939 mg/L de CaCO <sub>3</sub>	5
<b>Experimento 2</b>	3 mg Pt Co/L	< 50 N.T.U	0,1641 Us/25°C	0,3 ml/L	2,6071 mg/L de CO <sub>2</sub> Livre	89,2139 mg/L de CaCO <sub>3</sub>	6
<b>Experimento 3</b>	3 mg Pt Co/L	< 50 N.T.U	338,7 Us/25°C	Abaixo dos níveis calculáveis	Não contém CO <sub>2</sub> Livre	220,7760 mg/L de CaCO <sub>3</sub>	10,59
<b>Experimento 4</b>	< 3 mg Pt Co/L	< 50 N.T.U	476,0 Us/25°C	Abaixo dos níveis calculáveis	Não contém CO <sub>2</sub> Livre	268,3327 mg/L de CaCO <sub>3</sub>	10,75
<b>Experimento 5</b>	< 3 mg Pt Co/L	< 50 N.T.U	354,9 Us/25°C	0,5 ml/L	1,4896 mg/L de CO <sub>2</sub> Livre	203,9339 mg/L de CaCO <sub>3</sub>	8,09
<b>Experimento 6</b>	< 3 mg Pt Co/L	< 50 N.T.U	298,0 Us/25°C	Abaixo dos níveis calculáveis	2,2350 mg/L de CO <sub>2</sub> Livre	160,2722 mg/L de CaCO <sub>3</sub>	7,89
<b>Água Bruta</b>	3 a 5 mg Pt Co/L	< 50 N.T.U	208,0 Us/25°C	Abaixo dos níveis calculáveis	7,5296 mg/L de CO <sub>2</sub> Livre	183,5520 mg/L de CaCO <sub>3</sub>	6,34

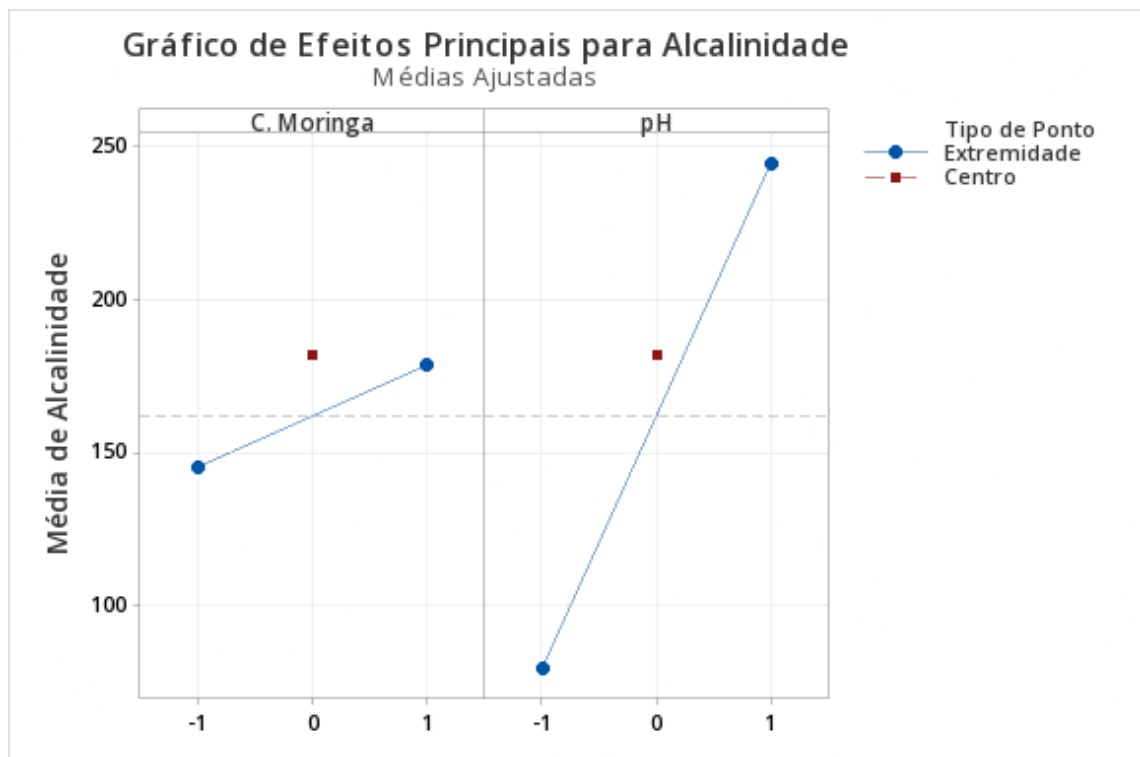
Fonte: Os autores, 2022.

