



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA



**Avaliação das denúncias ambientais  
atendidas pelo órgão ambiental  
estadual do Rio Grande do Sul – FEPAM  
referentes às estações de tratamento de  
efluentes das indústrias frigoríficas e  
de laticínios**

*Autor: Rafaela Mezzomo Tonietto*

*Orientadora: Profa Dra. Liliana Amaral Feris*

*Co-orientadora: Dra. Keila Guerra Pacheco Nunes*

Porto Alegre, outubro de 2022

Autor: Rafaela Mezzomo Tonietto

Avaliação das denúncias ambientais atendidas pelo órgão ambiental estadual do Rio Grande do Sul – FEPAM referentes às estações de tratamento de efluentes das indústrias frigoríficas e de laticínios

*Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à COMGRAD/ENQ da  
Universidade Federal do Rio Grande do  
Sul como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Química*

Orientadora: Profa Dra. Liliana Amaral Feris  
Co-orientadora: Dra. Keila Guerra Pacheco Nunes

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Caroline Borges Agustini, UFRGS

Eng. MSc. Letícia Reggiane de Carvalho Costa, UFRGS

Porto Alegre, 2022

## RESUMO

A grande diversidade das atividades industriais ocasiona, durante o processo produtivo, a geração de efluentes, os quais podem poluir ou contaminar o solo e a água. Com o intuito de minimizar o impacto ambiental, a legislação ambiental brasileira possui normas e critérios para que o lançamento dos efluentes não prejudique o meio ambiente. No Rio Grande do Sul, o órgão ambiental responsável por esse controle é a FEPAM – Fundação de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Nesse sentido, o presente trabalho visa realizar um levantamento das denúncias ambientais atendidas pela FEPAM no período de 2017 a 2021 e avaliar as irregularidades encontradas referentes ao tratamento de efluentes em indústrias frigoríficas e de laticínios, uma vez que estes setores representam 20% e 7%, respectivamente, das denúncias ambientais consideradas procedentes, possuindo efluentes muito poluentes. A partir do banco de dados da FEPAM e do Sistema Online de Licenciamento, foram coletadas as Licenças de Operação, os relatórios de fiscalização, ofícios e autos de infração das indústrias que tiveram suas denúncias constatadas procedentes referentes ao tratamento irregular de efluentes. A análise dos empreendimentos frigoríficos mostrou que 65% dos empreendimentos multados lançavam seus efluentes com os parâmetros acima dos limites estabelecidos, se destacando a Demanda Química de Oxigênio, o fósforo total e os coliformes termotolerantes. Para os empreendimentos de laticínios, 50% lançava os efluentes com a Demanda Bioquímica de Oxigênio acima dos limites. Ambos os setores industriais mostraram que a carência de etapas nos tratamentos primários influencia no tratamento posterior, diminuindo a eficiência total e aumentando os poluentes no efluente final. Outro fator importante é que nenhum, dentre todos os empreendimentos analisados, possuía tratamento terciário. O trabalho também apontou que a falta de manutenção preventiva nas estações de tratamento, como a instalação incorreta das lagoas de estabilização e a deficiência nos sistemas de contenção influenciam diretamente nos vazamentos que contaminam os solos e as águas. Assim, os resultados desse trabalho além de contribuírem na diminuição dos impactos ambientais causados pelas indústrias informam onde estão compreendidas as principais falhas nas estações de tratamento de efluentes.

**Palavras-chave:** *tratamento de efluentes, frigoríficos, laticínios, impacto industrial ambiental.*

## ABSTRACT

The great diversity of industrial activities causes, during the production process, the generation of effluents, which can pollute or contaminate soil and water. In order to minimize the environmental impact, the Brazilian environmental legislation has standards and criteria so that the discharge of effluents does not harm the environment. In Rio Grande do Sul, the environmental agency responsible for this control is FEPAM - the Henrique Luís Roessler Environmental Protection Foundation. In this sense, the present work aims to conduct a survey of environmental complaints handled by FEPAM in the period from 2017 to 2021 and evaluate the irregularities found regarding the treatment of effluents in meat and dairy industries, since these sectors represent 20% and 7%, respectively, of the environmental complaints considered well-founded, having highly polluting effluents. From the FEPAM database and the Online Licensing System, we collected the Operating Licenses, the inspection reports, and the notices of infraction of the industries that had their complaints upheld regarding the irregular treatment of effluents. The analysis of the meat-packing plants showed that 65% of the fined plants discharged their effluents with parameters above the established limits, especially Chemical Oxygen Demand, total phosphorus, and thermotolerant coliforms. For the dairy enterprises, 50% discharged effluents with Biochemical Oxygen Demand above the limits. Both industrial sectors showed that the lack of steps in the primary treatments influences the subsequent treatment, decreasing the total efficiency and increasing the pollutants in the final effluent. Another important factor is that none of the analyzed enterprises had tertiary treatment. The study also pointed out that the lack of preventive maintenance in treatment plants, such as incorrect installation of stabilization ponds and deficiencies in containment systems directly influence the leaks that contaminate soils and water. Thus, the results of this work in addition to contributing to the reduction of environmental impacts caused by industries, informs where the main failures in the effluent treatment plants are comprised.

**Keywords:** *effluent treatment, slaughterhouses, dairies, industrial environmental impact.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Organograma da estrutura do SISNAMA.	4
Figura 2: Composição dos setores industriais do Rio Grande do Sul.	8
Figura 3: Fluxograma de uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria frigorífica.	13
Figura 4: Fluxograma da produção de leite pasteurizado integral.	15
Figura 5: Lagoa de estabilização facultativa.	17
Figura 6: Estação de tratamento de efluentes de uma indústria de laticínios do Rio Grande do Sul.	18
Figura 7: Proporção dos setores industriais referente aos empreendimentos que tiveram denúncias ambientais a respeito do tratamento de efluente.	24
Figura 8: Fluxograma da estação de tratamento da Indústria I.	35
Figura 9: Fluxograma do plano de ampliação estação de tratamento da Indústria I.	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros para o lançamento de efluentes líquidos de fontes poluidoras, exceto efluentes líquidos sanitários.	7
Tabela 2: Parâmetros para o lançamento de efluentes líquidos de fontes poluidoras de acordo com a vazão.	7
Tabela 3: Resíduo gerado em abatedouros de acordo com a fonte.	10
Tabela 4: Valores comuns dos parâmetros de uma indústria de frigoríficos.	11
Tabela 5: Distribuição da produção de laticínios nas regiões de maior produção no Brasil.	14
Tabela 6: Parâmetros de uma indústria de laticínios com uma produção de 14.000 L/dia de leite.	16
Tabela 7: Denúncias atendidas pela FEPAM no período de estudo a respeito do tratamento irregular de efluentes.	20
Tabela 8: Número de empreendimentos selecionados de acordo com as categorias analisadas.	20
Tabela 9: Denúncias ambientais realizadas no período de estudo no órgão ambiental estadual – FEPAM.	22
Tabela 10: Quantitativo de denúncias ambientais realizadas na FEPAM de acordo com o setor econômico.	23
Tabela 11: Classificação dos empreendimentos de acordo com as categorias analisadas.	25
Tabela 12: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.	27

Tabela 13: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.	33
Tabela 14: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.	38
Tabela 15: Classificação dos empreendimentos de acordo com as categorias selecionadas.	41
Tabela 16: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.	43
Tabela 17: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção ambiental Henrique Luís Roessler
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CNI	Confederação Nacional da Indústria
PIB	Produto Interno Bruto
NBR	Norma Brasileira
ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes
ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
UTH	Ultra High Temperature
L	Litros
ETE	Estação de tratamento de efluentes
SISAUTO	Sistema de auto monitoramento de efluentes líquidos industriais
SOL	Sistema Online de Licenciamento
PATRAM	Patrulha Ambiental da Brigada Militar
POA	Processos Oxidativos avançados
LO	Licença de operação
SIT	Subsecretaria de Inspeção do Trabalho
CAT	Comunicação de Acidente de Trabalho

## SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	2
2	Revisão Bibliográfica	3
2.1.1	Legislação ambiental	3
2.1.2	Legislação de efluentes industriais no Rio Grande do Sul	4
2.2	Importância das Indústrias no Brasil e no Rio Grande do Sul	5
2.3	Efluentes industriais	6
2.4	Indústria Frigorífica e abatedouros	8
2.4.1	Perfil dos efluentes frigoríficos	9
2.4.2	Tratamento dos efluentes frigoríficos	11
2.5	Indústria de laticínios	13
2.5.1	Perfil dos efluentes lácteos	15
2.5.2	Tratamento de efluentes lácteos	16
3	Materiais e Métodos	19
3.1	Coleta e análise dos dados	19
3.2	Pesquisa Bibliográfica	21
4	Resultados e discussões	21
4.1	Avaliação das denúncias geradas pela população do Rio Grande do Sul nos anos de 2017 a 2021	21
4.2	Classificação das indústrias frigoríficas quanto ao número de infrações	24
4.2.1	Levantamento das irregularidades dos empreendimentos frigoríficos com relação ao efluente tratado incorretamente e lançado no corpo receptor acima dos padrões exigidos	25
4.2.2	Levantamento das fiscalizações dos empreendimentos frigoríficos em relação a vazamentos nas Estações de tratamento	32
4.2.3	Levantamento das fiscalizações dos empreendimentos frigoríficos com relação à falta de manutenção ou má conduta nos processos da Estação de Tratamento	37
4.3	Levantamento das fiscalizações em indústrias de laticínios	41
4.3.1	Levantamento das fiscalizações dos empreendimentos de laticínios com o efluente tratado incorretamente e lançado no corpo receptor acima dos padrões exigidos	41
4.3.2	Levantamento das fiscalizações dos empreendimentos de laticínios que apresentavam vazamentos nas Estações de tratamento ou forte odor	46
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	49



## **1 Introdução**

A preservação do meio ambiente é fundamental para a vida dos seres vivos, afinal, é nele onde são encontrados todos os recursos naturais indispensáveis para a sobrevivência, como água, alimento e matérias-primas. O cuidado ambiental representa um conjunto de medidas e práticas adotadas a fim de proteger integralmente uma área ou um recurso natural da interferência de agentes externos, como por exemplo, as atividades humanas. Estes por sua vez podem afetar o equilíbrio do ecossistema e prejudicar o seu funcionamento, ocasionando até mesmo perdas irreparáveis.

De acordo com a Resolução 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas, a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Nesse sentido, se faz necessária a existência de órgãos ambientais que fiscalizem atividades potencialmente poluidoras que possam causar impactos no meio ambiente. No Rio Grande do Sul a Fundação Estadual de Proteção ambiental Henrique Luís Roessler - FEPAM é o órgão competente pela função de proteger, controlar e praticar a legislação ambiental brasileira. Dentre todos os tipos de poluição a serem monitorados, a industrial é uma das mais significativas, tendo como agentes principais gases tóxicos liberados na atmosfera, os compostos químicos orgânicos e inorgânicos lançados nos corpos hídricos e a poluição do solo com o uso de pesticidas (VON SPERLING, 2005).

Considerado um setor muito importante para o desenvolvimento da sociedade, o setor industrial possui um grande papel no desenvolvimento econômico e social do país, gerando empregos e incentivando a inovação e o desenvolvimento tecnológico, impulsionando a economia com seus produtos para exportação e consumo interno. Entretanto, as atividades industriais podem também causar danos ao meio ambiente, implicando em impactos que atingem desde fauna e flora até a sociedade em geral.

No Rio Grande do Sul, dentre todos os ramos industriais existentes, destaca-se os ramos frigoríficos e de laticínios. Esses tipos de indústria, conforme suas características apresentam efluentes com alta carga poluidora, demandando tratamentos específicos para correta destinação.

A partir de denúncias realizadas pela população do Estado, o monitoramento das estações de tratamento de efluentes é feito através de fiscalizações ambientais por agentes da FEPAM. Assim, para minimizar os impactos ambientais gerados pelos efluentes das indústrias frigoríficas e de laticínios é necessário realizar um levantamento das denúncias atendidas durante um determinado período e avaliar as condições e os tipos de tratamentos utilizados para o adequado descarte de efluentes nos corpos receptores.

### **1.1 Objetivos**

O objetivo geral do presente estudo consiste em realizar o levantamento das denúncias ambientais atendidas pelo órgão estadual do Rio Grande do Sul no período de 2017 a 2021 e avaliar as irregularidades encontradas referentes ao tratamento dos efluentes em indústrias frigoríficas e de laticínios.

Os objetivos específicos são:

- Realizar o levantamento do total das denúncias ambientais atendidas pela FEPAM durante os anos de 2017 a 2021 e verificar sua procedência;
- Selecionar os setores industriais do Rio Grande do Sul de acordo com a quantidade de denúncias consideradas procedentes referentes ao tratamento irregular de efluentes;
- Classificar os empreendimentos selecionados quanto ao número e tipo de infração e analisar as irregularidades cometidas por cada um;
- Avaliar de forma preliminar os riscos ao meio ambiente implicados pelo lançamento irregular de efluentes no solo e em cursos d'água e apresentar ações de melhorias nas estações de tratamento para minimizar os impactos ambientais encontrados.

## **2 Revisão Bibliográfica**

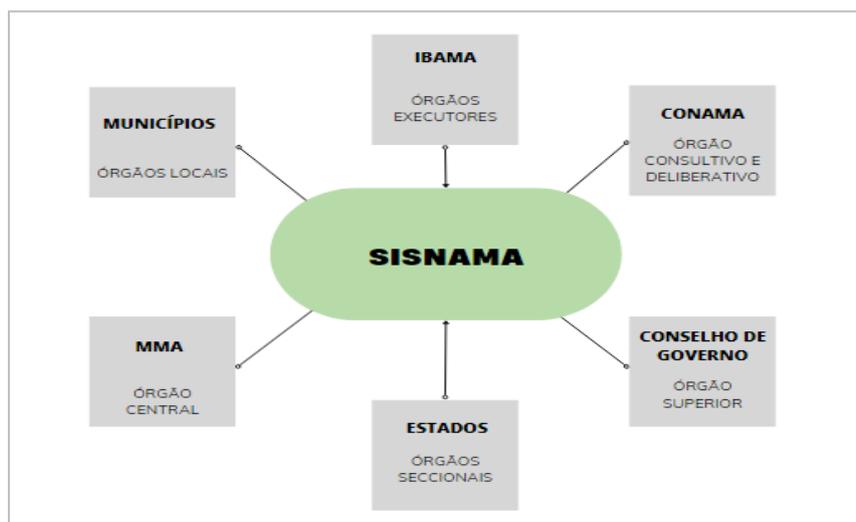
Neste capítulo são descritos os fundamentos teóricos que embasam esta pesquisa. É apresentada uma revisão sobre a aplicação e o controle da legislação ambiental em indústrias, principalmente a respeito do lançamento de efluentes. Também são abordadas as características dos efluentes das indústrias frigoríficas e de laticínios, assim como seus processos de tratamento de efluentes.

