

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CAMPUS DO SERTÃO  
CURSO DE AGROINDÚSTRIA**

**DANIEL AMORIM DE SANTANA**

**USO DE AGENTES COAGULANTES NA EFICIÊNCIA DO  
TRATAMENTO DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS**

**NOSSA SENHORA DA GLÓRIA – SE**

**2020**

**DANIEL AMORIM DE SANTANA**

**USO DE AGENTES COAGULANTES NA EFICIÊNCIA DO  
TRATAMENTO DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Núcleo do Curso de Bacharelado em Agroindústria, da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Agroindústria.

Orientador: Prof.: Dr. Danilo Santos Souza

Coorientador Prof. Dr. Fábio de Melo Resende

**NOSSA SENHORA DA GLÓRIA – SE**

**2020**



## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pelo dom da vida e ter me proporcionado chegar até aqui, por me dá tudo o quanto é necessário em todas as coisas, além de me presentear com muitas bênçãos e maravilhas no decorrer da minha vida.

Aos meus pais, pelo incentivo, motivação e dedicação para que pudesse ter todas possibilidades durante toda a minha vida.

Aos meus irmão, especialmente Davi e Viviane pelo apoio, ajuda, conselhos e ensinamentos. Além de estar sempre presente quando em precisei. Ao meu cunhado Marcos André, pelos conselhos e incentivo.

A todos da minha família que apoiaram e me ajudaram, em especial minha avó Angelita, e minhas tias Luzineide e Luzimar.

A todos os meus colegas, pelas trocas de informações, pela ajuda e momentos divertidos que tivemos.

Aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado, em particular o meu orientador o Prof. Dr. Danilo Santos Souza e coorientador Prof. Dr. Fábio de Melo Resende por todas as lições valiosas ensinadas.

Agradeço aos membros da banca avaliadora profa. Dra. Denise Ribeiro de Freitas e prof. Dr. João Batista Barbosa pela colaboração.

E por fim, a instituição, a Universidade Federal de Sergipe, por dá a chance e as ferramentas que permitiram evoluir e chegar ao final deste ciclo de forma esplendorosa, garantindo a formação de mais uma turma no curso de graduação em bacharelado em Agroindústria.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de processos de Tratamento de Efluente.....	18
Figura 2: Princípio do sistema de Lodo Ativado.....	18
Figura 3: Esquematização de alguns reatores anaeróbios de alta taxa.....	19
Figura 4: Decantação.....	19
Figura 5: Flotação de Resíduos.....	20
Figura 6: Gradeamento.....	20
Figura 7: Peneira Estática.....	20
Figura 8: Fluxograma de classificação dos tipos de Sólidos.....	22
Figura 9: Risco de escassez no Planeta.....	28
Figura 10: Equipamento Jar Test (Teste de Jarro) .....	30
Figura 11: Equipamento turbidímetro Microprocessado.....	31
Figura 12: Sensor de DBO acoplado a garrafa com amostra do efluente.....	32
Figura 13: Dados de eficiência para o efluente tratado com ESM.....	38
Figura 14: Dados de eficiência para o efluente tratado com AS.....	38
Figura 15: Dados de eficiência para o efluente tratado com PA.....	39

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros Físico-químicos de efluente de laticínio.....	17
Quadro 2 – Padrões de lançamento de efluentes, parâmetros inorgânicos.....	26
Quadro 3 - Padrões de lançamento, parâmetros orgânicos.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Proporções de coagulantes e efluentes para experimentos em Jar Test.....	31
Tabela 2: Matriz de planejamento para o tratamento com mistura lenta e maior tempo.....	34
Tabela 3: Matriz de planejamento para o tratamento com mistura rápida e menor tempo.....	34
Tabela 4: Valores de entrada do efluente bruto.....	35
Tabela 5: Eficiência dos coagulantes na redução de turbidez do efluente.....	36
Tabela 6: Valores dos melhores tratamentos de cada coagulante.....	41
Tabela 7: Resultados do teste de verificação, dos tratamentos mais eficientes na redução- de turbidez de cada coagulante.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

CEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente.

COT – Concentração de Oxigênio Total.

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DQO – Demanda Química de oxigênio.

E.S – Extrato Salino do Mandacaru.

NTU - Nephelometric Turbidity Unit.

OD – Oxigênio Dissolvido.

PS – Policloreto de Alumínio.

pH – Potencial Hidrogeniônico.

SA – Sulfato de Alumínio.

SS – Sólidos Solúveis.

T1MR – Tratamento 1, mistura rápida.

T3MR – Tratamento 3, mistura rápida.

## RESUMO

As indústrias de laticínios geram grandes quantidades de efluentes com características bem similares sendo que o grande desafio é o reaproveitamento destes efluentes para obter uma boa água de reuso a ser utilizada na lavagem de pisos ou em áreas verdes para pastagens de animais, atendendo os parâmetros exigidos pela resolução 430/2011 da CONAMA. O mandacaru possui grande potencial para auxiliar no tratamento deste tipo de efluentes, visto que tem como princípio ativo um complexo viscoso que age como um polímero natural capaz de aglutinar as partículas presentes no meio líquido. Neste intuito, este projeto de pesquisa tem por objetivo testar o uso de coagulantes químicos e natural no tratamento de efluentes oriundos de indústria de laticínios. Na realização da pesquisa foram utilizados os coagulantes químicos sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) e o policloreto de alumínio  $\text{Aln}(\text{OH})\text{mCl}_{3n-\text{m}}$ , e como coagulante natural o extrato salino do mandacaru (*Cereus Jamacaru* P.). Foram testados em Jar test diferentes condições de tempo (10 e 20 min) e velocidade de mistura (30 e 50 rpm, lenta e rápida, respectivamente) associada a diferentes concentrações dos agentes (7, 10 e 15%). A turbidez inicial do efluente de laticínio estudado foi 1.180 NTU. Os resultados se mostraram eficientes para remoção de DBO, DQO e uma redução significativa de turbidez com o coagulante natural à base de mandacaru. O extrato salino do mandacaru foi mais eficiente com a mistura rápida, onde o mesmo apresentou uma eficiência na remoção de matéria orgânica  $\text{mg.O}_2/\text{L}$  de 86,10%, estando acima dos 60% exigidos pelo CONAMA e, conseqüentemente, apresentou eficiência na remoção de DQO, 86% e turbidez de 97,11%. Da mesma forma, o sulfato de alumínio, também apresentou bons resultados, sendo o tratamento com mistura rápida, o que ofereceu o melhor resultado para o coagulante em questão. Por outro lado, os tratamentos contendo policloreto de alumínio ( $\text{Aln}(\text{OH})\text{mCl}_{3n-\text{m}}$ ), apresentaram uma eficiência máxima 59,72% na remoção de matéria orgânica. A partir dos experimentos, foi possível observar que o tratamento físico-químico se mostrou eficiente quando usado com um coagulante adequado e o extrato salino de mandacaru se apresentou como uma boa opção na redução da turbidez de efluentes oriundos de laticínios, podendo ser considerado como um grande potencial para o tratamento.

**Palavras Chave:** Mandacaru, inovação e legislação.

## ABSTRACT

The dairy industries generate large amounts of effluents with very similar characteristics. In this sense, this research project tested the use of chemical and natural coagulants in the treatment of this type of industrial effluent, with the objective of obtaining good water for reuse, for be used to wash floors or in green areas for grazing animals, meeting the parameters required by CONAMA Resolution 430/2011. The chemical coagulants used were aluminum sulfate ( $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$ ), and aluminum polychloride  $\text{Aln} (\text{OH}) \text{mCl}_{3\text{n}-\text{m}}$ , and as a natural coagulant the mandacaru salt extract, which has an active ingredient as an active ingredient. viscous complex that acts as a natural polymer capable of agglutinating the particles present in the liquid medium. The results showed an excellent removal of BOD, COD and an excellent reduction of turbidity, on the part of the natural coagulant The saline extract of mandacaru (*Cereus Jamacaru P.*), based on 15% calcium chloride, where in the best coagulant treatments above was the treatment: 1 (one) of the rapid mixture for the salt extract, where it showed an efficiency in the removal of organic matter  $\text{mg.O}_2 / \text{L}$  of 86.10%, where the resolution 430/2011 of CONAMA establishes efficiency of 60%, consequently showed good results in the removal of COD, having an efficiency of 86% and Turbidity 97.11%, emphasizing that the initial turbidity of the dairy effluent in question was 1,180 NTU. Already the aluminum sulfate, also presented good results being the treatment 3 (three) of the fast mixture, which offered the best result for the coagulant in question. On the other hand, Aluminum Polychloride,  $\text{Aln} (\text{OH}) \text{mCl}_{3\text{n}-\text{m}}$ , showed a maximum efficiency of 59.72% in the removal of organic matter, where it did not have good results when compared with the current legislation. However, the aforementioned coagulants showed good efficiency in the treatment mentioned above. However, the physical-chemical treatment proved to be efficient when used with a suitable coagulant.

**Keywords:** Mandacaru, innovation and legislation.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	13
<b>2 OBJETIVOS</b>	15
2.1 Geral	15
2.1.2 Específicos	15
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	16
3.1 Caracterização do efluente de laticínio	16
3.2 Tratamento biológico e físico-químico	17
3.3 Parâmetros de controle no monitoramento	21
3.3.1 Cor	21
3.3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	21
3.3.3 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	21
3.3.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)	22
3.3.5 Sólidos suspensos	22
3.4 Coagulantes inorgânicos e natural	23
3.4.1 Sulfato de Alumínio	23
3.4.2 Policloreto de alumínio	24
3.4.3 Extrato salino do mandacaru	24
3.4.4 Mandacaru ( <i>Cereus jamacaru P.</i> )	25
3.5 Legislação	25
3.6 Reuso de água	27
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	29
4.1 Local da pesquisa	29
4.2 Aquisição do efluente e da matéria-prima	29
4.3 Preparo dos coagulantes inorgânicos e natural	30
4.4 Testes de coagulação usando o equipamento Jar Test	31
4.5 Determinação da turbidez	32
4.6 Determinação do Carbono Orgânico Total (COT)	32
4.7 Determinação do pH	33
4.8 Determinação da DBO <sub>5,20</sub> por transdução de pressão	33
4.9 Quantidade de água de reuso	34
4.10 Delineamento experimental	34
4.11 Análise estatística	35
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	36
5.1 Caracterização do efluente bruto	36

5.2 Eficiência na redução de turbidez .....	37
5.3 Comparação entre os coagulantes.....	41
8 CONCLUSÃO.....	42
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	43
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>44</b>
ANEXOS .....	47

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para a manutenção da vida no mundo. Todos os seres vivos dependem dela para viver e também é o único recurso natural que tem a ver com todos os semblantes da civilização humana, desde o crescimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos radicados na sociedade. Após seu uso, muitos poluentes são incorporados à água, alterando suas características físicas, químicas e sensoriais gerando grandes quantidades de efluentes líquidos, Agencia Nacional das Águas (ANA, 2013).