## 5.2 Resultados obtidos pelo planejamento fatorial.

De acordo com os resultados obtidos anteriormente, somente a alcalinidade e a condutividade possuíram valores variados com a mudança de nível dos fatores, portando, só houve necessidade de se utilizar o planejamento fatorial nos resultados obtidos em ambos. Consta-se que foi realizado uma média dos valores para a criação dos gráficos, visto que somente os valores referidos aos pontos possuem notabilidade.

### 5.2.1 Alcalinidade.

Gráfico 1 – Efeitos principais para alcalinidade



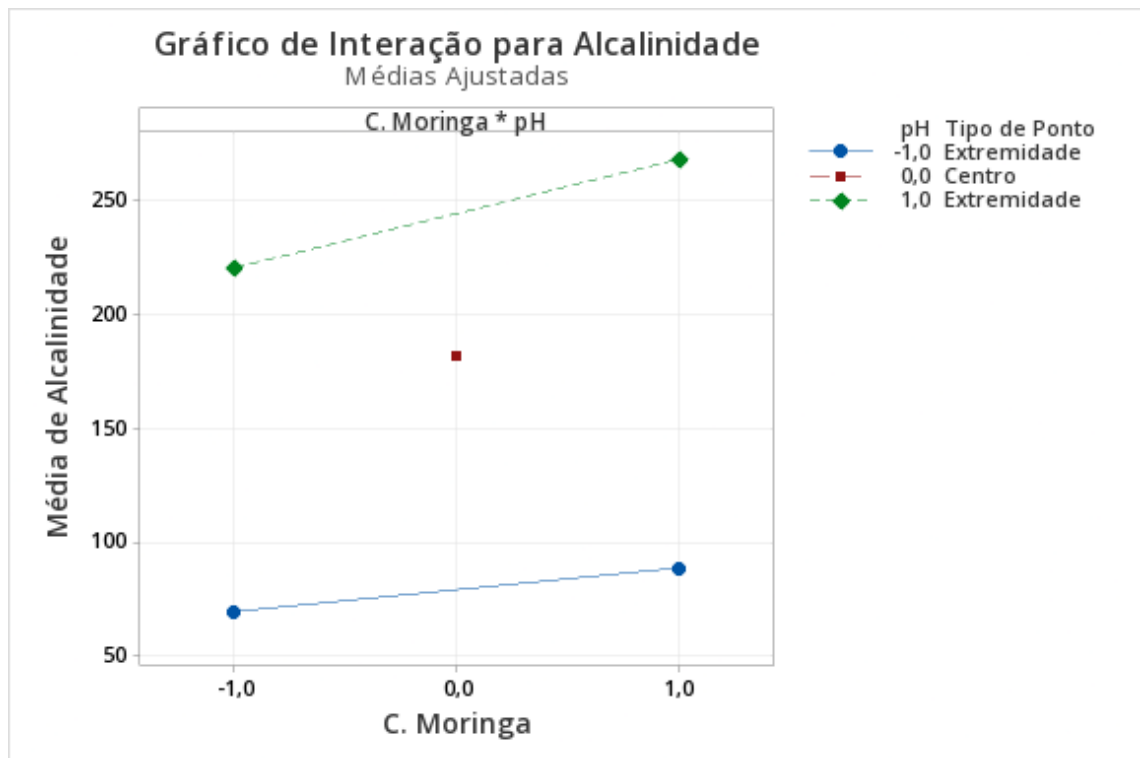
Fonte: Os autores, 2022

Na parte inferior do gráfico há os níveis utilizados de moringa e pH, que foram baseados de acordo com a tabela 1 e, na esquerda do gráfico é representado os valores médios obtidos pela alcalinidade, que são representados na tabela 6. Nota-se que nele é trabalhado cada fator isoladamente.

