

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
ENGENHARIA AMBIENTAL**

DIONI FRAISOLI

**TRATAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS COM O USO
DE COAGULANTES ORGÂNICOS**

LONDRINA

2019

DIONI FRAISOLI

**TRATAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS COM O USO
DE COAGULANTES ORGÂNICOS**

Monografia apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina.

Orientadora: Profa. Dra. Joseane Debora Peruço Theodoro

Coorientadora: Profa. Me. Isabela B. T. Machado Bolonhesi

LONDRINA

2019



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



TERMO DE APROVAÇÃO

**TRATAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE EFLUENTE DE LATICÍNIOS COM O USO
DE COAGULANTES ORGÂNICOS**

por

DIONI FRAISOLI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 04 de Julho de 2019 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

_____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Me. Camila Zoe Correa
(UNOPAR)

Prof. Me. Ana Paula Cosso
(UTFPR)

Profa. Dra. Joseane Debora Peruço TheodorO
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela possibilidade de estudar em uma Universidade com excelente ensino e pela realização de meus sonhos e planos.

Aos meus pais, pois sem eles nada disso teria se concretizado. A eles toda a minha gratidão.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a Joseane Debora Peruço Theodoro por todo o auxílio e dedicação prestados durante a realização dessa monografia e também ao decorrer do curso.

Por fim, agradeço a todos que me auxiliaram de alguma forma ao longo desses anos.

RESUMO

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

A não realização do tratamento do efluente gerado pela indústria de laticínios podem acarretar problemas ambientais e a saúde humana. Alternativas ambientalmente corretas estão sendo estudadas em detrimento ao uso de coagulantes químicos. O presente trabalho teve como objetivo a utilização dos coagulantes orgânicos Tanino e *Moringa Oleífera* nos processos de coagulação/floculação/sedimentação e filtração a fim de compará-los em relação a eficiência no processo de tratamento físico e químico de efluente de laticínios. Por meio de ensaios através do equipamento Jar-Test, foram aplicadas diferentes dosagens e variações de pH para os coagulantes. Avaliou-se a eficiência na remoção dos parâmetros cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e pH após os processos de coagulação/floculação/sedimentação. Os mesmos parâmetros, acrescidos da Demanda Química de Oxigênio (DQO), foram analisados após o processo de filtração a fim de compara-los e verificar se após os tratamentos os valores analisados se encontram dentro dos limites estabelecidos pelas legislações CONAMA 357/05, CONAMA 430/11 e CEMA 70/09. O coagulante Tanino foi o mais eficiente. Foram obtidas remoções máximas de cor aparente e turbidez após os ensaios no Jar-Test de 89,81% e 87,32% respectivamente. Após a filtração, obteve-se remoções máximas de 99% para cor, 99,52% para turbidez e 95,39% para DQO. Para o coagulante *Moringa Oleífera*, após ensaio Jar-test verificou-se remoção de 50,52% para cor aparente e de 43,25% para turbidez. Após a filtração, as maiores porcentagens de remoções de cor aparente, turbidez e DQO foram de 96,63%, 97,89% e 93,7%. Para as análises dos parâmetros condutividade elétrica e pH, não houve alterações expressivas durante os tratamentos. Observou-se aumento de sólidos totais dissolvidos para ambos os processos. Não houve variações expressivas para nenhum parâmetro em relação a concentração dos coagulantes e o pH em meio ácido mostrou-se o mais indicado para os ensaios. Constatou-se maior eficiência para os processos em conjunto. Após a filtração todos os parâmetros atenderam a legislação pertinente com exceção da DQO. Ressalta-se que o método aplicado foi eficiente nas condições em pH ácido.

Palavras – chave: Coagulação, Filtração, Floculação, Sedimentação, *Moringa Oleífera*, Tanino, Efluente industrial.

ABSTRACT

FRAISOLI, D. **Physical and chemical treatment of dairy effluent with the use of organic coagulants**. 2019. 72f. Monography (Undergraduate in Environmental Engineering), Federal Technological University of Paraná. Londrina.

Failure to treat the effluent generated by the dairy industry can lead to environmental and human health problems. Environmentally correct alternatives are being studied to the detriment of the use of chemical coagulants. The present work had the objective of using organic coagulants Tanino and Moringa Oleífera in the processes of coagulation / flocculation / sedimentation / filtration in order to compare them in relation to the efficiency in the processes. Different dosages and pH variations were applied to the coagulants by means of Jar-Test tests. It was evaluated the efficiency in the removal of the parameters apparent color, turbidity, conductivity, total dissolved solids, pH after the coagulation / flocculation / sedimentation processes and the same parameters plus chemical oxygen demand (COD) after the filtration process in order of comparing them and also to verify if after the treatments the analyzed values are within the limit established by the legislation. The coagulant Tanino proved to be more efficient for the treatments. It obtained maximum removals of apparent color and turbidity after the Jar-Test tests of 89.81% and 87.32% respectively. After filtration, it obtained maximum removals of 99% for color, 99.52% for turbidity and 95.39% for COD. For the Moringa Oleifera coagulant, after Jar-test assay obtained maximum removal in the values of 50.52% for apparent color and 43, 25% for turbidity. After the filtration obtained the highest percentages of removal of apparent color, turbidity and COD of 96.63%, 97.89% and 93.7%. For the analysis of the parameters electrical conductivity and pH, there were no significant changes during the treatments and an increase in the analysis of total solids dissolved for both processes was observed. There were no significant variations for any parameter in relation to the concentration of coagulants and acid pH was the most suitable for the tests. Greater efficiency was shown for the processes together. After filtration all parameters met the relevant legislation with the exception of COD.

Key words: Coagulation, Filtration, Flocculation, Dairy, *Moringa Oleífera*, Sedimentation, Tanino, Effluent treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do processo produtivo da indústria de laticínio.....	20
Figura 2: Principais fontes de geração de efluentes nas usinas de leite, creme e iogurte	21
Figura 3: Tamanho das partículas coloidais.....	29
Figura 4: Acácia Negra.....	31
Figura 5: Sementes de Moringa oleífera.	32
Figura 6: Etapas de análises da amostra do efluente de laticínio.....	35
Figura 7: Equipamento Jar-Test.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 8: Esquematização dos processos de coagulação/floculação/sedimentação e filtração e a coleta do efluente após os tratamentos físico-químicos.....	39
Figura 9: Modelo representativo da coluna de filtração e das camadas filtrantes.	Erro! Indicador não definido.
Figura 10: Efluente bruto antes dos processos de coagulação/floculação/sedimentação/filtração	43
Figura 11: Coagulante Tanino SG: (a) – amostras após a bateria de ensaio de coagulação/floculação/sedimentação. (b) – amostras após a filtração.....	44
Figura 12: Coagulante Moringa Oleífera: (a) – amostras após a bateria de ensaio de coagulação/floculação/sedimentação. (b) – amostras após a filtração.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Remoção do parâmetro cor aparente após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.....	46
Gráfico 2: Remoção do parâmetro cor aparente após o processo de filtração.....	46
Gráfico 3: Análise do parâmetro cor aparente após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.....	47
Gráfico 4: Análise do parâmetro cor aparente após o processo de filtração	47
Gráfico 5: Remoção do parâmetro turbidez após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.....	50
Gráfico 6: Remoção do parâmetro turbidez após o processo de filtração	50
Gráfico 7: Análise do parâmetro turbidez após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.....	51
Gráfico 8: Análise do parâmetro turbidez após o processo de filtração.....	51
Gráfico 9: Análise do parâmetro condutividade elétrica após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.....	53
Gráfico 10: Análise do parâmetro condutividade elétrica após o processo de filtração.....	54
Gráfico 11: Análise do parâmetro sólidos totais dissolvidos após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.....	56
Gráfico 12: Análise do parâmetro sólidos totais dissolvidos após o processo de filtração.....	56
Gráfico 13: Análise do parâmetro pH após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.....	58
Gráfico 14: Análise do parâmetro pH após o processo de filtração.....	59
Gráfico 15: Remoção do parâmetro DQO após o processo de filtração.....	60
Gráfico 16: Análise do parâmetro DQO após o processo de filtração	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ranking por Região de produção (%) de leite no Brasil.....	17
Tabela 2: Ranking dos 13 maiores Estados brasileiros produtores de leite.....	17
Tabela 3: Evolução da produção leiteira nas Mesorregiões do Paraná (Mil litros)....	18
Tabela 4: Características físico-químicas do efluente de uma indústria de laticínios processando cerca de 14.000,0 Litros/dia de leite	22
Tabela 5: Valores de parâmetro físico-químicos típicos de efluentes de laticínios. ..	23
Tabela 6: Classificação dos corpos de águas doces e seus possíveis usos.	24
Tabela 7: Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos Industriais.	25
Tabela 8: Valores de pH utilizados nos ensaios para cada coagulante	Erro!
Indicador não definido.	
Tabela 9: Tempo de ação e gradiente de rotação das hastes do equipamento Jar-Test.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 10: Equipamentos e metodologia para os ensaios.	40
Tabela 11: Planejamento experimental para os diferentes níveis de concentração de pH e coagulante com valores codificados e reais.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 12: Caracterização dos parâmetros da amostra do efluente bruto.....	42

LISTA DE SIGLAS, SIMBOLOS E ABREVIATURAS

APHA	APHA American Public Health Association
CEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
cm	Centímetros
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DQO	Demanda Química de Oxigênio
g	Gramas
HCl	Ácido clorídrico
L	Litros
M	Molar
mg	Miligramas
mg.L ⁻¹	Miligramas por litro
mL	Mililitros
MO	Coagulante salino extraído da semente da <i>Moringa oleífera</i>
mS.cm ⁻¹	mili Siemens por centímetro
NaCl	Cloreto de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial Hidrogênico
PR	Paraná
ppm	partes por milhão
s ⁻¹	Gradiente de velocidade
TN	Coagulante Tanino
uH	unidade Hazen
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS NO BRASIL	16
3.2 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	19
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE LÁCTEO.....	20
3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTE	24
3.5 TRATAMENTOS APLICADOS AO EFLUENTE LÁCTEO.....	26
3.6 PROCESSOS DE TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO	27
3.6.1 Processo de coagulação e floculação	28
3.6.2 Coagulantes orgânicos	30
3.6.3 Sedimentação.....	32
3.6.4 Filtração.....	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1 EFLUENTE	35
4.2 BATERIA DE ENSAIOS	35
4.2 PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DO COAGULANTE Tanino	37
4.3 PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DO COAGULANTE <i>Moringa oleifera</i>	37
4.4 AJUSTES DOS VALORES DE pH.....	37
4.5 Pré - ensaio de Coagulação/Floculação/Sedimentação	38
4.6 COLUNA RÁPIDA DE FILTRAÇÃO EM ESCALA DE BANCADA.....	38
4.7 PARÂMETROS ANALISADOS.....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA COLETADA	42
5.2 ANÁLISE QUALITATIVA DO EFLUENTE.....	42

5.3 ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO EFLUENTE	45
5.3.1 Remoção do parâmetro Cor Aparente	45
5.3.2 Remoção do parâmetro Turbidez.....	49
5.3.3 Análise do parâmetro Condutividade Elétrica.....	53
5.3.4 Análise do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais	55
5.3.5 Análise do parâmetro pH	58
5.3.6 Remoção do parâmetro Demanda Química de Oxigênio	60
6. CONCLUSÃO	63

1. INTRODUÇÃO

A indústria de laticínios possui grande importância na economia brasileira, visto que o Brasil é um dos maiores produtores, ocupando a sexta posição mundial na produção de leite (EMBRAPA, 2010), gerando emprego, renda e movimentando a economia interna.

Quanto aos produtos fabricados, essas indústrias apresentam um processo de fabricação heterogêneo em relação às tecnologias que são empregadas e ao tamanho das indústrias, podendo variar de pequenas indústrias de laticínios a grandes cooperativas e empresas multinacionais (MACHADO et al., 2002). Segundo MACHADO (2002), com grande visibilidade e um mercado extremamente competitivo, as indústrias de laticínios tem que alinhar o seu processo produtivo, visando otimizar a produção e deixar o processo mais sustentável possível, assim, atender as leis ambientais e um público cada vez mais exigente quanto à sustentabilidade do processo são requisitos para garantir vantagens na comercialização e exportação dos seus produtos.

Os resíduos líquidos da indústria de laticínios, comumente chamados de efluente industriais é um dos principais poluentes dessa fragmentação de indústria. Estes são oriundos de diversas atividades realizadas na indústria, sendo constituído de leite ou produtos derivados do leite, essências, açúcar, condimentos, lubrificantes que são diluídos nas águas de higienização de tubulações, equipamentos, pisos demais instalações da indústria e produtos químicos utilizados na higienização (SILVA, 2011).

Como características desses efluentes, temos elevada Demanda Química de Oxigênio (DQO), assim como elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e uma alta carga de matéria orgânica devido a presença de lipídios, proteínas e carboidratos. Quando lançados em corpos hídricos sem tratamento, esse efluente pode causar grandes impactos, reduzindo drasticamente a quantidade de oxigênio no meio e colocando em risco todo o ecossistema aquático (VILLA; SILVA; NOGUEIRA, 2007).

Para garantir a qualidade ambiental e sanitária e a adequação das atividades industriais é necessário o tratamento do efluente industrial, e assim atender a

legislação de lançamento de efluentes (Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 430 de 13 de Maio de 2011).

Existem diferentes tipos de tratamento para efluentes industriais, variando-se sua eficiência. O tratamento físico-químico a base de coagulantes orgânicos, em substituição aos coagulantes inorgânicos, é uma técnica bastante estudada a fim de tratar o efluente dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação e encaminhá-lo ao corpo hídrico receptor, minimizando impactos ao meio ambiente (KAWAMURA, 1991). Os coagulantes orgânicos apresentam vantagens em relação aos coagulantes inorgânicos por não apresentarem toxicidade e serem biodegradáveis, além de produzir lodo com menores concentrações de metais (KAWAMURA, 1991).

Vários coagulantes orgânicos estão sendo estudados, como por exemplo a *Moringa oleífera*, que é um vegetal cujas sementes apresentam peptídeos catiônicos que motivam a coagulação (VIEIRA et al., 2010). O Tanino é um outro exemplo de coagulante orgânico, extraído da casca de vegetais como da *Acacia mearnsii* (Acácia Negra), *Castanea sativa* (Castaneiro) (BELTRAN - HEREDIA et al., 2011).

Outro processo bastante utilizado é a adsorção, onde ocorre a adesão de partículas de um fluido em uma superfície sólida. Fatores como pressão, temperatura e área superficial do adsorvente, interferem no processo de adsorção e como adsorventes podem ser utilizados carvão ativado, resinas de troca iônica, entre outros (FERNANDES et al. 2010).

KAWAMURA (1991) relata que é extremamente importante a busca/aprimoramento de técnicas para tratamentos de efluentes da indústria de laticínios, visando uso de substâncias naturais, sem que haja qualquer risco para o meio ambiente e a saúde humana.

Deste modo, o presente trabalho buscou avaliar a eficácia do uso de coagulantes orgânicos *tanino e Moringa oleífera* para o tratamento de efluente de laticínios por meio dos processos de coagulação, floculação, sedimentação com posterior filtração.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a eficiência de dois coagulantes orgânicos (*Tanino* e *Moringa oleífera*) nos tratamentos físico-químicos (coagulação/floculação/sedimentação e filtração) de efluentes de laticínios.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a eficiência de remoção dos parâmetros cor aparente, turbidez, condutividade elétrica e sólidos totais do efluente de laticínios tratado para os diferentes coagulantes testados e nas diferentes condições de tratamento propostas (variação de pH e diferentes concentrações de coagulantes) após o processo de coagulação/floculação/sedimentação;
- Analisar a eficiência de remoção dos parâmetros cor aparente, turbidez, sólidos totais e DQO do efluente tratado após o processo de filtração;
- Monitorar a variação de pH e concentração dos coagulantes para os tratamentos aplicados;
- Verificar se os resultados dos parâmetros físico-químicos analisados se enquadram nos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos exigidos pela Resolução CONAMA 430/2011 e pelo Conselho Estadual do Meio Ambiental CEMA 70/90 para corpos hídricos de classe 2.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS NO BRASIL

A cadeia produtiva de lácteos no Brasil, em grande parte, não é mais para subsistência, e a partir da década de 1950, passou a ser utilizada como fonte de renda, momento esse, que estava sendo realizado o início do processo de industrialização. Até 1990, o preço do leite cru era o mesmo em todas as regiões e o comércio era de responsabilidade das agências governamentais (BORTOLETO e WILKINSON, 2000).

Em relação a produção, a estrutura era organizada por cooperativas especializadas no comércio de leite *in natura*. A produção de derivados era de responsabilidade das empresas multinacionais, em pequena quantidade, mas que controlavam boa parte dos produtos de segmentos lácteos (JANK, 1999).

A partir de 1990, as cooperativas tiveram que alterar o padrão de concorrência no Brasil, a fim de sobreviver no mercado de laticínios. Para isso, uma das primeiras estratégias foram: redução de custos e modernização de processos produtivos e reorientação de negócios. Tudo isso, pois, no Brasil, houve um processo de aquisição de laticínios médios por grandes empresas, de capital transnacional, que elevaram sua contribuição no mercado brasileiro (MARTINS, 2004).

Em um cenário mais atualizado, em 2010, o Brasil ocupou a quinta posição mundial de produção de leite de acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). Conforme a Tabela 1, o país obteve 5,1% da produção mundial.

De acordo com FAOSTAT (2010) no Brasil, a região Sudeste mantém o primeiro lugar na produção de leite por décadas, mas vem perdendo participação relativa nessa produção. As regiões Norte, Centro – Oeste e com destaque para a região Sul ganharam participação na produção de leite. A região Nordeste manteve sua participação estável, em torno de 14% da produção nacional de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Ranking por Região de produção (%) de leite no Brasil.

Região	1990	2000	2010
Sudeste	48	45	37
Sul	20	22	29
Nordeste	17	14	14
Centro - Oeste	11	14	14
Norte	4	5	6

Fonte: IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal (vários anos).

Na região Sul, diversos fatores influenciam para a segunda maior produção de leite no Brasil como por exemplo, adoção de sistemas eficientes de produção e profissionalização dos criadores, além das condições naturais favoráveis e a exclusão de produtores de outras cadeias (SEBRAE, 2007). De acordo com a Tabela 2, podemos notar que houve um aumento significativo na produção de leite em todos os estados do Sul (Rio grande do Sul, Paraná e Santa Catarina), com destaque ao Paraná, ocupando a terceira colocação no ranking dos 13 maiores estados brasileiros produtores de leite.

Tabela 2: Ranking dos 13 maiores Estados brasileiros produtores de leite.