Nesse viés, uma das grandes preocupações da atualidade têm sido com o meio ambiente, as empresas têm dado maior atenção à questão ambiental, pois seus efluentes sólidos, líquidos e emissões atmosféricas com grande potencial poluidor devem passar por rigorosos processos de tratamento, por obrigação das leis federais e estaduais. O fato é que esses efluentes causam grandes prejuízos aos corpos hídricos, por possuir grande carga orgânica e alta demanda de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e o tratamento químico dos efluentes industriais tem sido uma grade alternativa adotada pelas empresas (CITAÇÃO???)

O CONAMA define efluente como “termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos industriais e domésticos”. Com isso, existe a obrigação de tratar esse efluente para ser lançado nos corpos receptores. No intuito de reduzir o potencial poluidor, algumas formas de tratamentos foram desenvolvidas sendo elas físicas, químicas e biológicas, além de poder ser utilizado a junção de alguns, como por exemplo, o tratamento físico-químico e físico-biológico entre outros. De acordo com a resolução CONAMA nº 430 de 2011, “Mostra que qualquer efluente proveniente de fontes poluidoras somente poderá ser lançado no meio ambiente, direta ou até mesmo indiretamente nos corpos hídricos depois que atendam padrões e parâmetros estabelecidos pela resolução citada acima”.

O uso de coagulantes inorgânicos e naturais no tratamento de efluentes de laticínios ainda é pouco empregado pelas indústrias. Sendo que, coagulante é qualquer substância que produz coagulação em outra, Fazendo com que aumente a densidade do floco em relação ao meio aquoso PAVANELLI (2001). É comum as indústrias utilizarem o Sulfato de Alumínio no tratamento de efluentes, mas o uso de outras substâncias naturais ou químicas vem sendo bastante estudadas, como é o caso do policloreto de alumínio e extrato salino de mandacaru obtido com solução salina de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ).

O mandacaru (*Cereus jamacaru P.*) é uma das espécies nativas da vegetação da caatinga, pertencendo à família das cactáceas. Cresce em solos pedregosos e, junto a outras espécies de cactáceas, forma a paisagem típica da região semi-árida do Nordeste, sendo encontrado nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais. Esta planta atinge de 3 a 7 m de altura e possui caule cheio de espinhos rígidos, com grande quantidade de água. O mandacaru possui um polímero natural que possibilita a coagulação das partículas presentes no meio em questão (ZARA; THOMAZINI; LENZ, 2012). No tratamento de efluente é uma tecnologia totalmente inovadora, porém, se provar ter boa eficiência nesta área, pode ter um bom custo benefício para as empresas.

Por outro lado, as Estações de Tratamentos de Efluentes (ETE's) sempre estão procurando meios para aumentar a eficiência, o qual é vital para um bom tratamento de efluente, tendo em vista que as linhas de produções estão sempre em constantes mudanças, olhando sempre para o aumento da produtividade (SILVEIRA, 2010), o que conseqüentemente irá gerar maior quantidade de efluente. Atualmente, a perda estimada em uma indústria de laticínio é de 0,5 a 4% de todo leite que é processado, o que posteriormente levará a empresa a gerar grandes quantidades de efluentes. O tratamento físico-químico além de ser eficiente, ocupa um menor espaço, do que o tratamento biológico. Além disso, o desenvolvimento de novas técnicas no tratamento físico-químico do efluente de laticínio se faz necessário, pois em uma ETE, o principal objetivo é a separação da água dos materiais orgânicos e inorgânicos.

Em síntese, o corrente trabalho objetivou avaliar a eficiência de diferentes coagulantes e promover o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento, bem como efluentes oriundos de laticínios, além de caracterizar o efluente, e mostrar seus valores orgânicos e inorgânicos, do mesmo modo que, os padrões estabelecidos pela legislação, para seu descarte nos corpos receptores. Sobretudo, comparando a eficiência alcançada nesse tipo de tratamento e analisando o desempenho do coagulante natural, extraído a partir da polpa do mandacaru (*Cereus jamacaru P.*).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Avaliar a eficiência de coagulantes inorgânicos e natural no tratamento físico-químico do efluente de uma indústria de laticínio.

#### 2.1.2 Específicos

- Caracterizar o efluente bruto de acordo aos parâmetros físico-químicos (pH, turbidez, DQO e DBO);
- Testar o coagulante natural extraído a partir do mandacaru (*Cereus jamacaru P.*) no tratamento físico-químico do efluente de laticínios.
- Comparar as eficiências de remoção de turbidez e DBO do efluente com o uso do coagulantes inorgânicos (sulfato de alumínio e policloreto de alumínio) ;
- Analisar os resultados de, DBO, e turbidez antes e após os tratamentos com os coagulantes: inorgânicos e natural;
- Comparar os resultados do efluente final tratado com os parâmetros definidos pela legislação vigente (CONAMA 430/2011).

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Caracterização do efluente de laticínio.

No geral, efluente é o resíduo proveniente das atividades industriais ou humanas, como processos industriais e rede de esgoto, que são lançados no meio ambiente, na forma de líquidos ou de gases. Segundo Begnini, Ribeiro (2014). Os laticínios são indústrias que gera grandes quantidades de efluentes, um dos fatores para isso é o alto uso de água, o que conseqüentemente aumenta a produção de efluente a ser tratado pela ETE (Estação de Tratamento de Efluente). (CITAÇÃO???)

Para SILVA (2011), qualquer indústria ativa gera algum tipo de efluente, as indústrias lácteas, gera resíduos sólidos, líquido e gasosos. Braile, Cavalcanti (1993) mostraram que as etapas que gera maior quantidade de efluente são lavagem e desinfecção de máquina e equipamentos, rompimento de embalagens contendo leite e derivados, além de perdas nas envasadoras.

Com isso, a composição dos efluentes dessas indústrias incide, principalmente, de quantidades variáveis de leite diluído, (entre 0,5 a 4%), materiais sólidos flutuantes de uma variedade de fontes (principalmente substâncias graxas), e materiais utilizados na lavagem e manutenção dos equipamentos e máquinas como: detergentes, desinfetantes, lubrificantes e também o próprio esgoto doméstico (HENARES, 2015).

O efluente proveniente de indústrias de laticínios, também possui uma grande carga orgânica, a matéria orgânica pode ser identificada pela presença do Carbono C, e na capacidade de forma cadeias curtas ou longas, características essas que estão presentes em qualquer substância orgânica. O soro é um composto orgânico que necessita uma destinação diferente dos outros efluentes, o soro é considerado um grande agente poluidor, pois o mesmo é cerca de cem vezes mais poluente que o esgoto doméstico. Diante disso, o soro deve receber maior atenção em relação ao tratamento, podendo até ser utilizado na produção de derivados do leite, como bebidas lácticas (SILVA, 2011).

O quadro abaixo apresenta os diferentes parâmetros físico-químicos que podem ser encontrados no efluente e suas respectivas concentrações.

Quadro 1 – Parâmetros físico-químicos de efluente de laticínio.

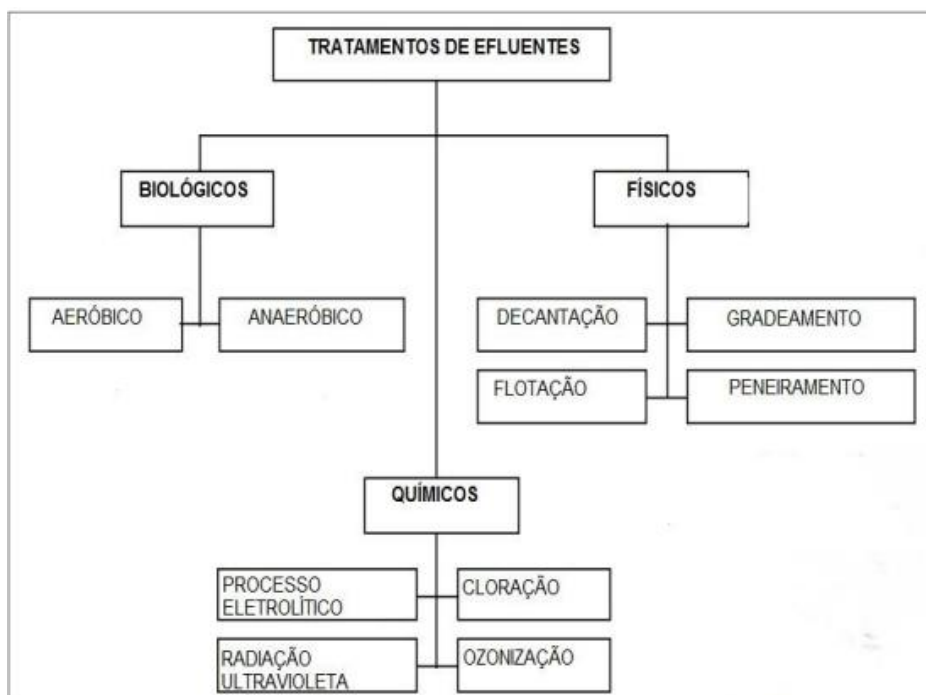
<b>Parâmetros</b>	<b>Faixa de variação</b>
Sólidos Suspensos Voláteis	24 – 5700mg/L
Sólidos Suspensos Totais	135 – 8500 mg/L
DQO	500 – 4500 mg/L
DBO	450 – 4790 mg/L
Proteína	210 – 560 mg/L
Gordura/óleos e Graxas	35 – 500 mg/L
Carboidratos	252 – 931 mg/L
Amônia – NH <sub>3</sub>	10 – 100 mg/L
Nitrogênio	15 – 180 mg/L
Fósforo	20 – 250 mg/L
Sódio	60 – 807 mg/L
Cloretos	48 – 469 mg/L
Cálcio	57 – 112 mg/L
Magnésio	22 – 49 mg/L
Potássio	11 – 160 mg/L
PH	5,3 – 9,4
Temperatura	12 – 40 °C

Fonte: Adaptada de HENARES (2015).