Com a concentração de nível -1, a alcalinidade se manteria próxima da faixa recomendada, enquanto a de nível 1 acabaria ultrapassando essa faixa. Porém, a diminuição do pH presente no nível -1 e a sua elevação com o 1, juntamente com os níveis de concentração -1, causaria um ponto abaixo da média (de acordo com a tabela I) e, o uso do pH +1 e

concentração -1 teria uma alcalinidade de valor w, que extrapolaria a faixa de alcalinidade recomendada. Porém, a utilização de uma concentração de nível 1 e pH -1 foi a que possui melhores resultados, tendo a sua alcalinidade próximo dos valores recomendados, sendo comprovado no gráfico apresentado a seguir.

Gráfico 2– Interação para alcalinidade



Fonte: Os autores, 2022.

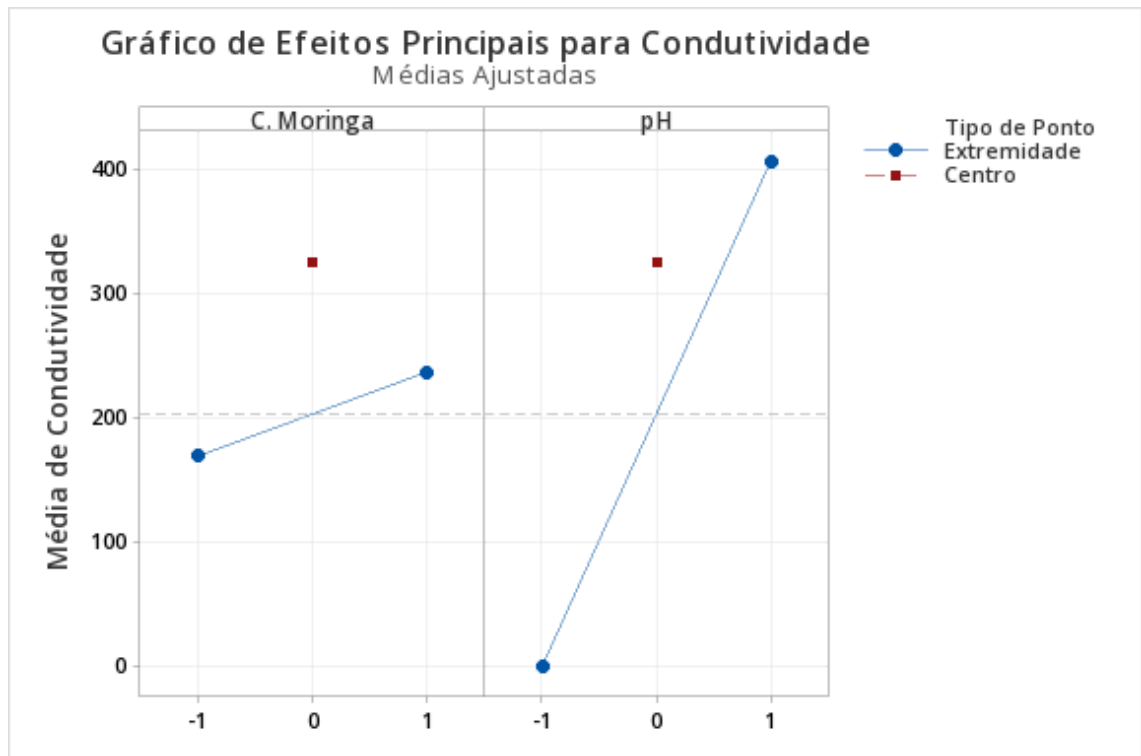
O gráfico referente a Interação para Alcalinidade se baseia nas interações entre o pH utilizado para o preparo do experimento e a concentração de moringa, na parte inferior do gráfico observa-se os níveis da quantidade de moringa de acordo com a tabela x, enquanto nas laterais há a média dos resultados obtidos sobre alcalinidade. É importante destacar que esse gráfico é uma complementação do gráfico dos Efeitos Principais para Alcalinidade, sendo este gráfico uma análise entre os dois fatores simultaneamente.

Dentre os pontos utilizados, o ponto referente a concentração de nível 1 da moringa e pH de nível -1 (segundo ponto da reta azul, possuindo valor médio de 89,2139 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) foi o que obteve melhores resultados, visto que ele está mais próximo da faixa de 120 a 150 ppm da concentração recomendada de alcalinidade e possuindo quantidades moderadas de alcalinidade, além de não estar distante do ponto central de valor 182,103 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .



