



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CAMPUS DO SERTÃO  
NÚCLEO DE GRADUAÇÃO EM AGROINDÚSTRIA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

IZABELA GOUVEIA NASCIMENTO

ESTUDO COMPARATIVO DO USO DE COAGULANTE/FLOCULANTE A BASE DE  
SEMENTES DE *Moringa Oleífera* Lam. E SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO  
DE EFLUENTE DE LATICÍNIO

NOSSA SENHORA DA GLÓRIA - SE

2019

IZABELA GOUVEIA NASCIMENTO

ESTUDO COMPARATIVO DO USO DE COAGULANTE/FLOCULANTE A BASE DE  
SEMENTES DE *Moringa Oleífera* Lam. E SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO  
DE EFLUENTE DE LATICÍNIO

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação  
de Bacharelado em Agroindústria, da  
Universidade Federal de Sergipe – Centro de  
Ciências Agrárias do Sertão, apresentado como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Agroindústria.

Orientador: Prof. Dr. Fábio de Melo Resende

NOSSA SENHORA DA GLÓRIA - SE

2019

*Aos meus pais, Sandra e Júnior, e aos meus avós, Maria Rosa e Givaldo, por todo o apoio e ajuda em todos os momentos. Sabemos que nada foi fácil até aqui, mas todos os sacrifícios feitos serão recompensados.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por todo empenho, força, determinação e persistência a mim proporcionado, pois chegar até aqui não foi fácil em momento algum.

Aos meus pais, avós, tias e à toda a minha família por todo o suporte e por sempre acreditarem em meu potencial, tudo teria sido bem mais difícil e, talvez, eu não tivesse chegado até aqui se não fosse por vocês. Que Deus continue nos abençoando e me fazendo digna de dar-lhes orgulho sempre.

Ao meu primo, João Rodrigo, por me socorrer quando eu precisei de ajuda em algo que só ele poderia fazê-lo. Obrigada por ter feito parte desta fase tão importante pra mim.

As melhores amizades que cultivei ao longo desses anos e que espero levar pra vida, onde, juntos, compartilhamos um mix de variados momentos. Estou falando principalmente de vocês: Welison (o melhor amigo que uma pessoa poderia querer, um ser iluminado e tão maravilhoso sempre, você pode contar comigo pra tudo); Márcia (que a parceria seja eterna, você sempre terá uma amiga em mim); Erlan (me ganhou na convivência e hoje não me vejo sem); Vanessa (outro ser de luz, tão meiga e doce, como não amar?); Rodrigo e Bruno (vocês são incríveis com esse jeito leve de levar a vida); Rosa/e (guerreira de um coração enorme); Cláudia, Everton e Jane (podem sempre contar comigo); Leila (sempre prestativa e parceira, estarei sempre aqui para o que precisar); Profa. Dra. Patrícia Rosalba (serei eternamente agradecida por acreditar em mim e em meu potencial, além de me incentivar a ser sempre melhor e a nunca desistir dos meus sonhos); a toda a equipe do PET e do C.A.A. (foi uma honra fazer parte e promover a mudança na hora certa). Algumas outras pessoas também merecem serem citadas, tais como: Tone, Eugênio, Maiara, Elpídio Jr, Lavínea, Stefanie, Natânia, Débora Lemos, Alany, Cícero, Aline, Liz, Agildo, Katy, Professores(as) Fabi (a rainha das abelhas), Anny Kelly, Nailson, Cláudio, Carlo, dentre tantas outras pessoas que entraram em minha vida e fizeram a diferença. Meu muito obrigada a todos por sempre acreditarem em mim, quando nem eu mesmo acreditava.

Aos queridos amigos que fiz no Laboratório de Bromatologia do ITPS, em especial a Raphael, Lucas e Ceixa, que muito me ajudaram no desenvolvimento da metodologia deste trabalho e muitas dicas me deram. Vocês são muito especiais.

Ao laticínio NATULACT por me fornecer o efluente necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao NEAGROS, todo sucesso do mundo eu desejo a cada um de vocês que nos transmitiram o saber, aprenderam e construíram conosco também o saber na Metodologia Ativa, fazendo história no Campus do Sertão, e que, juntos, estamos construindo constantemente o nome da Agroindústria por onde passamos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio Resende pelo apoio e suporte durante o período de estágio/TCC. Sou grata (também) por ter apostado em meu potencial e incentivado a mim e as minhas ideias desde o início.

Ao Professor Dr. Maycon Reis por toda a ajuda no desenvolvimento estatístico deste trabalho, sou grata por todos os conselhos e sugestões que só fizeram enriquecê-lo ainda mais.

Ao ITPS, em especial ao Laboratório de Química de Águas por me deixar realizar as análises de Turbidez e Cor aparente (agradecimento em especial à Claudia e Simone) e ao Laboratório de Bromatologia por me deixar realizar o desenvolvimento dos agentes coagulantes feitos à base de sementes de moringa, além de realizar as análises teste e de absorbância.

Ao NUPEG, em especial ao Prof. Dr. Gabriel Francisco, por me deixar realizar os experimentos em seu *Jar test*.

Por fim, mas não menos importante, um muito obrigado a todos que estiveram comigo de maneira direta e/ou indireta, vocês também foram muito importantes em minha formação não só profissional como pessoal também. E ao Henrique, um amigo especial que esteve comigo em todos os momentos, obrigada pela ajuda e apoio, por nunca me deixar desistir e acreditar em mim, além de aguentar meu perfeccionismo, e ser sempre o leitor de tudo o que eu fiz.

Muito obrigada a todos (as), essa vitória não foi apenas minha, eu a dedico a vocês com todo o carinho. E que o futuro nos dê bons frutos, porque as sementes foram plantadas e, com certeza, serão regadas.

“Os homens agem sobre o mundo modificando-o e são, por sua vez, modificados pelas consequências de sua ação”.

**B. F. Skinner**

## RESUMO

Há tempos agentes coagulantes naturais biodegradáveis vêm sendo estudados e testados para uso no tratamento de águas turvas, como substitutos aos agentes químicos, dentre eles, temos a *Moringa oleífera* Lam., planta de origem indiana presente no semiárido sergipano, que promove, por meio de suas proteínas catiônicas, coagulação e clarificação de águas. Partindo deste princípio, o presente trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes tipos decoagulantes no processo de coagulação/floculação aplicados no tratamento físico-químico de efluente oriundo de agroindústria de laticínios. Para isso, fez-se uso de sementes de moringa em pó, extratos aquosos e salinos com e sem óleo e o agente químico sulfato de alumínio. Os ensaios experimentais foram realizados em duplicata em *Jar Test*, usando 1 litro de efluente para cada ensaio, com temperatura, velocidade e tempo de rotação pré-estabelecidos. Ao final dos ensaios foram retiradas alíquotas de cada amostra para análise de alguns parâmetros importantes de condições e padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pelas Resoluções CONAMA n° 357/2005 e n°430/2011: pH, cor aparente e turbidez. Com os resultados alcançados na caracterização dos experimentos, aplicou-se análise estatística, onde os valores de eficiência, pH, cor aparente e turbidez foram submetidos à Análise de Variância comparando as médias por meio do teste de Tukey a 5% de significância. Sendo assim, os ensaios realizados em *Jar Test* demonstraram potencial satisfatório, em questão de eficiência, com relação ao uso dos extratos aquosos e salinos com e sem óleo quando comparados aos resultados com o uso do sulfato de alumínio. Quanto aos parâmetros de pH, cor aparente e turbidez, avaliados de acordo com o CONAMA, estiveram dentro dos limites estabelecidos para pH apenas extrato aquoso com óleo e extrato salino sem óleo; para cor aparente houve enquadramento de todos; para turbidez apenas o sulfato de alumínio obteve bom desempenho de remoção, estando dentro dos limites da legislação. Por fim, pode-se concluir que o uso de coagulantes extraídos a partir das sementes de *Moringa oleífera* Lam. mostrou-se uma fonte alternativa sustentável para uso no tratamento físico-químico de efluente de laticínio, podendo, futuramente, com o aprimoramento das técnicas de uso, vir a ser usado de maneira complementar ou a substituir o Sulfato de Alumínio.