### *2.1.1 Legislação ambiental*

A legislação ambiental brasileira teve um grande marco no ano de 1981, com a Lei 6.938 de 31 de agosto que criou a Política Nacional do Meio Ambiente. Posteriormente, percebendo a necessidade de criar um sistema completo de proteção ambiental, foram estabelecidas novas leis para disciplinar a atividade humana, atribuindo direitos e deveres para o cidadão. Cada lei ambiental que consolida a legislação ambiental brasileira tem um objetivo. A chamada Lei de Crimes Ambientais 9.605/98 define, em seu artigo 60, como crime ambiental passível de detenção, multa ou ambos, cumulativamente, a prática de atividades potencialmente poluidoras sem o devido licenciamento ambiental. Ela tem como principal objetivo a reparação de danos ambientais, com ações de prevenção e combate a esses danos.

O conjunto de órgãos públicos responsáveis por controlar e praticar a legislação ambiental brasileira é chamado de Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA. É considerado um sistema porque todos os órgãos que o compõem atuam sob os mesmos princípios e diretrizes, cada um exercendo a sua função para alcançar o mesmo objetivo: a defesa do meio ambiente ecologicamente equilibrado. Na Figura 1 é apresentado um Organograma representando o SISNAMA e seus órgãos.

Figura 1: Organograma da estrutura do SISNAMA.



Fonte: TONIETTO (2022).

Como mostrado na Figura 1, um desses principais órgãos é o CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, conceituado como consultivo e deliberativo. O Conselho é presidido pelo Ministro do Meio Ambiente e composto por um colegiado de cinco setores: órgãos federais, estaduais e municipais, setor empresarial e entidades ambientalistas. As Resoluções CONAMA fazem parte da legislação vigente em âmbito nacional. No Rio Grande do Sul, para âmbito estadual, a legislação é atribuída por Resoluções do CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente.

Para as atividades operarem de acordo com as legislações, são estabelecidas normas referentes às características de cada empreendimento. Para este poder funcionar é necessário ter a autorização das chamadas Licenças Prévia, de Instalação e de Operação. Desse modo, quem estabelece essa autorização é o órgão licenciador, que, de acordo com a CONSEMA 372/2018 - determina quais atividades são de competência estadual ou municipal.

### 2.1.2 Legislação de efluentes industriais no Rio Grande do Sul

O licenciamento e a fiscalização ambiental das atividades industriais de âmbito estadual no Rio Grande do Sul são realizados pela FEPAM - Fundação Estadual Henrique Luiz Roessler. Vinculada à Secretaria do Meio Ambiente, a fundação é responsável por verificar situações de efetivos ou potenciais danos ambientais e

aplicar as penalidades disciplinares ou compensatórias necessárias. Dentre as atividades realizadas durante a fiscalização estão:

- Atendimento as denúncias geradas pela população;
- Atendimento as demandas de órgãos públicos;
- Realização de fiscalizações de rotina;
- Apoio aos demais departamentos nos procedimentos de acompanhamento das atividades e de fiscalização;
- Lavratura de Autos de Infração, ofícios de reparação ou melhorias da qualidade ambiental, bem como outros documentos de caráter administrativo necessários ao desempenho de suas funções.

De acordo com o CONSEMA, a resolução 355/2017 dispõe sobre critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais. Nela são delimitados os parâmetros necessários para que não haja dano ambiental na destinação dos efluentes industriais. A partir disso, é responsabilidade da FEPAM fiscalizar as indústrias que sejam de responsabilidade estadual e certificar que estejam operando de acordo com a legislação vigente.

## **2.2 Importância das Indústrias no Brasil e no Rio Grande do Sul**

Em 2020 havia, aproximadamente, 303.612 indústrias vigentes no Brasil (IBGE, 2020), representando 22,2% do PIB brasileiro segundo a Confederação Nacional da Indústria – CNI. A indústria brasileira possui um grande papel no desenvolvimento econômico e social do país, gerando empregos e incentivando a inovação e o desenvolvimento tecnológico, impulsionando a economia com seus produtos para exportação e consumo interno.

Na década de noventa, iniciou-se o processo de descentralização das indústrias no Brasil, com uma migração significativa para as regiões sul e sudeste (SABOIA, 2001). O estado do Rio Grande do Sul representa 6,8% do PIB industrial do Brasil. Em 2020, o estado foi reconhecido entre os quatro estados com maior número de estabelecimentos industriais, ficando atrás apenas de São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina. As indústrias Sul Rio-Grandenses representam 22,5% do PIB do Rio Grande do Sul, responsáveis por 44,3% das exportações totais do estado (CNI, 2020).

### 2.3 Efluentes industriais

A grande diversidade das atividades industriais ocasiona, durante o processo produtivo, a geração de efluentes, os quais podem poluir ou contaminar o solo e a água. De acordo com a Norma Brasileira — NBR 9800/1987, efluente é o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo emanções de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico. Com o passar dos anos, surgiu a preocupação e necessidade de avaliar os impactos ambientais causados pelos efluentes industriais. Dessa maneira, para minimizá-los foram estabelecidas normas para padronizar as quantidades e composições dos efluentes gerados nas indústrias.

Segundo a ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes, cerca de 60% dos resíduos líquidos gerados nas indústrias são despejados sem tratamento adequado em corpos d'água ou rede de esgoto (FUSATI, 2021). Dessa forma, tais irregularidades provocam um sério desequilíbrio no ecossistema aquático. O lançamento indevido de efluentes industriais de diferentes fontes ocasiona modificações nas características do solo e da água, podendo poluir ou contaminar o meio ambiente. A poluição ocorre quando esses efluentes modificam o aspecto estético, a composição ou a forma do meio físico, enquanto o meio é considerado contaminado quando existe mínima ameaça à saúde de humanos, plantas e animais. O aumento de substâncias e matéria orgânica na água faz com que o equilíbrio local seja afetado, ocasionando o aumento de determinados microrganismos e a dificuldade de desenvolvimento de outros. A água poluída também causa grave impacto à saúde humana, uma vez que a contaminação de metais pesados pode promover tumores hepáticos e de tireoide, rinites alérgicas, dermatoses e alterações neurológicas (AMBIENTAL, 2013).

Os efluentes industriais geralmente contêm compostos químicos específicos e facilmente identificáveis, dependendo da natureza do processo industrial. Esses compostos podem ser os produtos finais, precursores ou intermediários do processo, ou impurezas e subprodutos. Uma das características distintivas dos efluentes de origem industrial, em comparação com as águas residuais municipais, é que muitas vezes podem conter uma mistura de substâncias diferentes e muito tóxicas. Nas

Tabelas 1 e 2 são mostrados os valores máximos estabelecidos para o correto lançamento dos efluentes (CONSEMA, 2017).

Tabela 1: Parâmetros para o lançamento de efluentes líquidos de fontes poluidoras, exceto efluentes líquidos sanitários.

Parâmetro	Concentração
pH	6,0 - 9,0
Nitrato	10 mg/L
Nitrito	1 mg/L
Nitrogênio	20 mg/L
Óleos e Graxas: vegetal ou animal	≤ 30 mg/L

Fonte adaptado de CONSEMA (2017).

Tabela 2: Parâmetros para o lançamento de efluentes líquidos de fontes poluidoras de acordo com a vazão.

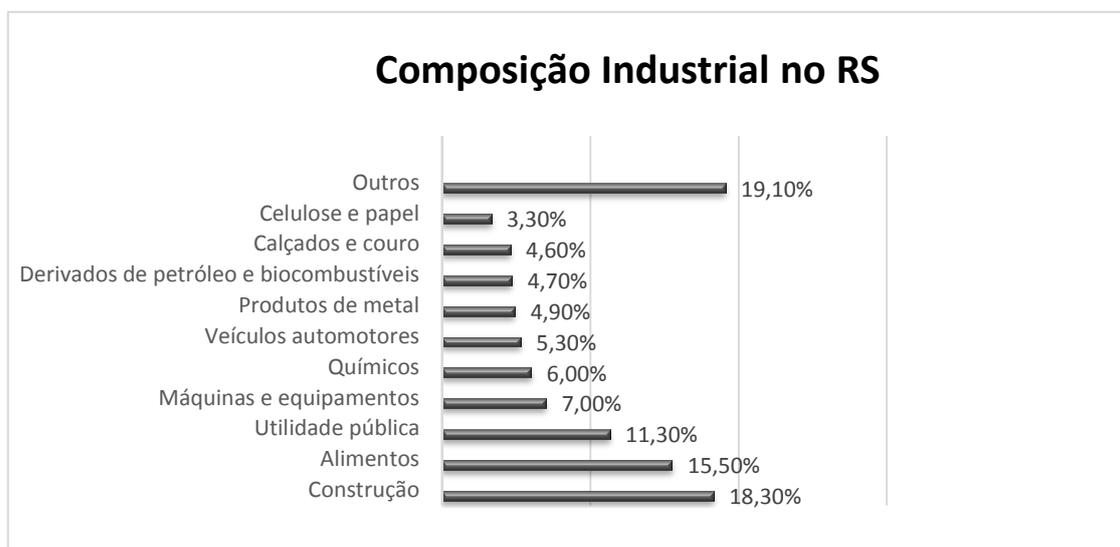
Faixa de vazão do efluente (m <sup>3</sup> /d)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	Fósforo Total		Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Coliformes Termotolerantes	
				(mg/L)	Eficiência( %)		(NMP/100mL)	Eficiência( %)
Q < 100	120	330	140	4	75	20	10 <sup>5</sup>	95
100 ≤ Q < 500	110	330	125	3	75	20	10 <sup>4</sup>	95
500 ≤ Q < 1.000	80	300	100	3	75	20	10 <sup>4</sup>	95
1.000 ≤ Q < 3.000	70	260	80	2	75	20	10 <sup>4</sup>	95
3.000 ≤ Q < 7.000	60	200	70	2	75	20	10 <sup>4</sup>	95
7.000 ≤ Q < 10.000	50	180	60	2	75	20	10 <sup>4</sup>	95
10.000 ≤ Q	40	150	50	1	75	20	10 <sup>3</sup>	95

Fonte adaptado de CONSEMA (2017).

A Figura 2 (CNI, 2022) apresenta as proporções dos setores industriais no Rio Grande do Sul. Pode-se observar que a indústria alimentícia é a 2ª mais representativa, sendo considerado um dos setores que mais cresce. Por consequência, é classificado como setor que mais gera resíduos do tipo sólidos e efluentes (PARIENTE, 2017). Os poluentes que predominam nesses efluentes são os apresentados abaixo:

- Resíduos de animais e vegetais: carne, ossos, pelos, fibras vegetais, etc.
- Materiais em suspensão procedentes de arrastos e lavagem: terra, areia, argila, partículas insolúveis.
- Produtos perecíveis: gorduras, açúcares, dextrinas, proteínas, fermentos, resíduos líquidos vegetais.
- Diversos materiais dissolventes: sais dissolvidos, pesticidas em maior ou menor quantidade de acordo com a sua solubilidade em água, etc.

Figura 2: Composição dos setores industriais do Rio Grande do Sul.



Fonte: Adaptado de CNI, (2022).

Inseridos na indústria alimentícia, os ramos frigoríficos e de laticínios representam grande parte dos volumes de rejeitos e resíduos gerados e possuem efluentes com alta carga poluidora, ocasionando um significativo impacto no meio ambiente.

#### 2.4 Indústria Frigorífica e abatedouros

O complexo brasileiro de carnes compõe uma das principais cadeias do agronegócio nacional. Essa cadeia produtiva é formada principalmente por três

segmentos distintos: carne bovina, suína e de frango. De acordo com o relatório publicado pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes - ABIEC, o Brasil é o maior exportador mundial de carne bovina e de frangos. Atualmente o Brasil responde por 21,28% das exportações mundiais de carne bovina, por 30,41% de carne avícola e por 11,99% de carne suína (FAO, 2002). De acordo com Pacheco (2008) os processos realizados na indústria frigorífica podem ser classificados da seguinte forma:

- Abatedouros: realizam o abate dos animais, produzindo carcaças (carne com ossos) e vísceras comestíveis. Algumas unidades também fazem a desossa das carcaças e produzem os chamados “cortes de açougue”, porém não industrializam a carne;
- Frigoríficos: podem ser divididos em dois tipos: os que abatem os animais e separam sua carne, suas vísceras e as industrializam, gerando seus derivados e subprodutos, ou seja, fazem todo o processo dos abatedouros/matadouros e também industrializam a carne; e aqueles que não abatem os animais - compram a carne em carcaças ou cortes, bem como vísceras, dos matadouros ou de outros frigoríficos para seu processamento e geração de seus derivados e subprodutos – ou seja, somente industrializam a carne.

Os frigoríficos e abatedouros têm sido cada vez mais valorizados por sua alta demanda e importância no mercado nacional e mundial. Aliado ao grande crescimento das exportações de carne há também o aumento de sua produção e geração de efluentes. Seu efluente é gerado através do processo produtivo, higienização de pisos, currais, pocilgas, corredores, caminhões e animais (RABELO et al., 2014). De acordo com Pacheco (2008), os efluentes são caracterizados por alta carga orgânica, alto conteúdo de gordura, variações de pH devido ao uso de agentes de limpeza ácidos e básicos, concentrações de nitrogênio, fósforo e sal e alta carga de DQO e DBO. Dentre os despejos do processo, há fragmentos de carne, gorduras e vísceras, juntamente com sangue, que entram em decomposição logo após a geração do efluente, sendo assim, responsável pelo seu forte odor.