Estado	1990	2000	2010
Produção (Litros).			
Minas Gerais	4.290.800	5.865.486	8.388.039
Rio Grande do Sul	1.451.797	2.102.018	3.633.834
Paraná	1.160.048	1.799.240	3.595.775
Goiás	1.071.966	2.193.799	3.193.731
Santa Catarina	650.409	1.003.098	2.381.130
São Paulo	1.960.781	1.861.425	1.605.657
Bahia	743.774	724.897	1.238.547
Pernambuco	312.522	292.130	877.420
Rondônia	158.474	422.255	802.969
Mato Grosso	213.644	422.743	708.481
Pará	231.497	380.319	563.777

Mato Grosso do Sul	398.728	427.261	511.270
Rio de Janeiro	390.304	468.752	488.786

Fonte: IBGE- Pesquisa Pecuária Municipal (vários anos).

Em dados mais atualizados, em 2015, o Paraná ocupa a segunda posição no ranking nacional de produção leiteira, com 4,66 bilhões de litros (IBGE, 2015).

De acordo com o a Tabela 3, entre as 10 bacias Paranaenses, a região Oeste é a maior produtora de leite em volume, e nos últimos 10 anos, as regiões Sudoeste, Centro-Sul e Sudeste, foram as que mais cresceram em produção leiteira. Ainda nesse mesmo conceito, a região Sudoeste foi a mais expressiva, ficando atrás da região Sudeste e Centro-Sul em termos percentuais de crescimento, porém mais representativa nos volumes produzidos. O aumento da produtividade certamente fez com que o Paraná tivesse êxito no cenário leiteiro nacional.

Tabela 3: Evolução da produção leiteira nas Mesorregiões do Paraná (Mil litros).

Mesorregião Geográfica	2006	2010	2015
Noroeste Paranaense	222.331	258.710	389.200
Centro Ocidental Paranaense	80.171	119.722	156.716
Norte Central Paranaense	238.645	236.743	212.382
Norte Pioneiro Paranaense	129.546	171.807	202.986
Centro Oriental Paranaense	380.507	432.712	612.590
Oeste Paranaense	813.882	887.705	1.120.190
Sudoeste Paranaense	514.303	848.342	1.099.509
Centro-Sul Paranaense	178.82	472.573	623.350
Sudeste Paranaense	70.849	68.332	169.728

Fonte: Adaptado- IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal (vários anos).

3.2 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

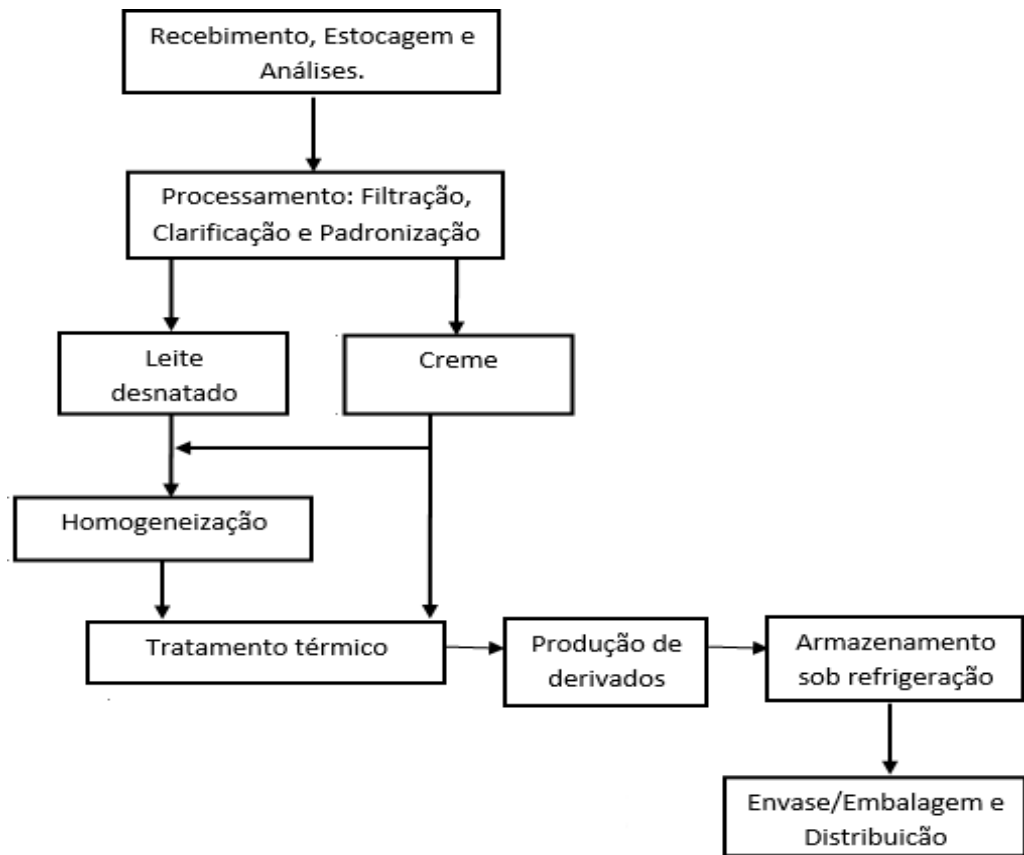
Inicialmente o leite é transportado por caminhões isotérmicos ou acondicionado em recipientes adequados até a indústria destino. Após sua chegada, o leite é mantido a 4 °C e retirado do mesmo, uma amostragem para o laboratório, onde verifica-se a qualidade do leite, realizada por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. Em seguida, o leite passará por vários processos dentro da indústria como pode-se observar na Figura 1.

O processamento consiste em submeter o leite para a filtração (com o intuito de retirar suas impurezas), clarificação (onde o leite será centrifugado, separação do leite desnatado da gordura ou creme de leite e padronização (verificar a proporção de gordura no leite desnatado). A etapa de processamento, tem como objetivo final, adequar a composição e adquirir seus derivados (MAGANHA, 2006).

O tratamento térmico é para ter certeza que não há nenhum organismo patogênico no produto. Esse processo é realizado a altas temperaturas (57 a 150 °C), a um determinado intervalo de tempo (pode variar de 15 segundos a 30 minutos) logo após, a temperatura é resfriada imediatamente. A temperatura e o intervalo de tempo podem variar de acordo com o tipo de tratamento térmico utilizado. Os mais comuns são: pasteurização e *ultra high temperature* – UHT (MAGANHA, 2006).

Após o tratamento térmico, o leite que é destinado a outros produtos é encaminhado para as etapas posteriores, dependendo do tipo de produto que cada indústria se especializa.

Figura 1: Fluxograma do processo produtivo geral da indústria de laticínio.



Fonte: Adaptado de Braile e Cavalcanti (1993).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE LÁCTEO

O efluente de laticínio é composto por leite e seus subprodutos como açúcar, areia, lubrificantes, essências, desinfetantes, detergentes, pedaços de frutas (quando possui produção de iogurtes) e condimentos diversos (quando há a produção de manteigas e queijos), todos esses produtos são diluídos na água utilizada para lavagem de tubulações, pisos, equipamentos e outras instalações da indústria (PRADO, CABANELLAS, 2008). Na Figura 2 tem-se as principais fontes de geração de efluentes nas indústrias de leite, creme e iogurte.

Figura 2: Principais fontes de geração de efluentes nas usinas de leite, creme e iogurte.



Fonte: Adaptado de Braile e Cavalcanti (1993).

O volume de efluente gerado e o volume de água consumido em uma indústria de laticínio pode variar dependendo da prática de gestão aplicada, processo utilizado, da qualidade da água necessária e dos produtos produzidos pela indústria (VOURCH et al., 2008). De acordo com Braile e Cavalcanti (1993), o volume de leite processado se iguala ao volume de águas de limpezas. Fábricas que processam vários produtos, possui volume de despejo de 1,1 a 6,8 litros de efluente equivalente a cada litro de leite processado.

O efluente lácteo possui elevados valores de Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e Demanda química de oxigênio (DQO), níveis elevados de sólidos dissolvidos e gordura como também graxa e óleos e nutrientes como a amônia e minerais como o fósforo. O efluente não possui substâncias tóxicas, mas possui uma carga elevada de compostos orgânicos presentes no meio como proteínas do soro, minerais, gordura, lactose, além de ter um odor extremamente desagradável devido a decomposição anaeróbia de alguns contaminantes (BAISALI et al., 2006). A Tabela 4 apresenta os principais parâmetros físico-químicos do efluente de uma indústria de laticínios.

O soro, presente no efluente da indústria de laticínio é cem vezes mais poluente que o esgoto doméstico, e em muitas indústrias, tem a mesma destinação dos outros efluentes líquidos. Devido ao elevado valor de carga orgânica e nutritivo, devem receber uma destinação diferente. A utilização direta na alimentação dos animais ou na fabricação de outros produtos lácteos são opções para o reuso do mesmo (SILVA, 2011).

Tabela 4: Características físico-químicas do efluente de uma indústria de laticínios processando cerca de 14.000,0 Litros/dia de leite.

Parâmetro	Faixa	Média	Desvio Padrão
pH	4,9 – 11,28	8,77	2,55
Temperatura (°C)	32 – 39	35,50	4,95
Sólidos Totais (g/L)	0,9 - 3,76	2,06	0,87
Sólidos Suspensos (g/L)	0,23 – 0,78	0,47	0,20
Sólidos Dissolvidos (g/L)	0,67 – 3,15	1,63	0,80
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	0,0 – 27,00	3,10	8,26
Óleos e graxas (mg/L)	22,1 – 806	414	554,80
DQO (mg de O ₂ /L)	2120 – 4287	3567	762,39
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	496 – 1712	1033	417,24
Volume de efluente (m ³ /dia)	65,7 – 99,10	75,85	12,56
Carga orgânica total (Kg DQO/dia)			270,63
Carga orgânica específica (Kg DQO/m ³ de leite processado)			25,70
Relação DBO ₅ /DQO			0,29

Fonte: Silva (2006).

Os sólidos em suspensão, provém, dos coágulos de leite, finos de queijo e outras substâncias aditivas. Outro fator que contribui para a suspensão de sólidos, é

a perda de gordura proveniente do leite, que corresponde a 90% da quantidade de gorduras totais do efluente (HANSEN et al., 1977).

O pH sofre alteração devido aos agentes de limpeza (ácidos e/ou alcalinos) e desinfetantes utilizados na limpeza. Os ácidos são utilizados no processo para a remoção de depósitos minerais e sanitização, já os detergentes básicos, na remoção de substâncias proteicas e saponificação de gorduras (BRITZ; ROBINSON, 2008).

A presença de compostos inorgânicos, relatados na Tabela 5, tais como o magnésio, potássio, cálcio, cobalto, ferro, sódio, além de níquel, zinco e cobre em quantidades que não prejudiciais aos tratamentos biológicos. Elevadas concentrações de sódio, indicam, como agente de limpeza, o hidróxido de sódio em grandes quantidades (DEMIREL, et al., 2005).

Tabela 5: Valores de parâmetro físico-químicos típicos de efluentes de laticínios.

Parâmetros	Faixa de Variação (1)	Faixa de Variação (2)
Sólidos suspensos voláteis	24 - 5700	100 – 1000 mg/L
Sólidos suspensos totais	135 – 8500 mg/L	100 – 2000 mg/L
DQO	500 – 4500 mg/L	6000 mg/L
DBO ₅	450 – 4790 mg/L	4000 mg/L
Proteína	210 – 560 mg/L	ND
Gorduras/ Óleos e graxas	35 – 500 mg/L	95 – 550 mg/L
Carboidratos	252 – 931 mg/L	ND
Amônia – N	10 – 100 mg/L	ND
Nitrogênio	15 – 180 mg/L	116 mg/L
Fósforo	20 – 250 mg/L	0,1 – 46 mg/L
Sódio	60 – 807 mg/L	ND
Cloretos	48 – 469 mg/L	ND
Cálcio	57 – 112 mg/L	ND
Magnésio	22 – 49 mg/L	ND
Potássio	11 – 160 mg/L	ND

pH	5,3 – 9,4	1 – 12
Temperatura	12 – 40°C	20 – 30 °C

Fontes: (1) Environment Agency of England and Wales, 2000 – European Commission– IPPC (2006),
(2) ABIQ apud Machado et al. (2002).

O Fósforo presente no efluente provém do uso de detergentes e ácidos fosfóricos nas lavagens de instalações, já o nitrogênio, está relacionado com a elevada concentração de proteínas (DEMIREL et al., 2005).

3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTE

Qualquer alteração física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico pode ser descrita como uma poluição hídrica (GIORDANO, 2004). Quando não há o devido tratamento aos efluentes líquidos, os mesmos alteram a qualidade das águas, podendo inviabilizar o uso múltiplo das águas a jusante do lançamento (AZZOLINI & FABRO, 2013). Ao mesmo tempo em que os cursos d'água recebem esgoto e efluentes industriais, também abastecem a população, agravando a situação (LUCAS & CUNHA, 2007).

Visto que a água tem uma grande importância para diversas atividades humanas, além de abranger vários segmentos da sociedade, como o uso industrial, produtores rurais, companhias de saneamento, foi indispensável, na legislação brasileira, criar normas que regulamentassem a utilização desse recurso. A legislação tem como objetivo minimizar os impactos causados pelo lançamento de efluentes em corpos receptores (MIERZWA, 2005).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 dispõe sobre a classificação de corpos d'água (Tabela 6).

Tabela 6: Classificação dos corpos de águas doces e seus possíveis usos.

Classes	Usos:
I - Classe especial	Abastecimento para consumo humano com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II- Classe 1	Abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo; proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
III - Classe 2	Abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e à atividade de pesca.
IV - Classe 3	Abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário; dessedentação de animais.
V - Classe 4	Navegação; harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado – Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005).

A resolução CONAMA nº 430 de maio de 2011 normatiza o lançamento de efluentes nos rios (Brasil, 2011) de acordo com a Tabela 7. No Estado do Paraná, a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CEMA 070/2009, de acordo com o anexo 7, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes líquidos industriais (CEMA, 2009).

Tabela 7: Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos Industriais.

Variáveis	CONAMA 357/05 – Classe 2*	CONAMA 430/11**	CEMA 70/09***
pH	6 a 9	5 a 9	Não consta - NC
Temperatura	< 40	< 40	NC
Cor aparente	75	NC	NC
Condutividade			
OD	>5	NC	NC
DBO ₅	5	120	50
DQO	NC	NC	200
Sólidos Totais	500	NC	NC
Turbidez	100	NC	NC
Óleos e graxas	Virtualmente ausentes	50	50
Nitratos	10	NC	NC
Nitritos	1	NC	NC

Nitrogênio Total	1,27	NC	NC
Fósforo	0,03	NC	NC

Fontes: Adaptado - * Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005); ** Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2011); *** Conselho Estadual do Meio Ambiente- CEMA (2009).

3.5 TRATAMENTOS APLICADOS AO EFLUENTE LÁCTEO

Com um elevado teor de matéria orgânica presente no efluente lácteo, geralmente, as indústrias de laticínios utilizam o tratamento biológico. O tratamento biológico, tem como objetivo, realizar o metabolismo de oxidação e síntese de células para remover a matéria orgânica. Como característica desse processo, a matéria orgânica é consumida pelos microrganismos em condições aeróbias ou anóxica/anaeróbia de oxigênio molecular. Os sistemas mais utilizados são: filtros biológicos, lodos ativados, digestão anaeróbia e lagoas de estabilização. Há também a presença de gradeamento, remoção de óleos e gorduras, sedimentação primária como formas de operações preliminares ou primárias (BRAILE & CAVALCANTI, 1993).

O tratamento preliminar é seguido de tratamento primário, normalmente com decantação, filtração e coagulação/floculação e/ou flotação com ar comprimido ou dissolvido ((BRAILE e CAVALCANTI, 1993; BRITZ et al., 2008).

Essa etapa do tratamento primário requer muito cuidado de operação e controle rigoroso das condições operacionais, pois necessita garantir a eficiência de remoção de gordura, já que altos índices de gordura (acima de 150 mg/L) causam sérios problemas no sistema de tratamento biológico. Além de apresentar baixa taxa de biodegradação, as substâncias graxas, aglomeram no sistema de tratamento, levando à colmatação de filtros em reatores aeróbio e anaeróbio e à inibição do metabolismo microbiano (VIDAL et al., 2000; PEREIRA et al., 2003).

Segundo LIU (2003), o lodo ativado, dentre os tratamentos biológicos aerados, é um processo em destaque. Ocorre quando há o fornecimento de oxigênio para que os microrganismos presentes no meio degradem a matéria orgânica em suspensão e dissolvida, com isso, tem –se a geração de água, flocos biológicos e gás carbônico.

A utilização de sistemas biológicos para degradação da matéria orgânica possui limitações como a faixa restrita de pH, variações nas concentrações de carga orgânica e das características físico-químicas do efluente podendo gerar sobrecarga nesse tipo de sistema (JANCZUKOWICZ; ZIELINSKI; DEBOWSKI, 2008).

Outro fator é em relação aos custos elevados, tanto de instalação como operacional e ainda, a supervisão do processo deve ser contínua, e a disposição do lodo excedente pode gerar problemas (LIU, 2003).

Para o tratamento anaeróbio, os métodos mais utilizados na indústria de laticínios são os filtros anaeróbios e os reatores UASB (DEMIREL et al., 2005). O problema do filtro anaeróbio é a dificuldade em se atingir os padrões de lançamento. A presença excessiva de sólidos suspensos também afeta a operação. Variações de pH, carga e vazão e a presença de gordura emulsificada do tanque de equalização afeta diretamente na sedimentabilidade do lodo no interior do reator, como consequência, a perda de sólidos (MACHADO et al., 2002).

Há dois tipos para as estações de tratamento de efluente: do tipo físico-químico e a estação do tipo biológico. Apesar dos processos físico-químicos estarem inter-relacionados, podemos dividi-los da seguinte forma: processo físico (utilizados fenômenos de natureza física como, por exemplo, peneiramento, sedimentação, floculação, gradeamento, filtração, osmose reversa e outros); processos químicos (originários através de aplicação de produtos químicos ou reações químicas: neutralização, homogeneização, precipitação, coagulação, adsorção e outros); e os processos biológicos (através de atividades biológicas ou bioquímicas: remoção de matéria orgânica – aeróbios, anaeróbios ou facultativos) – e remoção de fósforo e nitrogênio que depende do tipo de sistema adotado (NUNES, 2012).

Nos últimos anos, novos estudos têm surgido para viabilizar outros tipos de tratamentos ou tornar mais eficientes os já existentes para os efluentes da indústria de laticínios, (PRAZERES; CARVALHO; RIVAS, 2012).