Palavras-chave: Legislação. Moringa. Sulfato de alumínio. Tratamento de efluentes.

## ABSTRACT

For years biodegradable natural coagulating agents have been studied and tested for use in the treatment of turbid waters, as substitutes for chemical agents, among them, *Moringa Oleífera* Lam., plant of Indian origin, present in the semi-arid of Sergipe, which promotes, through its cationic proteins, coagulation and clarification of waters and effluents. Based on this principle, the present work aimed to evaluate the influence of different types of coagulants in the coagulation/flocculation process applied in the physical-chemical treatment of effluent from dairy agroindustry. For this, moringa seed powder, aqueous and saline extracts with and without oil and the chemical agent Aluminum Sulfate were used. The experimental tests were performed in duplicate in *Jar Test*, using 1 liter of effluent for each test, with pre-established temperature, speed and time of rotation. At the end of the tests, aliquots of each sample were taken for analysis of some important parameters of conditions and standards of effluent release established by CONAMA Resolutions n° 357/2005 and n° 430/2011: pH, apparent color and turbidity. With the results obtained in the characterization of the experiments, statistical analysis was applied, where the values of efficiency, pH, apparent color and turbidity were submitted to Variance Analysis comparing the means with the Tukey test at 5% of significance. Thus, the tests carried out in *Jar Test* demonstrated a satisfactory potential, in terms of efficiency, regarding the use of aqueous and saline extracts with and without oil when compared to the results with the use of Aluminum Sulphate. Regarding the parameters of pH, apparent color and turbidity evaluated according to CONAMA, they were within the limits established for pH only aqueous extract with oil and saline extract without oil; for apparent color all fit; for turbidity only the aluminum sulphate obtained good removal performance, being within the limits of the legislation. Finally, it is concluded that the use of coagulants extracted from the seeds of *Moringa Oleífera* Lam. Has shown to be an alternative sustainable source for use in the physico-chemical treatment of dairy effluent, being able, in the future, with the improvement of the techniques of use, to be used in a complementary way or as a substitute for aluminum sulphate.

Keywords: Legislation. Moringa. Aluminum Sulfate. Effluent Treatment.



## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Variáveis controláveis e incontroláveis durante os experimentos .....	10
<b>FIGURA 2.</b> Parâmetro pH analisado para cada tratamento <i>versus</i> CONAMA n° 357/2005 e 430/2011 .....	13
<b>FIGURA 3.</b> Parâmetro Cor aparente analisado para cada tratamento <i>versus</i> CONAMA n° 357/2005 e 430/2011 .....	14
<b>FIGURA 4.</b> Parâmetro Turbidez analisado para cada tratamento <i>versus</i> CONAMA n° 357/2005e 430/2011 .....	15

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> Análise de variância, expressos em média, para os parâmetros Físico-químicos de pH, Cor aparente, Turbidez e Eficiência para os tratamentos.....	11
<b>TABELA 2.</b> Limites dos parâmetros monitorados segundo o CONAMA <i>versus</i> os analisados .....	13

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ANOVA	Análise de Variância
APHA	American Public Health Association
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
g	Gramas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ITPS	Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe
L	Litros
mg	Miligrama
mL	Mililitro
NaCl	Cloreto de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio
NTU	Unidade de Turbidez
NUPEG	Núcleo de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
O <sub>2</sub>	Oxigênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
RPM	Rotações por Minuto
t	Tempo
v	Velocidade
$\alpha$	Alfa
°C	Graus Celsius

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
2.1 GERAL.....	2
2.2 ESPECÍFICOS .....	2
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>2</b>
3.1 A AGROINDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NO BRASIL .....	2
3.2 CARACTERÍSTICA DO EFLUENTE LÍQUIDO DE LATICÍNIO .....	3
3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS.....	3
3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	4
3.5 SISTEMA CONVENCIONAL PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS.....	5
3.6 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE A SEREM ANALISADOS .....	5
3.6.1 pH.....	5
3.6.2 Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO).....	5
3.6.3 Cor aparente .....	6
3.6.4 Turbidez.....	6
3.7 TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO POR COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO.....	6
3.7.1 Sulfato de Alumínio.....	7
3.7.2 Moringa <i>oleífera</i> Lam. ....	7
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>8</b>
4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS .....	8
4.2 PREPARO DOS AGENTES COAGULANTES À BASE DE MORINGA <i>OLEÍFERA</i> LAM. ....	8
4.3 PRÉ-ENSAIO EXPERIMENTAL.....	9
4.4 ENSAIOS DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO REALIZADOS EM <i>JAR TEST</i> .....	9
4.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	11
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>17</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados na atualidade está ligado à disponibilidade de água doce, isso porque, além da grande demanda requerida para as atividades agropecuárias, industriais e abastecimento de cidades, parte da água utilizada é eliminada sem passar por qualquer tratamento específico (BARBOSA & MOLINA, 2012). Devido aos diversos usos diretos e indiretos dos recursos hídricos em atividades agroindustriais, surge a necessidade da preservação e recuperação dos mesmos, algo que já vem ocorrendo e a cada dia tornando-se mais evidente. A poluição dos corpos d'água tornou-se um problema mundial e seu controle é o maior desafio da gestão dos recursos hídricos (TEODORO et al, 2013).

Maldaner (2008) afirma que toda vez que um resíduo industrial for gerado é necessário que exista uma alternativa para o seu tratamento, pois este não deve ser acumulado indefinidamente em um determinado local e muito menos disseminar seus resíduos no meio ambiente de qualquer maneira.

Wissmann, Hein & Neuls (2013) apontam para o despertar das indústrias em relação a questão ambiental, surgindo primeiro da necessidade da adequação dos meios de produção às exigências feitas pelos órgãos de fiscalização responsáveis em detrimento das penalidades previstas nas leis ambientais vigentes. De encontro a essa realidade, as indústrias de laticínios, responsáveis pela geração e alta demanda de efluentes contendo uma elevada carga orgânica, juntamente com os resíduos sólidos provenientes das plantas de processamento, viram a necessidade da aplicação de melhorias que possibilitassem a redução dos impactos causados ao meio ambiente.

As indústrias são obrigadas a adotarem o uso de tecnologias mais limpas e eficientes em seus processos produtivos. Sendo assim, é de suma importância fornecer uma destinação adequada a todo e qualquer resíduo – seja ele sólido ou líquido – gerado, de forma a garantir a manutenção do meio ambiente. Partindo desta premissa, há tempos, fontes alternativas de tratamento para os mais diversos tipos de efluentes vêm sendo estudadas e testadas, principalmente, o uso de agentes coagulantes naturais biodegradáveis e de baixo custo em substituição, ou como um complemento, aos agentes químicos usualmente utilizados. Dentre eles, encontra-se a *Moringa oleífera* Lam., planta de origem indiana presente no semiárido sergipano, que promove, por meio de suas proteínas catiônicas, a coagulação e clarificação de águas. Assim, o presente trabalho objetiva avaliar a influência de diferentes tipos de coagulantes no processo de coagulação/floculação aplicados no tratamento físico-químico de efluente de laticínios.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Avaliar a influência de diferentes tipos de coagulantes no processo de coagulação/floculação aplicados no tratamento físico-químico de efluente oriundo de agroindústria de laticínios.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Analisar a ação de coagulantes a base de sementes de *Moringa oleífera* Lam. para uso experimental no tratamento de efluente de laticínio, utilizando como parâmetro comparativo de eficiência o agente químico Sulfato de Alumínio  $Al_2(SO_4)_3$ ;
- Avaliar os parâmetros físico-químicos de qualidade do efluente bruto e tratado: pH, cor aparente e turbidez;
- Quantificar a eficiência de remoção dos parâmetros de qualidade analisados;
- Comparar os resultados obtidos com os parâmetros estabelecidos pelas Resoluções CONAMA n° 357/2005 e n° 430/2011.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 A AGROINDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NO BRASIL**

A cadeia agroindustrial do leite é uma das mais importantes, principalmente pela questão socioeconômica (SEBRAE-MG, 1997 *apud* BARBOSA et al., 2009), tornando-se um dos setores mais importantes dentre as atividades agroindustriais desenvolvidas no Brasil, segundo GOMES (2012a).