#### *2.4.1 Perfil dos efluentes frigoríficos*

A diversidade das características dos resíduos da indústria de carnes, de suas fontes e volumes, exigem estudos preliminares para orientar seu tratamento. Na Tabela 3 encontra-se a fonte dos principais efluentes gerados no processo de abate.

Tabela 3: Resíduo gerado em abatedouros de acordo com a fonte.

<b>Fontes</b>	<b>Resíduos despejados</b>
Curral	Esterco
Sala de abate	Sangue, resíduos de carne e gordura
Depilação, depenagem	Pêlos, penas e materiais terrosos
Tripária, bucharia	Conteúdo de estômagos, intestinos e gordura
Preparo de carcaças	Resíduos de carne, gordura e sangue
Fusão de gordura	Líquidos ricos em gordura
Subprodutos	Gorduras e resíduos não comestíveis

Fonte adaptado de Pardi et al (2006).

Os efluentes gerados podem ser segregados em duas linhas: a vermelha e a verde. A Linha vermelha representa o efluente com conteúdo proteico e gorduroso que provém do abate e do processo produtivo. Essa linha contém cerca de 85% da vazão total da fábrica. Dentre os despejos do processamento, o sangue é de suma importância por conter alta carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), aproximadamente 200 g/L. Por este motivo ele é normalmente separado dos demais resíduos e reaproveitado como subprodutos. A Linha verde por sua vez representa os tipos de efluentes presentes em todo e qualquer ambiente industrial, sendo provenientes de sanitários, refeitórios, caldeiras, compressores, lavanderias, entre outros (MULTIÁGUA). Os resíduos sólidos são geralmente descartados em aterros, lixões, reciclados ou incinerados.

Em indústrias frigoríficas e abatedouros os parâmetros de maior importância na qualificação de águas residuais e principais indicadores de poluição são: DBO, DQO, sólidos em Suspensão (SS), Óleos e Graxas, nitrogênio total (N), fósforo total (P) e pH (VON SPERLING, 2005, PARDI et al., 2006). Dessa maneira, a Tabela 4 apresenta os valores comuns nas águas residuais de frigoríficos.

Tabela 4: Valores comuns dos parâmetros de uma indústria de frigoríficos.

Parâmetro	Faixa
DBO5	-
DQO	1000 - 3000
Sólidos suspensos (mg/L)	400 - 800
Nitrogênio total (mg/L)	< 300
Fósforo total (mg/L)	< 10
óleos e graxas (mg/L)	< 350
pH	7,0 - 8,5

Fonte: adaptado de CETESB (2008).

#### 2.4.2 Tratamento dos efluentes frigoríficos

Os processos de tratamento do setor frigorífico são formados por duas etapas principais: a primária e a secundária. Estas etapas são responsáveis por reduzir a DBO de 70 a 95% e os Sólidos Suspensos de 80 a 90%. Cada sistema de tratamento pode variar de acordo com a limitação da área, as condições físicas locais e os custos operacionais disponíveis. Os efluentes frigoríficos, em sua maior parte, não são compostos por resíduos perigosos, sendo constituído, principalmente, de matéria orgânica; contudo, os procedimentos de tratamentos empregados não necessitam de sistemas complexos com alto custo (USEPA, 1975; WPCF, 1983; TEIXEIRA et al., 2002).

O tratamento dos efluentes pode variar de acordo com a empresa, mas um sistema de tratamento típico do setor possui as seguintes etapas (Pacheco, 2006):

- Tratamento primário: é utilizado para remoção de sólidos grosseiros, suspensos sedimentáveis e flotáveis, principalmente por ação físico-mecânica. Geralmente são empregados os seguintes equipamentos: grades e peneiras, para remoção de sólidos grosseiros. Na sequência, caixas de gordura (com ou sem aeração) e/ ou flotores, para remoção de gordura e outros sólidos flotáveis e em seguida, sedimentadores, peneiras (estáticas, rotativas ou vibratórias) e flotores (ar dissolvido ou eletroflotação), para remoção de sólidos sedimentáveis, em suspensão e emulsionados – sólidos mais finos ou menores;
- Equalização: realizada em um tanque de volume e configuração adequadamente definidos, com vazão de saída constante e com precauções para minimizar a sedimentação de eventuais sólidos em suspensão, por meio de dispositivos de mistura.

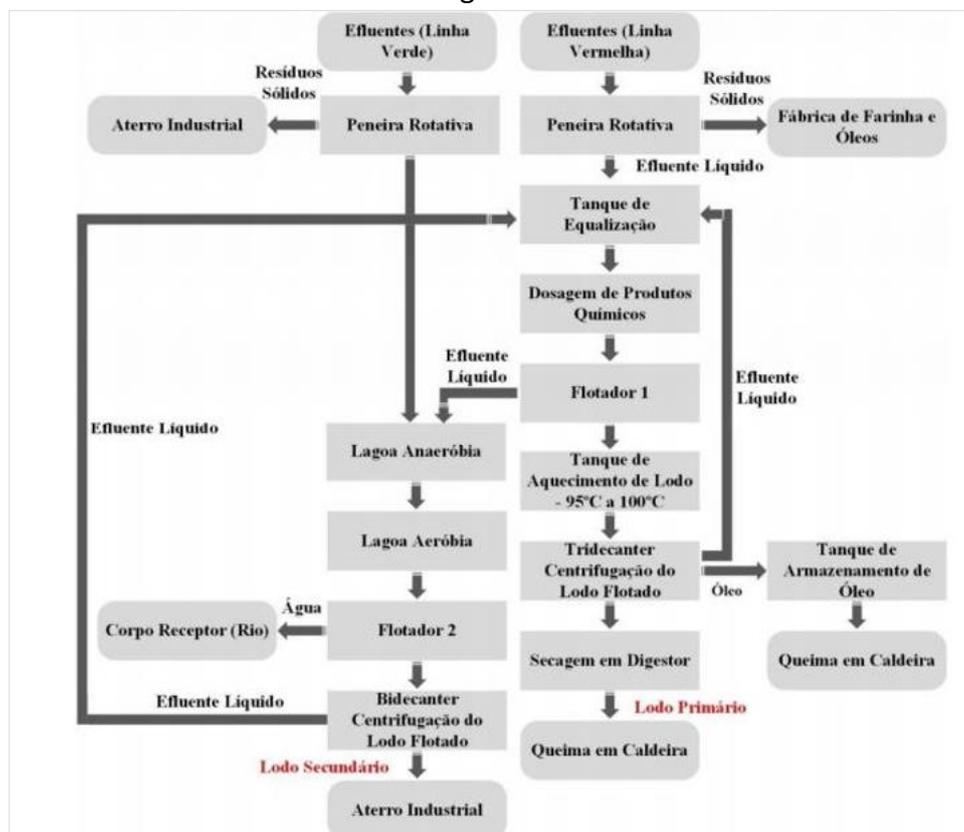
Permite absorver variações significativas de vazões e de cargas poluentes dos efluentes líquidos a serem tratados, atenuando picos de carga para a estação de tratamento. Isto facilita e permite otimizar a operação da estação como um todo, contribuindo para que se atinja os parâmetros finais desejados nos efluentes líquidos tratados;

– Tratamento secundário: é utilizado para remoção de sólidos coloidais, dissolvidos e emulsionados, principalmente por ação biológica, devido à característica biodegradável do conteúdo remanescente dos efluentes do tratamento primário, após a equalização. Nesta etapa, há ênfase nas lagoas de estabilização, especialmente as anaeróbias. Assim, como possibilidades de processos biológicos anaeróbios, temos: as lagoas anaeróbias, processos anaeróbios de contato, filtros anaeróbios e digestores anaeróbios de fluxo ascendente. Com relação a processos biológicos aeróbios, podem-se ter processos aeróbios de filme (filtros biológicos e biodiscos) e processos aeróbios de biomassa dispersa (lodos ativados - convencionais e de aeração prolongada, que inclui os valos de oxidação). Também é bastante comum observar o uso de lagoas fotossintéticas na sequência do tratamento com lagoas anaeróbias. Pode-se ter, ainda, tratamento anaeróbio seguido de aeróbio;

– Tratamento terciário: realizado como “polimento” final dos efluentes líquidos provenientes do tratamento secundário, promovendo remoção suplementar de sólidos, de nutrientes (nitrogênio, fósforo) e de organismos patogênicos. Podem ser utilizados sistemas associados de nitrificação-desnitrificação, filtros e sistemas biológicos ou físico-químicos (ex.: uso de coagulantes para remoção de fósforo). O tratamento terciário não é muito utilizado no Brasil.

A Figura 3 apresenta o fluxograma do tratamento de efluentes utilizado em uma indústria de carnes com todas suas etapas de tratamento.

Figura 3: Fluxograma de uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria frigorífica.



Fonte: Kurek (2019).

## 2.5 Indústria de laticínios

Segundo o Anuário do leite (EMBRAPA, 2021) em 2019 o Brasil produziu 34,84 bilhões de litros de leite. De 1974 a 2014 a geração de leite quadruplicou, tornando o país, em 2013, o quarto maior produtor mundial de laticínios. A indústria de laticínios tem grande importância na economia, sendo considerada uma atividade que atribui alto valor na renda dos brasileiros, uma vez que foram inseridas diversas empresas multinacionais no país. Os cinco estados de maior produção concentram quase 70% do total nacional, com Minas Gerais detendo participação de 27,11%, seguido do Paraná e Rio Grande do Sul, com 12,45% e 12,26%, respectivamente. A Tabela 5 apresenta a participação das mesorregiões na produção de laticínios no Brasil. Pode-se notar que a mesorregião Noroeste Rio-Grandense desponta como a maior mesorregião produtora, com 2,86 bilhões de litros de leite – ou cerca de 8,23% do leite brasileiro.

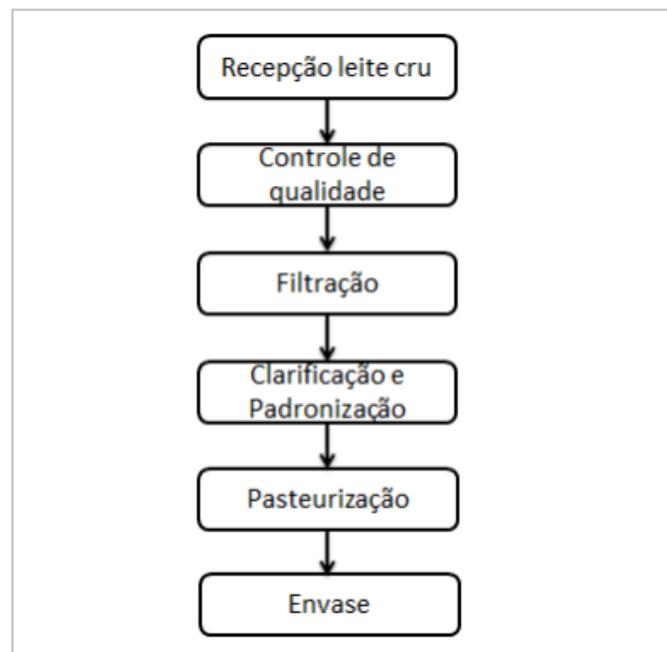
Tabela 5: Distribuição da produção de laticínios nas regiões de maior produção no Brasil.

<b>Mesorregião</b>	<b>Produção (mil litros)</b>	<b>Participação prod. Brasil (%)</b>
Noroeste Rio-Grandense (RS)	2.868.752	8,23
Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba (MG)	2.387.435	6,85
Oeste Catarinense (SC)	2.351.847	6,75
Sul / Sudoeste de Minas (MG)	1.505.210	4,32
Sul Goiano (GO)	1.432.743	4,11
Centro Goiano (GO)	1.066.798	3,06
Sudoeste Paranaense (PR)	1.023.207	2,94
Leste Rondoniense (RO)	865.162	2,48
Zona da Mata (MG)	822.237	2,36
Oeste Paranaense (PR)	816.055	2,34

Fonte: adaptado de IBGE (2019).

A indústria de laticínios é responsável pela produção de diversos produtos, como leite em pó, leite UTH (Ultra High Temperature), cremes e queijos. Os processos produtivos dos alimentos são muito parecidos, existindo apenas algumas diferenças pontuais. Na Figura 4 é apresentado um fluxograma referente ao processo produtivo do leite pasteurizado integral. Após as análises do recebimento o leite passa por uma etapa de filtração, clarificação e padronização em desnatadeira para aproximadamente 3% de gordura. Em seguida, é encaminhado para um tanque de pasteurização onde ocorre o tratamento térmico que visa à eliminação de bactérias patogênicas para assim ser envasado em um circuito fechado e automático, em embaladeira automática. Depois de embalado, o leite deve ser armazenado a 4 °C, necessitando de um refrigerador com controle de temperatura (BALBINOT, 2019).

Figura 4: Fluxograma da produção de leite pasteurizado integral.



Fonte: TREVISAN (2020).

A cada 1 litro de leite processado, é gerado, aproximadamente, de 0,2 a 10 litros de efluente, com uma disposição média de 2,5 litros de água (MUNAVALLI & SALER, 2009; VOURCH et al., 2008). O efluente é composto por uma grande quantidade de matéria orgânica, que quando não tratado e descartado de forma incorreta, podem impactar de forma negativa a biota. Um dos principais agentes poluidores da indústria láctea é o soro, que compõe grande parte do leite. Dessa maneira, é importante e necessário ter um monitoramento das etapas de produção e um tratamento preciso dos efluentes, a fim de reduzir o mínimo possível os danos ambientais por esse serviço industrial.

### 2.5.1 Perfil dos efluentes lácteos

A composição dos efluentes da indústria de laticínios é formada, basicamente, por quantidades variáveis de leite diluído, materiais sólidos flutuantes (maioria óleos graxos), detergentes, desinfetantes, lubrificantes e esgoto doméstico (BRAILE e CAVALCANTI, 1993). Em sua maioria, são compostos por proteínas, carboidratos, gorduras, sólidos suspensos, nitrogênio, fósforo e alguns poluentes inorgânicos (BRITZ et al., 2008). O pH do efluente sofre alterações dependendo dos agentes de limpeza (ácidos e/ou alcalinos) e desinfetantes usados nas operações de limpeza. Os agentes

mais utilizados são soda cáustica, ácido nítrico, ácido fosfórico e hipoclorito de sódio. De acordo com Janczukowicz et al. (2008) e Machado et al. (2002) a mistura de efluentes de lavagem e efluentes gerados nas operações não influencia negativamente no seu tratamento biológico.