### 3.2 Tratamento biológico e físico-químico

Basicamente existem 03 (três) tipos de tratamento de efluente, que são o tratamento biológico, químico e físico. Também existe a conciliação dos tratamento que podem ser Físico-químico por exemplo, a Figura 1 abaixo mostra exatamente as opções de tratamento.

Figura 1: Diagrama de processos de Tratamento de Efluente

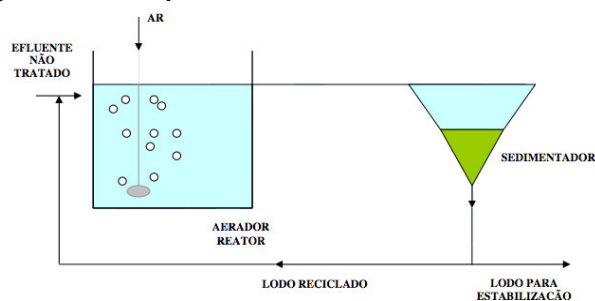


Fonte: Marcondes, (2012)

O tratamento biológico é considerado aquele que precisa da ação de microrganismo os quais degrada a matéria orgânica presente no meio, podendo ser através de microrganismos aeróbicos ou anaeróbicos (MARCONDES, 2012).

Barcello, Carvalho (2012) mostraram que no tratamento biológico aeróbio, os microrganismos diante de processos oxidativos, degradam a matéria orgânica presente no meio, a qual é alimento para os mesmos. A qual é a fonte de energia desses microrganismos, entretanto há biodegradação devido a presença do oxigênio. Nesse tipo de tratamento, os métodos mais aplicados são os tratamentos por lodo ativado conforme Figura 2.

Figura 2: Princípio do sistema de Lodo Ativado.



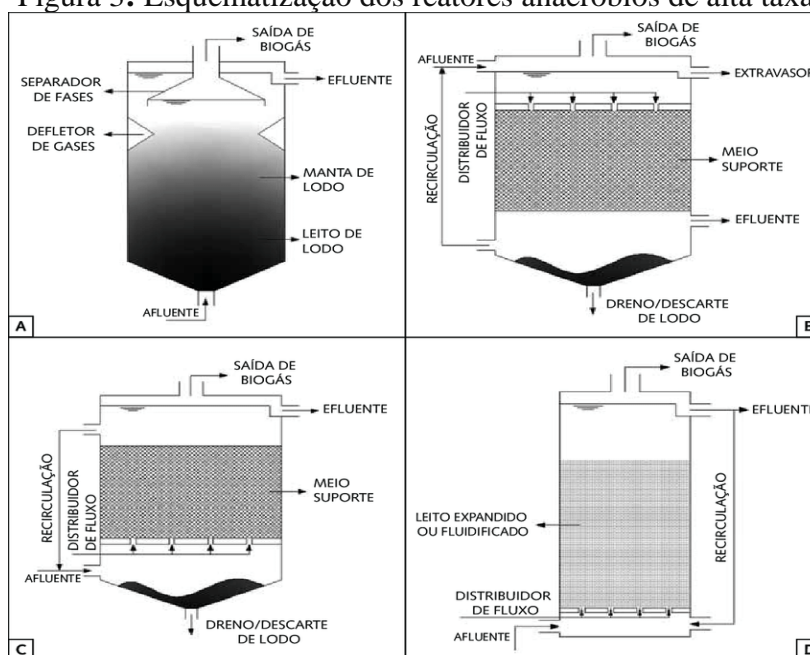
Fonte: KURITA (2019).

Segundo Fuess (2019) nos processos anaeróbios de tratamento de efluentes são utilizados microrganismos que consomem a matéria orgânica presente no efluente, na

ausência de oxigênio molecular (OM), onde nota-se a diferença deste tratamento, obtendo como resultado a produção de metano e dióxido de carbono, deixando na solução aquosa substâncias como: amônia, sulfetos e fosfatos.

O efluente ou lama é introduzido em um tanque fechado sob condições anaeróbias (reator anaeróbio) e às vezes aquecido, com o intuito de agilizar a digestão. O tempo de retenção no tanque varia entre alguns dias ou semanas. Sempre dependendo que está sendo tratado, e da concentração de matéria orgânica. Como mostra a Figura 3.

Figura 3: Esquematização dos reatores anaeróbios de alta taxa



Fonte: FUESS, (2019).

Os processos físicos são caracterizados por métodos de separação de fases, que pode ocorrer através de gradeamento (Figura 4), peneiramento (Figura 5), sedimentação ou decantação (Figura 6) e por flotação (Figura 7) dos resíduos (MARCONDES, 2012).

Figura 4: Gradeamento



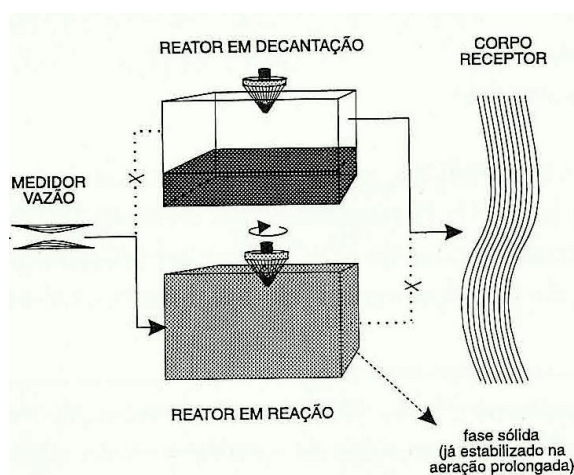
Fonte: Departamento de Água e Esgoto de Bauru (2014)

Figura 5: Peneira Estática



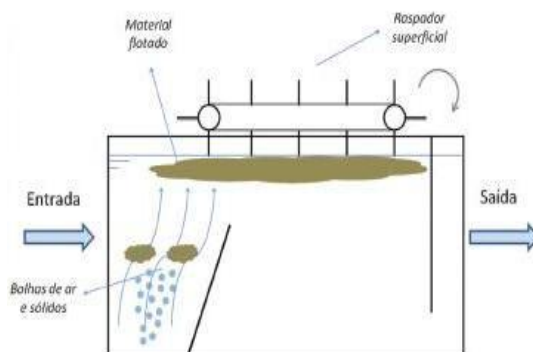
Fonte: HIDROUL, (2019)

Figura 6: Decantação



Fonte: COMUSA, (2013)

Figura 7: Flotação de Resíduos.



Fonte: RUBIN, (2013)

Os processos químicos são aqueles necessários à utilização de reagentes químicos, com o intuito de aumentar a eficiência de um tratamento ou remover algum elemento ou

substância, modificando a estrutura ou alterando suas características químicas. Os processos químicos têm por objetivo remover os elementos e as substâncias que não foram anulados em fases físicas ou até mesmo biológicas do processo de tratamento de efluentes. Algumas dessas etapas são cloração, ozonização, radiação ultravioleta, processos eletrolíticos e etc. (MARCONDES, 2012).

No tratamento químicos são utilizados coagulantes, que são substâncias capazes de agregar as partículas coloidais, ou seja, a matéria dissolvida na água em flocos, ocasionando a decantação dessa matéria para o fundo do tanque (SAAE, 2019).

### 3.3 Parâmetros de controle no monitoramento.

#### 3.3.1 Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, quanto mais resíduos dispersos estiverem na superfície do líquido, menos raio de luz vai atravessá-lo, pois, existe a presença de material coloidal orgânico no efluente, além de substâncias orgânicas mal degradadas pelos microrganismos, entre outros substratos (MARCONDES, 2012). Por isso, o efluente ainda precisa passar por estações de tratamento, que corrijam isso, por esses motivos a cor do efluente é um parâmetro para avaliar a qualidade na eficiência do tratamento do mesmo. Na Resolução nº 20 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, que dispõe sobre os níveis de qualidade das águas naturais do território brasileiro, inclui a cor como parâmetro de classificação.

#### 3.3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

A DBO representa o potencial ou a capacidade de uma massa orgânica “roubar” o oxigênio dissolvido nas águas. Mas este “roubo” não é praticado diretamente pelo composto orgânico, mas sim é resultado da atividade de microrganismos que se alimentam da matéria orgânica (MULLER, 2015).

Para que aconteça o desenvolvimento de DBO, alguns parâmetros tem que existir no meio em questão, como a presença de OD (Oxigênio dissolvido), para que os microrganismos aeróbios possam atuar na degradação da matéria orgânica (AQUINO; SILVA et al., 2006).

#### 3.3.3 Demanda Química de Oxigênio (DQO).

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. A demanda química de oxigênio (DQO) é um parâmetro global utilizado como indicador do conteúdo orgânico de efluentes, e bastante utilizado no monitoramento de estações de tratamento de efluentes líquidos (AQUINO, SILVA et al., 2006).

Para CETESB (2012), DQO em um corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial. A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de efluentes industriais, e torna-se muito útil quando utilizada em conjunto com a DBO.

#### 3.3.4 Potencial Hidrogeniônico (pH).

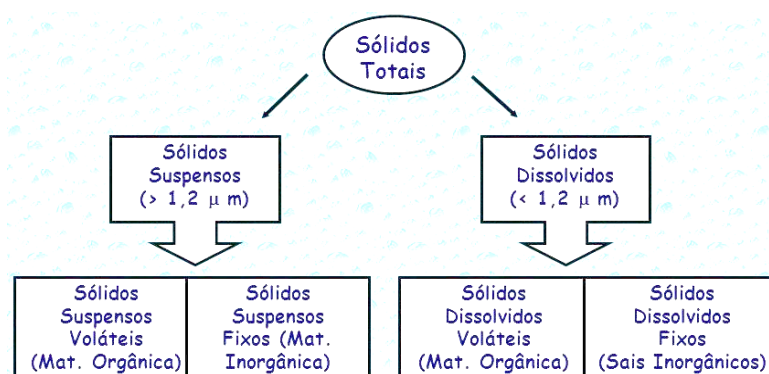
Quando falamos em pH, fazemos referência ao potencial Hidrogeniônico de uma solução, ou seja, a quantidade de cátions hidrônio ( $H^+$  ou  $H_3O^+$ ) que estão dispersos no solvente de uma solução. Potencial Hidrogeniônico que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade em uma solução aquosa.