De acordo com a EMBRAPA (2018), houve uma evolução contínua da atividade leiteira brasileira nas últimas décadas, promovendo o crescimento consistente da produção, colocando o país como um dos principais do setor no mundo. Segundo o IBGE (2018), no ano de 2017, as indústrias captaram e processaram 24,1 bilhões de litros de leite. Sorio (2018) afirma que a indústria de laticínios brasileira é bastante diversa, podendo ser caracterizada como empresa multinacional e grande grupo nacional, empresa nacional de porte médio, cooperativas, pequenos laticínios, laticínios artesanais e negociantes sem fábrica, onde cada um destes tipos desenvolve um diferente papel no mercado, além, de enfrentar desafios distintos, devendo ser alvo de políticas públicas específicas.

Dentre as atividades agroindustriais, o setor de laticínios é bastante diversificado, devido à gama de produtos derivados do leite produzidos, dentre eles, podemos citar: leite pasteurizado e

desnatado, diferentes queijos, creme de leite, manteiga, iogurte, bebidas fermentadas e sorvetes (JERÔNIMO et al., 2012).

### **3.2 CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE DE LATICÍNIO**

Diversos compostos e/ou substâncias como carboidratos, vitaminas, sais minerais e água, fazem parte do processamento dos produtos lácteos (MACHADO et al, 2002). A quantidade de resíduo gerado na atividade de beneficiamento lácteo pode variar de 1 a 5 vezes o volume de leite processado, dependendo do produto a ser produzido e do nível de automação das indústrias (MATOS, 2010).

Os efluentes destas indústrias possuem em sua constituição, principalmente leite diluído, materiais sólidos flutuantes, açúcar, essências e condimentos diversos, areia, além de detergentes, lubrificantes e desinfetantes que são diluídos na água de lavagem das instalações do empreendimento. Em muitos laticínios, o soro também acaba sendo descartado junto aos demais efluentes, e por possuir um potencial poluidor aproximadamente cem vezes maior que o esgoto doméstico, causa grandes impactos ao ambiente (POKRYWIECKI, 2013; MAGNO, 2010; SILVA, 2011a).

### **3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS**

Mediante sua importância das agroindústrias processadoras de leite e derivados, surgem problemas voltados principalmente a área ambiental graças a grande quantidade de efluentes gerados e estes, por sua vez, estão entre os mais agressivos dado ao seu alto teor de matéria orgânica (AMORIM, 2014; SARAIVA, 2008).

Qualquer laticínio gera, além de resíduos sólidos, resíduos líquidos e emissões atmosféricas passíveis de causar graves impactos ao meio ambiente. Dito isso, a legislação ambiental exige que todas as indústrias submetam seus resíduos a tratamentos adequados. Uma das alternativas é realizar o controle de seus processos e buscar alternativas de reutilização de seus resíduos em alguma área do empreendimento de maneira a reduzir os custos com o tratamento e disposição final (SILVA, 2011a). Para conseguir êxito no processo de gerenciamento desses resíduos é fundamental que a organização conheça os tipos de resíduos que são gerados, suas características e fontes de geração (BUSS & HENKES, 2015).

Para Gomes (2006b), a dificuldade encontrada pelos laticínios está voltada ao controle da poluição que geram, pois seus efluentes possuem alta carga orgânica. Além disso, necessitam de

uma atenção especial e de sistemas de tratamento confiáveis mais eficientes e com menor custo econômico. De acordo com Silva (2011a), um dos principais responsáveis pela poluição causada por este segmento são seus resíduos líquidos.

O potencial poluidor desse tipo de efluente pode ocasionar em poluição do solo, comprometendo sua estrutura físico-química; poluição dos corpos d'água; provocando a geração de odores desagradáveis; além de contribuir com a intensificação do processo de eutrofização dos mesmos (COSTA et al., 2014; FARIZOGLU et al., 2007 *apud* SILVA, et al., 2015b).

### 3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

O lançamento de resíduos líquidos em corpos receptores deverá obedecer os limites estabelecidos pela(s) legislação(ões) de acordo com as condições de qualidade da água, conforme sua classe de padrões de lançamento de efluentes (NUNES, 2008). Desta forma, o Conselho Nacional do Meio Ambiente, por meio da Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, além de classificar os corpos d'água e dar as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes com limites individuais para cada substância, e dá outras providências. Subsequentemente, promulgada em 13 de maio de 2011, a Resolução n° 430/2011 dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, onde altera parcialmente e complementa a Resolução n° 357/2005.

A Resolução n° 430/2011 traz, de maneira explícita, em seu Artigo 3° que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta e em outras normas aplicáveis. E completa logo a seguir, em parágrafo único, que o órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento, mediante fundamentação técnica acrescentar outras condições e padrões para o lançamento de efluentes, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições do corpo receptor, ou exigir o uso de tecnologia ambientalmente adequada e economicamente viável para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo corpo receptor.

Além destas resoluções, há a Resolução n° 274, de 29 de novembro de 2000 que define sobre os critérios de balneabilidade das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa dos níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos.

Assim, diante da pressão acerca do uso da água e as especificações quanto ao lançamento de efluentes em corpos receptores sem um tratamento preliminar, as indústrias, fazendo uso do que rege as leis vigentes, poderão, como citam Nava & Lima (2012), cumprir as exigências legais



ao submeterem seus efluentes a um tratamento, antes de lança-los no meio ambiente; além de verificar a eficiência do tratamento, através da coleta e análise de alguns parâmetros como DBO/DQO e turbidez.

### **3.5 SISTEMA CONVENCIONAL PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS**

Pacheco (2006), define que um típico sistema de tratamento de efluentes possui as seguintes etapas: Tratamento primário, seguido de Equalização, Tratamento secundário e, caso necessário, Tratamento terciário. Porém, o tratamento pode variar de empresa para empresa.

De acordo com Andrade (2011), visando minimizar os impactos ambientais de seus efluentes e atenderem às leis ambientais vigentes, as agroindústrias de laticínios devem realizar o tratamento destes, cujo tratamento convencional envolve o uso de tratamento primário, secundário, e, em alguns poucos casos, tratamento terciário de polimento (PACHECO, 2006).

O controle e tratamento dos efluentes agroindustriais devem contemplar uma sequência que abrange: tratamento preliminar, para separação de sólidos grosseiros; tratamento primário, para remoção de sólidos em suspensão e gorduras, com a consequente redução na carga de DBO; por fim, a aplicação de tratamento secundário, visando a redução da matéria orgânica, por meio de processos biológicos (GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS, 2015).

### **3.6 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE**

#### **3.6.1 pH**

Von Sperling (1996) conceitua o potencial hidrogeniônico como o responsável por indicar a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Tratando-se de um parâmetro muito importante e deve ser acompanhado para otimizar os processos de tratamento. As etapas de coagulação e floculação sofridos pelo efluente, dentro de uma estação de tratamento, é um processo unitário dependente do pH (BAIRD, 2004; COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010 *apud* SCURACCHIO, 2010).