### 5.2.2 Condutividade elétrica.

Gráfico 3 – Efeitos principais para condutividade

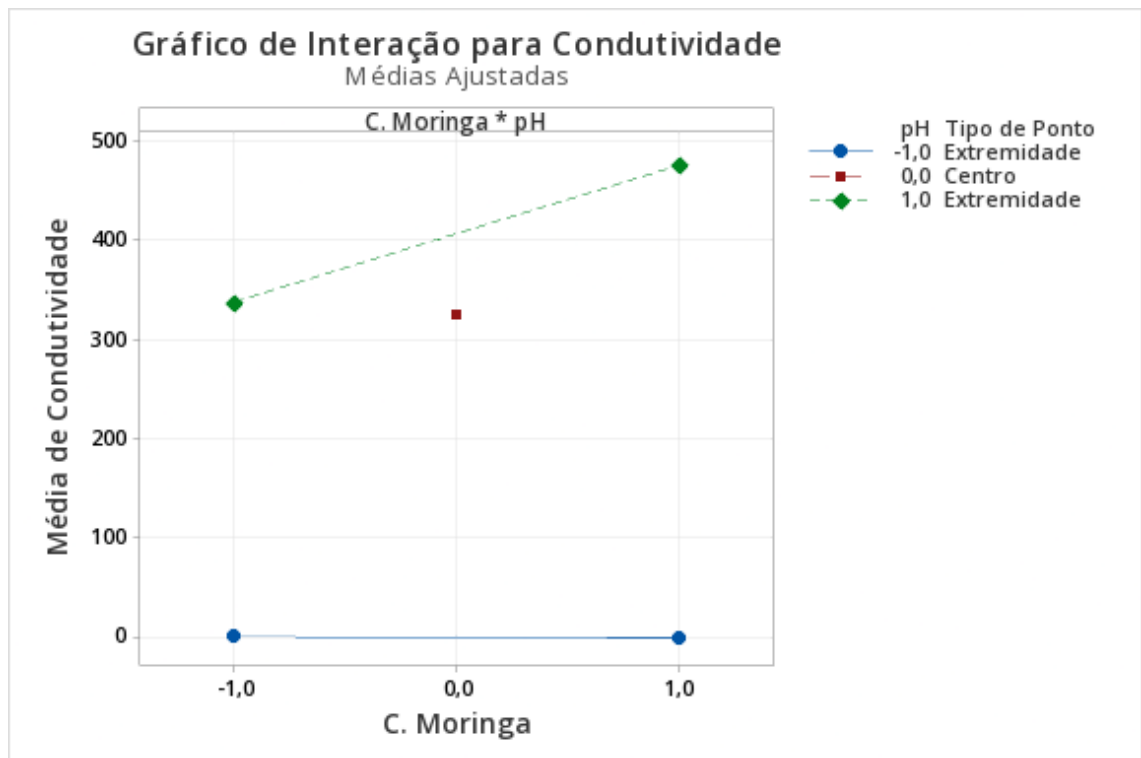


Fonte: Os autores, 2022.

Observa-se que diferente dos resultados anteriores, a variação do nível do pH afeta a condutividade de forma superior ao nível da moringa. Com isso, temos que: quanto menor o valor da condutividade, melhor será o resultado obtido.

Dessa forma, o pH no nível -1, seria a maneira mais eficiente para diminuição da condutividade. Sendo comprovado de acordo com o gráfico a seguir:

Gráfico 4– Interações para condutividade



Fonte: Os autores, 2022.

Com o nível de pH sendo -1, a concentração de moringa no menor nível possui um valor próximo a zero, todavia, se a concentração de moringa está no nível 1, percebe-se que a condutividade do experimento acaba se tornando inferior quando comparamos com o nível -1. Ademais, de acordo com os experimentos e as análises realizadas anteriormente, na lateral do gráfico há as médias utilizadas e, ao analisarmos a tabela 8, notamos que somente o experimento 2 possui uma condutividade menor que 0, possuindo um valor de 0,1641 Us/25°C.