3.6 PROCESSOS DE TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO

No processo de tratamento físico-químico de efluentes, o principal objetivo é a remoção de sólidos presentes e a sedimentação utilizando produtos químicos ou

polímeros coagulantes, seguidos de uma mistura rápida para dispersá-los e logo após uma mistura lenta para a formação de flocos sedimentáveis. Esse processo se dá em laboratório por meio de um equipamento denominado Jar-test (MANCUSO & SANTOS, 2003). Em um estudo para avaliar a eficácia do processo de coagulação e floculação como etapa de pré-tratamento de efluentes industriais, Amuda e Amoo (2007), obtiveram uma eficiência de 99% de remoção dos compostos analisados, sendo alguns deles: sólidos em suspensão, demanda química de oxigênio e fósforo.

Schmitt (2011) ao utilizar efluente proveniente da indústria de laticínios nos processos de coagulação, floculação, e 60 minutos de sedimentação, combinados com processos de adsorção e ultrafiltração com o uso do coagulante *Moringa oleífera* com concentração de 1300ppm, obteve máxima eficiência de remoção de 99,9% de cor aparente e 98,5% de DQO.

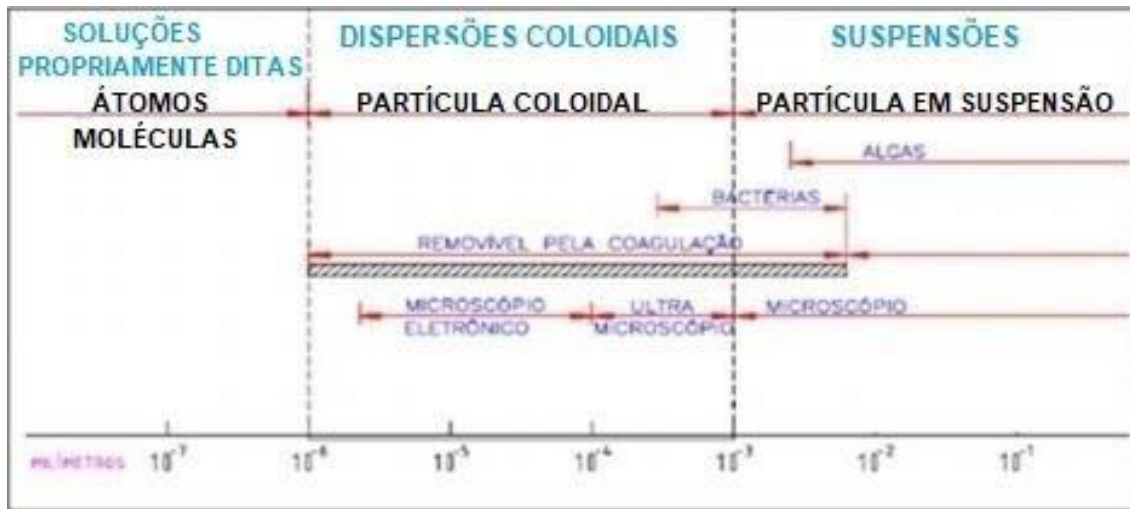
De acordo com os objetivos desse trabalho, o foco será nos processos de coagulação, floculação e sedimentação associados ainda ao processo de filtração, buscando melhores resultados para o tratamento de efluente da indústria de laticínios. Dessa forma, nos tópicos subsequentes são abordados os respectivos métodos de tratamento.

3.6.1 Processo de coagulação e floculação

Para RITCHER e AZEVEDO NETO (2003) pode-se considerar sinônimos os termos coagulação e floculação já que os dois significam processo integral de aglomeração das partículas.

O processo de coagulação é definido como a desestabilização por meio de um coagulante das partículas coloidais e sólidos suspensos, incluindo também, vírus e bactérias (KAWAMURA, 2000). Íons, compostos orgânicos e materiais em suspensão (microrganismos e colóides) encontram-se dissolvidos nos efluentes. As partículas coloidais, em sua grande maioria, possuem cargas negativas, o que gera repulsão entre as partículas, mantendo-se estável por grandes períodos de tempo (PAVANELLI, 2001; SANTOS, 2006). Podemos observar na Figura 3 a faixa de tamanho das partículas.

Figura 3: Tamanho das partículas coloidais.



Fonte: Adaptado de PAVANELLI, (2001).

PAVANELLI (2001) afirma que partículas removidas por processos de flotação ou sedimentação, são as partículas suspensas com tempo de aproximadamente 1 hora, já as partículas removidas pelo processo de coagulação, são as partículas coloidais (retângulo hachurado - Figura 3). A coagulação ocorre na influência de alguns mecanismos, tais como: adsorção e neutralização; compressão de camada difusa; adsorção e formação de pontes e varredura.

Na adsorção e neutralização de cargas ocorre a hidrólise dos íons metálicos seguido da adsorção das espécies hidrolisadas, onde geralmente possui cargas positivas na superfície dos colóides, acarretando na sua desestabilização (GIRARDI, 2013). Essa atração entre a espécie adsorvida e a superfície resulta, provavelmente de interações como reações de coordenação, reações de troca iônica, ligações de hidrogênio e ligações covalentes (DI BERNARDO, 1993).

DI BERNARDO e DANTAS (2005) afirmam que na compressão de camada difusa, quando ocorre a introdução de um composto com uma certa quantidade de carga, aumenta a densidade de carga na camada difusa acarretando na diminuição da "esfera" de influência das partículas causando assim, a coagulação por compressão da dupla camada difusa.

Na adsorção e formação de pontes a escolha do polímero de grandes cadeias moleculares é essencial, pois os mesmos servirão de pontes entre a superfícies a qual estão aderidos e outras partículas (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Durante a varredura, segundo SILVA (2005), poderá ocorrer a formação de precipitados de acordo com a quantidade de coagulante inserida ao meio, da concentração de alguns íons presentes na água e do pH da mistura. Os flocos formados nesse mecanismo são maiores do que os formados no mecanismo de adsorção por neutralização, facilitando a sedimentação com velocidades maiores (PAVANELLI, 2001).

Os ensaios de coagulação são essenciais para o dimensionamento da estação de tratamento de efluentes industriais, pois através destes obtém-se dados fundamentais como: gradientes de velocidades, volume e características de lodos, tempos de detenção, dosagens e tipos de reagentes e performance de processo quanto à remoção de poluentes específicos (CAVALCANTI, 2009).

O objetivo da floculação é agregar o maior número possível de partículas desestabilizadas em flocos com agitação relativamente suave, e, em seguida, separadas pelo processo de sedimentação ou flotação (DI BERNARDO, DANTAS, 2005).

3.6.2 Coagulantes orgânicos

De acordo com Moraes (2004), novas alternativas vêm sendo estudadas para minimizar os impactos ambientais e na saúde humana provocados pelo uso de coagulantes químicos. Os coagulantes naturais, chamados de biopolímeros ou polímeros naturais tem demonstrado vantagens em relação aos coagulantes inorgânicos quanto a baixa toxicidade, biodegradabilidade, baixo índice de produção de lodos residuais. São exemplos de coagulantes naturais os Taninos e a semente de *Moringa oleífera*.

Os Taninos são encontrados em árvores de pequeno e grande porte, extraído da estrutura celular vegetal (SILVIA, 1999). Segundo Coral et al. (2009) o Tanino é extraído da casca de vegetais como da Acácia Negra (*Acacia mearnsii*) onde pode-se visualizar na Figura 4. Os principais tipos de taninos no mercado são: taninos hidrolisáveis, elagitaninos, galotaninos, oligoméricos complexos e taninos

condensados. Por apresentar mais viscosidade que o hidrolisável, o tanino condensado é o mais utilizado como floculante (MARTINEZ, 1996).

Figura 4: Acácia Negra.



Fonte: Silva (1999).

Além de produzir lodo em menor quantidade, apresenta também menores teores de metais e ainda é biodegradável. Os taninos atuam em sistemas de partículas coloidais, agindo como neutralizador de cargas e na formação de pontes entre essas partículas, esse processo é responsável pela formação de flocos e conseqüentemente sedimentação (GRAHAM et al., 2008). O tanino não altera o pH da água tratada além de ser efetivo em faixas de pH extensas de 4,5 – 8,0 (BARRADAS, 2004).

Outro coagulante orgânico citado na literatura é a *Moringa Oleífera*, sendo esta uma espécie perene, originária do nordeste Indiano, é composta por apenas um gênero: *Moringa*, e 14 espécies distribuídas nas Filipinas, Índia, Egito, Paquistão entre outros países (KARADI et al., 2006).

O baixo peso molecular das proteínas presentes na *Moringa oleífera*, faz com que o seu pó, quando dissolvido em água, adquira carga positiva que atrai partículas negativamente carregadas, tais como argila, siltes, formando flocos com densidade elevada ocorrendo a sedimentação (AMAGLOH; BENANG, 2009).

O uso do extrato da semente (Figura 5) de *Moringa oleífera* como coagulante natural apresenta várias vantagens: pode ser utilizado em uma vasta faixa de pH de

4,0 a 12,0, é biodegradável, apresenta menor geração de volume de lodo e possui baixo custo (VAZ, 2009).

Figura 5: Sementes de *Moringa oleífera*.



Fonte: Autoria própria (2018).

Segundo Pereira et al.(2015), ao utilizar efluente da indústria de laticínios que utilizou os processos de coagulação/floculação/sedimentação, com coagulante orgânico *Moringa Oleífera*, o melhor resultado atingido para o parâmetro cor aparente foi de 34,7% de remoção. Para os parâmetros turbidez e DQO, a porcentagem de maior remoção foi de 27,06% e 9,02% respectivamente. Com isso, os autores ressaltam que o processo mostrou-se eficiente em relação ao coagulante orgânico utilizado para o experimento.

3.6.3 Sedimentação

A sedimentação é o fenômeno físico de separação de fases (sólido-líquido), ocorre devido a ação da gravidade, onde as partículas apresentam movimento descendente, favorecendo a clarificação do meio líquido (DI BERNARDO et. al. 2002).

A sedimentação de acordo com o tipo de partícula a ser removida, pode ser dividida em quatro tipos (MIERZWA, 2005; METCALF; EDDY, 2003).

Tipo 1 – sedimentação de partículas discretas: a floculação e ação entre as partículas não possuem quase nenhum efeito, são desprezíveis, em baixas concentrações na água.

Tipo 2 – sedimentação de partículas floculentas: ao longo do processo as partículas continuam se aglomerando, fazendo com que a velocidade de sedimentação aumente.

Tipo 3 – sedimentação impedida ou por zona: a formação entre o líquido clarificado e os sólidos sedimentados é bem definida, visto que a concentração de partículas é alta.

Tipo 4 – sedimentação por compressão: Favorece a sedimentação por camadas já que a concentração de partículas é elevada.

A importância dos processos anteriores a decantação (coagulação e floculação) seria para viabilizar a construção de unidades de decantação mais compactas, possibilitando a obtenção de partículas com velocidades de sedimentação maiores. Logo, a eficiência no processo de decantação está relacionada diretamente aos dois processos anteriores já mencionados (Heller; Pádua, 2010).

3.6.4 Filtração

A operação unitária chamada filtração, tem por objetivo, a separação de sólidos de uma superfície líquida de forma mecânica, através de um meio poroso ou uma barreira chamada filtro, com pequenos orifícios, onde as partículas sólidas ficam retidas e os líquidos escoam através dos mesmos (FOUST et al.,1982).

De acordo com Di Bernardo e Dantas (2005), a filtração é um dos processos físicos mais importantes, onde, normalmente o leito filtrante é formado por areia e carvão ativado, no qualos microrganismos, partículas suspensas e coloidais são removidas, tornando a água mais limpa.

Para tratamento de águas residuárias, o carvão ativado, mostrou-se satisfatório em termos de eficiência de remoção de odor, sabor, cor e compostos orgânicos recalcitrantes (MACHADO, 2013).

A remoção das partículas se dá por meio de mecanismos complexos, influenciados pelas partículas da água, da taxa de operação, do método de operação

dos filtros e do meio filtrante, de acordo com suas características físicas e químicas. A filtração é resultado de três mecanismos distintos: transporte, aderência e desprendimento (DI BERNARDO, 2003).

Os filtros podem ser classificados quanto a velocidade que a água transpõe o leito filtrante, se a velocidade for baixa, é denominado filtro lento. É denominado de filtro rápido, caso a velocidade for rápida. Geralmente, os filtros são compostos por uma camada de um meio poroso mais grosso e denso (carvão) colocado sobre a areia, permitindo uma filtração melhor. A fim de evitar a mistura das camadas filtrantes, as granulometrias dos materiais devem ter valores diferentes (NETTO, 1991).

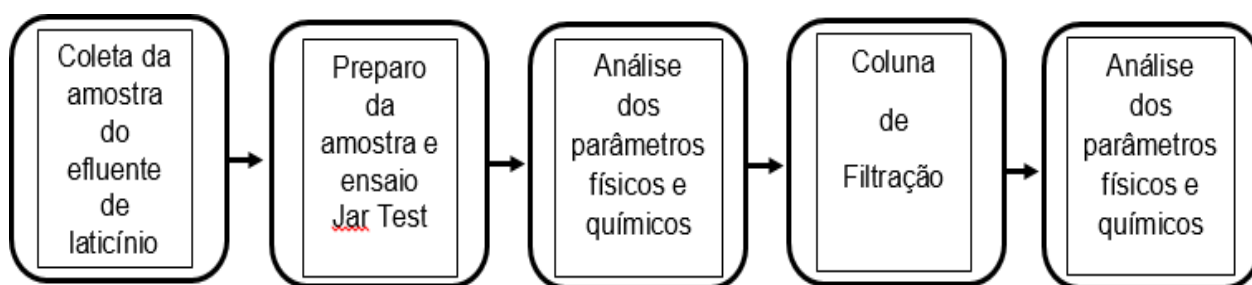
Segundo (ALCANTARA, 2010), outra forma de classificar os filtros é em relação ao fluxo da água durante a filtração, classifica-se como filtração direta ascendente se o fluxo se dá de baixo para cima, e classifica-se como filtração direta descendente se o fluxo for em direção ao sentido oposto.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 EFLUENTE

Foram utilizadas amostras do efluente bruto de uma indústria de laticínios em que produz leite, iogurte e queijo. O efluente foi coletado logo após a saída do equalizador para não ocorrer interferência de coagulantes químicos e orgânicos utilizados na indústria. Para a coleta foram utilizados galões de 20L previamente higienizados. A Figura 6 ilustra as etapas gerais do processo desde a coleta da amostra do efluente de laticínio até a última etapa, onde foram analisados os parâmetros físicos e químicos.

Figura 6: Etapas gerais das análises da amostra do efluente de laticínio.



Fonte: Autoria própria (2018).

4.2 BATERIA DE ENSAIOS

Para analisar a influência do pH e da concentração dos coagulantes (Tanfloc SG e *Moringa Oleifera*) utilizados no processo de coagulação/flotação/sedimentação foi realizado uma bateria de ensaios.

O pH da amostra (valor inicial neutro: 6,16) foi variado entre valor básico (9,14) e ácido (4,09). Já a variação nas dosagens de concentração dos coagulantes foi realizada através de um pré-ensaio (Item 4.5). O pH não seguiu a mesma variação entre as unidades devido à falha em equipamento. Na Tabela 9 pode-se visualizar a bateria de ensaios.

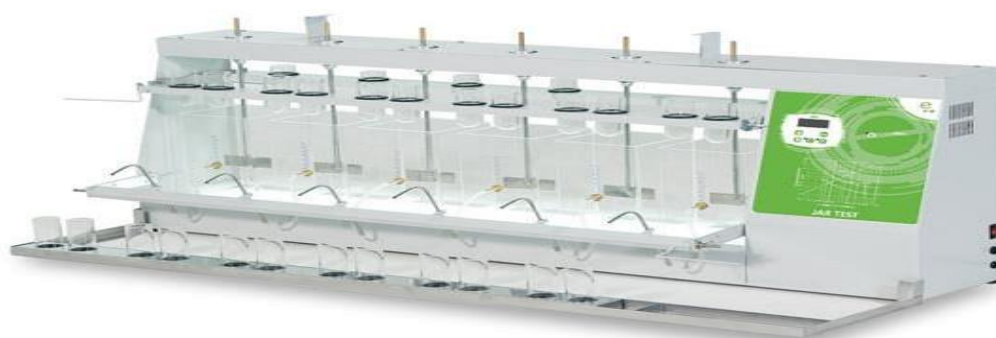
Tabela 9: Bateria de ensaios para os diferentes níveis de concentração de pH e coagulante com valores codificados e reais.

Ensaio	pH	Coagulante (mL/L)
1	4,09	5
2	9,14	5
3	4,09	15
4	9,14	15
5	6,16	10
6	6,16	10

Fonte: Autoria própria (2019).

Os ensaios foram realizados no equipamento Jar-test como podemos visualizar na Figura 7. O equipamento é da marca Nova Ética modelo 218 – 6LDB, de seis provas com regulador de rotação das hastes misturadoras.

Figura 7: Equipamento Jar-Test.



Fonte: Ethiktechnology (2019).

O tempo de mistura e a rotação das hastes do equipamento Jar-Test para o experimento de coagulação (mistura rápida) /floculação (mistura lenta) serão adotados como base no trabalho de Madrona (2010) relatados na Tabela 10.

Tabela 10: Tempo de ação e gradiente de rotação das hastes do equipamento Jar-Test.

Processos	Tempo (minuto)	Rotação (rpm)
Mistura rápida	3	130
Mistura lenta	15	30

Fonte: Madrona (2010).

Foi adotado um tempo de sedimentação de 15 minutos para os ensaios de coagulação/floculação/sedimentação. Após o tempo de 15 minutos foram realizadas coletas de amostras para todos os ensaios e realizadas as medições dos parâmetros cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e pH.

4.2 PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DO COAGULANTE Tanino

Para obter a solução mãe do coagulante Tanino (Tanfloc SG), foi pesado 160g de Tanfloc SG e diluído em um balão volumétrico contendo 1L de água destilada. Com isso a concentração obtida foi de 160g/L (16%).

4.3 PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DO COAGULANTE *Moringa oleifera*

Para a preparo da mãe da solução do coagulante *Moringa Oleifera*, foi descascado e pesado 40g de semente. Para a solução salina de NaCl (cloreto de sódio) com concentração de 1M, foi pesado 14,61g de NaCl e adicionado em um balão volumétrico contendo 250mL de água destilada, agitando para a total dissolução do sal. Logo após, os 40g de semente foram triturados juntamente com a solução salina de NaCl 1M no liquidificador. Em seguida, com o auxílio de um coador, a solução foi filtrada para homogeneização e assim obteve-se a solução salina do coagulante *Moringa oleifera* com concentração de 160g/L.