#### **3.6.2 Cor aparente**

A coloração da água pode derivar dada a presença de íons metálicos (como Fe e Mn), além de plâncton, algas, húmus, etc (oriundos da decomposição da matéria orgânica), podendo ou

não apresentar graus de toxicidade quando a água é de origem agroindustrial. A cor da água é dependente do pH da mesma e aumenta com a elevação deste (APHA, 2017; VON SPERLING, 1996). É um parâmetro muito utilizado na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas (VON SPERLING, 1996) bem como na caracterização de efluentes agroindustriais.

### **3.6.3 Turbidez**

A turbidez é um dos parâmetros mais importantes para avaliação da qualidade de águas/ efluentes tratados e/ou brutos; é uma característica que se dá devido à presença de partículas suspensas – tais como argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica –, cujo tamanho pode variar desde suspensões grosseiras aos coloides, dependendo do grau de turbulência do fluido. A presença desse particulado provoca a dispersão e a absorção da luz, conferindo a água/ efluente uma aparência turva, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa (RICHTTER E AZEVEDO NETTO, 2002 apud SCURACCHIO, 2010; APHA, 2017).

### **3.6.4 Absorbância em espectrofotômetro**

De acordo com Compri-Nardy, Stella & Oliveira (2009), quando uma dada solução é submetida a análises de absorbância – em um equipamento capaz de medir a intensidade da luz que passa pela amostra – ao longo de uma determinada faixa de comprimento de onda eletromagnética. Com isso, podemos obter informações referentes à sua capacidade que a amostra tem em absorver luz, onde a representação gráfica dos valores de comprimento de onda e a absorbância é denominada de espectro de absorção.

Sendo assim, a absorbância é equivalente à concentração do soluto presente em uma determinada amostra, realizada em espectrofotômetro UV-VIS que, segundo Sieczka Junior (2013), é um equipamento capaz de gerar um feixe de radiação monocromática por meio de um comprimento de onda pré-determinado e incidi-lo numa determinada amostra, bem como promover também a detecção de percentual dessa energia aplicada que foi absorvida pela substância em questão.

## **3.7 TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO POR COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO**

O tratamento físico-químico corresponde a um processo de remoção do particulado sólido presente em água e/ou efluente, que ocorre por meio da adição de agentes coagulantes químicos para a precipitação das partículas; em seguida, a água ou efluente é submetido a uma mistura rápida para dispersá-los e, posteriormente, uma mistura lenta para que haja a formação dos flocos

sedimentáveis. Todo o processo ocorre em um equipamento denominado *jar test* (MANCUSO & SANTOS, 2003).

A coagulação compreende um processo químico e físico de desagregação de partículas coloidais e suspensas, realizado por meio de duas etapas: mistura rápida e mistura lenta, respectivamente (MARTINS, 2014). O processo de mistura rápida objetiva disseminar o agente coagulante no meio aquoso para que este tenha um maior aproveitamento. Vale ressaltar que, nesta etapa, a checagem do pH é de suma importância, visto que ele é um parâmetro de qualidade que interfere de forma direta na formação dos coágulos (LIBÂNIO, 2010).

Durante o processo de mistura lenta, inicia-se então a floculação (MARTINS, 2014). Segundo Di Bernardo e Dantas (2005 *apud* MARTINS, 2014), na agitação relativamente suave a qual a solução aquosa é submetida, ocorre a floculação, onde as partículas presentes chocam-se e se aglomeram formando partículas maiores, denominadas flocos. A floculação é uma operação de caráter unitário de clarificação de dado meio aquoso, constituída por um conjunto de atividades físicas, visando a formação de flocos mais robustos que serão extraídos com mais facilidade posteriormente (LIBÂNIO, 2010).

As etapas de coagulação, floculação e decantação juntos são muito utilizados em processos de tratamento de soluções líquidas, comprovando sua eficiência quando aplicada corretamente (MARTINS, 2014).

### **3.7.1 Sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )**

O sulfato de alumínio é um sal muito conhecido dado o seu uso no tratamento de água. É um agente coagulante de fácil transporte, baixo custo e boa eficiência. No entanto, “este reagente químico não é biodegradável e pode trazer sérios riscos à saúde humana, dependendo da concentração em que estiver na água” (CARVALHO, 2008).

Os sais de alumínio são amplamente utilizados em todo o mundo como agente coagulante (VAZ, 2009). A coagulação com este coagulante é geralmente efetiva na faixa de pH entre 5,0 a 8,0 (SILVA, 1999 *apud* VAZ, 2009).

### **3.7.2 *Moringa oleífera* Lam.**

A moringa é planta de múltiplos usos que vem se disseminando ao longo dos anos devido a sua capacidade em se adaptar a climas quentes e secos; além disso, é utilizada na alimentação humana e animal, na produção de óleos, como plantas ornamentais e na clarificação de águas turvas, onde, neste quesito, destacam-se as espécies *Moringa oleífera* Lam. e *Moringa stenopetala* como promissores agentes coagulantes naturais (SILVA et al., 2018c).

Em função da necessidade em se obter métodos alternativos mais sustentáveis, baratos e eficazes para o tratamento da água (RANGEL, 2011), a moringa tem sido alvo de amplas pesquisas, pois suas sementes possuem propriedades coagulantes que estão atribuídas às proteínas catiônicas de baixo peso molecular, que, ao interagir com o material orgânico presente no meio aquoso, acaba por abalar a estabilidade coloidal das partículas, facilitando sua remoção através da sedimentação. Por conta disso, o extrato das sementes desta planta vem sendo aplicado com sucesso no processo de clarificação de águas com turbidez, substituindo, inclusive, o sulfato de alumínio – agente químico comumente utilizado (MUYBI e EVISON, 1995; NDABIGENGESERE e NARASIAH, 1998; MATTOS, 1998; MAKKAR e BECKER, 1997; GHEBREMICHAEL e HULTMAN, 2004 *apud* CALDEIRA, 2012).

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS**

Os ensaios foram realizados em dois momentos e lugares diferentes: a produção dos coagulantes naturais ocorreu no Laboratório de Bromatologia do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS), enquanto os ensaios em *Jar Test* foram realizados no Laboratório do Núcleo de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (NUPEG), no Campus da UFS em São Cristóvão.

O efluente utilizado para a realização dos experimentos foi adquirido na agroindústria de produtos lácteos, NATULACT, situada no município de Nossa Senhora da Glória – SE.

### **4.2 PREPARO DOS COAGULANTES À BASE DE SEMENTES DE *Moringa oleífera* Lam.**

Para o preparo dos agentes coagulantes naturais, as sementes secas e sem as cascas da moringa foram previamente trituradas até a obtenção do pó. Em seguida, pesou-se 2 g deste para o preparo dos extratos aquosos e salinos, com e sem óleo.

Para o preparo do extrato de moringa com óleo em meio aquoso, adicionou-se em um béquer 1,0 g de torta de moringa e 50 mL de água destilada, já em meio salino, adicionou-se em um béquer 1,0 g de torta de moringa e 50 mL de solução salina de NaCl a 1,0 mol/L. Em seguida, a solução foi homogeneizada durante 30 minutos por um misturador a uma rotação de 1.000 rpm. Por fim, as misturas obtidas foram separadas por meio de filtração a vácuo, em que os filtrados obtidos foram, respectivamente, o extrato de moringa com óleo em meio aquoso e o extrato de

moringa com óleo em meio salino (adaptado de MIRANDA et al, 2011; SOUSA et al, 2018; ARAÚJO et al, 2011).

O óleo contido nas sementes foi extraído através do sistema de extração usando soxhlete éter etílico P.A., onde foram pesados 2,0 g da massa da moringa em pó em pesa filtro com papel filtro e lavados à estufa a temperatura de 105°C durante 30 minutos. A seguir, preparou-se o cartucho e o mesmo fora adicionado ao soxhlet para extração do óleo presente na amostra. Após 6 horas de extração, o cartucho contendo a amostra foi retirado do aparelho extrator e levado a estufa a 105°C durante 1 hora. Após seco, retirou-se a amostra do cartucho, repetiu-se a metodologia acima para preparo de extratos aquoso e salino, porém, desta vez, sem óleo.