O experimento 2 possui o pH -1 e com concentração de moringa 1, logo observa-se que mesmo possuindo valores médios obtidos, o uso da ferramenta de planejamento fatorial demonstra que com os experimentos com esses fatores, possuíram um resultado melhor que os demais nesse quesito.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando o uso e a eficiência da ferramenta de Planejamento Fatorial para coagulação e floculação com o extrato da semente de Moringa oleífera em tratamento de efluentes, nota-se que o uso do extrato acabou impactando diretamente a alcalinidade e, de forma reduzida, a condutividade dos experimentos.

Vale destacar que para a realização dos experimentos, a armazenagem, o transporte e a coleta possuem uma notória importância, pois esses elementos acabam prevenindo contaminações e exposições microbiológicas, poeiras, poluentes e inibem o desenvolvimento de algas. Quando há essas ocorrências, elas acabam dificultando e até mesmo prejudicar a quantificação de resultados para as análises dos parâmetros.

Como houve a realização de diversas análises físico-químicas, era esperado que o extrato de moringa, com as suas propriedades adsorptivas no tratamento de coagulação e floculação, era esperado uma melhora na coloração e turbidez, além de uma diminuição na quantidade de sólidos totais dissolvidos. Contudo, na água bruta já foi notório que esses parâmetros estavam em condições adequadas e, por isso, não foi possível notar diferenças satisfatórias neles.

As análises realizadas não são as únicas que podem ser utilizadas, de exemplo, temos as seguintes análises que podem ser realizadas: sólidos totais sedimentáveis, dureza total, determinação de cloreto total, análise de fósforo e nitrogênio ou a determinação da demanda química de hidrogênio. As escolhas dessas análises podem ser utilizadas pela capacidade do extrato em realização adsorção e decantação/floculação, visto que elas possuem a quantificação de íons em suas determinações.

A adição de outros fatores, para o planejamento fatorial, também pode ser efetuada para a que se tenha um melhor entendimento sobre o extrato de moringa, podendo adicionar um fator para o tempo de agitação para misturar o extrato e a água bruta.

Apesar dos empecilhos e de problemas citados anteriormente neste trabalho, conclui-se que o objetivo proposto para a ferramenta foi alcançado, uma vez que com a utilização do planejamento fatorial foi possível estudar como a aplicação do extrato feito a partir da semente de moringa age de acordo com o tratamento de efluentes, de forma isolada e em conjunto com outros fatores. Contudo, o uso do extrato para o tratamento de efluentes é incerto, pois os níveis de sólidos presentes e da turbidez não houve grandes alterações.

## REFERÊNCIAS

ABALIWANO, J. K.; GHEBREMICHAEL, K. A.; AMY, G. L. **Application of Purified Moringa Oleifera Coagulant for Surface Water Treatment**; WaterMill Working Paper Series, n. 5; UNESCO-IHE Institute for Water Education: Delft, Holanda, 2008.

Cordero Virtual. **Bosque Maria Thereza conquista os limeirenses**. Secretaria de Comunicação Social – Prefeitura de Limeira. 2016. Disponível em: <https://cordeiropolis.corderovirtual.com.br/noticias/8762/9/bosque-maria-thereza-conquista-os-limeirenses>. Acesso em: 23 de julho de 2021.

ABES. **Ensaio de toxicidade em efluentes industriais – Resolução Conama 430/11**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em: <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/7235/ensaios-de-toxicidade-em-efluentes-industriais-resolucao-conama-430-11>. Acesso em: 4 de abril de 2022.

AMARAL (2006) *et al* PATERNIANI, J. E. S., MANTOVANI, M. C., SANT'ANNA, M. R. **Uso de sementes de Moringa oleifera para tratamento de águas superficiais**. SCiELO. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/LBXqwXC5xQvhdXjxd65M3mz/?lang=pt>. Acesso em 4 de abril de 2022.

BONGIOVANI, M. C.; VALVERDE, K. C.; BERGAMASCO, R. **Utilização do processo combinado coagulação/floculação/uf como processo alternativo ao tratamento convencional utilizando como coagulante a Moringa oleifera Lam**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 11, p. 65-76, 2013.

BORGIO, C. *et al*. **Tratamento de água com semente de Moringa oleifera**. BlucherProceedings, V SEMANA DE ENGENHARIA QUÍMICA UFES. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/vseques2016/011.pdf> Acesso em: 2 de abril de 2022.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União. 2011.

Câmara Municipal de Limeira. **Lei complementar nº 650, de 5 de dezembro de 2012**.