O pH corresponde à medida da acidez ( $pH < 7,0$ ) ou basicidade ( $pH > 7,0$ ) de uma solução; os seus valores estão compreendidos entre 0 e 14 ( $pH = 7,0$  solução neutra), quanto menor for o número mais ácido é o meio, quanto maior for o número mais alcalino é o meio (MARCONDES, 2012).

#### 3.3.5 Sólidos suspensos

Resíduos ou sólidos são todas as matérias suspensas ou dissolvidas na água, provenientes de despejos domésticos ou industriais. Pode-se interpretar o termo sólido a partir de uma definição operacional, como sendo a matéria que permanece como resíduo após evaporação, secagem ou calcinação, a uma determinada temperatura padrão e por um tempo fixo de um volume de amostra conhecido. Sólidos suspensos são as pequenas partículas que se mantem em suspensão em um meio aquoso, por ter uma densidade menor que a do meio aquoso (SOUZA e CAMPOS, 2019). A Figura é apresentado a classificação dos tipos de sólidos que podem estar presentes no meio de efluentes.

Figura 8: Esquema de classificação dos tipos de Sólidos.



Fonte: Adaptado de (SOUZA e CAMPOS, 2019).

### 3.4 Coagulantes inorgânicos e natural.

Oriundo do latim *coagulare*, o termo “coagulação” significa “manter-se junto”. É um tratamento o qual é feito por meio da adição de produtos químicos sobre uma dispersão coloidal, o que resulta na desestabilização das partículas por meio da redução das forças que tendem a manter as mesmas separadas (BAUMANN, 1971).

Também pode se definir a coagulação como sendo a desestabilização da dispersão coloidal, alcançada através de forças de atração entre partículas por meio da adição de produtos coagulantes apropriados, seguidos por agitação para homogeneização da mistura (PAVANELLI, 2001). Coagulante é todo produto, natural ou químico, usado para espessar líquidos, eventualmente separando a sua fase sólida. Coagulante é qualquer substância que produz coagulação em outra. Fazendo que aumente a densidade do floco em relação ao meio aquoso.

Na pesquisa foi usado coagulantes natural e químicos, como pode-se observar no próximo subtítulo. No intuito de obter dados para resultados e discussão, foram utilizados 3 (três) coagulantes ao todo.

#### 3.4.1 Sulfato de Alumínio.

O sulfato de alumínio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , é o produto da reação do Ácido Sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e o Hidróxido de Alumínio  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ou entre o mesmo ácido e o alumínio metálico. Um dos coagulantes mais utilizados é o sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) que remove partículas e substâncias dissolvidas, por meio do arraste e precipita o que está em suspensão, com

eficiência na etapa de coagulação, contudo seu uso está sendo repensada, pois contamina com os íons sulfato o solo e água (CORAL et al., 2009).

O sulfato de alumínio é um coagulante usado no tratamento de água e efluentes industriais, além do esgoto doméstico. O mesmo pode ser encontrado em duas formas, em pó e na forma líquida independente da forma ele cumpre a mesma função de coagulante (POOLPSCINA, 2016).

O mesmo é um coagulante que já tem algum tempo no mercado, e continua sendo bastante utilizado, em razão do seu alto grau de eficiência, quando lançado no meio ambiente causa grande danos ambientais, desde mortalidade de peixes, alteração de pH e formação de sais (FISPQ, 2007).

#### 3.4.2 Policloreto de alumínio.

O Policloreto de alumínio, é um complexo poli nuclear de íons de alumínio polimerizados, vale ressaltar que polimerização é o nome do processo químico que resulta na formação de macromoléculas (moléculas grandes) denominadas de polímeros, mediante a combinação de moléculas menores, os monômeros. Um tipo de polímero inorgânico com grande peso molecular. Sendo que o Policloreto de Alumínio é geralmente formulado como “ $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ ” e ainda com alguns outros compostos em quantidades mínimas DA SILVA, (2011).

#### 3.4.3 Extrato salino do mandacaru.

No intuito de reduzir o uso de coagulantes inorgânicos, vem surgindo com bastante vigor o uso de coagulantes naturais, MONTEIRO, MEDEIROS (2018). Que é o caso do extrato salino do mandacaru, na tentativa de obter êxito no tratamento físico de efluente de laticínio por coagulação e decantação. O qual é considerado uma tecnologia de tratamento inovadora nessa área de tratamento de efluentes industriais. Sendo que as concentrações salinas de  $CaCl_2$  (cloreto de cálcio), podem variar de acordo com o objetivo da pesquisa.

De acordo com Zara, Thamazini, Lenz, (2012), mostram que o mandacaru (*Cereus jamacaru P.*) possui um complexo viscoso o qual é um polímero natural que age como um princípio ativo sendo o ponto crucial para ser usado como coagulante natural, o polímero natural encontrado no mandacaru, pode ser testado como coagulante, ou como auxiliar para um outro coagulante.

O *Cereus jamacaru*, já foi testado como coagulante para o tratamento de água por alguns pesquisadores como OSTROWSKI (2014), porém ainda são poucos os trabalhos publicados na área de tratamento de efluente industriais.

#### 3.4.4 Mandacaru (*Cereus jamacaru P.*).

O mandacaru (*Cereus jamacaru P.*) é uma espécie nativa de vegetação da caatinga, o qual é um bioma exclusivamente brasileiro, ou seja, sua vegetação dificilmente será encontrada em outros ambientes. O mandacaru atinge em média entre 3,0 a 7,0 metros de altura e possui o caule cheio de pseudo flores, com grande quantidade de água. É utilizada como planta ornamental e ainda serve para alimentação de animais de grande e pequeno porte como, bovinos e caprinos principalmente na época de estiagem ROCHA, AGRA (2002).

O cacto *Cereus jamacaru*, segundo Davet (2005) é uma planta de topo compacto, que pode atingir até 10 metros de altura, com tronco lenhoso (que pode chegar a 60 cm de diâmetro, utilizado para fazer caixas, e seu cerne, para fazer portas e janelas (DAVET, 2005, p. 5-12).

A cactácea em questão pode ser aplicada nesta área pois possui um potencial considerado para a coagulação, e pode ser viável no tratamento por ser um tecnologia de baixo custo para as empresas, pois é abundante a presença desta cactácea no semi-árido nordestino, chama a atenção devido aos seus componentes como proteína bruta (estudos revelam que chega até 10,72%), ácido málico, vitaminas e celulose (ZHANG et al., 2005). Em suas características medicinais pode-se incluir ação diurética, combate ao escorbuto, bronquite, tosse, doenças renais e cardíacas (DAVET et al., 2009).

#### 3.5 Legislação.

Segundo o artigo 225 da constituição Federal, (BRASIL, 1988), diz que todos têm direito ao meio ambiente, desde que seja feito o uso de forma ecológica e equilibrada, sendo o meio ambiente um bem de uso comum do povo. Partindo deste ponto, para que o meio ambiente seja mantido em condições desejadas, e não seja degradado, algumas resoluções foram criadas ao longo do tempo.

Hoje a resolução que define os padrões de lançamento nos corpos receptores é a resolução nº 430 de 13 de Maio de 2011 da CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). O art. 1, da mesma resolução, ressalta que a mesma dispõe de condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos

de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005).

Segundo a CONAMA (2011), o lançamento de efluente no meio ambiente, seja ele direto ou indireto, deve atender os parâmetros estabelecidos nessa mesma resolução, para que os corpos hídricos receptores não sejam comprometidos com o lançamento de tais efluentes. No quadro a seguir vão as quantidades permitidas para o lançamento.

Quadro 2: Padrões de lançamento de efluentes, parâmetros inorgânicos.

<b>Parâmetros inorgânicos</b>	<b>Valores máximos</b>
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr+6
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr+3
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg /L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
PH	5 a 9

Continua

Temperatura	< 40° C
DBO <sub>5</sub>	120 mg/L
Substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas)	100mg/L

Fonte: Adaptada de CONAMA, (2011).

Quadro 3: Padrões de lançamento, parâmetros orgânicos.

<b>Parâmetros Orgânicos</b>	<b>Valores máximos</b>
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

Fonte: Adaptada de CONAMA (2011).

Nos Quadros (2) e (3) acima pode-se analisar as condições de lançamento que o Ministério do Meio Ambiente determina, vale ressaltar que, o efluente deve estar livre de materiais flutuantes, tais parâmetros são de ordem federal, porém existem resoluções estadual e Municipal.

Atualmente no estado de Sergipe existe a resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CEMA, Resolução nº 18 de 28 de agosto de 2015, também existe a Lei Estadual nº 5.858, de 22 de março de 2006, que dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente de Sergipe DOE 2015 (Diário Oficial do Estado, 2015). Vale salientar que, todas as leis estaduais estão enquadradas na Lei Federal.

### 3.6 Reuso de água.

A água é um dos quatro elementos que compõe o planeta, tendo elevadíssimo grau de importância para a sobrevivência do homem e de toda a natureza. Muitos autores explicaram o que é água de reuso. Segundo (FILHO; GARCIA; et al 2007).

“O reaproveitamento ou reuso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outros fins menos nobres, tais como lavagem de vias e pátios industriais, irrigação de jardins e pomares, nas descargas dos banheiros etc”. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não.

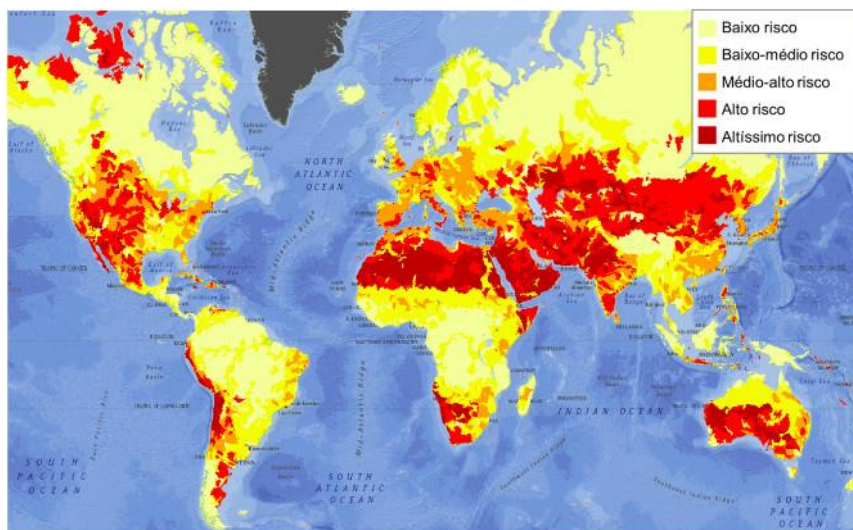
Vale ressaltar que se deve considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água”.