### **4.3 PRÉ-ENSAIO EXPERIMENTAL**

Visando a padronização dos agentes coagulantes a serem utilizados e uma avaliação das variáveis que compõem o desenvolvimento desta pesquisa, ocorreu um ensaio teste utilizando 100 mL de efluente de laticínio (pH 4,0) para cada amostra e testou-se o uso de 1,0 g de coagulante sem correção do pH do efluente. O tempo e velocidade de rotação em *Jar Test* escolhidos foram de 140 rpm durante 10 minutos (rápida) e 40 rpm durante 20 minutos (lenta), seguido de repouso de 1 hora para a decantação do particulado suspenso nas amostras.

Ao final do pré-ensaio, verificou-se que não houve ação significativa dos agentes coagulantes/floculantes no tratamento físico-químico do efluente de laticínio ocasionada, principalmente, pelo não ajuste do pH. Baseando-se nos dados primários, coletados por meio dos ensaios teste, o planejamento final de desenvolvimento do trabalho foi elaborado contendo os parâmetros físico-químicos de qualidade do efluente bruto e tratado a serem avaliados: pH, absorbâncias inicial e final (para o cálculo de eficiência dos tratamentos), cor aparente e turbidez.

### **4.4 ENSAIOS DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO REALIZADOS EM JARTEST**

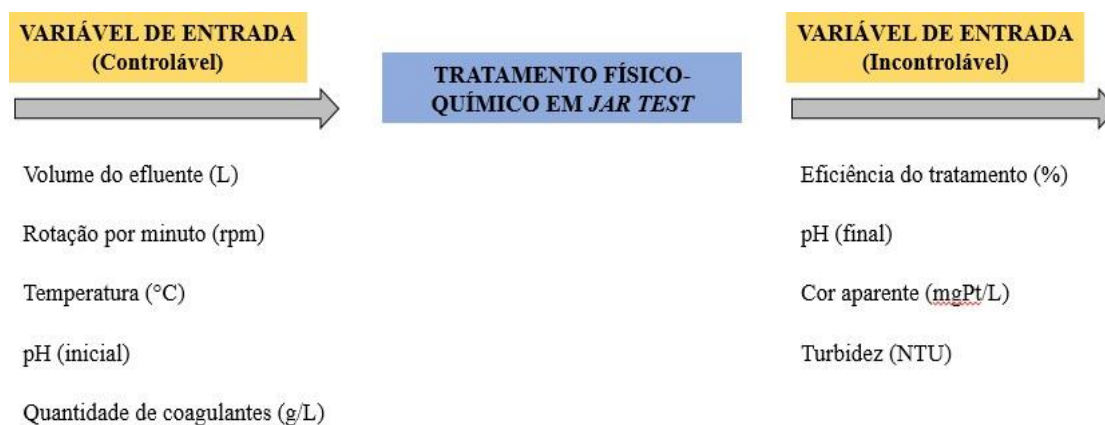
Para a realização dos ensaios, utilizou-se 1 litro de efluente para cada tratamento. Os ensaios foram realizados a temperatura ambiente entre 28 e 29 °C, mantendo-se as mesmas condições de pressão e temperatura durante todo o processo. O pH do efluente estava em 4,0. O tempo e velocidade de rotação em *Jar Test* ficaram definidas em: velocidade rápida de 160 rpm durante 5 minutos e velocidade lenta de 20 rpm durante 15 minutos, com repouso de 2 horas para ação dos coagulantes.

Devido ao aparelho *Jar Test* possuir capacidade para seis jarros, foram realizados dois ensaios por vez. Sendo assim, primeiramente, foram-se medidos os pHs das amostras do efluente

de laticínio, como os agentes coagulantes atuam melhor em meio alcalino, fez-se necessário correção utilizando 2 g da solução de NaOH até que mesmo atingisse uma faixa entre 9,0 e 10,0, em seguida, foram adicionados os coagulantes. Após os processos de homogeneização rápida, promovendo a coagulação, e homogeneização lenta, promovendo a floculação, seguiu-se a etapa de repouso das amostras, para a decantação das partículas suspensas. Após o período de repouso, ocorreu a medição dos pHs finais dos tratamentos e os sobrenadantes foram retirados, ficando ao fundo dos jarros do *Jar Test* apenas o lodo residual que foi descartado em seguida.

Esquemático na Figura 1, encontram-se representadas as variáveis controláveis e incontroláveis que foram levadas em consideração para a realização dos experimentos.

FIGURA 1. Variáveis controláveis e incontroláveis durante os experimentos.



Fonte: O(a) autor(a) (2019).

Nesta, é possível observar que durante todo o processo de tratamento do efluente, variáveis como volume do efluente utilizado, rotação por minuto em *Jar Test*, temperatura, pH inicial e quantidade de coagulante natural e químico foram rigorosamente controladas. E como contrapartida, a eficiência do tratamento, o pH final, cor aparente e turbidez entram como variáveis incontroláveis para a pesquisa.

Ao final dos ensaios, os dados obtidos foram quantificados e tabulados. De cada amostra foram retiradas alíquotas para determinação dos parâmetros de cor aparente através de método espectrofotométrico, utilizando espectrofotômetro de absorção molecular UV-VIS no comprimento de onda de 456 nanômetros, turbidez através de Turbidímetro DM-TU de acordo com o Standard Methods of Examination of Water and Wastewater ed. 2017 e análises de absorbância em espectrofotômetro 800Xi a 680 nanômetros.

Por conseguinte a tabulação dos dados obtidos, seguiu-se a etapa de cálculo das médias de absorbância, por meio da equação na Figura 1.1, para avaliação da eficiência dos tratamentos aplicados ao efluente de laticínio com os diferentes tipos de coagulantes.

$$\%Ef = \left( \frac{Abs_i - Abs_f}{Abs_i} \right) \times 100\% \quad (1.1)$$

Onde:

$Abs_i$  = Absorbância inicial (efluente bruto)

$Abs_f$  = Absorbância final (tratamentos)

#### 4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e os dados obtidos foram submetidos a avaliações estatísticas para análises físico-químicas dos seus tratamentos (Coagulantes/Floculantes), na qual os resultados foram analisados por Análise de Variância (ANOVA), teste de média Tukey ao nível de 5% de significância pelo programa *Statistica 5.0*.

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados alcançados na caracterização dos experimentos, aplicou-se análise estatística. Os dados de eficiência, pH, cor aparente e turbidez foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), onde, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de significância (TABELA 1).

TABELA 1. Análise de variância, expressos em média, para os parâmetros físico-químicos de pH, Cor aparente, Turbidez e Eficiência para os tratamentos.

TRATAMENTO	EFICIÊNCIA/ABS	pH	COR APARENTE	TURBIDEZ
Extrato aquoso com óleo	59,66a	10,0a	0,7310bc	637,00a
Extrato salino com óleo	64,09a	8,0a	1,1773abc	632,50a
Extrato aquoso sem óleo	50,41a	8,3a	1,5066ab	730,00a
Extrato salino sem óleo	61,75a	9,6a	1,2361ab	397,00a
Semente em pó	46,10a	9,3a	1,6768a	639,50a
Sulfato de alumínio	86,49a	10,0a	0,4343c	83,90a

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade do teste de Tukey.

Fonte: O(a) autor(a) (2019).

Analizando a eficiência dos tratamentos aplicados ao efluente de laticínio utilizando diferentes tipos de coagulantes/floculantes, em questão de eficiência por meio da análise de absorbância, os tratamentos à base de sementes de *Moringa oleífera* Lam. foram considerados satisfatórios apenas para os extratos aquosos e salinos com e sem óleo quando comparados aos resultados com o uso do sulfato de alumínio, tendo em vista que o sulfato de alumínio é o coagulante mais utilizado, devido à excelente formação do floco, segundo Carvalho (2008).