Câmara Municipal de Limeira Consulta. Disponível em:

<http://consulta.limeira.sp.leg.br/Normas/Exibir/655>. Acesso em: 13 de março de 2022.

CETESB. **IET – Índice do Estado Trófico**. Ministério do Meio Ambiente, Governo Federal.

Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf>.

Acesso em: 22 de julho de 2021.

CETESB. **Indicadores de qualidade – índice do estado trófico (iet)**. PQNA. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>. Acesso em: 3 de abril de 2022.

CUNICO, M. W. M.1, CUNICO, M. M., MIGUEL, O. G., ZAWADZKI, S. F., PERALTA-ZAMORA, P., VOLPATO, N. **Planejamento fatorial: uma ferramenta estatística valiosa para a definição de parâmetros experimentais empregados na pesquisa científica.** UFPR. Disponível em:

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://revistas.ufpr.br/academica/article/download/14635/9823&ved=2ahUKEwi-gNO0ivv2AhVvqZUCHQVfCNoQFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw0HUgGFu8QgM06-M4lzZMmz>. Acesso em 3 de abril de 2022.

DEMING *et al* MARINHO R. M. **Planejamento Fatorial: uma ferramenta poderosa para os pesquisadores.** COBENGE arquivos. Disponível em:<<http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/14/artigos/PB-5-61001198468-1118313321435.pdf>> Acesso em: 2 de abril de 2022.

FERNANDO, S. Educação ambiental 1. Passei Direto. Disponível em:<<https://www.passeidireto.com/arquivo/98723980/educacao-ambiental-1>>. Acesso em: 12 de outubro de 2022.

FERREIRA, M. G. P. **Medição *in loco* temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido.** Disponível em:  
<https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:93a4ff0a-50ca-3b50-98f2-3d7a96246ae4>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2022.

FIGUEIREDO, M. T.; *et al.* **Tratamento de água utilizando extrato de sementes de Moringa oleifera:** Uma revisão integrativa. Portal Tratamento de Água. Disponível em:<<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/tratamento-de-agua-extrato-sementes-moringa-oleifera/>>. Acesso em: 15 de março de 2022.

FORMENTINI-SCHMITT, D. M., FAGUNDES-KLEN, M. R., VEIT M. T., BERGAMASCO, R., FERRANDIN, A. T. **Estudo da eficiência do composto ativo de moringa oleifera extraída com soluções salinas na tratabilidade de águas residuárias da indústria de laticínios.** UFF. Disponível em:  
[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8961/6431&ved=2ahUKEwj0\\_66rPv2AhUGtpUCHdr1AGEQFnoECDgQAQ&usg=AOvVaw1GXN8tkq\\_cQuVFZg28wvps](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8961/6431&ved=2ahUKEwj0_66rPv2AhUGtpUCHdr1AGEQFnoECDgQAQ&usg=AOvVaw1GXN8tkq_cQuVFZg28wvps). Acesso em: 3 de abril de 2022

FUNASA. **Manual prático de análise de água.** Ministério da Saúde. Disponível em:  
<https://documentcloud.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:51df28dc-2fbc-3c5b-a166-5c39320cdd81>. Acesso em 10 de fevereiro de 2022.

KATAYON *et al*; SOUZA. **Moringa oleífera como coagulante na clarificação da água para tratamento em comunidades rurais.** Universidade Federal do Vale do São Francisco. 2017. Disponível em:< <http://www.univasf.edu.br/~tcc/00000d/00000d57.pdf>> Acesso em: 15 de março de 2022.

KOIKE, M. K. *et al.* **Uso das Sementes de Moringa Oleifera no Tratamento da Água.** SciELO. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abc/a/9ppZsNnmptdcf3vP97dr5LL/?lang=pt>. Acesso em: 3 de março de 2021.

La AzhariaJahn *et al*, Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias, Redalyc. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92815711014.pdf>. Acesso em: 3 de abril de 2022.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx#:~:text=Em%20rios%2C%20o%20c%3%A1lculo%20do,%C3%A9%20expresso%20em%20C2%B5g%2FL>. Acesso em: 9 de março de 2022.