A Tabela 6 apresenta os parâmetros de uma indústria de laticínios com uma produção de 14.000. As quantidades presentes nos efluentes podem variar de acordo com os produtos produzidos, da época do ano e das práticas de gestão de águas e efluentes utilizadas pelas indústrias. Dessa maneira, para realizar o correto lançamento sem danificar o meio ambiente é necessário tratar os efluentes em uma ETE específica para essa faixa de valores e tipo de parâmetros.

Tabela 6: Parâmetros de uma indústria de laticínios com uma produção de 14.000 L/dia de leite.

Parâmetro	Faixa	Média
pH	4,9 - 11,28	8,77
Temperatura (°C)	32- 39	35,5
Sólidos totais (g/L)	0,9 - 3,76	2,06
Sólidos suspensos (g/L)	0,23 - 0,78	0,47
Sólidos dissolvidos (g/L)	0,67 - 3,15	1,63
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	0,0 - 27,00	3,1
Óleos e graxas (mg/L)	22,1 - 806	414
DQO (mg de O <sub>2</sub> /L)	2120 - 4287	3567
DBO5 (mg de O <sub>2</sub> /L)	496 - 1712	1033
Volume de efluente (m <sup>3</sup> /dia)	657 -99,10	75,85

Fonte: adaptado de SILVA (2006).

### 2.5.2 Tratamento de efluentes lácteos

As indústrias de laticínios são consideradas, dentre as indústrias alimentícias, as mais poluidoras, devido ao seu elevado consumo de água e geração de efluentes líquidos. Assim, para realizar o correto tratamento desses efluentes, são utilizados os tratamentos preliminares, primários, secundários e, se necessário, terciários.

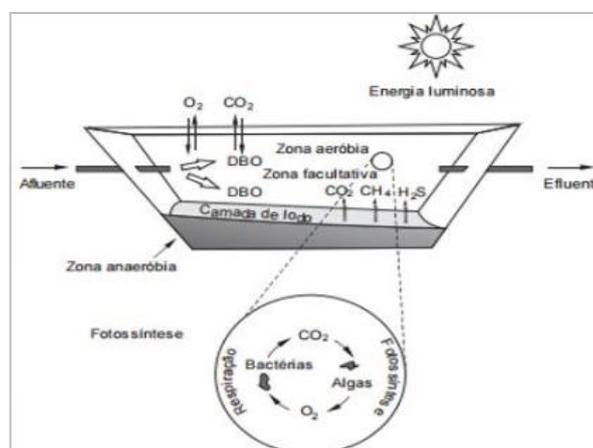
O tratamento preliminar pode ser constituído por gradeamento e caixas de areia, que são responsáveis pela remoção dos sólidos grosseiros. Em seguida são empregados tanques de equalização, onde é feita a correção do pH, que pode variar de 1,6 a 14,0 (BRITZ et al., 2008). Após, o efluente segue para o tratamento primário, onde podem ser realizadas técnicas físico químicas, como os processos de decantação, filtração ou coagulação/flotação. Essa etapa é utilizada com o objetivo de remover os

sólidos, óleos e gorduras presentes no efluente. Durante esse período, o tratamento deve possuir um controle rigoroso das condições operacionais, uma vez que o alto índice de gordura presente pode influenciar na eficiência das próximas etapas caso o tratamento não seja realizado corretamente.

O tratamento secundário é utilizado para remover a matéria orgânica presente no efluente. Para tal, são empregados processos bioquímicos que comporta as fases de estabilização através de lagoas, o reator de lodos, filtro biológico e biodigestores (BRAILE e CAVALCANTE, 1993).

As lagoas de estabilização são os processos biológicos mais utilizados e podem ser classificadas em anaeróbias, facultativas, aeradas ou de maturação ou polimento. Segundo Von Sperling (2006), as lagoas anaeróbias possuem uma eficiência de 60% na redução de DBO, sendo associadas a lagoas aeróbias e facultativas. As facultativas, por sua vez, são aeróbias na superfície, consumindo oxigênio; e possuem condições anaeróbias na parte inferior, onde a matéria orgânica é sedimentada dando origem ao lodo, que é decomposto anaerobicamente, sendo convertido em gás carbônico e gás metano. Possui eficiência de 70 a 90% na redução da DBO. As lagoas de maturação recebem efluentes cuja DBO está praticamente estabilizada e há oxigênio dissolvido em toda a sua massa líquida, apresentando alta eficiência na remoção de microrganismos patogênicos. As lagoas aeradas são mais utilizadas como aeróbias com mistura completa e facultativas. A Figura 5 representa o processo de uma lagoa de estabilização facultativa.

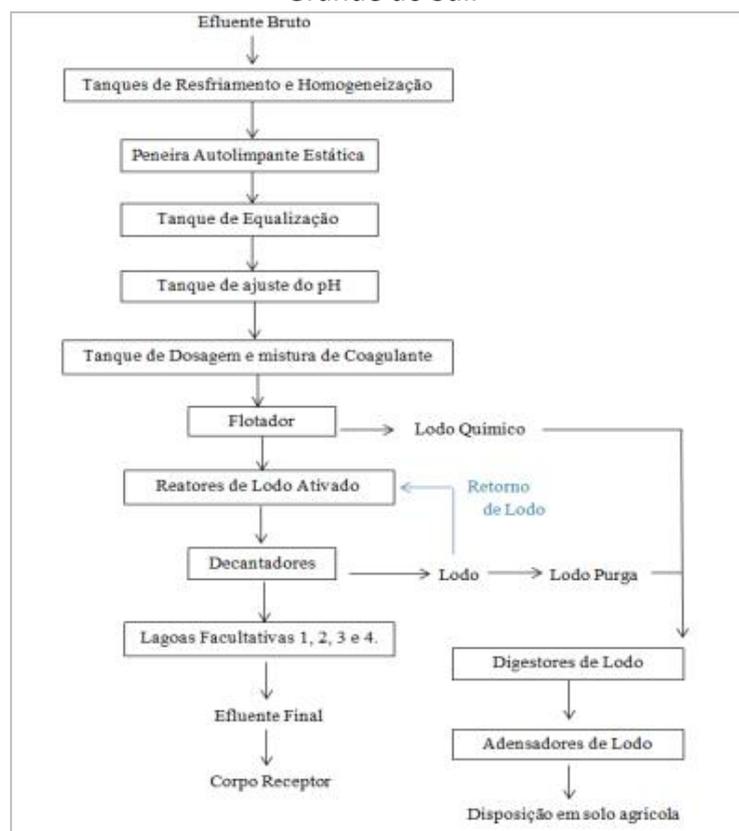
Figura 5: Lagoa de estabilização facultativa.



Fonte: VON SPERLING (2006).

O tratamento terciário não é comumente utilizado devido à necessidade de operação de métodos complexos que removem poluentes específicos que não foram retirados nas etapas anteriores e consequentemente possuem um custo elevado. A Figura 6 representa o fluxograma do modelo de uma Estação de Tratamento de efluentes em uma indústria de laticínios no Rio Grande do Sul.

Figura 6: Estação de tratamento de efluentes de uma indústria de laticínios do Rio Grande do Sul.



Fonte: CECHETTI (2012).

A Estação de tratamentos da Figura 6 é composta por um sistema com algumas das etapas necessárias. O tratamento preliminar é formado por tanques de resfriamento e homogeneização, peneira autolimpante estática, tanques de equalização, de ajuste de pH e de dosagem de coagulante. No tratamento primário é utilizado um flotador, seguido por um tratamento secundário com reatores de lodo ativado. Após é realizado novamente um tratamento físico-químico por decantadores onde pode ocorrer o reciclo do lodo decantado. O efluente por sua vez encaminha-se para tratamento

biológico constituído por lagoas facultativas e, posteriormente, é despejado no corpo receptor.

### **3 Materiais e Métodos**

#### **3.1 Coleta e análise dos dados**

Este trabalho foi realizado utilizando banco de dados da Divisão de Fiscalização – DIFISC da FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler/RS. Esse setor é responsável pela fiscalização ambiental, isto é, verifica se os empreendimentos ou atividades do Rio Grande do Sul estão respeitando a legislação ambiental. Tais fiscalizações ocorrem depois de denúncias realizadas pela população. Dessa forma, as denúncias são analisadas e posteriormente são efetuadas vistorias nos empreendimentos denunciados para averiguar a procedência. O atual estudo foi limitado apenas para as denúncias que se constataram procedentes.

A partir do banco de dados do Sistema da FEPAM - ORACLE FORMS e do site público Sistema Online de Licenciamento Ambiental - SOL, foram coletadas as Licenças de operação, os Relatórios de fiscalização, os ofícios e autos de infração das indústrias que tiveram suas denúncias constatadas procedentes referente ao tratamento irregular de efluentes. O período de busca limitou-se aos anos de 2017 a 2021. Na Tabela 7 encontra-se a quantidade de denúncias atendidas pela FEPAM referentes ao tratamento irregular de efluentes nos setores de mineração, postos de combustíveis, indústrias, energia, infraestrutura, saneamento, agrossilvipastoril e transporte de produtos perigosos no intervalo mencionado. A partir das Licenças de Operação e dos Relatórios de fiscalização foi possível analisar quais empreendimentos operavam com o tratamento dos efluentes fora dos padrões exigidos.

Tabela 7: Denúncias atendidas pela FEPAM no período de estudo a respeito do tratamento irregular de efluentes.

Ano	Nº de denúncias	Nº de denúncias procedentes
2017	173	113
2018	181	138
2019	195	106
2020	125	59
2021	107	60

O estudo foi direcionado para o setor industrial devido à alta demanda de denúncias no período analisado. Os principais ramos de indústrias no Rio Grande do Sul são: alimentos, bebidas, frigoríficos, curtumes, laticínios, tratamento ambiental e de água. Após realizar um levantamento do ramo industrial e o número de denúncias recebidas, foram selecionados para análise dos dados nesse trabalho os setores de Laticínios e Frigoríficos devido à alta carga poluidora dos seus efluentes e aos tratamentos mais complexos que devem ser utilizados. Tais setores representam uma baixa e alta demanda de fiscalizações realizadas, respectivamente. Os tipos de infrações cometidas foram classificados em três categorias. A Tabela 8 apresenta o número de empreendimentos de cada ramo com as categorias analisadas.

Tabela 8: Número de empreendimentos selecionados de acordo com as categorias analisadas.

Categoria	Empreendimentos na Indústria frigorífica	Empreendimentos na Indústria de laticínio
Efluente não tratado corretamente	11	3
Vazamentos na ETE/forte odor	5	3
Má conduta na ETE/falta de manutenção	5	-

Deste modo, para avaliação da categoria de efluente não tratado foi realizado um chamado interno na FEPAM - DIS, para solicitar os dados SISAUTO – Sistema de

auto monitoramento de efluentes líquidos industriais, dos efluentes brutos e tratados de cada indústria selecionada dos últimos cinco anos (2017-2021). A partir dessas informações foram analisados os seguintes parâmetros químicos: coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), cor, espumas, fósforo total, nitrogênio amoniacal, odor, óleos e graxas totais, pH, sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais.

### **3.2 Pesquisa Bibliográfica**

Para a seleção dos artigos utilizados na discussão dos resultados, as seguintes plataformas foram consultadas: Periódicos CAPES, Scielo (“Scientific Electronic Library Online” ou Biblioteca Eletrônica Científica Online) e Google acadêmico. As palavras-chave utilizadas na busca de artigos foram “refrigeradores”, “indústria de laticínios”, “abatedouros”, juntamente com os termos “tratamento de efluentes” e “impacto ambiental”. A pesquisa foi limitada ao período entre os anos 2002 e 2022.

A seleção dos artigos seguiu os seguintes critérios:

- Apresentaram títulos de tratamentos correspondentes aos tratamentos utilizados nos empreendimentos usados na pesquisa.
- Apresentaram tipos diferentes de tratamentos ainda não utilizados nos empreendimentos selecionados.
- Apresentaram possíveis impactos ambientais referentes ao conteúdo das denúncias.

## **4 Resultados e discussões**

### **4.1 Avaliação das denúncias geradas pela população do Rio Grande do Sul nos anos de 2017 a 2021**

A partir do sistema de dados da FEPAM e do site público Sistema Online de Licenciamento – SOL foi verificado a quantidade de denúncias realizadas no período de 2017 a 2021 no estado do Rio Grande do Sul. A Tabela 9 apresenta o quantitativo de denúncias referentes a todos os tipos de irregularidades ambientais fiscalizados pela FEPAM.

Tabela 9: Denúncias ambientais realizadas no período de estudo no órgão ambiental estadual – FEPAM.

Irregularidade	Nº de denúncias	Nº de denúncias atendidas pela FEPAM	Nº de denúncias procedentes
Canalização/desvio de rio	111	32	17
Construção/aterramento irregular	292	95	53
Dano à unidade de conservação	3	-	-
Descumprimento de licença	387	322	181
Extração mineral irregular/desassoreamento/dragagem	328	181	86
Fauna nativa	333	51	25
Intervenção em área de preservação permanente	780	341	212
Tratamento de esgoto/efluente líquido	1412	780	476
Operar sem licença	733	440	258
Poluição sonora e atmosférica (odor/fumaça/poeira)	1287	754	413
Queimada	67	16	8
Resíduos/lixo	460	163	117
Supressão vegetal	1280	570	395
Uso irregular de agrotóxicos	303	210	88
Várias ações danosas ao meio ambiente	159	74	45
<b>TOTAL</b>	<b>7935</b>	<b>4029</b>	<b>2374</b>

Analisando a Tabela 9 observa-se que, em média, 50% das denúncias realizadas pela população são atendidas pelos analistas da FEPAM. As demais são encaminhadas para os órgãos competentes, que podem ser direcionadas para Secretaria do meio ambiente do município, PATRAM – Patrulha Ambiental da Brigada Militar e para o Ministério Público. As irregularidades com maior número de denúncias é o tratamento de esgoto/efluente líquido, seguido da supressão vegetal e da poluição sonora e atmosférica. Tais tipos de irregularidades são considerados recorrentes para atendimento.