O pH ficou numa faixa entre 8,0 e 10,0 de atuação, porém, o extrato salino com óleo e extrato aquoso sem óleo apresentaram melhores resultados finais para o efluente tratado. A variação de pH é normal, de acordo com o Manual Técnico para Coleta de Amostras de Águas (2009), pH e turbidez, em particular, frequentemente, variam durante o dia. E por atuar em diversos equilíbrios químicos desencadeados de maneira natural ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos, principalmente, porque os processos de coagulação e floculação dependem deste (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2010 apud Scuracchio, 2010; Piveli, 2001) para que haja uma ótima ação do coagulante aplicado.

Em questão de cor aparente, todos os tratamentos apresentaram bom desempenho, porém, quando comparados ao sulfato de alumínio, os extratos aquoso e salino com óleo obtiveram eficácia semelhante a este. A eficácia de redução substancial de cor usando extrato aquoso, oriundo de sementes de *Moringa oleífera* Lam., no tratamento de água para consumo humano foi comprovada por Scuracchio (2010), que evidenciou também redução de turbidez e a existência, praticamente, de particulado no sobrenadante ao final do tratamento. Caldeira (2012) confirma a existência de pesquisas que descrevem o potencial da moringa no tratamento de água, apresentando resultados satisfatórios na redução da turbidez. No entanto, em questão de turbidez, todos os resultados obtidos por meio dos experimentos em *Jar Test* foram considerados iguais estatisticamente.

Ao avaliar a Resolução 357/2005, o efluente de laticínio devidamente tratado se enquadra como água doce de classe 2 que pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca (BRASIL, 2005).

Na Tabela 2 encontram-se listados os parâmetros quantitativos de qualidade avaliados neste trabalho, bem como suas respectivas relações de conformidade estabelecidos pelo CONAMA, comparando-se os resultados obtidos neste estudo com os limites fixados pelas Resoluções nº 357/2005 e nº 430/2011.



Tabela 2. Limites dos parâmetros monitorados segundo o CONAMA *versus* os parâmetros analisados.

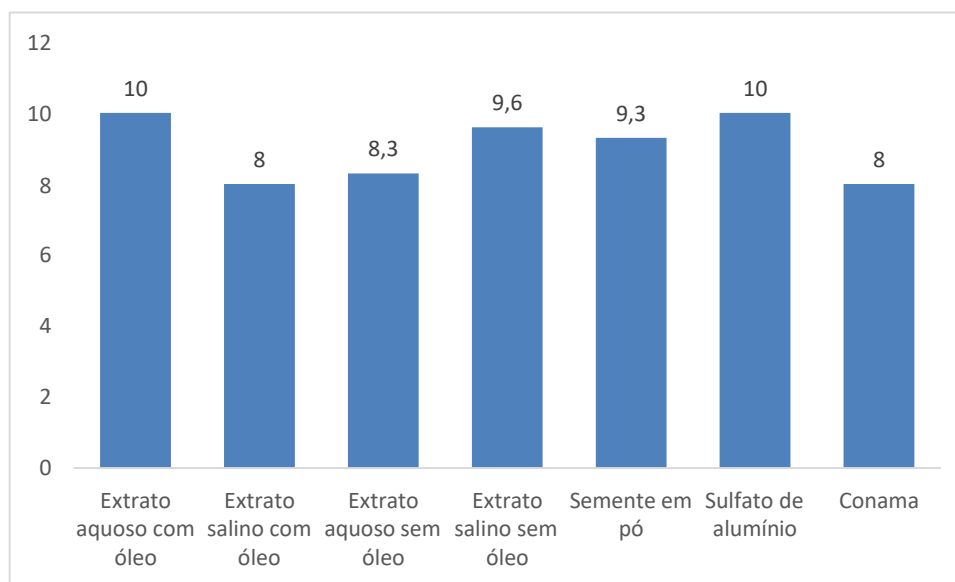
Parâmetros de qualidade	CONAMA n° 357/2005 e 430/2011	Extrato aquoso c/ óleo	Extrato salino c/ óleo	Extrato aquoso s/ óleo	Extrato salino s/ óleo	Moringa em pó	Sulfato de alumínio
pH	6 a 9	10	8	8,3	9,6	9,3	10
Cor aparente	$\leq 75$	0,7310	1,1773	1,5066	1,2361	1,6768	0,4343
Turbidez	$\leq 100$	637,00	632,50	730,00	397,00	639,50	83,90

Fonte: O(a) autor(a) (2019).

Para um melhor vislumbre da eficiência dos tratamentos usando agentes coagulantes naturais, a base de sementes de *Moringa oleífera* Lam., e químicos, com sulfato de alumínio, foram-se gerados gráficos quanto os parâmetros de qualidade pH, cor aparente e turbidez avaliados comparando-os aos limites estabelecidos pelas Resoluções 357/2005 e 430/2011 (TABELA 2.).

A Figura 2 demonstra o comportamento do pH após o tratamento físico-químico usando diferentes tipos de coagulantes nos ensaios realizados em *Jar Test*.

FIGURA 2: Parâmetro pH analisado para cada tratamento *versus* CONAMA n° 357/2005 e 430/2011.



Fonte: O(a) autor(a) (2019).

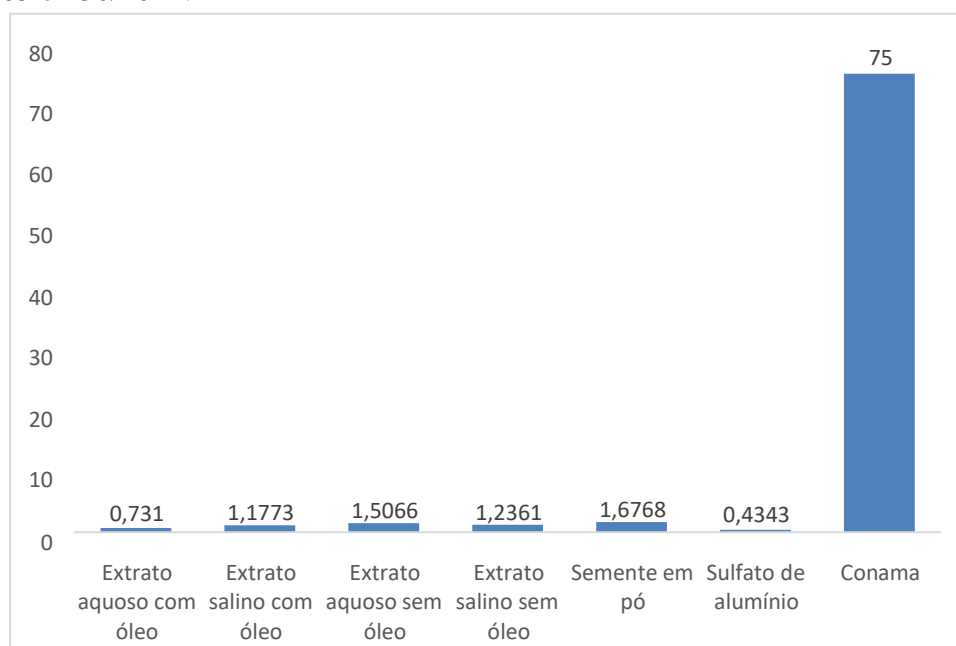
O pH do efluente bruto de laticínio estava em 4,0, após correção com 2 g de solução de NaOH, este ficou numa faixa entre 9 e 10. Subsequente ao tratamento utilizando as sementes da moringa em forma extratos salinos e aquosos com e sem óleo, em forma de pó e o sulfato de alumínio, os valores de pH oscilaram entre 8 e 10.

De acordo com o CONAMA, os limites de pH para o lançamento de efluentes em corpos

d'água devem estar entre 6 e 9, sendo assim, apenas os tratamentos utilizando extrato aquoso com óleo e extrato salino sem óleo estariam dentro destes limites e aptos a serem despejados nos corpos receptores sem agredir ao meio ambiente.