4.4 AJUSTES DOS VALORES DE pH

De acordo com o planejamento experimental, foi necessário ajustar os valores de pH das amostras a fim de testar a hipótese de que a variação dos valores de pH interfere nos processos de tratamento do efluente e também nos coagulantes.

O pH natural da amostra foi medido e encontrava-se neutro. É importante destacar que a amostra foi coletada uma única vez. Por se tratar de um efluente industrial, as características são muito variadas a cada lote. Ou seja, o pH pode variar conforme a produção industrial. Além disso, o coagulante Tanino é efetivo em uma faixa ampla de pH (4 a 12) (Vaz, 2009). Dessa forma, para o planejamento experimental foi proposto o uso dos coagulantes em meio ácido, neutro e básico, como apresentado na Tabela 11

Para acidificar a amostra, utilizou-se a solução HCl (ácido clorídrico) com concentração 1 M. Adicionou-se 45mL de HCl na amostra a fim de obter o pH ácido estabelecido. Utilizou-se NaOH (hidróxido de sódio) com concentrações 1M e 6M para basificar a amostra. Adicionou-se 12mL e 19mL de NaOH para cada concentração respectivamente, a fim de obter o pH básico estabelecido.

Com isso, para a bateria de ensaio do coagulante Tanino, aplicou-se para cada dois jarros do equipamento Jar-Test uma faixa de pH, totalizando os 6 jarros com as três variações de pH (ácido, neutro e básico). Aplicou-se a mesma metodologia para o coagulante *Moringa Oleifera*.

4.5 Pré - ensaio de Coagulação/Floculação/Sedimentação

Foi realizado um pré-ensaio de coagulação/floculação/sedimentação para saber a concentração ideal dos coagulantes Tanfloc SG e *Moringa Oleifera* para cada bateria de ensaio a serem realizadas. Em um becker foi adicionado 100 mL de amostra do efluente e diferentes concentrações dos coagulantes foram analisadas, observou-se o momento em que ocorreu a formação de flocos e a qualidade dos mesmos para cada concentração utilizada. A dosagem mais adequada em ambos coagulantes foi de 10mL/L.

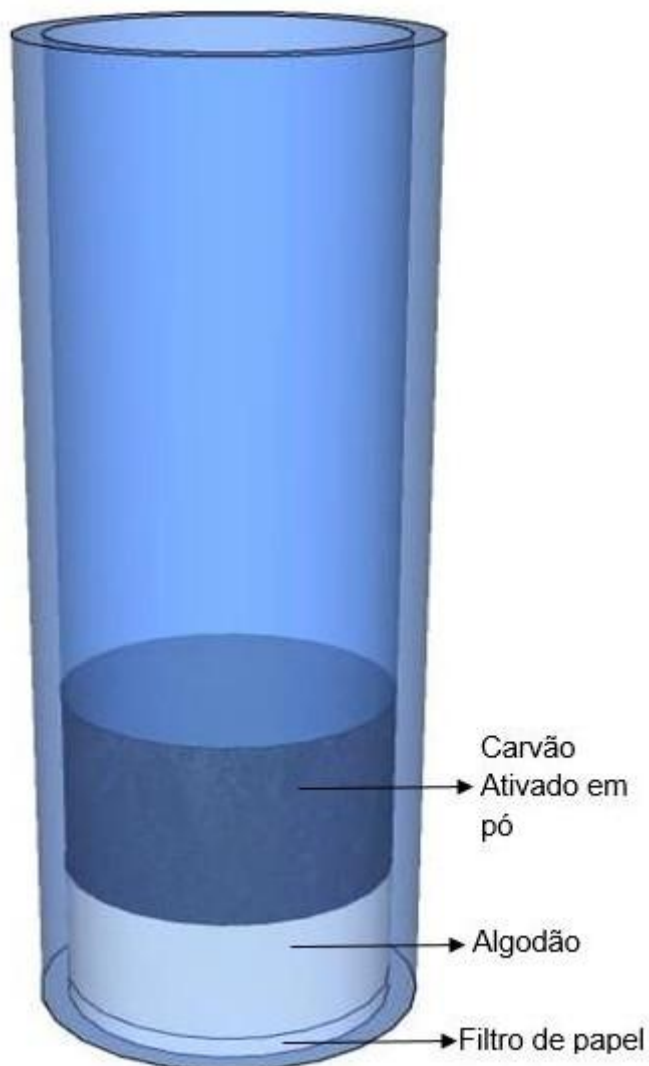
4.6 COLUNA RÁPIDA DE FILTRAÇÃO EM ESCALA DE BANCADA

As colunas rápidas de filtração foram confeccionadas do material Policloreto de Vinila (PVC) com 15cm de comprimento e 1/2" de diâmetro interno, configurando um modelo de leito fixo com fluxo descendente totalizando seis colunas em paralelo.

Foi realizado um pré-ensaio para verificar as melhores proporções para os materiais a serem depositados no interior do filtro. As melhores proporções foram de 1cm de algodão, 0,4g ou 2cm de carvão ativado em pó com granulometria de 50 a 70% menor que 325 mesh.

E na base da coluna, papel filtro com retenção de partículas de 20um - 25um e espessura de 0,17 - 0,21mm. Na figura 9 pode-se visualizar o modelo das camadas filtrantes que constituiu o filtro.

Figura 8: Modelo representativo da coluna de filtração e das camadas filtrantes.

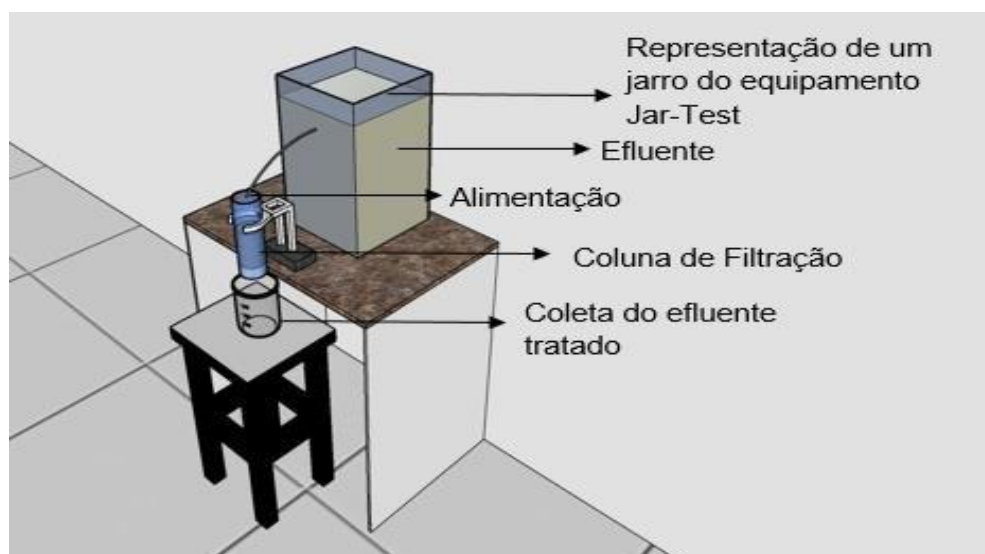


Fonte: Autoria própria (2019).

O efluente a ser tratado entrou pelo topo da coluna de filtração e retirado pelo fundo. Foram realizadas coletas das seis colunas de filtração para cada coagulante e então, foram analisadas as medições dos parâmetros cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, pH e demanda química de oxigênio (DQO).

Na Figura 8 pode-se observar o esquema reduzido com apenas um jarro do equipamento Jar-Test alimentando a coluna de filtração e ao final do processo a coleta do efluente com o Becker.

Figura 9: Esquemática dos processos de coagulação/floculação/sedimentação e filtração e a coleta do efluente após os tratamentos físico-químicos.



Fonte: Autoria própria (2019).

4.7 PARÂMETROS ANALISADOS

Para as diferentes concentrações dos coagulantes Tanfloc SG e *Moringa Oleifera* testados de acordo com Tabela 11, foram determinados os parâmetros: cor aparente, turbidez, pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica. Após a retirada do efluente da coluna rápida de filtração foram acrescentadas as medições do parâmetro demanda química de oxigênio (DQO).

A metodologia de medição seguiu o Standard Methods of Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). A Tabela 11 apresenta os métodos e os equipamentos utilizados.

Tabela 11: Equipamentos e metodologia para os ensaios.

Parâmetro	Equipamentos	Metodologia
Cor aparente	Espectrofotômetro HACH DR-5000	2120 C
Turbidez	Turbidímetro Policontrol AP-2000	2030 B
pH	pH-metro mPA-210	4500 H+ B
Sólidos Totais	TDS Meter 3 Water Quality Tester.	Leitura Direta
Condutividade elétrica	Condutivímetro Mca 150	2510 B

Fonte: (APHA, 2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA COLETADA

Após a realização da coleta do efluente, as amostras foram encaminhadas a UTFPR, onde foram realizadas as análises dos parâmetros cor aparente, turbidez, pH, sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica da amostra bruta. Observa-se os valores obtidos na Tabela 12.

Tabela 8: Caracterização dos parâmetros da amostra do efluente bruto.

Parâmetros	Amostra bruta
Cor Aparente (uH)	2611
Turbidez (uT)	860
Condutividade Elétrica (mS.cm ⁻¹)	0,55
Sólidos Dissolvidos Totais (ppm)	228
pH	6,15
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	7553

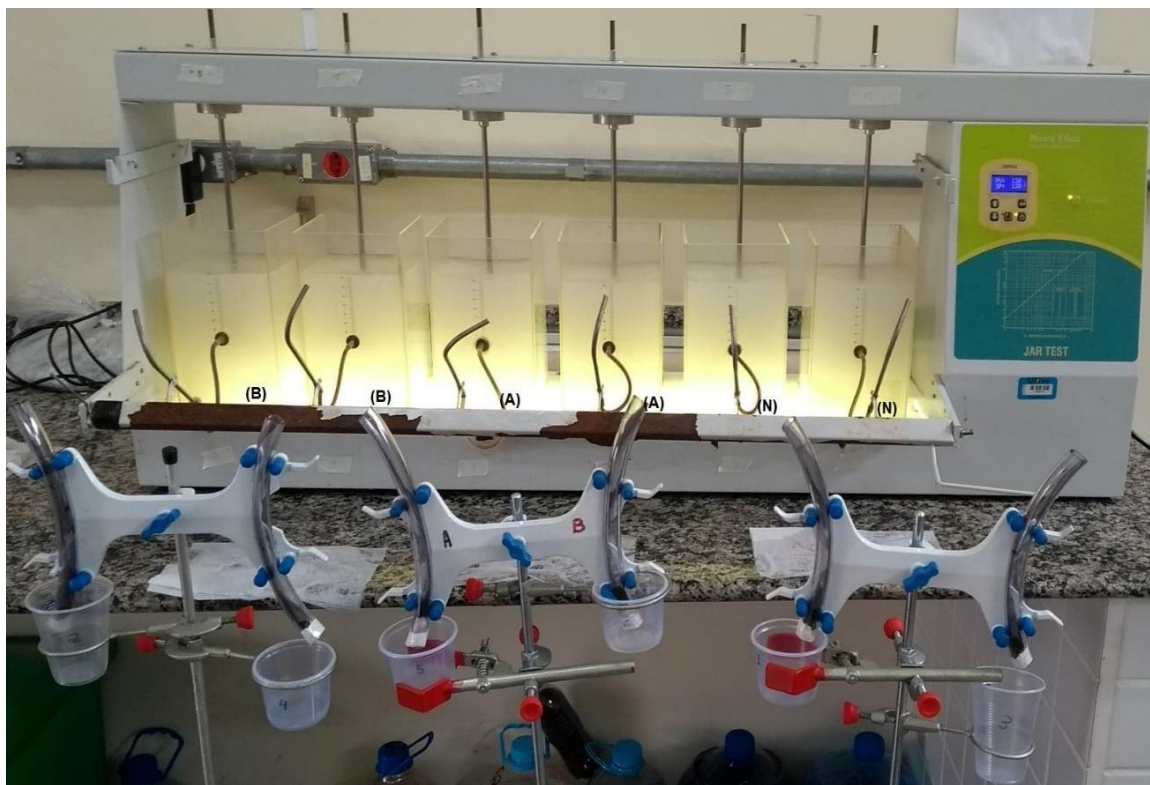
Fonte: Autoria própria (2019).

5.2 ANÁLISE QUALITATIVA DO EFLUENTE

As amostras brutas foram dispostas nos jarros do equipamento Jar-Test de acordo com a faixa de pH para facilitar a visualização.

A Figura 10 mostra o efluente bruto em meio ácido (A), neutro (N) e básico (B) como anteriormente definidos no planejamento experimental, e o sistema de colunas rápidas de filtração em escala de bancada.

Figura 10: Efluente bruto antes dos processos de coagulação/floculação/sedimentação/filtração.

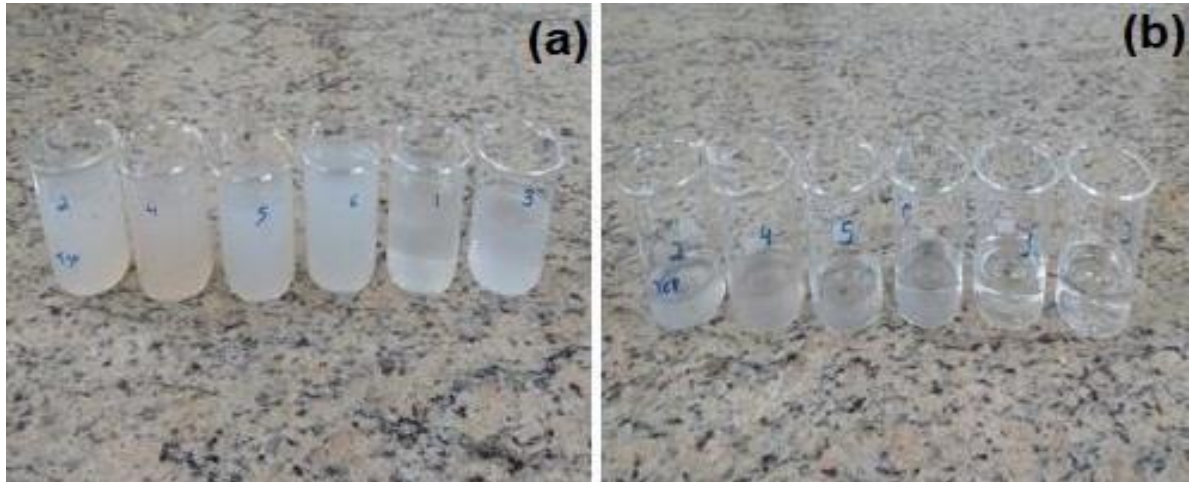


Fonte: Autoria própria (2019).

Observa-se na Figura 10 a presença de cor e turbidez no efluente, anteriormente aos processos de tratamento físico-químicos do efluente lácteo.

Na Figura 11, verifica-se amostras coletadas do efluente após os processos de coagulação/floculação/sedimentação no equipamento Jar-Test com o uso do coagulante Tanfloc SG e amostras coletadas após o processo de filtração. As amostras seguem a mesma ordem de variação de pH do equipamento Jar-Test, sendo, os dois primeiros beakers com amostras básicas e assim respectivamente para as variações de pH ácido e neutro.

Figura 11: Coagulante Tanfloc SG: (a) – amostras após a bateria de ensaio de coagulação/floculação/sedimentação. (b) – amostras após a filtração.



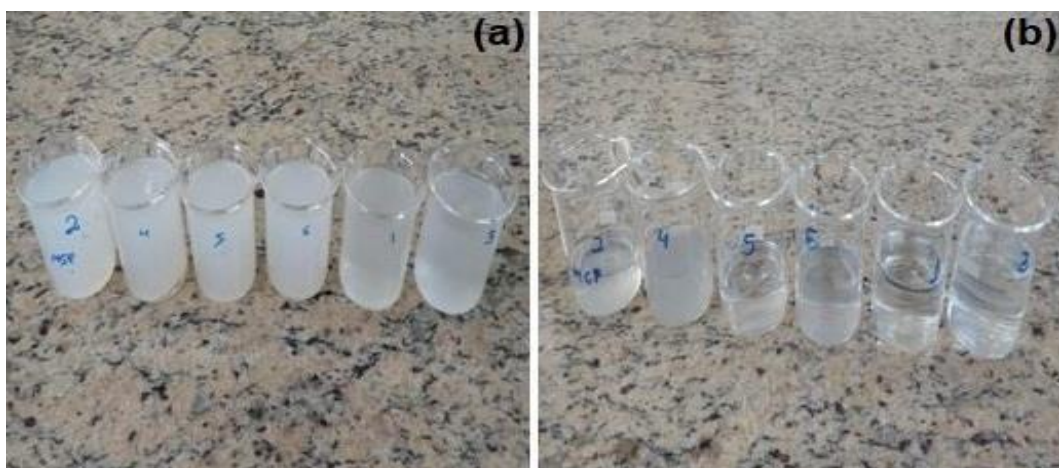
Fonte: Autoria própria (2019).

Pode-se observar a redução dos parâmetros cor aparente e turbidez após os ensaios no equipamento Jar-Test para as amostras em pH ácido e uma remoção inferior nas amostras com pH básico e neutro.

Após o processo de filtração, observa-se nitidamente a clarificação do efluente em todas as amostras. Pode-se destacar as amostras em meio ácido como as mais perceptíveis em relação a remoção dos parâmetros cor aparente e turbidez.

Na Figura 12, observa-se amostras coletadas do efluente após a bateria de ensaio no equipamento Jar-Test e amostras coletadas após o processo de filtração com o uso do coagulante *Moringa oleífera*.

Figura 12: Coagulante Moringa Oleífera: (a) – amostras após a bateria de ensaio de coagulação/floculação/sedimentação. (b) – amostras após a filtração.



Fonte: Autoria própria (2019).

Visualmente, O pH em meio ácido, apresentou maior remoção dos parâmetros cor e turbidez, em relação às outras amostras em meio básico e ácido que tiveram visualmente pouca remoção, após os processos de coagulação/floculação/sedimentação. Nota-se que após o processo de filtração, novamente as amostras com pH em meio ácido apresentaram nitidamente uma maior clarificação e as amostras em meio básico uma menor clarificação, porém, todas as amostras apresentaram redução visual nos parâmetros cor aparente e turbidez.