Um ponto que chama a atenção é que 61% das denúncias atendidas pela FEPAM de tratamento de esgoto/efluente líquido foram consideradas procedentes. Dessa maneira, a Tabela 10 apresenta os setores da economia do estado do Rio Grande do Sul responsáveis pelo tratamento irregular de esgoto/efluente líquido no período de estudo. Os dados apresentados estão classificados quanto ao número total de denúncias, as atendidas pela FEPAM e as procedentes em cada setor.

Tabela 10: Quantitativo de denúncias ambientais realizadas na FEPAM de acordo com o setor econômico.

Setor econômico	Nº de denúncias	Nº de denúncias atendidas pela FEPAM	Nº de denúncias procedentes
Agrossilvipastoril	168	60	30
Energia	15	11	6
Infraestrutura	77	32	23
Mineração	25	18	9
Saneamento	218	72	51
Transporte de produtos perigosos	243	138	85
Indústria/postos de combustíveis	665	450	266
<b>TOTAL</b>	<b>1412</b>	<b>781</b>	<b>476</b>

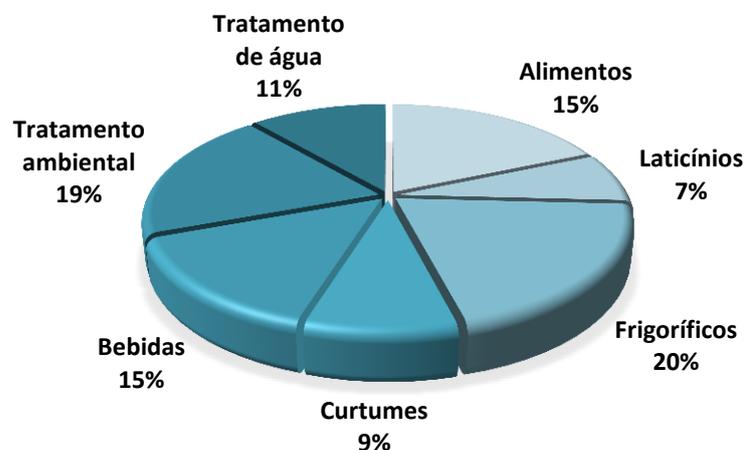
Examinando apenas as denúncias de tratamento de esgoto/efluente líquido na Tabela 10, o setor que mais recebeu denúncias de poluição e danos ao meio ambiente são as indústrias e os postos de combustíveis. Estas representam 56% das denúncias consideradas procedentes no período de estudo. Assim, o protocolo dos órgãos ambientais estaduais segue as seguintes etapas (FEPAM, 2022):

- Quando constatado pelo agente fiscal alguma infração ambiental, será lavrado um AUTO DE CONSTATAÇÃO no qual irá resultar em um AUTO DE INFRAÇÃO, contendo as sanções administrativas que incidirão sobre o infrator.
- Constatada a infração ambiental, a autoridade competente poderá, para prevenir a ocorrência de novas infrações, resguardar a recuperação ambiental e garantir a

eficácia prática do procedimento administrativo de imposição de penalidades, no uso de seu Poder de Polícia Ambiental e adotar, desde logo, medidas administrativas de caráter cautelar.

Ao analisar as características dos empreendimentos que tiveram denúncias procedentes a respeito do tratamento irregular de esgoto/efluente líquido no setor industrial do Rio Grande do Sul foi gerada a Figura 7.

Figura 7: Proporção dos setores industriais referentes aos empreendimentos que tiveram denúncias ambientais a respeito do tratamento de efluentes.



Os dados encontrados são referentes aos ramos industriais que predominam no período de estudo. Foram selecionados os empreendimentos citados nas denúncias, somando 124 indústrias. O setor frigorífico teve o maior número, representando 20% do total. Em contrapartida, a indústria de laticínios representou apenas 7%, constituindo a menor quantidade de empreendimentos citados.

#### 4.2 Classificação das indústrias frigoríficas quanto ao número de infrações

O ramo frigorífico possui um alto número de empreendimentos, representando 20% das indústrias que realizam o lançamento irregular dos efluentes no Rio Grande do Sul. De todas as indústrias avaliadas, foram selecionadas para estudo as que possuíam os seguintes requisitos:

- Estação de tratamento dos efluentes na indústria;

- Empreendimentos de médio e grande porte;
- Tipo de frigorífico, podendo ser matadouro com ou sem fabricação de embutidos;
- Conteúdo descrito nos relatórios de fiscalização, se encaixando nas categorias avaliadas.

Os empreendimentos frigoríficos analisados foram classificados em três categorias, conforme a Tabela 11. Cada categoria representa um tipo de dano ambiental referente ao lançamento irregular dos efluentes, onde a causa dos problemas foi identificada nas fiscalizações. Alguns empreendimentos tiveram mais de uma denúncia no período de estudo, estando presente em mais de uma categoria por apresentar mais de um tipo de risco ambiental. Cada empreendimento foi denominado por uma letra.

Tabela 11: Classificação dos empreendimentos de acordo com as categorias analisadas.

Categorias	Número de empreendimentos	Classificação
Efluente não tratado corretamente	11	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K
Vazamentos na ETE	5	L, M, J, N, I
Falta de manutenção na ETE/ Má conduta	5	L, M, O, P, Q

Todos os frigoríficos analisados tiveram a fiscalização entre os anos 2017 e 2021. Na maioria das vistorias foi constatado que o efluente não estava sendo tratado corretamente, sendo lançado no corpo receptor com valores acima dos padrões exigidos. No restante foram verificados vazamentos, falta de manutenção e má conduta nas estações de tratamento.

#### *4.2.1 Levantamento das irregularidades dos empreendimentos frigoríficos com relação ao efluente tratado incorretamente e lançado no corpo receptor acima dos padrões exigidos*

Na Tabela 2 presente no item 2.3 são apresentados os valores de concentração ideais para o lançamento de efluentes líquidos de fontes poluidoras estabelecidos pela CONSEMA 355/2017. Os parâmetros avaliados dependem da vazão de lançamento do efluente, sendo maior a vazão, mais restrito seus valores. Para a medição do fósforo

total e dos coliformes termotolerantes não é obrigatório seguir as concentrações listadas, uma vez que os valores podem ser atingidos de acordo com a eficiência de remoção, sendo 75% e 95% respectivamente.

As características de cada empreendimento presentes na Tabela 12 foram analisadas a partir dos relatórios de fiscalização e das licenças de operação. Nela são especificados o porte da indústria, o tipo de frigorífico, a vazão máxima gerada por dia de efluente, e o tratamento dos efluentes descritos nos relatórios. Também são apresentadas as constatações realizadas pelos analistas presentes nas vistorias, os parâmetros retirados dos dados SISAUTO de monitoramento dos efluentes brutos e tratados que se encontravam acima dos limites estabelecidos e as penalidades aplicadas. A medida dos parâmetros foi verificada nos dias e meses próximos a data das denúncias e das fiscalizações, sendo comparada com os efluentes brutos, tratados e com os valores limites estabelecidos.

Tabela 12: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.

	Porte	Tipo	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	Tratamento utilizado	Constatações	Parâmetros irregulares	Penalidades
A	Grande	Matadouro	200	Primário: caixas coletoras. Secundário: três lagoas de estabilização	O efluente lançado no corpo receptor possuía coloração vermelha e foi verificado acúmulo de gordura e espuma nas margens do recurso hídrico, além de forte odor.	- DQO - óleos e graxas	Medida Administrativa de Caráter Cautelar com penalidade de suspensão das atividades descumprindo o item da LO: lançamento de efluente sem o devido tratamento causando mudança de cor em recurso hídrico.
B	Grande	Matadouro com fabricação de embutidos	180	Primário: peneira, flotor, tanque de equalização, decantador. Secundário: lagoa aeróbica, lagoa anaeróbica, lodos ativados, decantador e calha parshall.	A empresa realiza a segregação das linhas de efluentes em verde e vermelha. Constatada a presença de uma área com inúmeros resíduos depositados sobre o solo sem a disposição adequada. Tanque da área de graxaria estava irregular.	- DBO -Coliformes Termotolerantes	Empreendedor foi oficiado a apresentar planos de melhorias nas áreas que operam irregularmente.
C	Grande	Matadouro	12.000	Primário: etapas de coagulação e floculação. Secundário: lodos ativados, decantação e centrifugação.	Presença de muita espuma no Rio Taquari (corpo receptor) e no sistema de lodos ativados.	- Fósforo total - Sólidos suspensos totais	O empreendimento foi autuado de infração por descumprimento do item da LO: lançamento de efluentes com presença de espuma.
D	Grande	Matadouro com fabricação de embutidos	850	Primário: tanque de equalização, flotação físico-química. Secundário: lodo ativado e decantadores secundários. O lodo gerado é adensado e destinado para compostagem em empresa terceirizada.	Foi constatada a presença de espumas na saída da calha Parshall e no curso hídrico, logo após o ponto de lançamento dos efluentes.	-Coliformes termotolerantes - Nitrogênio amoniacal	O empreendimento foi autuado de infração por descumprimento do item da LO: lançamento de efluentes com presença de espuma.
E	Grande	Matadouro com fabricação de embutidos	600	Primário: tanque de equalização, passando na sequência por um flotor. Secundário: conjunto de lagoas de	Foi constatado que o talude da lagoa de estabilização havia rompido. O efluente estava sendo lançado sem o devido tratamento. O efluente estava com	- Nitrogênio amoniacal	Oficiado a apresentar um projeto para readequação e otimização da estação de tratamento de efluentes industriais.

				estabilização e outro flotador.	alterações e realizada a medição in loco.		
F	Médio	Matadouro	110	Primário: caixa de gordura, esterqueira. Secundário: lagoa aeróbia, decantador secundário e filtro de areia.	Foi constatado que o açude onde era lançado o efluente estava bastante eutrofizado. O efluente estava com alterações, sendo realizada a medição in loco.	- Coliformes termotolerantes - DQO - DBO - Fósforo total - Nitrogênio amoniacal - Óleos e graxas - SST	O empreendimento foi autuado de infração pelo item da LO: não atendimento aos parâmetros estabelecidos.
G	Médio	Matadouro	150	Primário: sistema de gradeamento e peneiramento, caixas de separação de esterco e gordura. Secundário: tanque de tratamento anaeróbio e 02 lagoas facultativas.	Constatou-se que o efluente estava com alterações, sendo realizada a medição in loco.	- DQO - Fósforo total	O empreendimento foi autuado de infração pelo item da LO: não atendimento aos parâmetros estabelecidos. Foi também oficiado a realizar diversas melhorias.
H	Médio	Matadouro	160	Primário: peneira estática, tanque de equalização, flotador. Secundário: 03 lagoas de estabilização, decantador e uma última lagoa.	Estava ocorrendo lançamento de efluente tratado durante a fiscalização, sendo realizada coleta de efluente tratado no momento da vistoria.	- Fósforo total - Sólidos sedimentáveis	Autuado de infração pelos descumprimentos da LO: não atendimento aos parâmetros estabelecidos e não apresentação da “Planilha de acompanhamento dos efluentes líquidos”.
I	Médio	Matadouro e fabricação de embutidos	148	Primário: caixa de separação de sólidos. Secundário: lagoa aeróbia, lagoa de polimento.	Foi evidenciada a mortandade de peixes e a presença de odor de fezes de animais e coloração escura no efluente lançado. Foi realizada coleta de água a montante e a jusante do rio.	- Coliformes termotolerantes - DBO - DQO - Fósforo total - Óleos e graxas totais - SST - Nitrogênio amoniacal	O empreendimento foi autuado de infração pelo item da LO: não atendimento aos parâmetros estabelecidos. Foi também oficiado a realizar diversas melhorias.

J	Grande	Matadouro	980	Primário: peneiras estática e rotativa, tanque de equalização, flotador com sistema de microbolhas. Secundário: lagoa de lodo ativado, lagoa anóxica, lagoa com aeração e decantador secundário.	No momento da vistoria foram apresentados os resultados das últimas análises realizadas no efluente líquido após tratamento onde foram encontrados valores acima dos limites permitidos.	- Fósforo total - Coliformes termotolerantes	O empreendimento foi autuado de infração pelo item da LO: não atendimento aos parâmetros estabelecidos. Foi também oficiado a realizar diversas melhorias.
K	Grande	Matadouro com fabricação de embutidos	500	Primário: tanque de acúmulo, peneira, tanque de equalização, flotador.	Evidenciou-se a existência de espuma persistente no local.	- DBO - DQO	O empreendimento foi autuado de infração pelo item da LO: não atendimento aos parâmetros estabelecidos.

Em uma primeira análise podemos observar que o fósforo total, os coliformes termotolerantes e a demanda química de oxigênio são os parâmetros que mais se destacam como fora dos padrões exigidos pela legislação do efluente final das indústrias. Estes, por sua vez, podem representar, respectivamente, grandes quantidades de macronutrientes, bactérias e matéria orgânica sendo lançadas nos efluentes, causando grande impacto ambiental. O mais grave é que os cursos d'água abastecem a população ao mesmo tempo em que recebem esgotos e efluentes industriais. O excesso de fósforo e DQO conduzem processos de eutrofização das águas naturais, provocando a morte de diversas espécies animais e vegetais, tendo um altíssimo impacto para os ecossistemas aquáticos. A presença de coliformes termotolerantes por si só não implica que a qualidade da água esteja comprometida. Porém, pode indicar a presença de bactérias potencialmente patogênicas, como a *Escherichia coli* que quando ingerida pode causar fortes infecções intestinais.

Em 2006, no Rio Sinos junto à foz do Arroio Portão, ocorreu a maior mortandade de peixes da história do estado e um dos maiores desastres ambientais do país. Segundo especialistas, morreram aproximadamente 200 toneladas de peixes devido à operação irregular dos efluentes das indústrias que atuavam na região. Na época os resíduos industriais eram o problema mais evidente enfrentado da bacia hidrográfica e o Rio Sinos é, desde então, caracterizado como um dos rios mais poluídos do Brasil.

Outro ponto importante a considerar é que as indústrias F e I apresentaram muitos parâmetros com valores acima do limite, devido ao tratamento primário muito básico, como caixa gordura, esterqueira e caixa de separação de sólidos, respectivamente. Nesse contexto, podemos concluir que a simplicidade dos tratamentos que antecedem os secundários pode interferir na qualidade do efluente, visto que o tratamento é uma série de etapas consecutivas e interligadas. Ainda, para tratar o efluente corretamente pode ser adicionado um tratamento terciário, sendo retirados poluentes específicos que não foram removidos pelos processos comuns. Como se pode observar, dentre todas as empresas denunciadas, nenhuma delas realizava tratamentos terciários.