LEGISWEB. **Resolução Conjunta SMA/SSRH N° 4 DE 22/11/2012**. Legisweb. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=247289>. Acesso em 3 de abril de 2022  
LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; NASCIMENTO, F. S.; SARMENTO, A. P. **Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias**. Redalyc. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.redalyc.org/pdf/928/92815711014.pdf&ved>. Acesso em 4 de abril de 2022

MADRONA, G. S. *et al*, “Extração/purificação do composto ativo da semente da moringa oleiferalam e sua utilização no tratamento de água para consumo humano”, Repositório.UEM. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3648/1/000192205.pdf>. Acesso em: 5 de abril de 2022

MARINHO, J. B. M., ARRUDA, A. M. V., FERNANDES, R. T. V., MELO, A. S., SOUZA, R. F., SANTOS, L. O. G., FIGUEIRÊDO, L. C., FERNANDES, R. T. V., MESQUITA, A. C. N. **Uso da moringa na alimentação animal e humana: Revisão**. PUBVET. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?start=10&q=uso+da+semente+de+moringa&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5#d=gs\\_qabs&u=%23p%3DSEeOGxIzR2cJ](https://scholar.google.com.br/scholar?start=10&q=uso+da+semente+de+moringa&hl=pt-BR&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&u=%23p%3DSEeOGxIzR2cJ). Acesso em: 2 de abril de 2022.

MARQUES, Artur Ribeiro; ABREU, Filipe Augusto. **Eficiência do coagulante extraído de sementes de Moringa Oleífera lam. no tratamento de água pela tecnologia de flotação**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Goiás, Engenharia Ambiental e Sanitária. 2017. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/>. Acesso em: 10 mar. 2022.  
Ministério do Meio Ambiente. **Qualidade da água**. Governo Federal. [s.d]. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/qualidade-da-agua>. Acesso em: 13 de julho de 2021.

MONTGOMERY, D. C. (VICENTINI, F. C. *et al*). **Planejamento fatorial e superfície de resposta: otimização de um método voltamétrico para a determinação de ag(i) empregando um eletrodo de pasta de nanotubos de carbono**. SciELO. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/BLhYQKZKNfHP5F74tpvsf9f/?lang=pt>. Acesso em: 9 de março de 2022.

MUNIZ. **Moringa oleífera como coagulante na clarificação da água para tratamento em comunidades rurais**. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~tcc/00000d/00000d57.pdf>. Acesso em: 15 de março de 2022.

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

OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. **Isolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleífera seed by salt solution.** Water Research. v. 35, n 2, p. 405-410, 2001.

PISE, C. P.; HALKUDE, S. A. **Blend of natural and chemical coagulant for removal of turbidity in water.** International Journal of Civil Engineering & Technology, v. 3, n. 2, p. 188-197, 2012.

PATERNIANI, J. E. S., MANTOVANI, M. C., SANT'ANNA, M. R. **Uso de sementes de Moringa oleifera para tratamento de águas superficiais.** SciELO. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/LBXqwXC5xQvhdXjxd65M3mz/?lang=pt>. Acesso em: 4 de abril de 2022

PERALTA-ZAMORA *et al.* **Planejamento Fatorial: uma ferramenta estatística valiosa para a definição de parâmetros experimentais empregados na pesquisa científica.** Revistas UFPR. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/academica/article/download/14635/9823>> Acesso em: 12 de março de 2022.

RICO, T. E. F., SANTOS, L. M., REIS, E. M., SILVA, F. F., ZONETTI, P. C. **Tratamento de água residuária de curtume com utilização de sementes de moringa (Moringa oleifera L.)1.** UFRR. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://revista.ufrr.br/agroambiental/article/download/292/305>. Acesso em: 4 de abril de 2022

Sanesul. **Importância do tratamento de água.** Governo do estado Mato Grosso do Sul. [s.d]. Disponível em: <https://www.sanesul.ms.gov.br/importancia-do-tratamento-de-agua>. Acesso em: 3 de março de 2021.

SATANA, G. B. *et al.* **Aplicação da semente de moringa (Moringa oleífera) como coagulante natural no tratamento de efluente de indústria de tintas no Ceará.** Periódicos UNIFOR. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/9889#:~:text=A>. Acesso em: 10 de março de 2022.

Sementes caicara. **Sementes da vida.** [s.d]. Disponível em: <https://www.sementescaicara.com/downloads/Os>. Acesso em: 1 de abril de 2022.