A Resolução nº 54/2005 CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) define reuso da água como a utilização de água residuária, proveniente de alguma atividade doméstica ou industrial. De acordo a mesma resolução, para acontecer o reuso de água residuária, a mesma deve atender parâmetros e diretrizes estabelecidos na legislação e na própria resolução nº 54/2005. Vale ressaltar que a legislação prega que a água residuária não pode ser consumida pelos seres humanos.

A resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54/2005, mostra desde a definição até os tipos reuso, como: reuso direto, indireto, para fins agrícolas, para fins urbanos e para fins industriais. Reuso para fins industriais é quando a utilização da água de reuso em processos, atividades e operações dentro da indústria, desde a utilização dessa água em linhas de processamento até na lavagem de pisos e banheiros.

De acordo com Hentz et al., (2014) a indústria brasileira gera água altamente poluída nos processos de produção, sem demonstrar preocupação com os recursos hídricos. A figura 9 abaixo mostra o risco hídrico no planeta.

Figura 9: Risco de escassez no Planeta



Fonte: Adaptada de SAVEH, (2016)

Nesse viés, surge a necessidade de tratar os efluentes industriais, pois sabendo que a água é um bem não renovável, essa preocupação aumenta consideravelmente. A reutilização ou reuso de água ou ainda em outra forma de expressão, o uso de águas residuárias, é um tema que vem sendo abordado de longas datas, e há relatos de utilização de esgotos em irrigação na Grécia antiga (HENTZ et al., 2014).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no período de novembro de 2019 a janeiro de 2020, todos os ensaios foram realizados no Laboratório Multiusuário 4, da Universidade Federal de Sergipe – Campus Sertão. Foram utilizados os equipamentos: Jar Test, turbidímetro, bloco digestor, pHmetro e a bureta digital utilizada na análise de Carbono Orgânico Total (COT).

### 4.2 Aquisição do efluente e da matéria-prima

A coleta do efluente da Empresa de laticínios foi realizada mediante a assinatura de um termo de doação e compromisso com uma empresa localizada no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe.

A quantidade de efluente coletada para realizar os tratamentos foi de 40 L. O efluente foi coletado e transportado em um vaso de 40 litro e ficou armazenado em um freezer para preservação das características. Inicialmente foram realizadas análises de: pH, Turbidez (Sólidos Totais), COT (Carbono Orgânico Total), DQO (Demanda Química de Oxigênio) e

DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), sendo que as análises de DQO e DBO foram desenvolvidas no ITPS (Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe) mediante uma parceria.

Os resultados da pesquisa foram comparados com os parâmetros estabelecidos na resolução CONAMA N° 430/2011, a qual fixa os parâmetros e as diretrizes para o lançamento de efluente no meio ambiente. Nesse viés, as amostras de efluentes passaram por análises antes e depois dos ensaios dos testes com as amostras dos coagulantes, nos equipamentos, analisando-se sempre pH, e turbidez, a partir dos valores dos parâmetros citados foram feitos nos melhores tratamentos análises de DBO, DQO e COT.

O mandacaru utilizado para elaboração do extrato salino, o coagulante natural, foi obtido na região do povoado Linda França, Porto da Folha/SE, com uma latitude e longitude de -9.923814, -37.477682.

#### 4.3 Preparo dos coagulantes inorgânicos e natural

Os coagulantes inorgânicos usados foram o sulfato de alumínio e o policloreto de Alumínio, e o coagulante natural utilizado foi extraído do mandacaru a partir do preparo do extrato salino com cloreto de sódio.

Todos os coagulantes inorgânicos e naturais foram utilizados em uma concentração de 7%, 10% e 15% m/v (massa/volume), com base em outros trabalhos acadêmicos (BRAILE, CAVALCANTI, 1993).

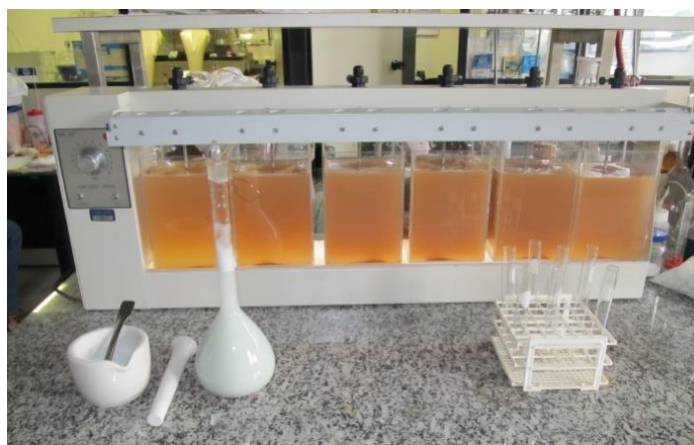
Para o preparo do coagulante sulfato de alumínio, utilizou-se 1,0 L de cada solução na concentração de 7%, 10% e 15% (p/v). As soluções estiveram armazenadas em frascos escuros e ficaram prontas para o uso nos ensaios. Dessa forma as soluções dos 3 (três) coagulantes estiveram nas mesmas concentrações de 7%, 10% e 15%, onde o cálculo foi desenvolvido para cada concentração, adicionando água destilada a mistura para obter o coagulante em um estado líquido.

Na preparação do extrato salino do mandacaru, mediu-se uma massa de 10g de mandacaru recém-coletado. Em seguida a massa de mandacaru (sem a presença da casca) foi triturada em um liquidificador com 1,0 L de uma solução salina de cloreto de cálcio a 15% m/v (massa/volume) por um tempo de 5 minutos. Após isso essa solução passou por um processo de filtragem em algodão. Posteriormente, o extrato do mandacaru foi guardado em um franco escuro até a sua utilização.

#### 4.4 Testes de coagulação usando o equipamento Jar Test

O aparelho Jar Test (Figura 10) foi utilizado no ensaio de floculação, no intuito de simular estações de tratamento de água e efluente que faz as partículas finas presentes no meio se juntarem, com o estilo do coagulante presente no meio, formando partículas maiores, facilitando a decantação das mesmas. O pH do efluente bruto foi corrigido, pois a resolução 430/2011 da CONAMA exige a emissão do efluente tratado com um pH entre 6 a 9. O reagente químico utilizado foi o hidróxido de sódio, pois o efluente bruto apresentou um pH muito ácido, o que é comum para o tipo de efluente em questão.

Figura 10 - Jar Test (Teste de Jarro)



Fonte: Próprio Autor, (2018)

Os coagulantes foram adicionados para formar 1,5 litros de volume total em cada copo do recipiente, do equipamento Jar Test, sendo que, os volumes dos coagulantes como do efluente, variavam de acordo com as concentrações dos coagulantes. Onde as medidas foram feitas acordo a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1. Proporções de coagulantes e efluentes para experimentos em Jar Test.

Concentração (%)	Coagulante (ml)	Efluente (ml)
7	105	1395
10	150	1350
15	225	1275

Fonte: Próprio autor, (2020).

Após a utilização do Jar Test, as amostras presentes nos ensaios foram utilizadas para coletar dados de pH, COT, DBO, turbidez entre outros.

#### 4.5 Determinação da turbidez

O turbidímetro digital portátil - itest - idlt-wv, foi utilizado para medir o grau de turvação, ou simplesmente turbidez do efluente bruto, e das demais amostras do efluente tratado, onde o mesmo usa feixes de luz que reflete as partículas do líquido em questão. A Figura 11 abaixo, mostra uma foto do turbidímetro que foi utilizado durante o período de análises no laboratório.

Figura 11 - Equipamento turbidímetro Microprocessado



Fonte: Próprio Autor, (2019)

A equação 1 a seguir, foi utilizada para calcular a eficiência dos efeitos dos coagulantes inorgânicos e natural no tratamento do efluente de laticínio.

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{(\text{TurbidezInicial} - \text{Turbidezfinal})}{\text{TurbidezInicial}} \quad \text{Equação (1)}$$

Com base nos resultados obtidos de turbidez inicial e final do efluente, ou seja, antes e após o tratamento físico-químico, esses valores foram lançados na Equação 1 para obtenção para obtenção das eficiências para todos os coagulantes em suas respectivas concentrações.

#### 4.6 Determinação do Carbono Orgânico Total (COT)

O Carbono Orgânico Total (COT) foi determinado no efluente antes e após o tratamento físico-químico com os agentes coagulantes, sendo desenvolvido uma curva de calibração com um padrão de DQO (12,13 – 6000 mg/LO<sub>2</sub>) em função do COT (10 – 7188,47 mg/L), na qual foi gerado um modelo matemático (Equação 2) para prever os resultados através do valor da DQO.

$$\text{COT} = 1,1989 \times \text{DQO} - 4,9671 \quad \text{Equação (2)}$$

#### 4.7 Determinação do pH

Para determinação do pH foi utilizado um pHmetro digital de acordo com a metodologia apresentada pelo Instituto Adolf Lutz, 2015. O monitorado foi feito antes e após o tratamento com cada coagulante.

#### 4.8 Determinação da DBO<sub>5,20</sub> por transdução de pressão

A determinação da DBO<sub>5,20</sub> foi realizado seguindo o método de acordo com a norma DIN 38409 T 52 LABCENTER (2018). Usando o sensor de DBO que é acoplado diretamente na garrafa que contém a amostra do efluente, conforme ilustra a Figura 12 a seguir.

Figura 12 – Sensor de DBO acoplado a garrafa com amostra do efluente



Fonte: INSTRULAB, (2019)

O DBO Sensor foi colocado diretamente sobre a garrafa contendo a amostra, e através do transdutor de pressão a variação de pressão dentro do frasco foi medida. O microprocessador converteu o valor de pressão em mg/L.O<sub>2</sub> mostrando o valor de DBO diretamente no *display* em qualquer momento durante o período de incubação.

O DBO Sensor armazenou automaticamente cinco valores de DBO em intervalos de 24 horas, permitindo que entre os dias 06/01/2020 até o dia 24/01/2020 fosse possível colher

todos os valores. Assim foi possível observar a leitura direta da DBO, a qualquer momento, mesmo depois de cinco dias.