A Figura 3 representa os percentuais de remoção do parâmetro cor aparente em relação ao que delimita o CONAMA.

FIGURA 3: Parâmetro Cor aparente analisado para cada tratamento *versus* CONAMA n° 357/2005 e 430/2011.

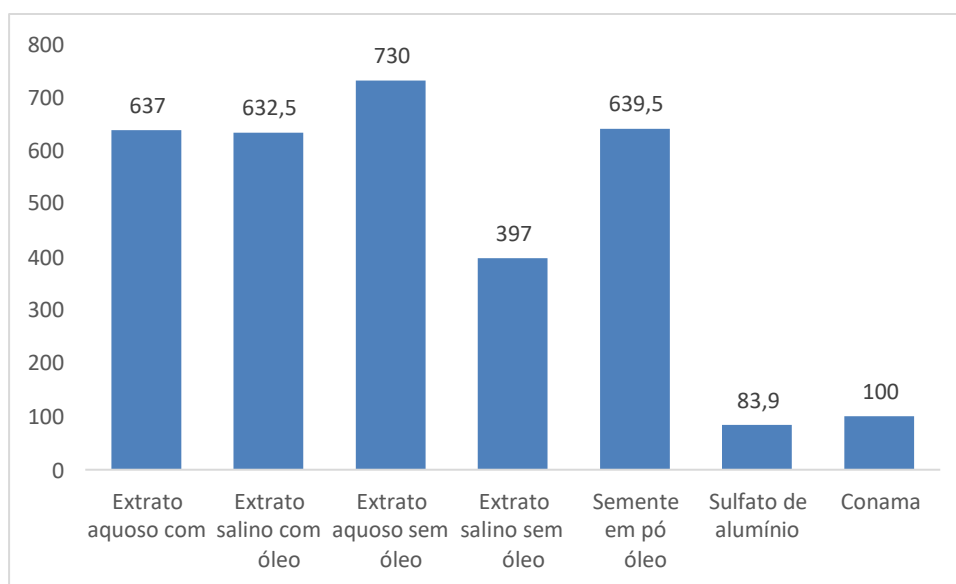


Fonte: O(a) autor(a) (2019).

Inicialmente, o efluente bruto de laticínio apresentava coloração aparente de 2,6309 mgPt/L, após as etapas do tratamento físico-químico os índices de remoção desta demonstraram um bom desempenho dos agentes coagulantes. Assim, com base no que estabelece o CONAMA, os limites de cor para o lançamento de efluentes em corpos d'água deve ser menor igual a 75 mgPt/L, portanto, todos os tratamentos se enquadram dentro destes limites.

Os padrões de lançamento de cor do efluente de laticínio foram avaliados de maneira diferente do que rege o CONAMA. Nesta pesquisa, tal como explica Martins (2014) em seu estudo, foi-se avaliada a cor aparente do efluente, uma vez que a Resolução CONAMA n° 357/2005 avalia a cor verdadeira para o controle da emissão de efluentes em corpos hídricos, porém, considerando que, obrigatoriamente, a cor verdadeira é inferior a cor aparente devido a metodologia de obtenção destes parâmetros, ainda assim é possível fazer uma comparação entre estes parâmetros.

FIGURA 4: Parâmetro Turbidez analisado para cada tratamento *versus* CONAMA n°357/2005 e 430/2011.



Fonte: O(a) autor(a) (2019).

Quanto ao parâmetro de turbidez, a Figura 4 representa o percentual de remoção do parâmetro de qualidade turbidez em relação ao que delimita o CONAMA. Diferentemente do que houve com a cor aparente, neste quesito, apenas o tratamento utilizando o agente coagulante químico sulfato de alumínio se enquadrava ao que estabelece o CONAMA, ou seja, este foi o único cujo resultado encontra-se na faixa de menor igual a 100 mg/L.

## 6 CONCLUSÃO

Sendo assim, pode-se concluir com este trabalho que o uso de coagulantes naturais extraídos a partir das sementes secas e trituradas da *Moringa oleífera* Lam. mostrou-se como uma fonte alternativa sustentável para uso experimental no tratamento físico-químico de efluente de laticínio, podendo, futuramente, com o aprimoramento das técnicas de uso, vir a ser usado de maneira complementar ou a substituir o Sulfato de Alumínio, que é o mais comumente utilizado para este fim. Os resultados obtidos por meio dos ensaios realizados em *Jar Test* demonstraram potencial satisfatório quanto ao uso dos extratos aquosos e salinos com e sem óleo quando comparados aos resultados com o uso do sulfato de alumínio em questão de eficiência dos tratamentos aplicados ao efluente de laticínio, utilizando diferentes tipos de agentes coagulantes por meio de análise de absorbância. Quanto aos parâmetros de pH, cor aparente e turbidez, avaliados de acordo com os padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água regidos pelo CONAMA, estiveram dentro dos limites estabelecidos para pH apenas extrato aquoso com óleo e

extrato salino sem óleo; para cor aparente todos se enquadraram e para turbidez apenas o sulfato de alumínio obteve um desempenho de remoção estando dentro dos limites da legislação.

Por fim, pode-se concluir também que a quantidade de lodo residual como corpo de fundo nos jarros gerado pelo agente coagulante químico foi maior quando comparada aos agentes coagulantes naturais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R. F. Tratamento de efluente em lagoas de estabilização: **um estudo de caso em indústria de laticínio na região do Vale do Jamari-RO**. 2014. 70 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Fundação Universidade Federal de Rondônia. Ariquemes, 2014.

ANDRADE, L. H. de. **Tratamento de efluente de indústria de laticínios por duas configurações de biorreator com membranas e nanofiltração visando o reúso**. 2011. 214 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23<sup>a</sup>. ed. Washington, 2017, 2130 B, 2-13.

ARAÚJO, N. A.; RODRIGUES, R. S.; MOITINHO, A.; GOMES, M. C. M.; SANTANA, C. R.; SILVA, G. F. Eficiência dos extratos aquoso e salino de *Moringa Oleifera* Lam no tratamento do efluente gerado na produção de biodiesel. In: World Water Congress, 14, 2011, Pernambuco. **Anais...** Pernambuco, 2011. p.11. Disponível em: <<https://iwra.org/member/congress/resource/PAP00-5829.pdf>>. Acesso em: 26.Nov.2018

BARBOSA, C. S.; MENDONÇA, R. C. S.; SANTOS, A. L.; PINTO, M. S. Aspectos e impactos ambientais envolvidos em um laticínio de pequeno porte. **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, Jan/Fev, n. 366, v. 64, p 28-35, 2009.

BARBOSA, F. A.; MOLINA, L. R. **Conjuntura da carne bovina no mundo e no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agronomia.com.br/>>. Acesso em: 26.Nov.2018

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Resolução nº 274, de 25 de janeiro de 2000. **Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras**. Diário Oficial da União. Poder executivo, Brasília, DF, 25 de janeiro de 2000.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Poder executivo, Brasília, DF, 18 de março de 2005.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama**. Diário Oficial da União. Poder executivo, Brasília, DF, 16 de maio de 2011.

BUSS, D. A.; HENKES, J. A. Estudo dos impactos ambientais causados por laticínios com foco no reaproveitamento dos resíduos gerados. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 3, n. 2, p.384 - 395, out. 2014/mar, 2015.

CALDEIRA, N. C. A. **Avaliação da Moringa oleifera Lam. para remoção de dureza de águas**. 2012. 38 f. Monografia (Recursos Hídricos e Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Ciências Agrárias: Montes Claros. 2012.