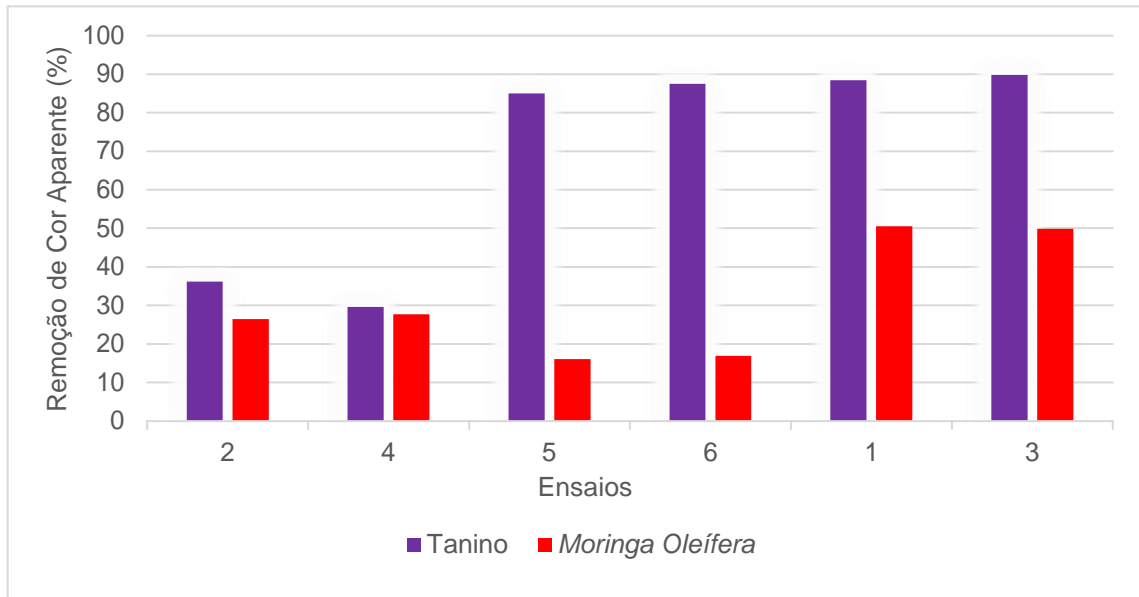
Com isso, verifica-se que em ambos coagulantes utilizados, houve uma redução visual dos parâmetros cor aparente e turbidez nas amostras analisadas após as baterias de ensaio no equipamento Jar-Test. Porém, após o processo de filtração houve uma nítida evolução visual na clarificação do efluente em relação as amostras coletadas após os ensaios de coagulação/floculação/sedimentação. Essas constatações são evidenciadas a partir das análises dos parâmetros de monitoramento, descritos na sequência,

5.3 ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO EFLUENTE

5.3.1 Remoção do parâmetro Cor Aparente

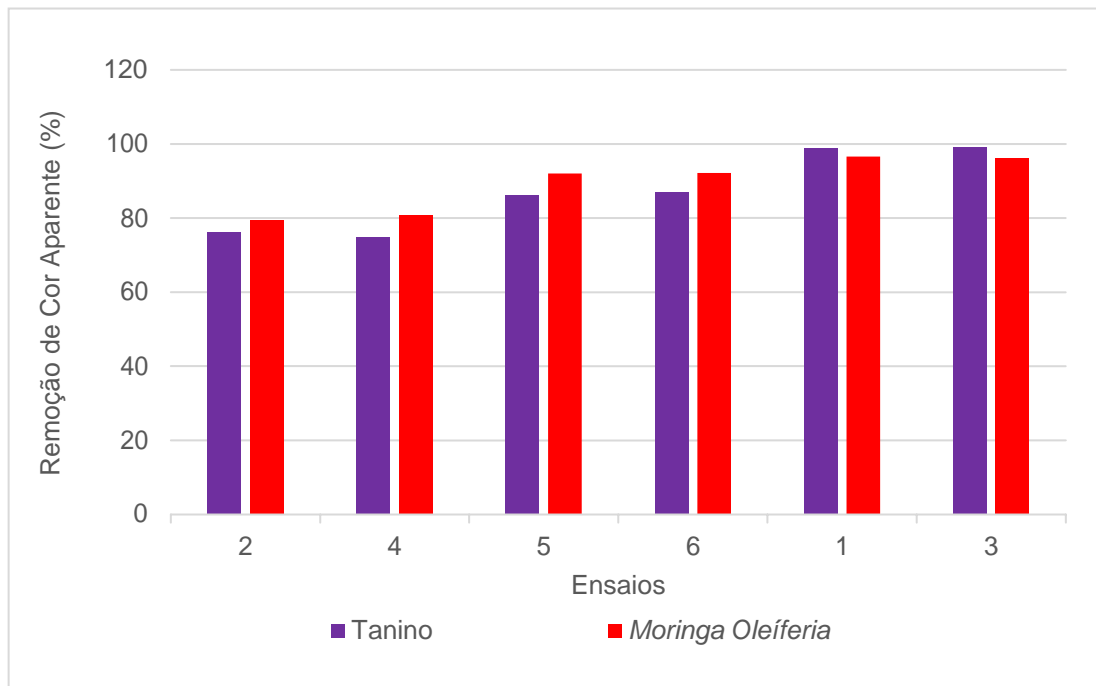
Os gráficos 1 e 2 mostram o percentual de remoção do parâmetro cor aparente após os processos físico-químicos utilizando os coagulantes nas mesmas concentrações e valores de pH. Já os gráficos 3 e 4 mostram a variação do parâmetro cor aparente após os processos físico-químicos comparando com o valor máximo permitido na legislação.

Gráfico 1: Remoção do parâmetro cor aparente após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.



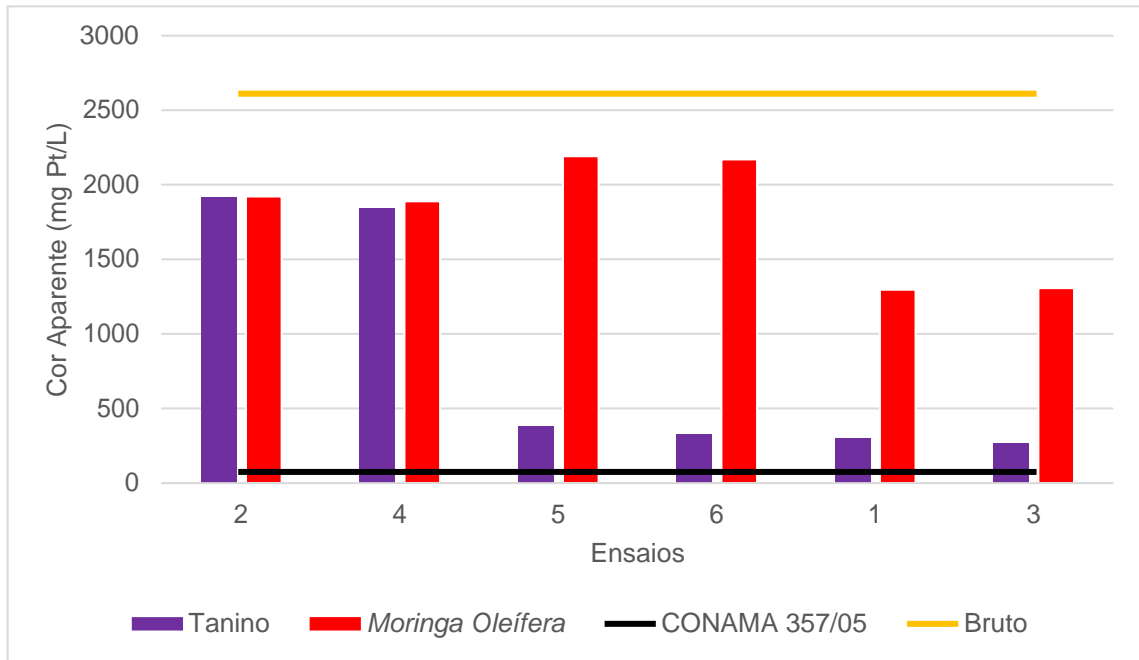
Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 2: Remoção do parâmetro cor aparente após o processo de filtração.



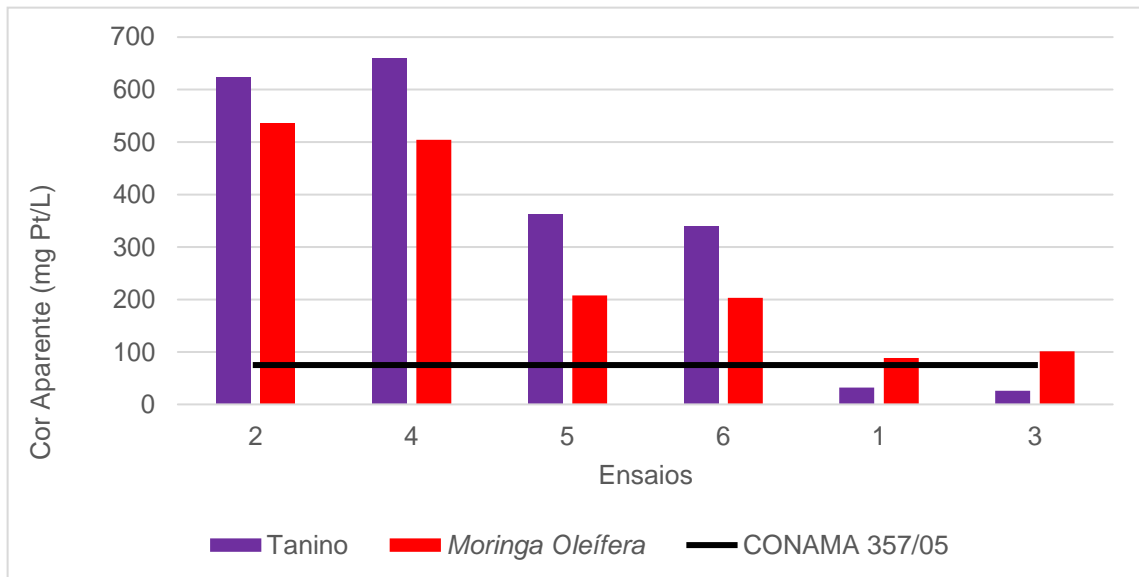
Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 3: Análise do parâmetro cor aparente após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.



Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 4: Análise do parâmetro cor aparente após o processo de filtração.



Fonte: Autoria própria (2019).

No Gráfico 1, observa-se que os maiores percentuais de remoção de remoção de cor aparente, após o processo de coagulação/floculação/sedimentação, foram para o coagulante Tanino - TN em meio ácido, no ensaio 1, com 88,39% de remoção, e no

ensaio 3, com 89,81%, com concentrações de 5mg/L e 15 mg/L respectivamente. Já o coagulante *Moringa oleífera* - MO, mostrou menor eficiência de remoção em todos os ensaios em comparação ao coagulante Tanino, com máxima redução, também em meio ácido, no ensaio 1, com 50,52% e no ensaio 3, com 49,9%.

. O princípio ativo coagulante presente na *Moringa oleífera* é constituído de proteínas de baixo peso molecular e catiônicas e ainda pH isoelétricos de 10. Logo, se o mesmo estiver atuando próximo ou na mesma faixa de pH citado, essas proteínas se tornariam pouco solúveis ocasionando pouca remoção de cor e turbidez (VIEIRA et al., 2010), meio básico nos ensaios 2 e 4, o coagulante TN apresentou menor eficiência de remoção de cor aparente, com uma porcentagem de 36,13% e 29,56% com concentrações de 5mg/L e 15mg/L respectivamente. Já o coagulante MO obteve menor eficiência em meio neutro, no ensaio 5 com 16,06% e no 6 com 16,85% nas concentrações de 10mg/L para os dois ensaios.

Segundo Marques et al. (2017), para efluente de laticínios, com coagulante TN removeu cerca de 90% de cor em meio ácido o que condiz com os resultados apresentados no gráfico 1. Tamogami et al. (2014), utilizando efluente de curtume em meio neutro, removeu cerca de 98%. Utilizando o coagulante MO, com efluente de laticínio. Ribeiro (2015), também utilizando MO no tratamento de XX efluente obteve máxima 47% de eficiência máxima de remoção de cor aparente

Em relação a cor aparente, Paterniani et al. (2009), afirma que quanto maior a concentração da solução do coagulante, maior a eficiência na redução de cor. Andrade (2015) definiu estatisticamente, que diferentes concentrações do coagulante MO não apresenta diferença para a variável cor aparente.

No Gráfico 2, após o processo de filtração, nota-se novamente o coagulante TN com uma maior porcentagem de remoção de 98,77% (ensaio 1) e 99% (ensaio 3). Para o coagulante MO os mesmos ensaios obtiveram as melhores eficiências com 96,63% e 96,13% respectivamente. Pereira (2015) utilizando o coagulante MO, após o processo de filtração, atingiu sua máxima remoção de 34,7%, porém, isso pode ser explicado devido a composição do filtro, que foi preenchido por areia.

Ao visualizar o Gráfico 3, para ambos os coagulantes, nenhum dos valores para cor aparente estão de acordo com a legislação. Com isso, nota-se a necessidade de pós tratamento.

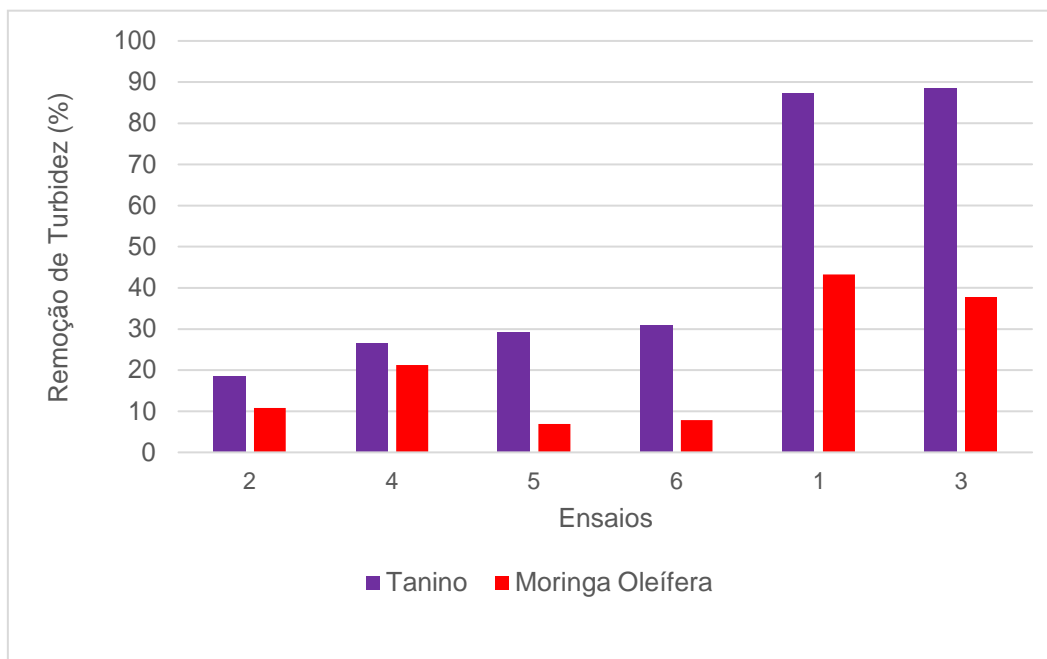
Segundo Marrara (2005), utilizando apenas o processo de filtração para efluente doméstico com carvão ativado e areia, atingiu a máxima remoção de 41,8%, inferior ao atingido nesse trabalho, o que pode ser explicado, devido ao tratamento anterior, realizado através dos processos de coagulação/floculação/sedimentação.

Com isso, comparando os resultados obtidos com o valor máximo permitido pela CONAMA 357/05 de 75mg Pt/L, conclui-se que o tratamento completo obteve resultado satisfatório na remoção do parâmetro cor aparente nos ensaios 1 e 3, em meio ácido, apenas com o coagulante TN com concentrações 5mg/L e 15mg/L respectivamente. Já para o coagulante MO nenhum dos ensaios ficou dentro da faixa máxima de cor aparente permitidos pela legislação, como mostra o gráfico 4.

5.3.2 Remoção do parâmetro Turbidez

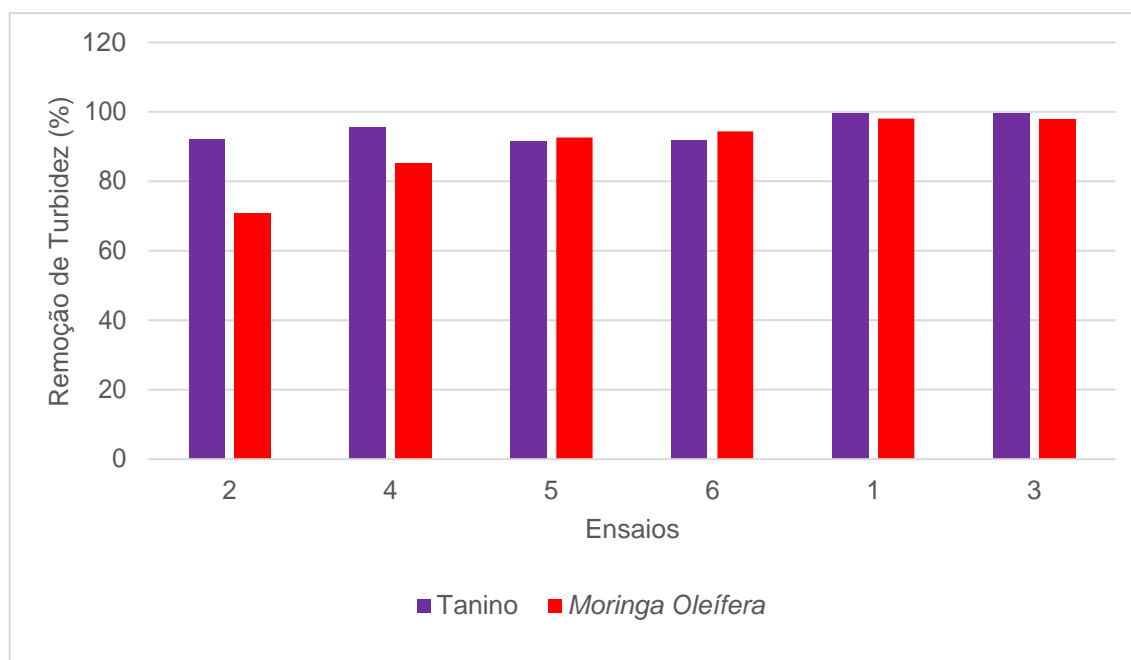
Os Gráficos 5 e 7 apresentam os resultados dos valores de porcentagem de remoção e análise do parâmetro turbidez respectivamente. Já os Gráficos 6 e 8 apresentam as porcentagens de remoção e análise do parâmetro turbidez após o processo de filtração.