Dessa forma com os valores da  $DBO_{5,20}$  antes e depois em cada teste com o coagulante pode-se determinar a eficiência de remoção da DBO usando-se a Equação 3 a seguir:

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{(DBO_{\text{efluentebruto}} - DBO_{\text{efluentetratado}})}{DBO_{\text{efluentebruto}}} \quad \text{Equação (3)}$$

#### 4.9 Quantidade de água de reuso.

Para medir a quantidade de lodo no tratamento de efluente de laticínio, colocou-se o efluente tratado com extrato salino, em uma proveta de 1000 mL. Onde após o período de 24 horas de repouso, constatou-se que o lodo volumétrico foi equivalente a 187 mL, que conseqüentemente gerou um volume de 813 mL de água de reuso, o que equivale a 18,70% de lodo e 81,30% de Água de reuso. A figura 2 dos anexos, mostra a quantidade de lodo volumétrico que se juntou após o descanso do efluente tratado.

#### 4.10 Delineamento experimental

Os tratamentos foram desenvolvidos com base DBC (Delineamento de Blocos Casualizados), onde na pesquisa foi dividida em dois blocos, onde conseqüentemente cada velocidade de mistura (lenta e rápida) foi constituída em seu respectivo bloco como está apresentado nas Tabelas 2 e 3 abaixo. Todos os experimentos foram feitos em duplicatas.

Sobre as misturas realizadas no Jar Test, foi utilizado com uma mistura rápida 50 rpm por 10 minutos e uma mistura lenta a 30 rpm por 20 minutos, mantendo a rotação por minuto e analisando a variável tempo em questão, assim analisando se o tempo de decantação terá influência na turbidez do efluente tratado, mantendo um tempo de decantação padrão para a pesquisa em 60 minutos.

Nas Tabelas 2 e 3 abaixo, é apresentado como foi desenvolvida a pesquisa para obter a influência da combinação dos fatores; tipo do coagulante, concentração e rotação na variável resposta que será a Eficiência (%) dos coagulantes inorgânicos e natural.

Tabela 2 – Matriz de planejamento para o tratamento com mistura lenta e maior tempo.

<b>Ensaio</b>	<b>Coagulante</b>	<b>Concentração (%)</b>	<b>Rotação (rpm)</b>	<b>Tempo (min)</b>
<b>1</b>	ESM	7	30	20
<b>2</b>	ESM	10	30	20
<b>3</b>	ESM	15	30	20
<b>4</b>	SA	7	30	20
<b>5</b>	SA	10	30	20
<b>6</b>	SA	15	30	20
<b>7</b>	PA	7	30	20
<b>8</b>	PA	10	30	20
<b>9</b>	PA	15	30	20

ESM = Extrato Salino de Mandacaru; SA = Sulfato de Alumínio; PA= Policloreto de Alumínio

Tabela 3 – Matriz de planejamento para o tratamento com mistura rápida e menor tempo.

<b>Ensaio</b>	<b>Coagulante</b>	<b>Concentração (%)</b>	<b>Rotação (rpm)</b>	<b>Tempo (min)</b>
<b>1</b>	ESM	7	50	10
<b>2</b>	ESM	10	50	10
<b>3</b>	ESM	15	50	10
<b>4</b>	SA	7	50	10
<b>5</b>	SA	10	50	10
<b>6</b>	SA	15	50	10
<b>7</b>	PA	7	50	10
<b>8</b>	PA	10	50	10
<b>9</b>	PA	15	50	10

ESM = Extrato Salino de Mandacaru; SA = Sulfato de Alumínio; PA= Policloreto de Alumínio

#### 4.11 Análise estatística.

Todos os experimentos foram realizados em duplicata e os resultados foram apresentados como média e seu desvio padrão (DP). Análises de Variância (ANOVA) foram aplicadas e também o teste Tukey para identificar se há diferença significativa entre as médias, usando o software *Statistica*® versão 8.0. Diferenças entre as médias no nível de 5% ( $p < 0,05$ ) foram consideradas significantes, assim tendo valores exatos do resultado da pesquisa.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização do efluente bruto

A Tabela 4 apresenta os valores dos parâmetros avaliados para o efluente bruto obtidos de um laticínio. Observa-se que o carbono orgânico total (COT) obteve um valor de 4.659,75 mg.O<sup>2</sup>/L estando compatível com resultados encontrados em outros estudos para resíduos da mesma natureza.

Tabela 4. Valores de entrada do efluente bruto.

<i>Parâmetros</i>	<i>Resultados</i>
<i>COT</i>	4.659,75 mg.O <sup>2</sup> /L
<i>DBO</i>	1.547 ± 9,2 mg.O <sup>2</sup> /L
<i>DQO</i>	3.890 ± 12,45 mg O <sup>2</sup> /L
<i>pH</i>	3.74

Fonte: Própria Autor, (2020)

Da mesma forma, a DBO do efluente alcançou um valor de 1.547 ± 9,2 mg.O<sup>2</sup>/L, onde o mesmo está em níveis compreensivos para o gênero de efluente aqui tratado, nas quais consequentemente a DQO também apresentou valores respectivos, de 3.890 ± 12,45 mg O<sup>2</sup>/L. Outros trabalhos acadêmicos mostraram valores mais elevados, nos números de DBO e DQO, o que é consequência direta dos tipos de derivados lácteos em que os laticínios trabalham, como mostra os valores de DBO e DQO do estudo realizado por Henares (2015), onde a pesquisa encontrou valores de 4.155,0 mg.O<sup>2</sup>/L de DBO e uma DQO de 11.151,8 mg.O<sup>2</sup>/L.

No mesmo âmbito, o pH se mostrou bem ácido, o que também é comum para efluente de laticínio, o que consequentemente, foi preciso corrigir para se adequar aos parâmetros estabelecidos para resolução 430/2011 da CONAMA, onde o mesmo estabelece padrões de 6 a 9 para este parâmetro em particular. Já a turbidez do efluente bruto, apresentou valor de 1.180 NTU, o que também se encaixa nos padrões do efluente supracitado, podendo ser acrescentado que a mesma está muito acima dos padrões estabelecidos para lançamento no meio ambiente.

Comparar com a literatura....

A partir dos resultados, comprova-se a necessidade de submeter o efluente estudado ao tratamento físico-químico, o qual é um processo inovador nesta área, principalmente efluente de laticínio.

## 5.2 Eficiência na redução de turbidez

A Tabela 5 abaixo apresenta as médias e desvios padrões dos valores de eficiência na redução da turbidez obtidos dos experimentos nos diferentes coagulantes e rotações.

Tabela 5. Eficiência dos coagulantes na redução de turbidez do efluente.

Coagulantes	Eficiência (%)	
	Lenta (30 rpm x 20 min)	Rápida (50 rpm x 10 min)
<b>ESM (7%)</b>	86,29±1,47 <sup>aB</sup>	97,10±0,49 <sup>aA</sup>
<b>ESM (10%)</b>	19,31±2,15 <sup>bB</sup>	96,35±0,49 <sup>aA</sup>
<b>ESM (15%)</b>	91,60±1,19 <sup>aB</sup>	95,99±0,96 <sup>aA</sup>
<b>SA (7%)</b>	86,05±1,73 <sup>aA</sup>	85,88±0,78 <sup>bA</sup>
<b>SA (10%)</b>	83,47±1,79 <sup>aA</sup>	77,49±0,54 <sup>cB</sup>
<b>SA (15%)</b>	79,14±3,11 <sup>aA</sup>	86,31±2,22 <sup>bA</sup>
<b>PA (7%)</b>	33,51±1,26 <sup>bB</sup>	58,51±2,10 <sup>dA</sup>
<b>PA (10%)</b>	33,3±1,92 <sup>bB</sup>	57,32±0,06 <sup>dA</sup>
<b>PA (15%)</b>	31,31±11,32 <sup>bA</sup>	49,27±2,69 <sup>eA</sup>

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey a  $p < 0,05$ . Legenda: ESM = Extrato Salino de Mandacaru; SA = Sulfato de Alumínio; PA = Policloreto de Alumínio.*

A Tabela 5 mostra a comparação das misturas lenta e rápida para o coagulante natural e os demais. Pode-se afirmar que, na mistura lenta, todas as concentrações do coagulante inorgânico policloreto de alumínio apresentaram menores valores de eficiência de turbidez, quando comparados com os outros tratamentos, exceto para a concentração de 10% de ESM, que apresentou valor aproximado de 19,31±2,15% de eficiência.

Também é possível afirmar que, para estas condições de tratamento, o coagulante que mais se destacou dentre todos foi o ESM alcançando valores aproximados de 91,60±1,19% de eficiência, enquanto que o Sulfato de alumínio também apresentou resultados satisfatórios, variando de 79 à 86 %, onde ambos os tratamentos, tiveram resultados favoráveis, ou seja, acima do que se pede na resolução CONAMA 430/2011. Em contrapartida, o policloreto de alumínio, ficou abaixo do que se pede a legislação vigente para esta área de tratamento sendo considerado impróprio para o descarte no meio ambiente.

Avaliando os dados estatísticos obtidos a partir da mistura rápida, é possível observar que, o ESM obteve os maiores valores de eficiência para todas as concentrações avaliadas, variando de 95 à 97%, seguido pelo SA (77 à 86%) e pelo PA (49 à 58%). Este

comportamento também foi observado na mistura lenta, indicando que o policloreto de alumínio, não atendeu os valores necessários para se enquadrar nos limites mínimos estabelecidos pela legislação, apresentando resultados inferiores, independente da velocidade de mistura.

Avaliando os melhores tratamentos de cada coagulante pode-se ver que, o ESM, teve como seu melhor tratamento, na mistura rápida com uma concentração do coagulante de 7% com, aproximadamente, 97,10% de eficiência, o que pode ser considerada a melhor eficiência nesse tratamento em termos numéricos. No entanto, não foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) quando comparadas aos tratamentos com 10 e 15%. Por ser uma tecnologia inovadora nota-se na literatura trabalhos com o uso deste coagulante como secundário como apresentado por Ostrowski (2014), que mostra o extrato salino do mandacaru com uma eficiência de redução de turbidez de 78% como coagulante secundário no tratamento de água.