COMPRI-NARDY M., STELLA M.B., OLIVEIRA C. **Práticas de Laboratório de Bioquímica e Biofísica**. 2009. 200 p. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/leo/site\\_espec/bibliografia.html](http://www.ufrgs.br/leo/site_espec/bibliografia.html)>. Acesso em: 23.Maio.2019

CARVALHO, M. J. H. **Uso de Coagulantes Naturais no Processo de Obtenção de Água Potável**. 2008. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Anuário leite 2018: **Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro**. São Paulo: Texto Comunicação Corporativa, 2018. 114p.

GOMES, S. T. **Produção de leite no Brasil**. 2012. Disponível em: <<http://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/5751/3599>>. Acesso em: 28.Mai.2019

GIL, A. S. L.; BONATTO, J.; BETTO, T. L.; HEMKEMEIER, M. Caracterização físico-química de efluente de indústria de laticínios tratado por sistema de lagoas de estabilização. In: Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 1, 2008, Bento Gonçalves-RS. **Anais...** Bento Gonçalves, 2008, 7 p.

GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS. 2015. Disponível em: <<http://pnla.mma.gov.br/publicacoes-diversas?download=48:guia-tecnico-ambiental-da-industria-de-laticinios&start=40>>. Acesso em: 09.Mar.2019

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de recuperação automática**. 2018. Disponível em: <[sidra.ibge.gov.br](http://sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 26.Nov.2018

JERÔNIMO, C. E. M.; COELHO, M. S.; MOURA, F. N.; ARAUJO, A. B. A. Qualidade ambiental e sanitária das indústrias de laticínios do Município de Mossoró-RN. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.7, n. 7, p. 1349-1356, mar.-ago., 2012.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. ed. Campinas: Editora Átomo, 2010.

MACHADO, R. M. G. et al. Controle ambiental nas pequenas e médias indústrias de laticínios: **Projeto Minas Ambiente**. Belo Horizonte: SEGRAC, 2002.

MAGNO, P. S. L. Tratamento de efluentes em lagoas de estabilização: **Em estudo de caso em indústria de laticínio**. 2010. 73 f. Dissertação (mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Taubaté – São Paulo, 2010.

MALDANER, T. L. **Levantamento das alternativas de minimização de impactos gerados pelos efluentes de abatedouros e frigoríficos**. Brasília, 2008.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, F. **Reuso da água**. 3 ed. Barueri: Manuelie, 2003.

MANUAL TÉCNICO PARA COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUAS. 2009, Florianópolis-SC. Disponível em: <[http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/manual\\_coleta\\_%C3%81gua.pdf](http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/manual_coleta_%C3%81gua.pdf)>. Acesso em: 24.Abril.2019.

MARTINS, H. C. **Estudo Sobre os Processos de Coagulação, Flocculação e Decantação em Efluentes Oriundos de Usina Canavieira**. 2014. 56p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S.; MONACO, P.A.L.; SARMENTO, A. P. & MATOS, M. P. Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas

residuárias de laticínios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.12, p.1311–1317, 2010.

MIRANDA, C. S. A.; PEREIRA, D. F.; ARAÚJO, N. A.; SANTOS, T. M.; CAVALCANTI, E. B.; SILVA, G. F. Estudo da Eficiência da Semente e do Extrato da Moringa no Tratamento de Água Produzida. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 6, 2011, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2011. 8 p. Disponível em: <[http://www.portalabpg.org.br/site\\_portugues/anais/anais6/publicacoes/repositorio/trabalhos/01320129042011135.pdf](http://www.portalabpg.org.br/site_portugues/anais/anais6/publicacoes/repositorio/trabalhos/01320129042011135.pdf)>. Acesso em: 08.Abril.2019

NAVA, L.; LIMA, C. de. Avaliação da Eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes (ETEZR) Instalada no Horto Florestal de Caçador-SC. **Ignis**, v.1, n.1, p.17-33, jan./jun. 2012.

NUNES, J. A. **Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais**. 5ª edição; Aracaju: Info Graphics Gráfica e Editora Ltda, 2008; p. 315.

PACHECO, J. W.; YAMANAKA, H. T. **Guia técnico ambiental de frigoríficos - industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo: CETESB (Série P + L), 2008.

PIVELI, R. Curso Qualidade das Águas e Poluição: **Aspectos Físico-Químicos**. Notas de Aula, EEUSP, 2001. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%206%20%20Alcalinidade%20e%20Acidez.pdf>>. Acesso em: 23.Abril.2019

POKRYWIECKI, T. S GUMY, M. P. TONIAL, I.B.; POKRYWIECKI, J. C. Avaliação do processo de tratamento de efluentes de laticínios. **Instituto Nacional do Semiárido**. V.2, n.2, p.93-101, 2013.

RANGEL, M. S. **Um purificador natural de água e um complemento alimentar para o Nordeste do Brasil**. EMBRAPA: Tabuleiros Costeiros. Aracajú-Sergipe. 2011. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/a10moringa.htm>>.

SARAIVA, C. B. **Potencial poluidor de um laticínio de pequeno porte: um estudo de caso**. 2008. 68 f. Dissertação (mestrado em ciência e tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa: Viçosa. 2008.

SCURACCHIO, P. A. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos-SP**. 2010. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade De Ciências Farmacêuticas. Campus de Araraquara: Araraquara. 2010.

SIECZKA JUNIOR, E. L. **Estudo da alteração na absorção da luz monocromática (transmitância) como parâmetro de contaminação do mar por hidrocarbonetos**. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

SILVA, D. J. P. **Resíduos na Indústria de Laticínios**. Universidade Federal de Viçosa: Departamento de Tecnologia de Alimentos, 20 p. Viçosa, Minas Gerais, 2011a.

SILVA, M. A.; ALMEIDA, S. N. R.; ALMEIDA, R. R. P.; CAROLINO, E. C. A.; CRISPIM, D. L. A problemática ambiental decorrente dos resíduos sólidos gerados no processo produtivo do queijo. **Revista Verde** - Pombal / PB, v.10, n.5, p.01 - 06, Dez., 2015b. Disponível em: <

<http://oaji.net/articles/2016/2238-1456158631.pdf>>. Acesso em: 02.Abril.2019

SILVA, G. F. da. [et al.] **Potencialidades da Moringa oleifera Lam.** São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2018c. v.4. ISBN 978-85-7822-608-4

SORIO, A. Cadeia Agroindustrial do Leite: **Diagnóstico dos Fatores Limitantes à Competitividade.** Brasília, dezembro de 2018. Disponível em: <[http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz\\_sc\\_cadeia\\_prdutiva\\_leite\\_MICS\\_por\\_2018.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz_sc_cadeia_prdutiva_leite_MICS_por_2018.pdf)>. Acesso em: 02.Abril.2019

SOUSA, A. J. S.; FERNANDES, W. C. G.; OLIVEIRA, E. L.; MARQUES, R. C. P. Tratamento de efluentes de oficinas automotivas para o reuso usando sementes de moringa. In: Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 6, 2018, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, 2018. 06 p. Disponível em: <[https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=66&ano=\\_sexto](https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=66&ano=_sexto)>. Acesso em: 10.Abril.2019

TEODORO, A.; IDE, C. N.; RIBEIRO, M. L.; BROCH, S. A. O.; SILVA, J. Implementação do conceito Capacidade de Diluição de Efluentes no modelo de qualidade da água QUALUFMG: estudo de caso no Rio Taquarizinho (MS). **SciELO. Eng. Sanit. Ambiental.** Vol.18, nº. 3, Rio de Janeiro, July / Sept. 2013.

VAZ, L. G. L. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento de efluente líquido gerado na galvanoplastia.** 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Toledo: Toledo/PR. 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** v. 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.

WISSMANN, M. A.; HEIN, A. F.; NEULS, H. Geração de resíduos: uma análise da ecoeficiência nas linhas de produção em uma indústria de laticínios e a influência sobre os custos ambientais. **Custos e @gronegocio online**, v. 9, n. 4, p 83-103, Out/Dez, 2013. ISSN 1808-2882.