A DQO – Demanda Química de Oxigênio trata-se de uma medição valiosa para o tratamento de água e efluentes. Ela mede, indiretamente, o total de matéria orgânica existente na amostra. A DQO elevada significa que a amostra consome uma alta quantidade de oxigênio durante a degradação. Um estudo proposto por Maroneze et al. (2014) para o tratamento terciário de efluente frigorífico revelou que o processo integrado Fenton-Coagulação conduzido nas condições operacionais  $[Fe^{+2}]/[H_2O_2]$  de 0,800 e pH de coagulação 5,50 alcançou uma eficiência de remoção de DQO superior a 71%, e pode, portanto, ser usado com o objetivo de degradação de matéria orgânica recalcitrante (não biodegradável).

Apresentando baixo custo de implantação e consumo de energia, simplicidade de instalação e operação e menor uso de processos químicos intensivos, os sistemas com uso de macrófitas aquáticas são uma ótima opção de tratamento terciário de efluentes. Utilizados para redução de concentrações de poluentes inorgânicos, metais pesados, substâncias tóxicas e microrganismos patogênicos como os coliformes termotolerantes, os poluentes são removidos por meio de uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos incluindo a sedimentação, precipitação, adsorção de partículas, assimilação pelo tecido da planta e transformação bacteriana. Ainda, o excesso de biomassa vegetal produzido pode ser aproveitado na produção de papel, alimentação animal e produção de biogás (PINTO et al., 2009).

De acordo com o estudo de Ferreira & Daniel (2004) os Processos Oxidativos avançados – POA são uma alternativa promissora para o tratamento de efluentes. O princípio consiste na geração de radicais livres hidroxila ( $\cdot OH$ ), agentes altamente oxidantes, gerados em reações fotocatalisadas ou quimicamente catalisadas. A grande vantagem dos POA é que durante o tratamento os poluentes são destruídos, quando transformados em  $CO_2$  e água, e não apenas transferidos de uma fase para outra como ocorre em alguns tratamentos convencionais. Nesse sentido, como opção de tratamento destaca-se a fotocatalise heterogênea, processo que envolve reações redox induzidas pela radiação na superfície de semicondutores minerais (catalisadores) como, por exemplo,  $TiO_2$ ,  $CdS$ ,  $ZnO$ ,  $WO_3$ ,  $ZnS$ ,  $BiO_3$  e  $Fe_2O_3$ . Conforme o trabalho de Pascoal et al., (2007) realizado com  $TiO_2$  no tratamento de efluentes de curtume, o experimento obteve uma redução de 88% de DQO utilizando radiação UV-solar e 59%

UV-artificial. Assim, podemos concluir que a fotocatalise heterogênea pode ser aplicada no polimento final de efluentes industriais com significativas concentrações de material orgânico.

Ressalta-se que em 33% das fiscalizações foram identificadas formação de espuma, sendo proveniente principalmente dos lodos ativados. Para reduzir este problema podem ser realizadas algumas medidas corretivas, como aumento do antiespumantes na saída do flotador, checagem da taxa de retorno de lodo, manutenção da manta de lodo no decantador secundário de 0,3 a 1,0 metros ou aumentar a vazão de reciclo para o tanque de aeração a fim de minimizar a perda de sólidos no decantador secundário (ACEMAX, 2017).

#### *4.2.2 Levantamento das fiscalizações dos empreendimentos frigoríficos em relação a vazamentos nas Estações de tratamento*

As características de cada empreendimento presentes na Tabela 13 foram analisadas a partir dos relatórios de fiscalização e das licenças de operação. Nela é especificado o porte da indústria, o tipo de frigorífico, a vazão máxima gerada por dia de efluente, o tratamento dos efluentes descritos, as constatações realizadas pelos analistas presentes nas vistorias e as penalidades aplicadas nos empreendimentos.

Tabela 13: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.

Indústria	Porte	Tipo	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	Tratamento utilizado	Constatações	Penalidades
L	Médio	Matadouro	146	Primário: Esterqueira. Secundário: lagoas anaeróbias.	Ocorreu um rompimento no cano da linha vermelha de efluentes líquidos com sangue diluído em água, o mesmo escoou para rede de captação de águas pluviais o qual direciona o líquido para o arroio.	O empreendimento foi autuado de infração pelo item da LO: lançamento de efluente não tratado no curso hídrico.
M	Grande	Matadouro	4.000	Tratamento secundário: lodos ativados, reator anóxico, reator aerado, decantadores secundários, sistema de ar difuso, misturadores superficiais, sopradores de ar, bombas de recirculação, centrífuga e pontes raspadoras. Possui cinco lagoas de estabilização.	Das 05 lagoas fiscalizadas, apenas 01 possui impermeabilização. Foi observado que havia vazamento na primeira lagoa, com forte odor, indicando a presença de maior carga orgânica. Foi constatado também vazamento proveniente do lodo expedido por caminhões.	Oficiado a apresentar um projeto para readequação e otimização da estação de tratamento de efluentes industriais.
J	Grande	Matadouro	980	Primário: peneiras estática e rotativa, tanque de equalização, flotor com sistema de microbolhas. Secundário: lagoa de lodo ativado, lagoa anóxica, lagoa com aeração e decantador secundário.	Ocorreu um rompimento num ponto base do talude da antiga lagoa de tratamento de efluentes, ocasionando vazamento do lodo, sendo que parte do vazamento alcançou o Arroio próximo.	O empreendimento foi autuado de infração pelo item da LO: disposição do lodo da ETE diretamente no solo e em recurso hídrico.
N	Grande	Matadouro	340	Primário: peneira hidrodinâmica, flotor. Secundário: lagoa anaeróbia, lagoa anóxica, lagoas de infiltração e calha Parshall. Decantador e ETA - Estação de tratamento de água para reuso.	Junto ao flotor verificou-se que ocorreu derramamento do lodo proveniente da flotação (gordura) no solo, sendo que junto ao local se percebia odor. Contêineres contendo poli cloreto de alumínio estavam dispostos	Oficiado a apresentar um projeto para readequação e otimização da estação de tratamento de efluentes industriais.

Tabela 13: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.

Indústria	Porte	Tipo	Vazão (m3/dia)	Tratamento utilizado	Constatações	Penalidades
					diretamente sob o solo, em local coberto.	
I	Médio	Matadouro e fabricação de embutidos	148	Primário: caixa de separação de sólidos. Secundário: lagoa aeróbia, lagoa de polimento.	Constatou-se o transbordamento dos efluentes na calha Parshall e o lançamento dos mesmos no solo.	Oficiado a apresentar um projeto para readequação e otimização da estação de tratamento de efluentes industriais.

Ao analisar os dados apresentados na Tabela 13, podemos observar que os vazamentos são provenientes de algum incidente ocorrido na estação ou do transbordamento de efluente. Por sua vez, o principal impacto ambiental gerado a partir desses vazamentos é a contaminação do solo e dos recursos hídricos, podendo alterar as propriedades naturais do corpo d'água, provocando assim a contaminação por organismos patogênicos e a eutrofização deste meio. Um dos principais cuidados para evitar esse problema é a manutenção preventiva: um método que permite analisar inicialmente os riscos de todas as instalações e ajudar a detectar pequenos vazamentos. Nesse contexto, embora seja exigido nas Licenças de Operação que as indústrias tenham suas estações seguindo normas de prevenção a vazamentos, grande parte dos empreendimentos desconsidera sua importância, negligenciando a preservação do meio ambiente.

Outro ponto importante a observar é que parte dos problemas evidenciados nas lagoas de estabilização é referente à sua incorreta instalação e manutenção. Embora as lagoas possuam uma relativa simplicidade e baixos custos operacionais elas devem ser dimensionadas e instaladas de acordo com as condições de operação utilizadas, sendo devidamente revestidas e monitoradas. O uso inadequado de uma lagoa pode prejudicar a eficiência do tratamento e ainda contaminar as águas subterrâneas.

Analisando o empreendimento I, que também teve procedência na denúncia de efluentes com parâmetros acima dos limites, verificou-se que este possuía um sistema de tratamentos simplificado, com poucas etapas e equipamentos. Nesse sentido, após ser oficiado a realizar melhorias na estação, apresentou um plano de ampliação na ETE com a adição de alguns processos e equipamentos com o objetivo de melhorar tanto a qualidade do efluente tratado como a prevenção de vazamentos. A Figura 8 apresenta o fluxograma da Estação de tratamento dos efluentes antiga e a Figura 9 o fluxograma da estação com as modificações.

Figura 8: Fluxograma da estação de tratamento da Indústria I.

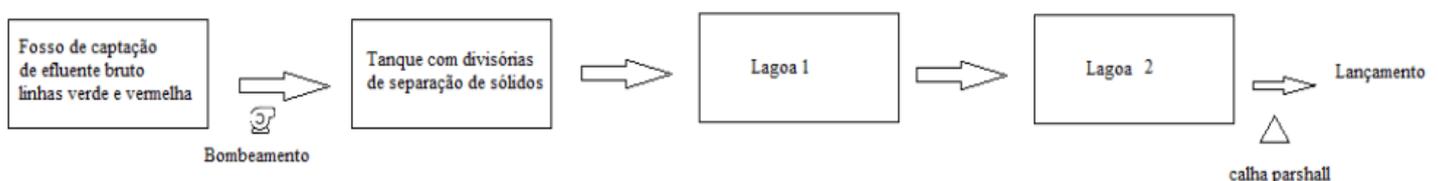
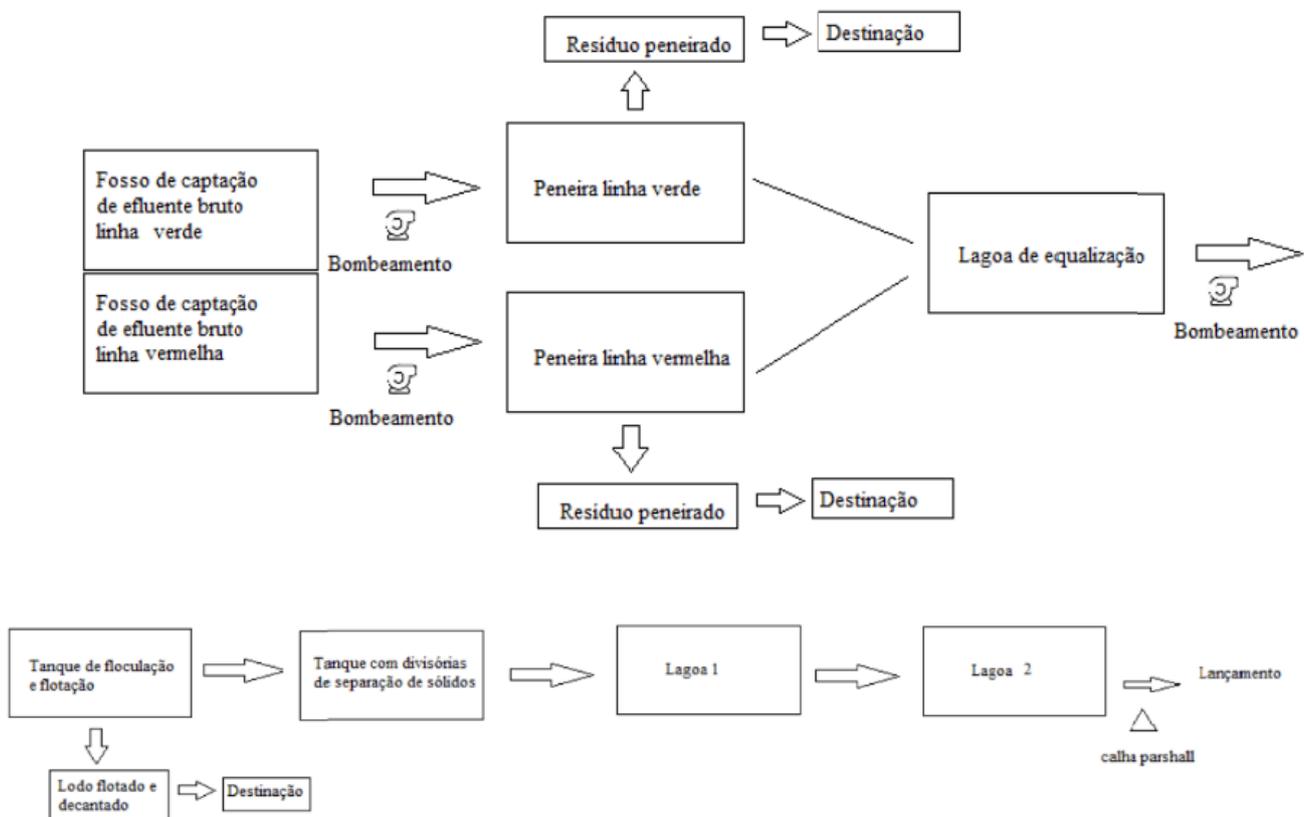


Figura 9: Fluxograma do plano de ampliação estação de tratamento da Indústria I.



O projeto da nova estação de tratamento baseou-se na modificação de algumas etapas dos tratamentos primários, sendo elas:

- Peneiramento: remoção dos sólidos mais grosseiros, a carga de matéria orgânica diminui consideravelmente, o que proporciona uma facilidade maior nas próximas etapas do tratamento, com influência para o não entupimento de bombas, rotores e tubulações e principalmente, menor consumo de produtos utilizados posteriormente na separação dos sólidos e outras partículas;
- Instalação de duas peneiras, uma para a linha verde e outra para a linha vermelha;
- Lagoa de equalização: o efluente que sair das etapas de peneiramento será acumulado em uma lagoa que servirá como pulmão ou de equalização. Sua função principal é a de homogeneizar o efluente bruto que poderá ter oscilações tanto de pH ou na quantidade de sólidos durante a produção diária. Sendo assim, faz-se necessário

haver um determinado tempo de retenção do efluente bruto para melhor homogeneização, para que após possa ser bombeado para a etapa seguinte.

- Homogeneização: Antes da entrada no flotador o efluente passará uma etapa de mistura dentro de um misturador estático o qual consiste em conjunto de canos colocados paralelamente com objetivo de promover o turbilhonamento entre o efluente e os produtos. Nesta etapa iniciará o processo de formação de flocos que são coloides gerados pela atração das cargas elétricas entre o sólido e os produtos adicionados.