Já Monteiro e Medeiros (2018), mostraram que o mandacaru evidenciou melhor desempenho quando foi associado ao auxiliar de coagulação do sulfato de alumínio, resultando em remoção de turbidez de até 95%. Com isso, pode-se observar que o ESM, obteve os melhores resultados nessa pesquisa, tendo um grande potencial para a área de tratamento físico-químico.

Tanto nos trabalhos supracitados acima, quanto na pesquisa, notou-se que quanto maior a turbidez da água ou do efluente maior a remoção com o E.S. Segundo WEBER (1972), a justificativa para esse fato deve-se que a menor concentração de coloides em suspensão na água ou efluente limita a taxa de contato entre partículas, limitando assim, o processo de coagulação de forma geral. O Anexo 1, mostra o efluente tratado com E.S assim pode-se avaliar a clarificação visualmente.

Já o sulfato de alumínio teve o seu melhor tratamento também na mistura rápida com uma concentração de coagulante de 15% com 86,31 eficiência de remoção. Resende (2018) mostrou que com um pH de 8 o SA apresentou resultados de remoção de 96,34% remoção de turbidez. Muitos trabalhos já foram lançados falando sobre o sulfato de alumínio, alguns sobre tratamento de água e outros de efluente, na sua maioria o coagulante em questão apresentou bons resultados.

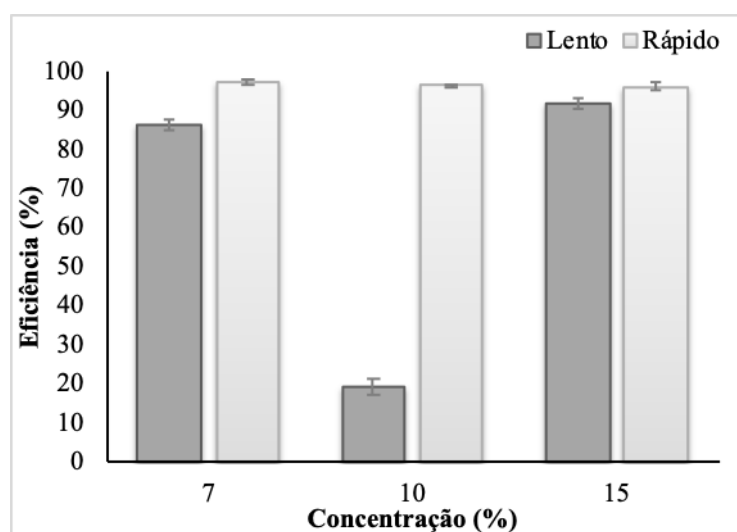
Pavanelli (2001), mostrou no seu estudo alguns coagulantes como o sulfato de alumínio, que se mostrou ser muito eficiente. Ostrowski (2014), o sulfato de alumínio apresentou uma eficiência de redução de turbidez de 95%, com o auxílio do ES.

O policloreto de alumínio por sua vez, teve seu melhor tratamento similarmente na mistura rápida com uma concentração de 7% do coagulante. Na iminência da situação, conclui-se que o ponto comum é a mistura rápida, onde todos os coagulantes apresentaram seus melhores resultados nas mesmas condições de tempo e rotação, passando por um tempo de decantação idêntico de 60 minutos.

As Figuras 13, 14 e 15 abaixo, ilustram em um gráfico de colunas, as eficiências de cada coagulante nas duas misturas em cada concentração.

A Figura 13 abaixo apresenta o comportamento dos tratamentos com ESM nas diferentes concentrações e rotações. Onde a mesma ilustra que a mistura rápida (50 rpm/10 min), o coagulante em questão apresentou seu melhor resultados, como já apresentado anteriormente.

Figura 13: Dados de eficiência para o efluente tratado com ESM.

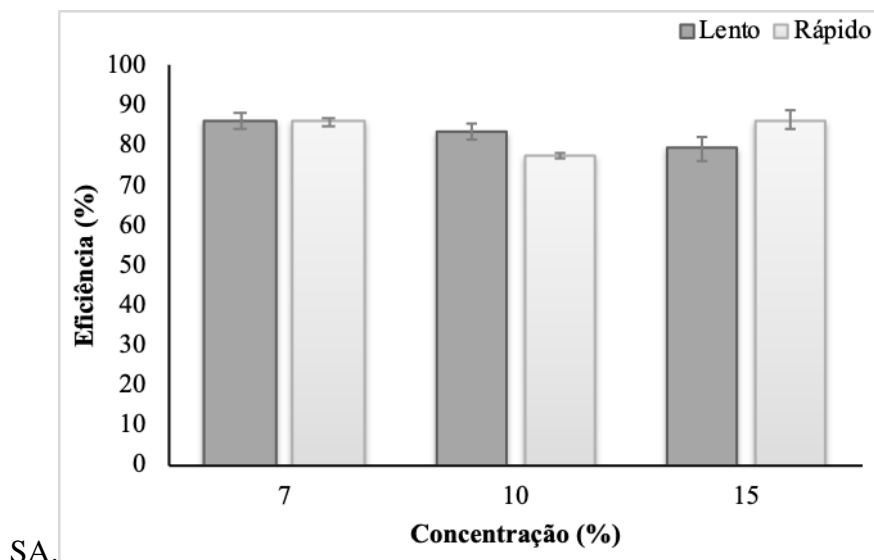


Fonte: Próprio autor (2020).

Na Figura 13 acima, pode-se avaliar que, comparando a mesma concentração em rotações diferentes, as concentrações de 7, 10 e 15% apresentaram diferença significativa entre si ( $p < 0,05$ ). No entanto, também pode ser observado uma grande discrepância nos valores entre as rotações para o tratamento com 10% mostrando que algo pode ter interferido nos experimentos.

A Figura 14 abaixo apresenta o comportamento dos tratamentos com SA nas diferentes concentrações e rotações. Onde a mesma ilustra que a mistura rápida, com menor tempo de rotação e aumento no número de rotações por minuto, o coagulante em questão apresentou seu melhor resultado.

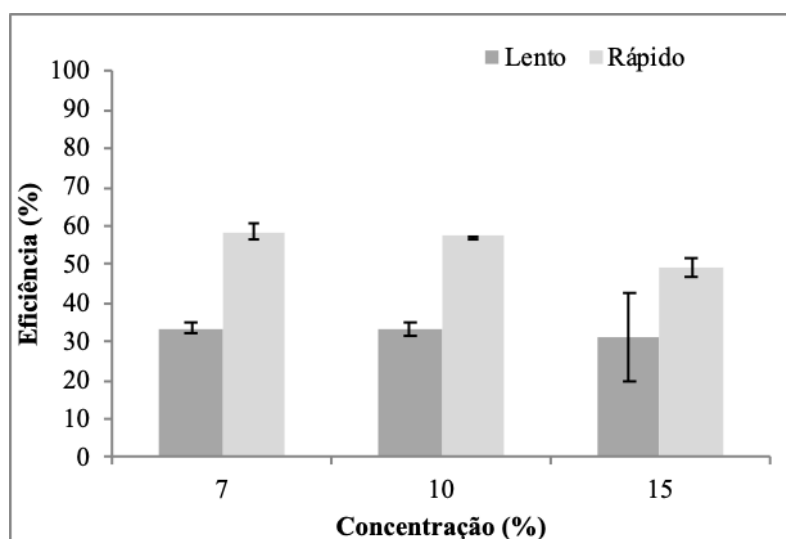
Figura 14: Dados de eficiência para o efluente tratado com



Fonte: Próprio autor, (2020).

A Figura 15 abaixo, mostra na forma de gráfico de colunas, os resultados do coagulante inorgânico policloreto de alumínio. O Policloreto de Alumínio, foi o coagulante de apresentou os resultados mais baixos dentre todos os tratamentos. Este coagulante esteve em toda a pesquisa muito estável para ser utilizado como coagulante principal, em um tratamento físico-químico, podendo ser o motivo para ter apresentado resultados baixos, e com diferença significativas em ambas as misturas.

Figura 15: Dados de eficiência para o efluente tratado com PA.



Fonte: Próprio autor (2020).

Independente das condições submetidas, o coagulante não demonstrou potencial para ser usado como coagulante principal neste tipo de tratamento físico-químico. Ainda assim, é possível notar que a rotação teve influência direta na eficiência de turbidez, independente da

concentração utilizada. Observa-se que todos os ensaios executados em uma rotação de 50 rpm por 10 min, obteve um maior valor de eficiência na redução da turbidez quando comparados com os tratamentos operados na rotação de 30 rpm por 20 min.

### 5.3 Comparação entre os coagulantes.

Os coagulantes apresentaram resultados bastante divergentes em questão de eficiência no tratamento, porém apenas o policloreto de alumínio não mostrou eficiência dentro dos padrões estabelecido pela resolução 430/2011 da CONAMA. No entanto a diferença foi mínima para o tratamento com 7% de PA operado em mistura rápida, onde a legislação prega 60% de eficácia e o policloreto obteve 59,72% de eficiência na remoção de DBO. Sobretudo, por apresentar dados muito próximos do permitido, pode ser testado como coagulante auxiliar no tratamento de efluente de laticínio.

A Tabela 6 abaixo apresenta os valores de diferentes parâmetros físico-químico dos tratamentos considerados mais relevantes de cada coagulante, ou seja, dos tratamentos que tiveram melhores resultados, onde foram aplicados duas misturas, uma lenta e outra rápida, variando o tempo e as rotações por minuto.

Tabela 6. Resultados dos melhores tratamentos de cada coagulante.

Coagulantes	Tratamento	DBO mg/L	DBO <sub>5</sub> %	DQO mg/L	pH	Turbidez NTU	COT mg/L
<b>Eflu. Bruto</b>		1.547	--	3.890	3.74	1,180	4.659,75
<b>E.S</b>	T1MR	215	86,10	544,60	6,54	34,1	647,95
<b>S.A</b>	T3MR	512	66,90	972,50	6,98	161,5	1160,96
<b>P.A</b>	T1MR	623	59,72	1.234	7,21	784,5	1474,48
<b>Legislação</b>	--	--	60% E*	--	6 a 9	≤100	--

Fonte: Próprio autor, (2020). Legenda: E.S (Extrato Salino), S.A (Sulfato de Alumínio), P.A (Policloreto de Alumínio), E\* (eficiência de remoção).

Nota-se que o extrato salino apesar de ser um dos primeiros trabalhos acadêmicos desenvolvido na área, demonstrou ser eficiente no tratamento do efluente de laticínio, para confirmar os resultados divulgados acima, um teste de verificação foi feito, o qual apresentou os resultados abaixo.