Gráfico 5: Remoção do parâmetro turbidez após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.



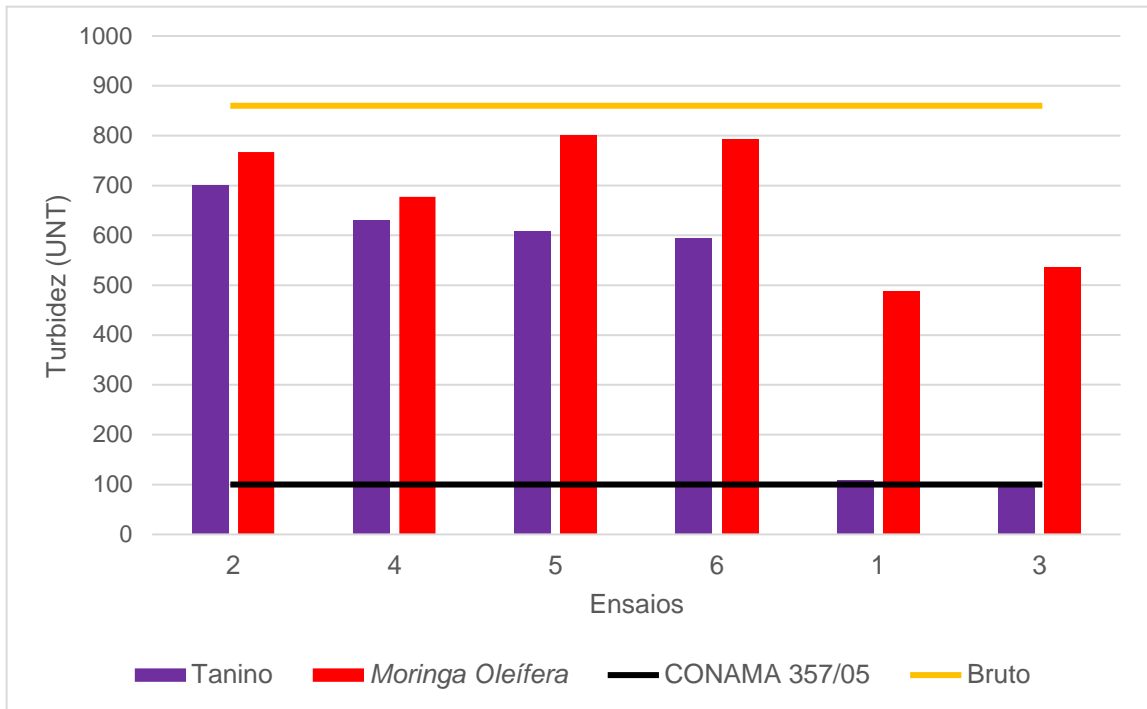
Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 6: Remoção do parâmetro turbidez após o processo de filtração.



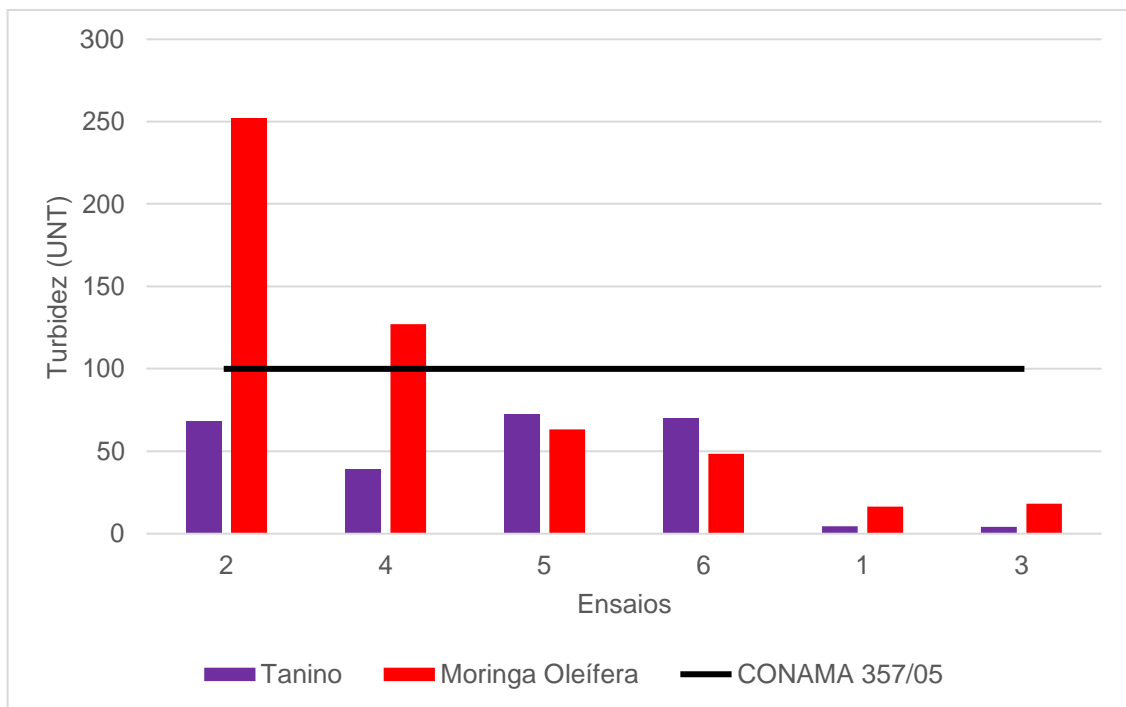
Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 7: Análise do parâmetro turbidez após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.



Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 8: Análise do parâmetro turbidez após o processo de filtração.



Fonte: Autoria própria (2019).

Analisando os resultados apresentados nos Gráficos 5 e 7, após o processo de coagulação/floculação/sedimentação, o coagulante TN mostrou-se mais eficiente em pH ácido, com 87,32% (ensaio 1) e 88,6 % de remoção (ensaio 3) com concentrações de 5mg/L e 15mg/L. Já em meio básico, apresentou seu pior desempenho, com 18,49% (ensaio 2) e 26,74% (ensaio 4).

Marques (2017), obteve uma redução de 95% de turbidez com o uso do coagulante Tanino. Ferreira (2012), concluiu que o fator pH é um dos mais significativos frente a outros fatores na remoção de turbidez, apontando que quanto menor o pH maior a remoção da turbidez do efluente de laticínio, o que está de acordo com o presente estudo, já que a melhor eficiência para os dois coagulantes foi em meio ácido. Ainda de acordo com Ferreira (2012), a concentração do coagulante Tanino não afeta na eficiência de remoção da turbidez.

Logo, comparando os valores exigidos pela legislação (CONAMA 357/05), de no máximo 100 UNT de turbidez, apenas os ensaios 1 e 3 atendem a esse parâmetro.

Já o coagulante MO, atingiu sua melhor eficiência de remoção da turbidez nos ensaios em meio ácido com 43,25% (ensaio 1) e 37,67% (ensaio 3). Vieira et al. (2010) atingiu até 95% de eficiência na redução de turbidez utilizando águas residuais das indústrias de laticínios.

A menor redução do parâmetro turbidez no caso da MO, de acordo com o gráfico 5, foi em meio neutro com 6,98% (ensaio 5) e 7,91% (ensaio 6), com concentrações de 10mg/L para ambos ensaios.

Pritchard et al. (2010) afirma que a variação de pH com a utilização do coagulante MO sofre alteração na redução da turbidez, o que pode ser comprovado já que em meio ácido, onde a MO teve sua maior eficiência, as concentrações eram distintas, porém as remoções de ambos ensaios foram muito próximas.

Observa-se no gráfico 7 que o coagulante MO não atingiu a eficiência mínima de remoção exigida pelo CONAMA 357/05 do parâmetro turbidez para nenhum dos ensaios.

Verifica-se no gráfico 6, que após o processo de filtração o coagulante TN, mostrou-se eficiente para todos os ensaios com remoções superiores a 90%, porém,

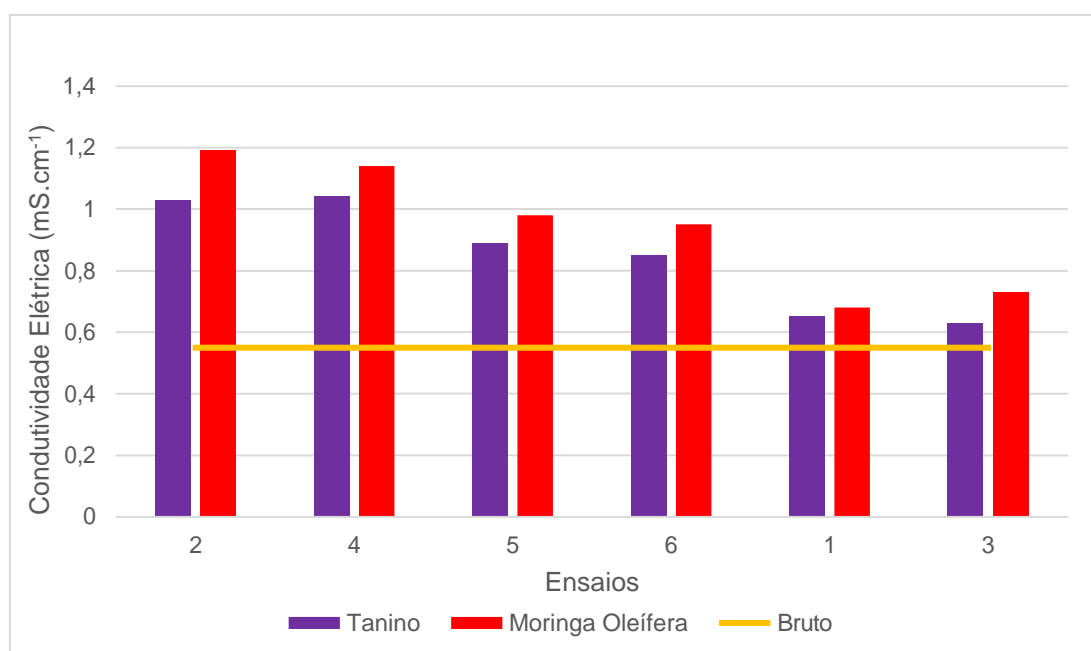
em meio ácido, apresentou uma melhor redução em relação aos outros meios, com 99,49% (ensaio 1) e 99,52% (ensaio 2). Já o coagulante MO, apresentou resultados acima de 85% salvo o ensaio 2 (com 70,7%). Em meio ácido, apresentou seu maior desempenho com 98,1% (ensaio 1) e 97,89% (ensaio 3). Pereira (2015) apresentou uma máxima eficiência de 47% na remoção de turbidez em filtros de areia e utilizando apenas o tratamento por filtração, Marrara (2005) atingiu 31,2% no filtro de carvão ativado e areia.

A partir do gráfico 8, concluímos a importância dos processos de coagulação/floculação/sedimentação e filtração em conjunto para potencializar a remoção de turbidez do efluente, visto que, para o coagulante TN, todos os ensaios estão dentro do limite máximo permitido de 100 UNT estabelecidos pela legislação CONAMA 357/05. Já para o coagulante MO, apenas os ensaios 2 e 4 em meio básico, apresentaram valores acima do limite estabelecido pela legislação.

5.3.3 Análise do parâmetro Condutividade Elétrica

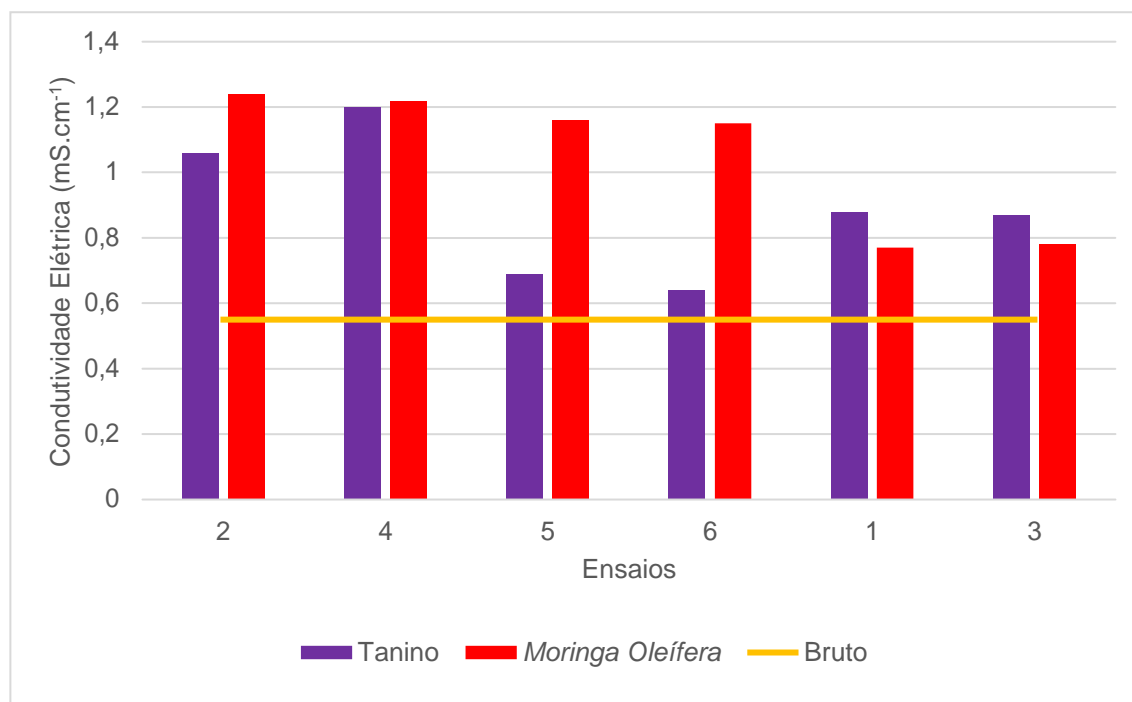
Os Gráficos 9 e 10 mostram as análises dos resultados do parâmetro condutividade elétrica para os processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração.

Gráfico 9: Análise do parâmetro condutividade elétrica após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.



Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 10: Análise do parâmetro condutividade elétrica após o processo de filtração.



Fonte: Autoria própria (2019).

Nota-se no Gráfico 9, o aumento da condutividade elétrica em todos os ensaios, para ambos coagulantes, em relação ao valor bruto do efluente de 0,55 mS.cm⁻¹.

O coagulante MO, obteve maiores valores no parâmetro condutividade para todos os ensaios em relação ao coagulante TN, exceto no ensaio em meio ácido, onde obteve 0,77 mS.cm⁻¹ (ensaio 1) e 0,78 mS.cm⁻¹ (ensaio 2) e o coagulante TN, nas mesmas condições de pH obteve 0,88 mS.cm⁻¹ e 0,87 mS.cm⁻¹ nos ensaios 1 e 3 respectivamente.

Os menores valores de condutividade para o coagulante TN foram em meio neutro, com 0,69 mS.cm⁻¹ (ensaio 5) e 0,64 mS.cm⁻¹ (ensaio 6) e as maiores elevações, em meio básico, nos ensaios 2 e 4 com 1,06 mS.cm⁻¹ e 1,2 mS.cm⁻¹ respectivamente.

Não houve influência significativa em relação a concentração dos coagulantes. Moreira (2016), em pesquisa obteve resultados similares. O mesmo trabalhou com efluente de têxtil, com o uso do coagulante TN. Este verificou que a concentração do

coagulante não influenciou na análise final do parâmetro e ainda relata o aumento de condutividade para todos os ensaios realizados

Já o coagulante MO, obteve seu menor valor em meio ácido, com $0,77 \text{ mS.cm}^{-1}$ e $0,78 \text{ mS.cm}^{-1}$ nos ensaios 1 e 3. Seu maior valor para condutividade elétrica, foi em meio básico, com $1,24 \text{ mS.cm}^{-1}$ (ensaio 2) e $1,22 \text{ mS.cm}^{-1}$ (ensaio 4). Isso explica o estudo realizado por Okuda et al (1999), que relata o aumento da força iônica quando adicionado sal ao coagulante *Moringa Oleífera*, ou seja, quanto maior a quantidade de sal aplicada, maior a condutividade do meio.

Ao analisar o Gráfico 10, percebe-se, um menor valor para condutividade elétrica em todos os ensaios, em relação ao processo anterior, de coagulação/floculação/sedimentação, porém, os valores de condutividade após o filtro, continuam acima do valor bruto do efluente.

Os ensaios em meio básico apresentaram os valores mais elevados de condutividade, para ambos coagulantes, com valores de $1,06 \text{ mS.cm}^{-1}$ (ensaio 2) e $1,2 \text{ mS.cm}^{-1}$ (ensaio 4) para o TN e $1,24 \text{ mS.cm}^{-1}$ (ensaio 2) e $1,22 \text{ mS.cm}^{-1}$ (ensaio 4) para o MO.

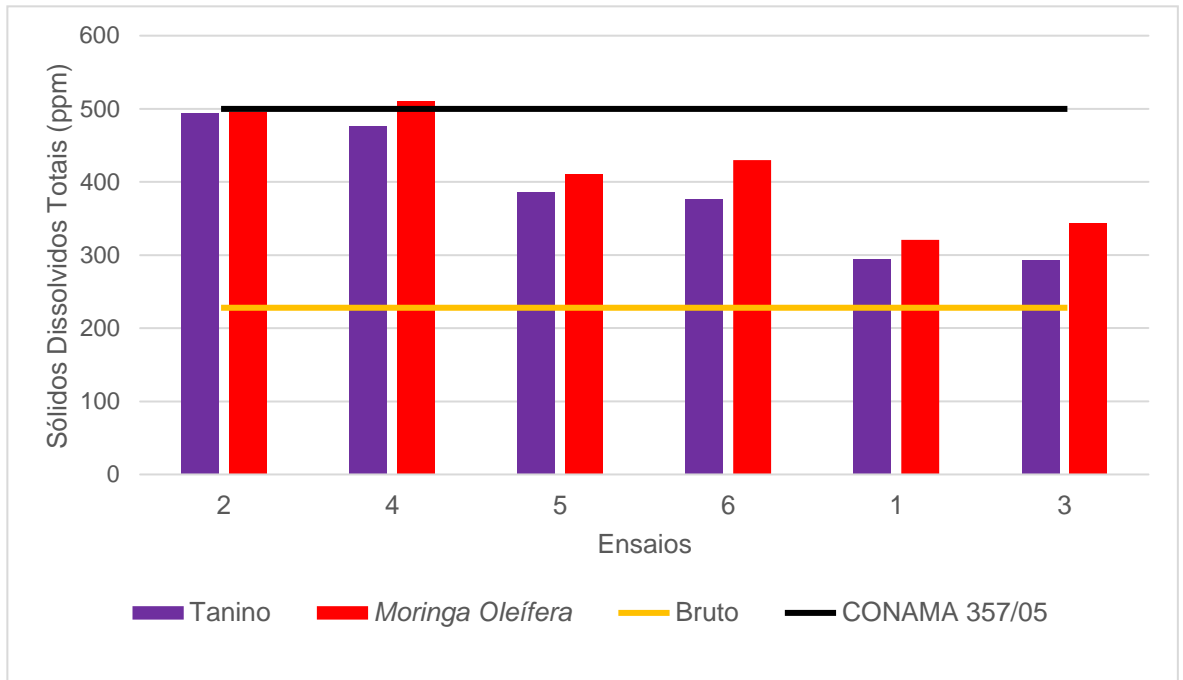
Os menores valores estão em meio neutro para o TN, com $0,64$ e $0,64 \text{ mS.cm}^{-1}$ nos ensaios 5 e 6 respectivamente. Já para o MO, os menores valores para condutividade encontram-se em meio ácido com $0,77 \text{ mS.cm}^{-1}$ (ensaio 1) e $0,78 \text{ mS.cm}^{-1}$ (ensaio 3).