- Floculação e flotação: esta estrutura ficará instalada em local com piso impermeável e contenção nas laterais a fim de evitar derramamentos no solo.

- Tanque em alvenaria: este tanque será utilizado para a sedimentação de algum floco que ainda poderia estar presente no efluente, evitando que este floco siga para as lagoas, causando acúmulo de lodo de fundo. Na continuidade do tratamento, o efluente segue para mais duas lagoas até ocorrer o lançamento.

#### *4.2.3 Levantamento das fiscalizações dos empreendimentos frigoríficos com relação à falta de manutenção ou má conduta nos processos da Estação de Tratamento*

A partir dos relatórios de fiscalização e das licenças de operação a Tabela 14 apresenta as informações referentes à categoria de falta de manutenção ou má conduta nos processos da Estação de tratamento de cada empreendimento estudado. Nela contém o porte da indústria, o tipo de frigorífico, a vazão máxima gerada por dia de efluente, o tratamento dos efluentes descritos, as constatações realizadas pelos analistas presentes nas vistorias e as penalidades aplicadas nos empreendimentos.

Tabela 14: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.

Indústria	Porte	Tipo	Vazão (m3/dia)	Tratamento	Constatações	Penalidades
O	Grande	Matadouro	350,00	Primário: caixa de gordura, esterqueiras e tanques para separação de sólidos suspensos. Secundário: 03 lagoas de estabilização em série.	Na entrada da primeira Lagoa de tratamento foi identificado que há uma fuga do efluente para uma sanga lateral, que ocorre quando há um volume excessivo de água da chuva, somado ao efluente da operação com isso transborda e vai direto para o curso hídrico sem qualquer tratamento. As Lagoas não contam com a impermeabilização do solo e nem qualquer outro sistema que auxilia no tratamento dos efluentes do frigorífico. Havia muito resíduos estocados ao ar livre, com muita proliferação de vetores.	O empreendimento foi autuado de infração por descumprimento de diversos itens da LO e oficiado a realizar diversas melhorias na Estação de tratamento dos efluentes.
P	Médio	Matadouro	20,75	Os efluentes tratados são despejados no solo (corpo receptor) Primário: esterqueira, caixa elevatória. Secundário: 02 lagoas anaeróbicas.	O empreendimento realizava a aplicação do esterco da esterqueira diretamente no solo próximo a primeira lagoa de estabilização. Em um terreno a aproximadamente 06 Km da empresa. Constatou-se que os resíduos gerados no processo estavam sendo enterrados, visto que foram encontradas ossadas e terra mexida por maquinário.	O empreendimento foi autuado de infração por descumprimento dos itens da LO: disposição irregular de resíduos e extravasamento da esterqueira diretamente no solo.
Q	Grande	Matadouro com fabricação de embutidos	1.300 (reciclo total)	Primário: peneiras rotativas, flotadores e biodigestores. Secundário: cinco lagoas aeradas e, após, encaminhado a ETA. 100% do efluente é reutilizado, não havendo descarte.	As 03 primeiras lagoas não são impermeabilizadas. Os resíduos provenientes da estação estavam dispostos irregularmente a céu aberto.	O empreendimento foi autuado de infração por descumprimento do item da LO: disposição irregular de resíduo industrial. Foi também oficiado a regularizar as lagoas de estabilização.
L	Médio	Matadouro	146,00	Primário: Esterqueira. Secundário: lagoas anaeróbicas.	Durante a vistoria observou-se a necessidade de realizar a limpeza em canalizações entre as lagoas de tratamento e na saída última lagoa. Observaram-se também as más condições da geomembrana da segunda lagoa de tratamento, evidenciando a falta de manutenção.	O empreendimento foi oficiado a realizar diversas melhorias na estação.

Tabela 14: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.

Indústria	Porte	Tipo	Vazão (m3/dia)	Tratamento	Constatações	Penalidades
M	Grande	Matadouro	4.000,00	Tratamento secundário: lodos ativados, reator anóxico, reator aerado, decantadores secundários, sistema de ar difuso, misturadores superficiais, sopradores de ar, bombas de recirculação, centrífuga e pontes raspadoras. Possui cinco lagoas de estabilização.	No momento da fiscalização a estação de tratamentos estava com alguns processos em manutenção, sendo percebidos fortes odores nas lagoas de estabilização. Estas não apresentavam impermeabilização.	Oficiado a apresentar um projeto para readequação e otimização da estação de tratamento de efluentes industriais.

Ao analisar os dados da Tabela 14 observou-se que em todas as fiscalizações estudadas, as infrações foram cometidas deliberadamente pelos empreendedores. As más condutas realizadas, como disposição irregular dos resíduos a céu aberto, aplicação de resíduos em terrenos, falta de impermeabilização das lagoas e o desvio irregular do efluente não tratado são decisões tomadas pelos funcionários das indústrias, estando eles cientes dos danos ambientais causados. No momento em que o empreendimento é notificado da falta de manutenção dos processos, ele tem conhecimento que o efluente não está sendo tratado da forma correta, causando também impacto no meio ambiente.

Chama-se atenção que o empreendimento O, de grande porte, possui três fiscalizações realizadas em menos de dois anos no período estudado referente ao mesmo problema descrito. Após a última fiscalização em 2019, somente em 2021 a indústria apresentou um relatório fotográfico e descritivo de adequações do sistema de gestão ambiental, operando por quase quatro anos em condições irregulares. Dessa forma, é preocupante a conduta dos frigoríficos em relação à negligência dos danos causados no meio ambiente. Embora as fiscalizações sejam eficientes, o julgamento das infrações deve ser mais severo e com mais rapidez, onde a punição seja uma consequência da gravidade dos problemas encontrados.

Um exemplo de má conduta é o caso de um frigorífico em Passo do Sobrado/RS que em 2019 foi interditado pela SIT – Subsecretaria de Inspeção do Trabalho devido à condição de grave e iminente risco à saúde e integridade física dos seus empregados, sendo identificados 57 acidentes e adoecimentos de trabalho sem emissão de Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT). Portanto, foram interditados tanto equipamentos do processo produtivo quanto da Estação de tratamento de efluentes. Esta operação, de número 54, fez parte da Força tarefa dos frigoríficos gaúchos, com início em 2014. Interdições de máquinas e atividades paralisaram 19 plantas (sendo uma delas interditada por duas vezes) em vistorias com participação de auditores-fiscais. A ação integra o Programa do Ministério Público do Trabalho de Adequação das Condições de Trabalho nos Frigoríficos. O projeto visa à redução das doenças profissionais e de acidentes do trabalho, identificando os problemas e adotando medidas extrajudiciais e judiciais.

### 4.3 Levantamento das fiscalizações em indústrias de laticínios

Embora o ramo de laticínios represente apenas 7% das indústrias com denúncias procedentes no lançamento de efluentes, elas apresentam um alto potencial poluidor no meio ambiente. Os empreendimentos selecionados neste estudo possuem os mesmos requisitos das indústrias frigoríficas. Para avaliar as infrações cometidas, os empreendimentos foram classificados em duas categorias. Cada categoria representa um tipo de dano ambiental referente ao lançamento irregular de efluentes das indústrias. A Tabela 15 apresenta as categorias analisadas, o número de empreendimentos e a letra que representa cada um.

Tabela 15: Classificação dos empreendimentos de acordo com as categorias selecionadas.

Categoria	Nº de empreendimentos	Classificação
Efluente não tratado corretamente	3	R, S, T
Vazamentos na ETE/forte odor	3	U, V, T

Nesse sentido, dentro das fiscalizações estudadas nos anos de 2017 a 2021 e que se encaixam nos requisitos determinados, 50% das infrações são a respeito de efluentes não tratados corretamente com valores acima dos limites estipulados e os outros 50 % são a respeito de vazamentos na estação de tratamentos e forte odor. No total foram estudados 05 empreendimentos, sendo que o empreendimento T possuía os dois tipos de infração.

#### 4.3.1 *Levantamento das fiscalizações dos empreendimentos de laticínios com o efluente tratado incorretamente e lançado no corpo receptor acima dos padrões exigidos*

Da mesma forma como das indústrias frigoríficas, os parâmetros dos efluentes das indústrias de laticínios foram analisados de acordo com os limites estabelecidos pela CONSEMA 355/2017. Na Tabela 16 são apresentadas as características de cada empreendimento de acordo com os relatórios de fiscalização e das licenças de operação, sendo elas: porte da indústria, vazão máxima de efluente lançado por dia, o tipo de corpo receptor do efluente, o tratamento utilizado na indústria, as

constatações feitas pelos analistas da FEPAM nas vistorias, os parâmetros analisados acima dos valores limites e as penalidades atribuídas.

Tabela 16: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.

Indústria	Porte	Vazão máxima (m3/dia)	Corpo receptor	Tratamento	Constatações	Parâmetros acima dos limites	Penalidades
R	Médio	20,00	Solo agrícola	Secundário: 07 lagoas de estabilização.	Uma das lagoas utilizadas estava em desuso. O aspecto do efluente das lagoas estava bem escuro e com odor característico indicando ineficiência.	- DBO - Fósforo total - Nitrogênio amoniacal - Óleos e graxas totais - Sólidos sedimentáveis	O empreendimento foi autuado de infração pelo item da LO: não atendimento aos parâmetros estabelecidos. Oficiado a realizar algumas adequações na estação de tratamento de efluentes industriais.
S	Grande	3.155,00	Curso hídrico	Primário: calha Parshall, tanque de recebimento (pulmão), tanque de equalização, flotor. Secundário: 02 tanques de aeração contínua, 02 decantadores secundários.	O efluente apresentava coloração branca intensa, espuma moderada, presença de gordura sobrenadante e odor característico de leite. o efluente estava sendo lançado no curso hídrico, causando o branqueamento da água do curso hídrico era similar ao que estava armazenado em um tanque pulmão da ETE.	- DBO - DQO - Fósforo total - Óleos e graxas totais - Nitrogênio amoniacal	O empreendimento foi autuado de infração pelo item da LO: não atendimento aos parâmetros estabelecidos. Foi também oficiado a realizar algumas adequações na estação de tratamento de efluentes industriais.
T	Médio	20,00	Curso hídrico	Primário: 03 tanques de homogeneização, 02 tanques de controle de pH e um flotor. Secundário: 03 lagoas, sendo a primeira aerada e as outras	Pela coloração do lodo presente nas lagoas (coloração negra) é possível perceber um mau funcionamento do sistema de lodo ativado, cuja coloração deve ser marrom vivo. Devido a um erro de procedimento operacional, onde foram dosados produtos em excesso,	- DBO - Coliformes termotolerantes	O empreendimento foi autuado de infração pelo item da LO: não atendimento aos parâmetros estabelecidos. Foi também oficiado a

Tabela 16: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.

<b>Indústria</b>	<b>Porte</b>	<b>Vazão máxima (m3/dia)</b>	<b>Corpo receptor</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Constatações</b>	<b>Parâmetros acima dos limites</b>	<b>Penalidades</b>
				facultativas, decantador.	favorecendo a mortandade das bactérias. O efluente oriundo do empreendimento não está atingindo os padrões de lançamento dispostos na licença ambiental.		realizar algumas adequações na estação de tratamento de efluentes industriais.

Analisando os dados apresentados na Tabela 16, pode-se observar que o parâmetro fora dos padrões em comum dos três empreendimentos estudados é a DBO. Tal fato ocorre visto que o leite é composto por 90% de soro, substância que possui alta carga de matéria orgânica. Dessa maneira, quando o efluente de laticínio não é tratado ele possui alta quantidade soro, sendo um grande poluente no recurso hídrico principalmente com o aumento de sua DBO. As opções para melhorar o tratamento desses efluentes são o reaproveitamento do soro do leite na produção de outros produtos e a utilização dos tratamentos terciários.

No tratamento terciário de efluentes, quando existente, são utilizados processos como, por exemplo, flotação, precipitação e oxidação química, porém o processo de adsorção recebe destaque por sua simplicidade de operação e por possibilitar a remoção de mais de um contaminante simultaneamente. Uma opção de tratamento para remoção de contaminantes de efluentes industriais são as zeólitas. Utilizadas como peneiras moleculares, trocadoras iônicas e catalisadores, são sólidos capazes de reter em sua superfície determinados componentes de uma fase fluida, podendo ser naturais ou sintéticas. Netto (2011) avaliou a capacidade e eficiência de adsorção das zeólitas frente aos íons amônio presentes nos efluentes de indústrias de vários setores, principalmente a de alimentos envolvida no processamento de leite. O método de adsorção das zeólitas chegou a reduzir o nível destes íons em até 61% do valor inicial nos efluentes. Ainda, estudos recentes mostram que o tratamento biológico realizado simultaneamente com o processo de adsorção utilizando zeólitas como adsorvente é capaz de remover até 77% da DBO e algumas espécies de zeólitas são capazes de reduzir a concentração de amônia em até 39% (RENOU et al., 2008, MOUSSAVI et al., 2011).

Um ponto importante a observar é que a indústria S, considerada de grande porte e com uma geração alta de efluente por dia, é responsável pelo lançamento do efluente bruto no corpo receptor, sem nenhum tratamento. Nesse sentido, embora atualmente as normas que exigem a conservação do meio ambiente sejam aplicadas e fiscalizadas, a desconsideração e o descaso por elas ainda são significativos.

De acordo com a Tabela 16 a indústria R foi oficiada a realizar algumas adequações na estação de tratamento de efluentes industriais após as constatações

encontradas na fiscalização. Dessa maneira, foi realizada a execução dos seguintes serviços:

- Limpeza da lagoa de sacrifício da ETE, contemplando a remoção, transporte e destinação final do efluente presente na lagoa;
- Avaliação das condições da geomembrana existente, verificando possíveis pontos de infiltração;
- Execução de reparos na geomembrana.

Os serviços realizados foram efetivos e não tiveram valores financeiros significativos. Nesse sentido, foi possível concluir que em determinados casos o efluente que é tratado incorretamente pode ser corrigido com pequenas mudanças. Com o objetivo de diminuir a poluição ambiental, tem-se a necessidade de uma análise periódica de cada processo da estação de tratamento para que possam ser encontradas as fontes dos problemas, minimizando o impacto causado e a complexidade dos tratamentos.