A Tabela 7 abaixo mostra a confiabilidade das análises feitas em laboratório no decorrer desta pesquisa, confirmando os resultados do extrato salino e sulfato de alumínio, como também o policloreto de alumínio.

Tabela 7: Resultados do teste de verificação, dos tratamentos mais eficientes na redução de turbidez de cada coagulante.

Tratamento	Coagulante	Concentração	Rotação	Eficiência %		Média
1	ESM	7%	30	98,81	98,99	98,89
2	S.A	15%	30	87,20	92,62	89,91
3	P.A	7%	50	51,18	47,37	49,27

Fonte: próprio autor, (2020). .Legenda: E.S (Extrato salino), S.A (Sulfato de alumínio), P.A (Policloreto de alumínio).

Os valores apresentados na tabela 7, são as médias das duas misturas, da mistura rápida e lenta. Como fica nítido que o ESM se revelou um pouco superior aos outros coagulantes, o que é um grande passo tecnológico, para a área de tratamento físico-químico de efluentes industriais. Como a pesquisa é feita com duplicata, existem dois valores de eficiência de tratamento. É necessário salientar que, o valor de turbidez está diretamente relacionado com valores de BDO, DQO e COT. Pois com a redução de turbidez, consequentemente reduz os outros parâmetros supracitados, como podemos ver no decorrer da própria pesquisa em questão.

## 8 CONCLUSÃO

O estudo realizado permitiu inferir que o cacto mandacaru possui polímeros capazes de reduzir a turbidez, DBO, DQO e COT do efluente de laticínio. Entretanto há muito o que se investigar, como por exemplo a extração do polímero que resulte maior eficiência, a composição do princípio ativo presente na cactácea em estudo, e os parâmetros desejáveis para uma maior remoção de turbidez, DBO, DQO e COT. Com este trabalho foi possível verificar que o tratamento físico-químico de efluente de laticínios apresentou bons resultados, onde o extrato salino do mandacaru mostrou ter um excelente potencial como coagulante natural, surpreendendo a pesquisa.

Em contrapartida, o policloreto de alumínio não apresentou resultados satisfatórios, ficando abaixo do que a legislação exige para descarte no meio ambiente, no entanto os valores ficaram muito próximos do permitido. O sulfato de alumínio, por ser um coagulante já testado no mercado, e muito adquirido por empresas para diversos tipos de tratamentos, repetiu seus bons resultados e mostrou eficiência. Tanto o extrato salino do mandacaru como o sulfato de alumínio, apresentou boas eficiências na remoção de DBO e DQO, como também na redução de turbidez.

Os resultados do mandacaru como coagulante principal, permite sugerir que o extrato salino funciona muito bem como coagulante primário, no tratamento de efluente de laticínio, este tipo de tratamento pode ter um custo benefício muito bom, pois o mandacaru é uma vegetação nativa da caatinga e é encontrado com abundância, além de poder ter plantações que não vão trazer prejuízos para as empresas, tendo em vista que é uma tecnologia barata para ser aplicada.

Diante disso, como sugestões para trabalhos futuros, fica composição do princípio ativo capaz de aglutinar as partículas, testar o Extrato Salino em outros tipos de efluentes industriais, o que pode render belas pesquisas e avanços tecnológicos grandiosos nesta área de pesquisas, tendo em vista a preocupação com o meio ambiente e uma forma mais sustentável de atuação das empresas.

## SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões de pesquisas para trabalhos futuros, fica composição do princípio ativo capaz de aglutinar as partículas, testar o Extrato Salino em outros tipos de efluentes industriais, o que pode render belas pesquisas e avanços tecnológicos grandiosos nesta área de

pesquisas, tendo em vista a preocupação com o meio ambiente e uma forma mais sustentável de atuação das empresas.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M, M; SILVA, F, L, H; Et al. Caracterização Física e Físico-química de frutas de mandacaru. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.11, n.1, p.15-20, 2009.

BARCELLOS, Camila Hunbner, CARVALHO, Antônio R. P. Tratamento biológico de Efluentes. Disponível em: <<http://kurita.com.br/index.php/artigos-tecnicos/tratamento-biologico-de-efluentes/>> Acesso em: 08 de Agosto 2019.

BAUMANN, E. R. Water quality and treatment: a handbook of public water supplies. AWWA, 3th ed. McGraw – Hill New York. 1971.

BEGNINI. B. C; RIBEIRO. H. B: Plano para Redução de carga poluidora em indústria de laticínios. Saúde Meio Ambient. V. 3, n. 1, p. 19-30, jan./jun. 2014.

BORTOLINI, J. ESTUDO DE EXPERIMENTOS FATORIAIS 2 k APLICADOS EM UM PROCESSO INDUSTRIAL.2012.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais. São Paulo: CETESB, p 764, 1993.

BRASIL, CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. RESOLUÇÃO N° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. Brasília-DF, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, CNRH-Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução N° 54 de 2005. Brasília-DF.

CARVALHO, N, L, HENTZ, P, et al. Reutilização de água Residuária. Revista REMOA v. 14, N. 2 (2014), p. 3164-3171, Santa Maria-RS.

COMUSA. Tratamento de Esgoto. Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoesgoto>> Acesso em: 08 de Agosto 2019.

CRUZ, I, LOZENZO J ET AL. Determinação do Ph de diversas substâncias. ISEL (Instituto Superior de Engenharia de Lisboa). Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/estagios/jovens/ocjf2005/isel/ph.pdf>> Acesso em: 08 de Agosto 2019.

DA SILVA, J.W.P.; TORREZÃO, M.E. Estudo sobre a utilização do Policloreto de alumínio para a garantia da qualidade das águas de processo no setor sucroalcooleiro. Faculdades Associadas de Uberaba. Uberaba-MG, 2011.

DAVET, A. ESTUDO FITOQUÍMICO E BIOLÓGICO DO CACTO – *Cereus jamacaru* DE CANDOLLE, CACTACEAE, Curitiba, PR, 2005.

FILHO, K, Z, GARCIA, L, A, V, Et al. Reuso da Água. Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2007.

FUESS, T, L. RESEARCHGATE 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Figura-32-Esquematizacao-de-alguns-reactores-anaerobios-de-alta-taxa-A-Reator-anaerobio\\_fig2\\_292155232](https://www.researchgate.net/figure/Figura-32-Esquematizacao-de-alguns-reactores-anaerobios-de-alta-taxa-A-Reator-anaerobio_fig2_292155232)> Acesso em: 08 de Agosto 2019.

HENARES. J. F: Caracterização do Efluente de Laticínio: análise e proposta de tratamento. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Campo Morão, Paraná, 2015.

HIDROSUL. Estação de Tratamento de Efluente. Canoas, RIO Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.hidrosul.com.br/produto/peneira-estatica>> Acesso em: 08 de Agosto 2019.

MARCONDES, J. G. Tratamento De Efluentes Fema. 2012.

MONTEIRO C. C. D, MEDEIROS A. C. G. Estudo do *cereus jamacaru* (mandacaru) como agente coagulante no tratamento de água para o consumo. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia, Departamento de Engenharia Química. Salvador-Ba, 2018.

MULLER. A. C., Introdução à Ciência Ambiental; Curitiba – PUC-PR; uso didático. Págs. 67 a 73.

OSTROWSKI, Juliana. Utilização de Extrato de Cacto *Cereus jamacaru* como coagulante auxiliar para a diminuição de turbidez da água de turbidez sintética. 2014. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Processos Químicos) – Coordenação do curso de Tecnologia em Processos Químicos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2014.

PAVANELLI, Gerson. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

POOLPISCINAS. Sulfato de Alumínio. São José dos Campos-SP. Disponível em: <<https://www.poolpiscina.com/sulfato-de-aluminio/#Sulfato-de-Aluminio>> Acesso em: 15 de Agosto 2019.

ESTATCAM, Portal Action. Anova, teste Tukey. São Carlos, SP. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/anova/31-teste-de-tukey>> Acesso em : 15 de Março de 2020.

PROJETO MUNICÍPIO VERDE. Conceitos Fundamentais e Principais Soluções no Tratamento de Esgoto. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/>> Acesso em 08 de Agosto 2019.

QUIMIDROL. Ficha de informações de segurança de produtos químicos. Nº: 085 Nov. de 2007.

ROCHA, E. A; AGRA, M. F. Flora do pico do jabre, Brasil: Cactaceae juss. Acta Bot. Bras., São Paulo, v. 1, n. 16, p. 15-21, 2002.

RUBIM, C. O trabalho da flotação e aeração. Revista TAE, 2012-2019. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/5804-noticias#>> Acesso em: 08 de Agosto 2019.

SAAE. Companhia de saneamento no São Mateus, Espírito Santo. Disponível em: <<http://www.saaesma.com.br/tratamento>> Acesso em: 08 de Agosto 2019.

SÃO PAULO, DAE (Departamento de Água e Esgoto de BAURU). Estação de Tratamento de Esgoto Tibiriçá. Bauru, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.daebauru.sp.gov.br/2014/esgoto/esgoto.php?secao=tratamento&pagina=18>> Acesso em: 08 de Agosto 2019.

SAVEH-Sistema de Auto avaliação da eficiência hídrica. A disponibilidade de água no mundo e no Brasil, 2016. Disponível em: <<https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil/>> Acesso em: 19 de Agosto 2019.

SERGIPE, CEMA- Conselho Estadual de Meio Ambiente. Resolução CEMA Nº 18 DE 28/08/2015. Aracaju-SE, 2015.

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

SOUZA, D, M, P, CAMPOS, P, V. **Sólidos Suspensos, Físicos e Voláteis, 2019. Disponível em:** < <https://slideplayer.com.br/slide/1852611/>> Acesso em: 08 de Agosto 2019.

WEBER JR., W. J. Physicochemical Processes for Water Quality Control. New York: John Wiley & Sons, 1972.

ZARA, R, F; THOMAZINI, M H; LENZ, G, F. ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE POLÍMERO NATURAL EXTRAÍDO DO CACTO MANDACARU (Cereus jamacaru) COMO AUXILIAR NOS PROCESSOS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA. REA – Revista de estudos ambientais (Online) v. 14, n. 2esp, p. 75-83, 2012.

ZHANG, Jingdong; et al. A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment. Bioprocess Chemistry, v. 41, 2005.

ANEXOS

1



2



3



4