Com a ausência de valores para condutividade elétrica na legislação, não foi possível comparar com os resultados obtidos.

5.3.4 Análise do parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais

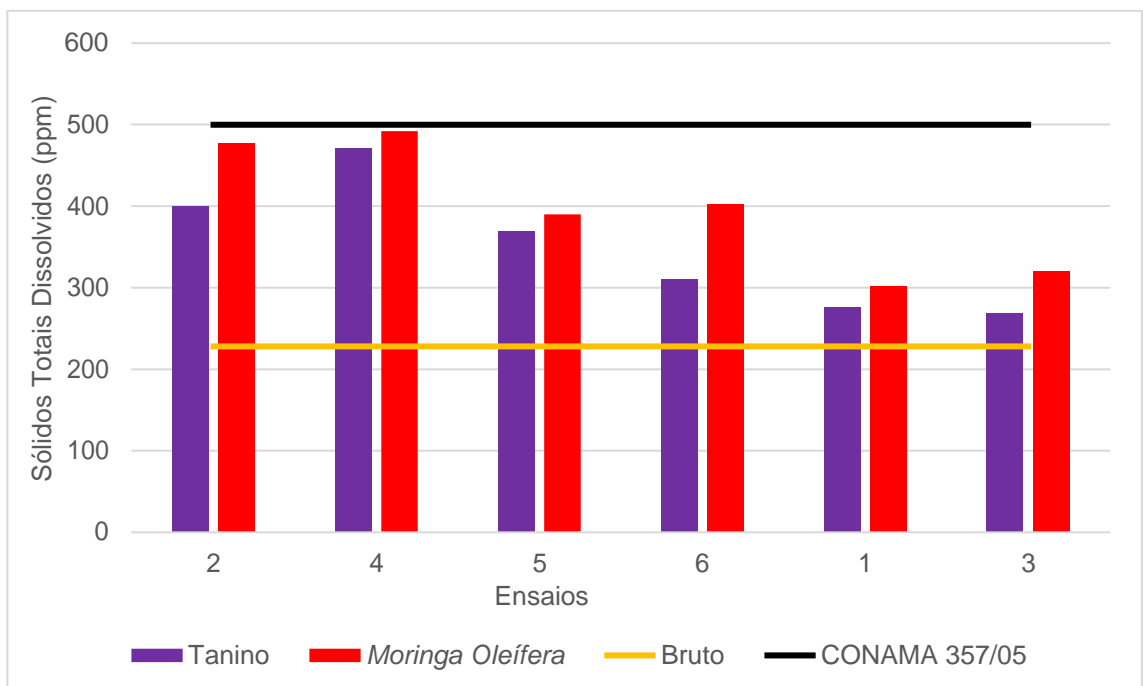
Os Gráficos 11 e 12 mostram o comportamento dos sólidos dissolvidos totais utilizando os coagulantes Tanino e *Moringa Oleífera*.

Gráfico 11: Análise do parâmetro sólidos dissolvidos totais após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.



Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 12: Análise do parâmetro sólidos dissolvidos totais após o processo de filtração.



Fonte: Autoria própria (2019).

O Gráfico 11, mostra um aumento de sólidos totais dissolvidos, quando comparados ao valor bruto de 228 ppm, para todos os ensaios, após os processos de coagulação/floculação/sedimentação.

Nota-se que o MO, obteve maiores valores para todos os ensaios quando comparado ao TN. Em meio básico, obteve os maiores índices, de 495 ppm (ensaio 2) e 511 ppm (ensaio 4), já em meio ácido, obteve os menores índices com valores de 321 ppm (ensaio 1) e 343 ppm (ensaio 3). Esse aumento de sólidos dissolvidos, de acordo com Batista et al (2013), seria, devido a *Moringa Oleífera* ser um coagulante orgânico, com isso, ajuda a incorporar no meio, sais e vários nutrientes, ocorrendo um aumento considerável nos valores dos sólidos totais dissolvidos.

O coagulante TN, teve os valores mais elevados, em meio básico, com 494 ppm (ensaio 2) 476 ppm (ensaio 4) e os menores valores, nos ensaios 1 e 3, em meio ácido, com 295 ppm e 293 ppm respectivamente.

Moreira (2016), utilizando efluente têxtil e o TN, concluiu em seu estudo, que o tempo de sedimentação influenciou na redução de sólidos totais, com sua melhor eficiência de 7% de remoção, no tempo de 30 minutos. Em contrapartida, nesse trabalho, não houve remoção em relação ao valor bruto do efluente, o que pode ser explicado devido ao tempo de sedimentação inferior adotado, de 15 minutos.

Todos os valores de sólidos dissolvidos totais atendem ao valor máximo exigidos pela legislação CONAMA 357/05, 500ppm, exceto o ensaio 4, em meio básico, utilizando MO, que obteve o valor de 511 ppm.

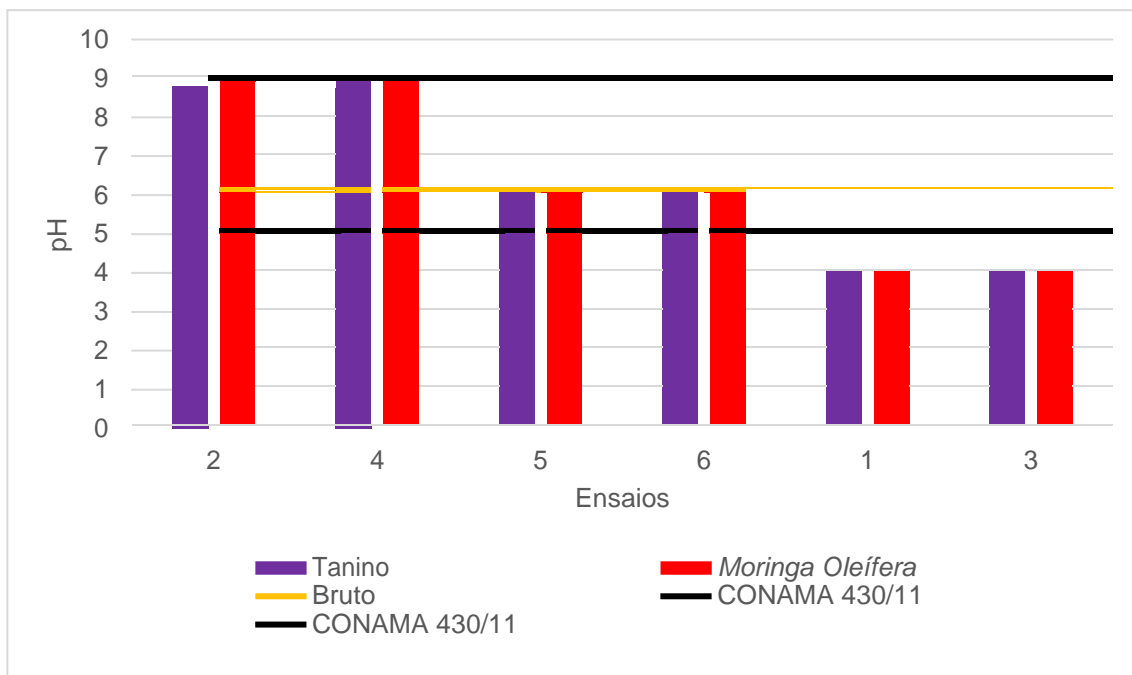
Ao analisar o Gráfico 12, verifica-se a importância dos processos de coagulação/floculação/sedimentação e filtração associados, pois todos os ensaios encontram-se dentro do limite máximo estabelecido pela legislação CONAMA 357/05.

A redução no valor de sólidos totais após o processo anterior, foi atingida para todos os ensaios em ambos coagulantes. Tanto o MO quanto o TN, obtiveram as melhores eficiências em meio ácido. Os valores obtidos para o TN foi de 277ppm (ensaio 1) e 269 ppm (ensaio 3) e os valores obtidos para o MO nos ensaios 1 e 3 foram de 302ppm e 320ppm respectivamente.

5.3.5 Análise do parâmetro pH

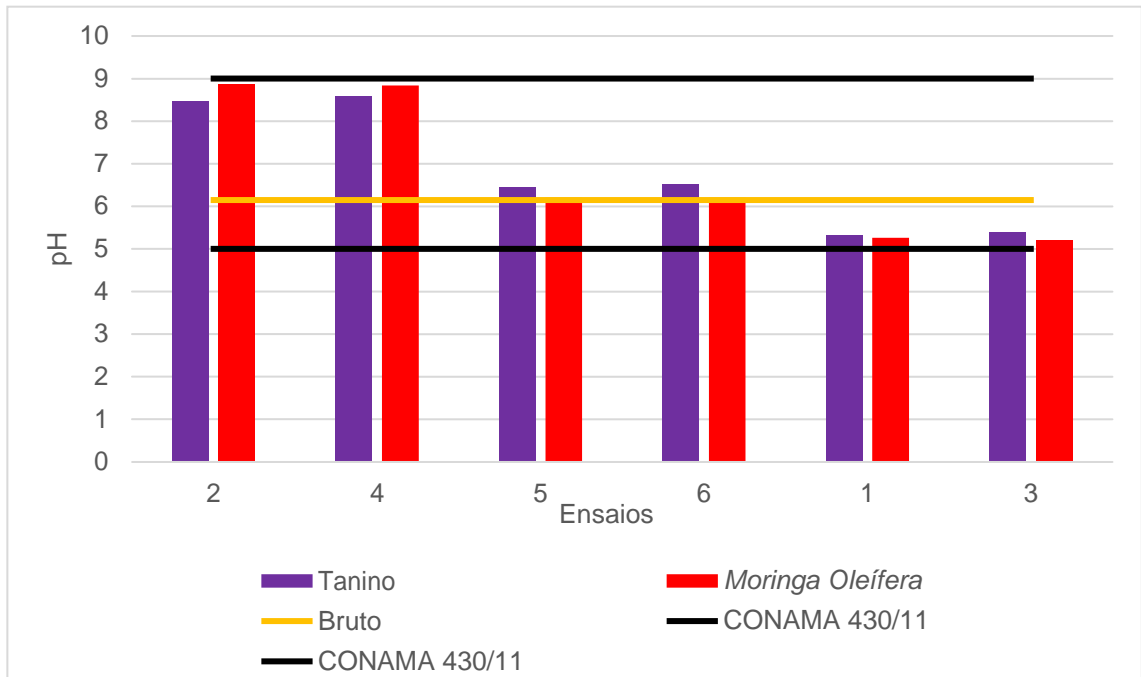
Nos Gráficos 13 e 14, observa-se a variação do parâmetro pH nos processos de coagulação/floculação/sedimentação e filtração e os valores máximos permitidos pela legislação.

Gráfico 13: Análise do parâmetro pH após o processo de coagulação/floculação/sedimentação.



Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 14: Análise do parâmetro pH após o processo de filtração.



Fonte: A autoria própria (2019).

Pode-se observar que os valores de pH para o Gráfico 13 após o processo de coagulação/floculação/sedimentação, mantiveram-se praticamente os mesmos, para ambos coagulantes. Conclui-se que os coagulantes não interferem no pH durante o processo.

Montovani; Sant'anna (2009) também concluíram que o pH não alterou, justificaram que, o coagulante *Moringa Oleífera* não interfere nas concentrações de íons H^+ e OH^- . Estes resultados estão de acordo com Schmitt (2011), que ao utilizar o MO para tratamento de águas residuárias da indústria de laticínios, constatou variações no pH na faixa de 0,10. Moreira (2016), ao utilizar o coagulante Tanino, constatou que o mesmo não modificou o pH em relação ao do efluente bruto.

Todos os ensaios atingiram a faixa de valores estabelecidos pela legislação CONAMA 430/11 entre pH 5 e 9, exceto os ensaios em meio ácido, em que ao final do processo obtiveram valores de 4,07 (ensaio1) e 4,04 (ensaio3) para o TN e com o uso do coagulante MO obtiveram valores de 4,05 e 4,05 nos ensaios 1 e 3 respectivamente.

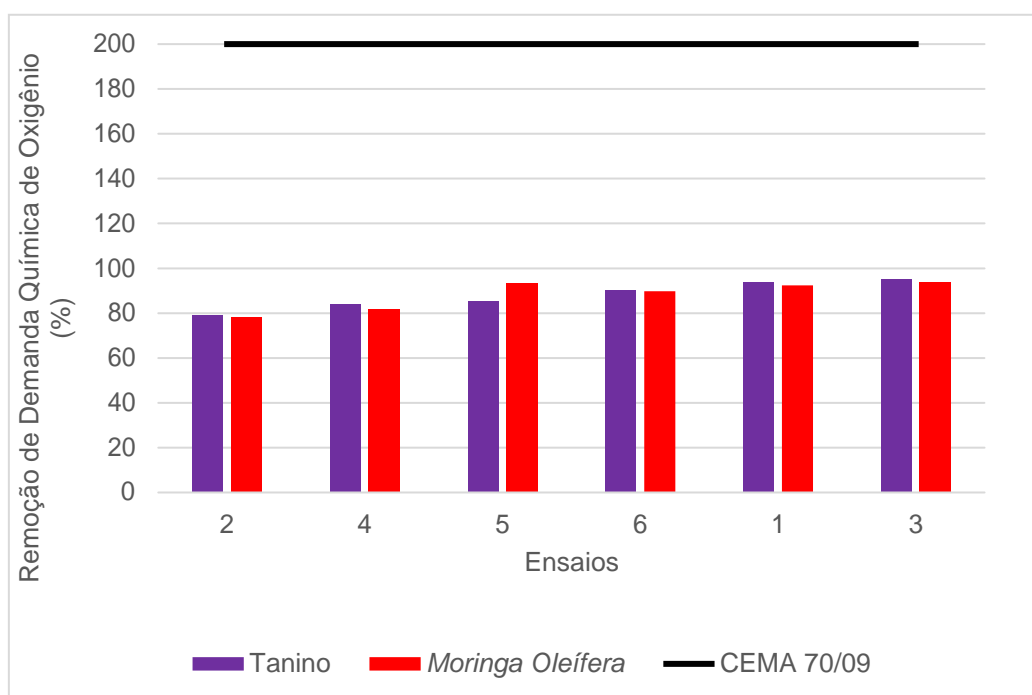
Pode-se observar no gráfico 14, que após o processo de filtração todos os ensaios para ambos coagulantes atingiram a faixa de valor de pH estabelecidos pela legislação CONAMA 430/11.

Houve variação mínima de pH, porém, não foi o suficiente para alterar o meio. Os ensaios ácidos, neutros e básicos mantiveram-se ao longo de todos os experimentos.

5.3.6 Remoção do parâmetro Demanda Química de Oxigênio

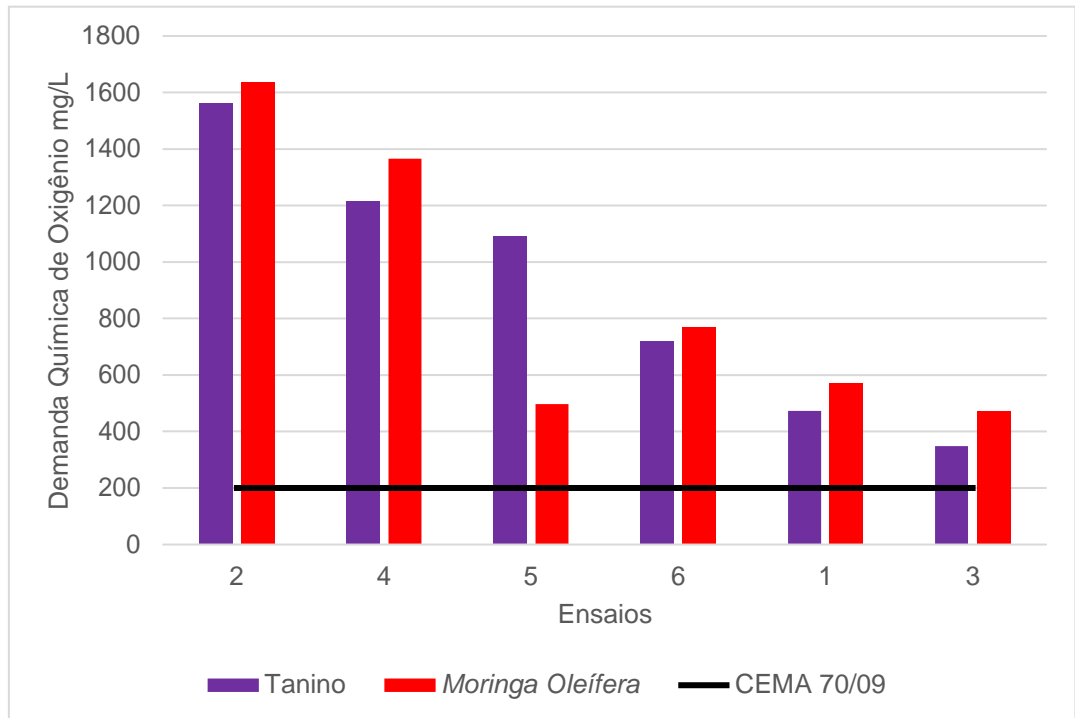
O Gráfico 15 apresenta valores de porcentagem de remoção para o parâmetro DQO após o processo de filtração. Já o Gráfico 16, apresenta análise do valor de DQO após o processo de filtração e o valor máximo permitido pela legislação.

Gráfico 15: Remoção do parâmetro DQO após o processo de filtração.



Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 16: Análise do parâmetro DQO após o processo de filtração.



Fonte: Autoria própria (2019).