#### *4.3.2 Levantamento das fiscalizações dos empreendimentos de laticínios que apresentavam vazamentos nas Estações de tratamento ou forte odor*

A partir das fiscalizações realizadas e das licenças de operação foram geradas as Tabelas 17. Nela são descritas as informações de cada indústria e das fiscalizações realizadas no período de estudo. As infrações descritas são referentes a vazamentos na estação de tratamento ou percepção de forte odor. São especificados o porte, vazão máxima de efluente lançado por dia, tipo de corpo receptor, tratamento utilizado, as constatações da vistoria e as penalidades aplicadas.

Tabela 17: Características avaliadas de cada empreendimento fiscalizado.

Indústria	Porte	Vazão máxima (m3/dia)	Corpo receptor	Tratamento	Constatações	Penalidades
U	Grande	110,00	Solo agrícola	Primário: peneira, tanque de equalização, flotador. Secundário: 03 lagoas de estabilização.	Presença de sólidos grosseiros na lagoa de polimento. O volume de efluentes expressivo, com lagoas no limite da capacidade volumétrica. Odor acentuado no entorno da ETE. A área do flotador e da prensa desaguadora é contornada por uma canaleta que conduz os efluentes de limpeza ou de possíveis vazamentos até um tanque enterrado. Observado o transbordamento deste tanque. No momento da vistoria chovia intensamente causa de transbordamento. Presença de borra oleosa no solo, indicando a baixa eficiência no tratamento dos efluentes.	O empreendimento foi autuado de infração por descumprimento do item da LO: lançamento de efluente não tratado no corpo receptor. Foi também oficiado a apresentar um projeto para readequação e otimização da estação de tratamento de efluentes industriais.
V	Grande	960,00	Curso hídrico	Primário: tanque de equalização com agitação mecânica, flotador. Secundário: dois reatores aeróbios, dois decantadores, 02 lagoas de estabilização, calha Parshall.	Presença de um by-pass, a partir da última lagoa, desconsiderando parte do efluente na determinação de vazão pela calha Parshall. O acúmulo de lodo ocorrido em virtude das fortes chuvas não pode ser destinado para disposição em solo agrícola. Assim, passou por um processo de degradação anaeróbia, gerando fortes odores, estes provavelmente detectados pela vizinhança.	O empreendimento foi oficiado a realizar diversas melhorias na estação de tratamento.
T	Médio	20,00	Curso hídrico	Primário: 03 tanques de homogeneização, 02 tanques de controle de pH e um flotador. Secundário: 03 lagoas, sendo a primeira aerada e as outras facultativas, decantador.	Foi verificado que a bacia de contenção dos tanques de homogeneização possuía abertura sem válvula em sua base, permitindo o lançamento para o solo em caso de vazamento ou transbordamento dos reservatórios. Em geral a ETE apresenta deficiências nos sistemas de contenção que, além de subdimensionados (possuem pouca capacidade de contenção) estão em péssimo estado. Ocorreu vazamento dos tanques de lodo e ele escorreu para as lagoas.	O empreendimento foi autuado de infração por descumprimento do item da LO: lançamento de efluente não tratado no corpo receptor. Foi também oficiado a apresentar um projeto para readequação e otimização da estação de tratamento de efluentes industriais.

Verificou-se que para estes empreendimentos todas as constatações decorreram de erros provenientes do volume descontrolado de efluentes e da falta de manutenção dos tratamentos. Na indústria U o excesso de volume ocasionou o transbordamento do tanque que abastece os efluentes de limpeza, provocando a contaminação do solo próximo a ele. Na indústria V a falta de manutenção dos equipamentos provocou o acúmulo de lodo que somado a deficiências nos sistemas de contenção impossibilitou seu despejo. Na indústria I o vazamento dos tanques de lodo decorreu também da falta de manutenção e deficiência nos sistemas de contenção, provocando o transbordamento do lodo para as lagoas que conseqüentemente não tiveram a eficiência necessária no tratamento.

O que chama a atenção são os fortes odores provenientes dos lodos descritos nas fiscalizações. Para minimizar este problema são necessários o controle e a eficiência dos tratamentos primários, para que os tratamentos secundários consigam realizar toda remoção dos poluentes sem um odor acima dos limites estabelecidos. Outro fato a observar é a presença de sólidos grosseiros na lagoa de polimento do empreendimento U, evidenciando a ineficácia dos tratamentos primários.

## 5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Após realizar o levantamento das denúncias ambientais atendidas pelo órgão estadual do Rio Grande do Sul – FEPAM nos anos de 2017 a 2021, concluiu-se que dentre todas as 4.029 denúncias atendidas, 50% foram consideradas procedentes. Dessas, 20% são referentes ao tratamento irregular de efluentes, num total de 476 denúncias. Ao avaliar as denúncias consideradas procedentes a respeito do tratamento irregular de efluentes, constatou-se que 56% representam as indústrias e os postos de combustíveis. Os frigoríficos e as indústrias de laticínios equivalem a 20 e 7%, respectivamente, dos setores industriais que tratavam os efluentes irregularmente.

A análise dos empreendimentos frigoríficos mostrou que 65% das indústrias selecionadas lançam os efluentes nos corpos receptores com os parâmetros acima dos limites estabelecidos. Dentre todos os parâmetros, a Demanda Química de Oxigênio, o fósforo total e os coliformes termotolerantes são os que mais se destacam como poluentes no efluente final. Concluiu-se que na maioria dos empreendimentos estudados, o tratamento primário carece de etapas significativas, tratando o efluente incorretamente e influenciando na eficiência do tratamento secundário. Foi constatada também a inexistência de tratamentos terciários em todas as indústrias presentes no estudo.

O levantamento das fiscalizações em indústrias frigoríficas que constataram vazamentos nas estações de tratamento de efluentes mostrou que estes são provenientes de incidentes pontuais e do transbordamento dos efluentes. Ambas as causas poderiam ser evitadas com a manutenção preventiva nas indústrias, seguindo as normas de prevenção dispostas nas Licenças de operação. Conclui-se também que um fator em comum nas estações é a instalação incorreta das lagoas de estabilização que, como consequência, prejudica a eficiência do tratamento secundário dos efluentes e aumenta a contaminação do solo e das águas.

Os dados avaliados referentes à falta de manutenção e forte odor das estações de tratamento dos frigoríficos permitiram concluir que as más condutas realizadas são cometidas com total negligência, uma vez que os empreendimentos possuem conhecimento dos impactos ambientais que podem ser causados. Ademais, embora as fiscalizações sejam eficientes, as indústrias não dão a devida importância para as infrações, muitas vezes ignorando os problemas e demorando a solucioná-los.

A análise das indústrias de laticínios mostrou que 50% dos empreendimentos estudados lançam seus efluentes com os parâmetros acima dos limites estabelecidos. O parâmetro em comum a todos foi a Demanda Bioquímica de Oxigênio, que pode ser explicada pelo fato de o leite ser composto por 90% de soro, substância que possui alta carga de matéria orgânica. Ainda, a avaliação do levantamento de dados aponta que pequenos reparos na estação de tratamento a partir de análises periódicas dos processos podem minimizar o impacto causado por essas irregularidades.

O levantamento das fiscalizações nas indústrias de laticínios que constataram vazamentos ou fortes odores nas estações de tratamento mostrou que tais irregularidades decorreram de erros provenientes do volume descontrolado de efluentes e da falta de manutenção dos equipamentos. Ao analisar os tratamentos e equipamentos utilizados concluiu-se que a maioria dos empreendimentos possuía deficiência nos sistemas de contenção, provocando alta contaminação no solo. Também, a carência nos tratamentos primários resulta na ineficiência dos tratamentos secundários, gerando forte odor nos tratamentos biológicos.

Para trabalhos futuros existe a possibilidade de se realizar uma análise da viabilidade técnica e econômica da implantação de tratamentos terciários e da aprimoração dos tratamentos primários e secundários nas indústrias estudadas. Os resultados desse trabalho podem contribuir na diminuição dos impactos ambientais causados pelas indústrias, uma vez que podem ser compreendidas onde estão as principais falhas nas estações de tratamento de efluentes.

## REFERÊNCIAS

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em <http://conama.mma.gov.br> Acesso em 29 de julho, 2022.

CONSEMA, CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em <https://sema.rs.gov.br/resolucoes> Acesso em 29 de julho, 2022.

FEPAM, FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LUIS HENRIQUE ROESSLER. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/> Acesso em 29 de julho, 2022.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html?=&t=destaques/> Acesso em 30 de julho, 2022.

CNI, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Disponível em <https://www.portaldaindustria.com.br/cni/> Acesso em 05 de agosto, 2022.

SABOIA, J. (2001). Descentralização Industrial No Brasil Na Década De Noventa: Processo Dinâmico. Nova Economia, 11(Xxx), 85–122. <http://www.face.ufmg.br/novaeconomia/sumarios/v11n2/SABOIA.pdf>.

SPERLING, M. Von. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais.

AMBIENTAL, T. (2013). Conheça os danos causados pelos efluentes não tratados. Disponível em <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/350779/conheca-os-danos-causados-pelos-efluentes-nao-tratados> Acesso em 05 de agosto, 2022.

M<sup>a</sup> ISABEL PARIENTE [Grupo de Ingeniería Química y Ambiental (GIQA) Universidad Rey Juan Carlos], Weblog *El Agua de Madrid*, adaptado por Portal Tratamento de Água.

Disponível em <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/problemas-efluentes-industria-alimenticia/> Acesso em 08 de agosto, 2022.

ABIEC, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. Disponível em <https://www.abiec.com.br/> Acesso em 08 de agosto, 2022.

FAO, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Disponível em <https://www.fao.org/brasil/fao-no-brasil/pt/> Acesso em 08 de agosto, 2022.

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

RABELO, Mariane Helena Sances; SILVA, Eric Keven and PERES, Alexandre de Paula. Análise de Modos e Efeitos de Falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal. Eng. Sanit. Ambient. [online]. 2014, vol.19, n.1, pp. 79-86. ISSN 1413-4152. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522014000100009>. Acesso em: 08 de agosto, 2022.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. Ciência, higiene e tecnologia da carne. Goiânia, ed: 2 UFG; v.1 p. 624, 2006.

*Tratamento de efluentes para frigoríficos e abatedouros - Multiágua.* (n.d.). Disponível em <https://multiagua.com.br/solucoes-industriais/tratamento-de-efluentes/tratamento-de-efluentes-para-frigorificos-e-abatedouros/> Acesso em 8 de agosto, 2022.

VON SPERLING, M. Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte, ed: 3, p. 452, UFMG, 2005.

CECHETTI, MATHEUS PINTO (2012). Análise técnica da estação de tratamento de efluentes de uma indústria de laticínios Matheus Pinto Cechetti Análise técnica da estação de tratamento de efluentes de uma indústria de laticínios.

TEIXEIRA, R.M., PEREIRA, E.B., PERERA, F.F., SOARES, H.M., REGINATTO, V., FURIGO JR., A. Remoção de Nitrogênio de Efluente Industrial Utilizando Biorreatores. IN: XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Anais Natal, RN ABEQ. 2002.

USEPA. Process Design Manual for Nitrogen Control. Technology Transfer, Washington, 1975.D.C. Pacheco, J. W. (2006). Guia Técnico Ambiental de Frigoríficos - Industrialização de Carnes (Bovina e Suína) - Série P + L. *Cetesb*, 85. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>.

KUREK, A. P. (2019). Avaliação Da Potencialidade Energética De Lodos Gerados No Tratamento De Efluentes De Abatedouro E Frigorífico De Aves. *Aesabesp*, 1, 1–17.

EMBRAPA. (2021). Anuário do leite 2021: saúde única e total. Embrapa Gado de Leite, 102. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/224371/1/Anuario-Leite-2021.pdf> Acesso em 10 de agosto, 2022.

TREVISAN, ANA PAULA. Influência de diferentes concentrações de enzimas lactase e temperaturas sobre a hidrólise da lactose em leite pasteurizado. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 2008.

BALBINOTI, A. (2019). Levantamento das adequações necessárias para o registro de leite pasteurizado integral em um laticínio do extremo oeste catarinense – Instituto federal de Santa Catarina.

MUNAVALLI, G. R., & SALER, P.S. (2009). Treatment of dairy wastewater by water hyacinth. *Water Sci Technol* 59:713–722.

VOURCH, M. et al. Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. *Desalination*, France: Elsevier Science, 2007.

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

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

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.

BRITZ, T. J.; VAN SCHALKWYK, C.; HUNG, Y.T. Treatment of dairy Processing Wastewater. 2006.

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.

ACEMAX (2017). Problemas com espuma na ETE? Conheça as causas e medidas corretivas. Disponível em Acesso em 25 de agosto, 2022.

MARONEZE, M. M., ZEPKA, L. Q., VIEIRA, J. G., QUEIROZ, M. I., & JACOB-LOPES, E. (2014). A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Revista Ambiente e Água*, 9(3), 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.

PINTO, F., HENARES, M., CRUZ, C., & AMARAL, L. (2009). Remoção de *Escherichia coli* de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. *ARS Veterinaria*, 16, 147–150.

VASCONCELOS LOPES FERREIRA, I., & ANTONIO DANIEL, L. (2004). Fotocatálise heterogênea com TiO<sub>2</sub> aplicada ao tratamento de esgoto secundário. Acesso em 12 de setembro, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522004000400011>.

PASCOAL, S. de A., LIMA, C. A. P. de, SOUSA, J. T. de, LIMA, G. G. C. de, & VIEIRA, F. F. (2007). Aplicação de radiação UV artificial e solar no tratamento fotocatalítico de efluentes de curtume. *Química Nova*, 30(5), 1082–1087. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422007000500006>.

NETTO, D. (2011). Utilização de zeolitas como adsorvente no tratamento terciário de efluentes líquidos provenientes de indústrias de processamento de leite. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/37336> Acesso 12 de setembro, 2022.

RENOU, S.; GIVAUDAN, G. J.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MOULLIN, P. *Journal of Hazardous Materials* 150 (2008) 468-493.

MOUSSAVI, G.; TALEBI, S.; FARROKHI, M.; SABOUTI, R. M. *Chemical Engineering Journal*, 171 (2011), 1159-1169. [5]