Observa-se no Gráfico 15, que a remoção de DQO esteve acima de 78% para todos os ensaios, em ambos coagulantes. Os dois coagulantes, apresentaram maior remoção em meio ácido, com 93,75% (ensaio 1) e 95,39% (ensaio 3) para o TN e 92,43% e 93,7% nos ensaios 1 e 3 para o MO. Após o processo de filtração, utilizando areia, Andrade (2015), relata uma remoção de 16,82%, com concentração de MO de 3000 mg/L, pode-se relatar essa diferença de dados, em relação aos meios filtrantes utilizados que foram distintos.

Não foi possível comparar com esse trabalho, pois não houve análise de DQO após o equipamento Jar-Test, porém, Ferreira (2012) e Schmitt (2011) ao utilizarem o MO para o tratamento de efluente de laticínio através da coagulação/floculação/sedimentação, obtiveram 47,7% e 44,8% respectivamente. Marques (2017) ao utilizar o TN no mesmo tratamento e efluente, constatou remoção abaixo de 50%.

Após o processo de filtração utilizando areia, Andrade (2015), relata remoção máxima de 16,82%, com concentração de MO de 3000 mg/L. A diferença obtida entre

os dados relatados por Andrade (2015) e os obtidos nesta pesquisa pode ser explicada pela diferença de meio filtrante utilizado.

Ao analisar o Gráfico 16, observa-se que nenhum dos ensaios ficaram de acordo com a legislação CEMA 70/09, que determina o limite máximo para DQO de 200mg/L. Os melhores ensaios para ambos coagulantes foram em meio ácido com resultados de 472,1 mg/L (ensaio 1) e 348 mg/L (ensaio 3) para o coagulante TN e 571,37 mg/L e 472, 13 mg/L para o coagulante MO nos ensaios 1 e 3 respectivamente.

Apesar de não estarem de acordo com a legislação, conclui-se que a filtração como pós tratamento de coagulação/floculação/sedimentação é essencial para a remoção do parâmetro, pois em seus melhores resultados em meio ácido, atingiram valores acima de 93,5% de remoção em relação ao valor bruto de 7553 mg/L.

6. CONCLUSÃO

A partir das análises de dados deste estudo, pode-se concluir que para o tratamento de efluente da indústria de laticínios por meio dos processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração, o coagulante Tanino apresentou resultados mais eficientes de remoção para os parâmetros analisados após cada processo. Para os processos de coagulação, floculação e sedimentação, houve remoção máxima de 89,81% para cor e 87,32% para turbidez. Após a filtração obteve remoção máxima para cor, turbidez e DQO de 99%, 99,52% e 95,39% respectivamente em meio ácido.

O coagulante *Moringa Oleífera*, apresentou resultados satisfatórios para o tratamento de efluente de laticínios. Em relação aos parâmetros cor aparente e turbidez, após os processos de coagulação, floculação e sedimentação, obtiveram remoções de 50,52% e 43,25%. Foi evidente a necessidade de pós-tratamento para esse coagulante, uma vez que após o processo de filtração, obteve-se remoção de 96,63% para cor, 97,89% para turbidez e 93,7%

Para as análises dos parâmetros condutividade elétrica e pH, não houve alterações significativas durante os tratamentos e observou-se aumento na análise de sólidos totais dissolvidos para ambos os processos. Porém, ocorreu um pequeno decaimento após a filtração, no entanto, em maiores quantidades quando comparados ao efluente bruto.

O meio com maior acidez mostrou-se mais eficiente para a realização do tratamento do efluente de laticínio, e as diferentes concentrações dos coagulantes não apresentaram diferenças expressivas nos resultados analisados para ambos os coagulantes.

Notou-se também que após o processo de filtração com a utilização do carvão ativado em pó como meio filtrante, houve aumento expressivo de remoção para os parâmetros analisados. Os processos juntos mostraram para todos os parâmetros, com exceção da DQO, o enquadramento nas legislações pertinentes.

Para trabalhos futuros indica-se a realização de um estudo mais aprofundado nas dosagens de ambos os coagulantes, realizar maior número de coletas da amostra

bruta, e utilizar uma faixa granulométrica maior para os filtros de carvão ativado, além da necessidade de realizar análises estatísticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA, F. J. V. **Estudo comparativo de dois leitos filtrantes com porosidades distintas em sistemas de dupla filtração para tratamento de água.** 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. **Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification.** African Journal of Agricultura Research, v.4, n.1, p.119-123, 2009

AMUDA, O. S.; AMOO, I. A. **Coagulation/flocculation process and sludge conditioning in beverage industrial wastewater treatment.** Journal of Hazardous Materials, 141, p. 778- 783, 2007.

ANDRADE, G. **EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS DE FLOTAÇÃO E FILTRAÇÃO COM USO DE COAGULANTE NATURAL E QUÍMICO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE LATICÍNIO.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

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

AZZOLINI, J.C.; FABRO, L.F. (2013) **Monitoramento da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de um laticínio da região meio-oeste de Santa Catarina.** Unoesc & Ciência ACET, v. 4, p. 43-60.

BAISALI SARKAR, P.P. CHAKRABARTI, A. VIJAYKUMAR, VIJAY KALE. **Wastewater treatment in dairy industries – possibility of reuse.** Desalination, v. 195, p. 141 – 152, 2006.

BANSAL, R . GOYAL, M. **Activated carbon adsorption.** Taylor & Francis Group, LLC. United States of America, 2005.

BARRADAS, J. L. D. **Tanino - Uma solução ecologicamente correta: agente floculante biodegradável de origem vegetal no tratamento de água.** Novo Hamburgo: Publicação Técnica, 2004.

BARROS, A. da R. B. de. **Remoção de Íons Metálicos em Água Utilizando Diversos Adsorventes.** 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/81604>> Acesso em: 01 out. 2018.

BATISTA, R. O. et al. **Tecnologias limpas aplicadas ao tratamento de água superficial no semiárido brasileiro.** Enciclopédia Biosfera. Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.9, N.16; p. 2013

BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; DÁVILA-ACEDO, M.A. **Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract.** Journal of Hazardous Materials, Amsterdam, v. 186, p.1704-1712, 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21237560>>. Acesso em: 30 jul 2018.

BHATTI, H. N.; MUMTAZ, B. HANIF, M. A.; NADEEM, R. **Removal of Zn(II) ions from aqueous solution using Moringa oleífera Lam. (horseradish tree) biomass.** Process biochemistry, n.42, p. 547-553, 2007.

BORTOLETO, E; e WILKINSON, J. **Competitividade, inovação e demandas tecnológicas no sistema agroindustrial do Mercosul ampliado - lácteos.** Anais... CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 38, 2000, Rio de Janeiro-RJ. Anais. SOBER, 2000.

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

BRITZ, T. J.; ROBINSON, R. K. (coord). **Advanced dairy Science and technology.** Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2008. Cap. 2, p. 35 – 75.

CARVALHO, M. J. H. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável.** 2008. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008

CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais.** São Paulo, CETESB, P.139 – 154, 1979.

CAVALCANTI, J.E.W; **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais.** Brasil, 2009.

Conselho Estadual do Meio Ambiente- CEMA. Resolução nº70 de 11 agosto 2009. Disponível em: <

http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RE_SOLUCOES/resolucao_cema_70_2009.pdf>. Acessado em: 18 setl.2018.

Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA Resolução nº357 de 17 de março de 2005. Disponível em:<

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em: 18 set.2018.

Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº430 de 13 de maio de 2011. Disponível em:<

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em: 18 setl.2018.

CORAL L. A. et al. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo Humano. In: INTERCIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009, São Paulo. **Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change.** Disponível em: < 91 <http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/4/F.%20J.%20Bassetti%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2018.

COSTA, Bruno S. **Avaliação das sementes de Moringa oleífera como biosorvente aplicado a remoção de cádmio e cromo em sistemas aquíferos.** 2011. 15 f. Universidade Federal de Goiás - Campus Catalão. Catalão-Go. 2011.

- DEMIREL, B.; YENIGUN, O.; ONAY, T. T. **Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review**. Process Biochemistry, v. 40, p. 2583 – 2595, 2005.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; **Métodos e técnicas de tratamento de água**. V.1. São Carlos: RIMA, 2005.
- DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO A.; CENTURIONE, P.L.F. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: RIMA, 2002.
- DI BERNARDO, L. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1993
- Ethiktechnology (2019). Disponível em: <<http://www.ethik.com.br/produto/agitador-jar-test/>>, acesso em 20 de Maio, 2019.
- FERREIRA, R. **Uso de coagulantes naturais como pré-tratamento de efluente de laticínio**. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA, 2011.
- FURLAN F. R. **Avaliação da eficiência do processo de Coagulação, floculação e adsorção no Tratamento de efluentes têxteis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- FOUST, A.S., WENZEL, A.L., CLUMP, W.C., MAUS, L., ANDERSON, B.L. **Princípio das Operações Unitárias**. Segunda Edição. Rio de Janeiro, 1982.
- GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Revista ABES, v. 4, n. 76, 2004.
- GIRARD, L. **Tratamento de águas de abastecimento coagulação e mistura rápida**. 2013. Dissertação (Graduação em Engenharia Sanitária) Universidade Federal Do Pará - Instituto De Tecnologia Faculdade De Engenharia Sanitária Ambiental. Pará. 2013
- GOLIN, D. M, 2007 **Remoção de Chumbo de Meios Líquidos através de Adsorção Utilizando Carvão Ativado de Origem Vegetal e Resíduos Vegetais**. Dissertação de M. Sc., Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- GRAHAM, N.; GANG, F.; FOWLER, G.; WATTS, M. Characterisation and coagulation performance of a tannin based cationic polymer: a preliminary assessment. Colloids and Surface A: **Physicochemical and Engineering** Aspects, v. 327, n. 1-3, p. 9-16, 2008.
- HANSEN, A. P.; SAAD, S.; JONES, V.A.; CARAWAN, R. E. Analysis of lipids in dairy wastewaters. **Journal of Dairy Science**, v. 59, n. 7, p. 1222 – 1225, 1977
- HELLER, L; PÁDUA, V L. Abastecimento de água para consumo humano. 2 ed. Belo Horizonte: Editora: UFMG, 2010, b, v. 2.
- IBGE/PPM. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, vários anos.

JANCZUKOWICZ, W.; ZIELINSKI, M.; DEBOWSKI, M. Biodegradability evaluation of dairy effluents originated in selected sections of dairy production. **Biosource Technology**, v. 99, p. 4199 – 4205, 2008.

JANK, M. S; FARINA, E. M. Q; e GALAN, V. B. **O agribusiness do leite no Brasil**. São Paulo: Milkbizz, 1999.

KARADI, R. V., GADGE, N. B., ALAGAWADI, K. R., SAVADI, R. V. **Effect of Moringaoleífera Lam. root-wood on ethylene glycol induced urolithiasis in rats**. Journal of Ethno pharmacology, v. 105, p. 306-311, 2006. KATAYON, S.; NOOR, M. J. M. M.; ASMA, M.; ABDUL, G. L. A., THAMER, A. M.; AZNI, I.; AHMAD, J.; KHOR, B. C.; SULEYMAN, A. M. Effects of storage conditions of Moringaoleifera seeds on its performance in coagulation. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 1455-1460, 2006.

KAWAMURA, S. Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. **Journal American Water Works Association**, v. 83, n. 10, p. 88-91, 1991.

KAWAMURA, Susumu. **Integrated design and operation of water treatment facilities**. 2 ed. Nova York: Editora: John Wiley e Sons, Inc, 2000.

LIU, Y. Chemically reduced excess sludge production in the activated sludge process. **Chemosphere**, v. 50, p. 1-7, 2003.

LUCAS, L.M.; CUNHA, S.B. (2007) **Rede de drenagem urbana em área tropical: mudanças na morfologia do canal e níveis de poluição das águas-Rio dos Macacos-Rio de Janeiro-RJ**. GEOUSP: Espaço e Tempo, n. 22, p. 39-64. <<http://dx.doi.org/10.11606/issn.21790892.geousp.2007.74065>>

MACHADO, L M de O. **Estudo da Regeneração com NAOH em Carvão Ativado Saturado Utilizado no Tratamento de Efluentes de Refinaria de Petróleo**. 2013. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental – Programa de Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, P. C.; FIGUERÊDO, D. V.; FERREIRA, P. E. **Controle ambiental nas pequenas e médias indústrias de laticínios**. 1 ed. Belo Horizonte: Segrac, 2002, 223 p.

MADRONA, G. S. et al. **Study of the Effect of saline Solution on the Extraction of the Moringa oleifera Seed's Active Component for Water Treatment**. Water Air Soil Pollut. v. 211, pp. 409-415. 2010.

MAGANHA, M.F.B. **Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos**. São Paulo: CETESB, 2006. 95 p.

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

MARQUES, C; ROSA, F; PISONI, L; TAFAREL, R. S. **TRATAMENTO PRIMÁRIO DE EFLUENTE DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS POR PROCESSO DE COAGULAÇÃO**. XIII Semana Científica da Universidade Lasalle, Canoas/RS; 16 a 20 de Out de 2017.

MARRARA, D. **FILTRAÇÃO LENTA EM AREIA, MANTA NÃO TECIDA E CARVÃO ATIVADO COMO PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS E REUSO**. Trabalho de conclusão de curso. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2005.

MARTINEZ, F. L. **Taninos Vegetais e suas aplicações**. Universidade de Havana/Cuba. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Outubro de 1996.

MARTINS, P. de C. **Políticas públicas e mercados deprimem o resultado do Sistema Agroindustrial do Leite**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004, 160p.

METCALF & EDDY, INC, **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4th. Ed., McGraw-Hill, 2003, New York.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria uso racional e reuso**. Editora: Oficina de textos. 1. Ed. 2005.

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

MOREIRA, I. **ESTUDO E COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA AÇÃO COAGULANTE DO POLÍMERO NATURAL TANINO E DO CLORETO FÉRRICO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL**. Trabalho de conclusão de curso. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ.

NDABIGENGESERE, A; NARASIAH, K. S. **Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds**. Water Research, n. 32, p. 781- 791, 1998.

NETTO, J M. A. e RICHTER, C A. **Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher LTDA. 1991.

NUNES, J A. **Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 3ª edição; Aracaju: Gráfica Editora J. Andrade, 2012.

OKUDA, T. et al. **Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa oleifera seed**. Water Res. V.33, n.15, p.3373-3378. 1999.

ÖZACAR, M.; SENGIL, I. A. **Evaluation of tannin biopolymer as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles**. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, v. 229, n. 1-3, p. 85-96, 2003.

PATERNIANI, J. E. S.; MONTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. **Uso de sementes de Moringa oleifera para tratamento de águas superficiais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. V.13, n.6, p.765–771, 2009.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulação na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 222p. 2001. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PEREIRA, E. B.; CASTRO, H. F.; FURIGO JR, A. **Hidrolise enzimática do efluente proveniente de frigorífico avícola utilizando lipase de *Candida rugosa***. XIV Simpósio Nacional De Fermentações, 2003, Florianópolis, In: Anais do congresso, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

PEREIRA, E.R; et al., **USO DA SEMENTE DE *Moringa oleifera* COMO COAGULANTE NATURAL NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE LATICÍNIO**,

ANAIS XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015, São Pedro – SP, Brasil, 13 a 17 de setembro de 2015.

PRITCHARD, M.; CRAVEN, T.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A. S.; O'NEILL, J. G. **A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 35, p. 791-797, 2010.**

PORPINO, K. K. P. **Biossorção de ferro (ii) por casca de caranguejo *ucides cordatus***. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, 2009.

PRADO, M. C. do; CABANELLAS, C. F. G., 2008. **Eficiência do sistema alagado construído no tratamento de efluentes de laticínios em relação a ultrafiltração e filtro biológico**, JORNADA CIENTÍFICA, 1 E FIPA DO CEFET,6. Bambuí, Bambuí-MG.

PRAZERES, A. R.; CARVALHO, F.; RIVAS, J. Cheese whey management: A review. ***Journal of Environmental Management***, v. 110, 48-68, 2012.

RITCHER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

SANTOS FILHO, Jesuíno D.; RITA, Edmundo S. S. **Gerenciamento do Resíduo Gerado na Clarificação de Água da RLAM**. Salvador, 2002.

SCHMITT, D M. F. **Tratamento de águas residuárias da indústria de laticínios pelos processos combinados coagulação/floculação/adsorção/ultrafiltração utilizando a semente de *Moringa oleifera* como coagulante**. 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2011.

SCHNEIDER, E L. **Adsorção de compostos fenólicos sobre carvão ativado**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Paraná, 2008

SEBRAE. - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Cadeia produtiva do leite em SC poderá ser a maior do país. **SEBRAE Agronegócios**, n.6. Brasília: SEBRAE – UAGRO, 2007.

SILVA, C. A. **Estudos Aplicados ao Uso da *Moringa oleifera* como Coagulante Natural para Melhoria da Qualidade de Água**. Instituto de Química, 110 p. Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia - Minas Gerais, 2005. Tese (Mestrado).

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

SILVA, D. J. P. **Gestão ambiental em uma indústria de produtos lácteos**. Revista Leite e Derivados. Ano XV. n. 94, p. 52-63, Set/Out. 2006.

SILVA, T. P. **Tratamento de efluente de refinaria utilizando carvão ativado: avaliação da eficiência e previsão de impactos do processo**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto**. 1999. 87 f. Tese de Mestrado na área de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.

TAMOGAMI, C.; RIZK, M. C.; ALMEIDA, T. S. **AVALIAÇÃO DO USO DE TANINO EM PH NEUTRO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE CURTUME**. X Fórum Ambiental da Alta Paulista, São Paulo, v. 10, n. 1, p.43-50, 2014.

VAZ, L. G. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento o efluente líquido gerado na galvanoplastia**. 2009. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009.

VIDAL, G.; CARVALHO, A.; MÉNDEZ, R.; LEMA, J. M. **Influence of the content of fats and proteins on the anaerobic biodegradability of dairy wastewater**. *Bioresource Technology*, v. 74, p. 231-239, 2000.

VIEIRA, A. M. S.; VIEIRA, M. F.; SILVA, G. F.; ARAÚJO, A. A.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; VEIT, M. T.; BERGAMASCO, R. **Use of Moringa oleifera seed as natural adsorbent for wastewater treatment**. *Water Airf Soil Pollution*, Dordrecht, v. 206, p. 273-281, 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11270-009-0104-y>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

VILLA, R D; SILVA, M R. A da; NOGUEIRA, R F. P, **Potencial de aplicação do processo foto fenton/solar como o pré-tratamento de efluente da indústria de laticínios**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n8/a02v30n8.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

VOURCH, M.; BALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. **Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse**. *Desalination*, v. 219, p. 190–202, 2008.