

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

RAFAEL GLÊNIO DOS SANTOS PEREIRA

Uma visão do tratamento de efluentes de uma indústria frigorífica

UBERLÂNDIA
2023
RAFAEL GLÊNIO DOS SANTOS PEREIRA

Uma visão do tratamento de efluentes de uma indústria frigorífica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Licenciatura em Química da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito obrigatório para a obtenção do título de graduação.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Viviani Alves de Lima

UBERLÂNDIA

2023

RAFAEL GLÊNIO DOS SANTOS PEREIRA

Uma visão química e social do tratamento de efluentes de uma indústria frigorífica

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em licenciatura em química da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito obrigatório para a obtenção do título de graduação.

UBERLÂNDIA, 27 DE JUNHO DE 2023.

BANCA EXAMINADORA

Profa, Dra. Viviani Alves de Lima (Orientadora) - UFU

Prof.Dr. Deividi Marcio Marques - UFU

Prof. Dr. Rafael Martins Mendes - UFU

Dedico esse trabalho de conclusão de curso para minha mãe Maria Vanda dos Santos Pereira, a mulher da minha vida que fez e ainda faz tudo por mim.

AGRADECIMENTOS

Hoje em dia é muito difícil agradecer seja a quem for e pelo que for. Sou grato a minha mãe e irmã que me ajudaram no momento mais difícil da minha vida e que não deixaram que eu desistisse de concluir esse curso. Sou grato ao meu amigo Flávio que me deu apoio e ensinamentos para algumas questões da vida. Cada um de sua maneira me deram muita força nesse processo.

Durante a graduação encontrei pessoas incríveis nas quais me ensinaram coisas que eu precisava em cada aspecto do meu dia a dia e também nas dificuldades que eu passava pela universidade, agradeço a cada um desses alunos e colegas que passaram por minha graduação em algum momento. Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade desse vasto conhecimento adquirido, aprendi coisas que em nenhum outro lugar eu aprenderia.

Quero agradecer à minha orientadora Viviani, que aceitou não apenas meu convite de embarcar no meu trabalho de conclusão de curso, mas no desafio que foi. Ela fez com que tudo isso se tornasse realidade, na verdade desde o nosso primeiro contato com ela sendo nossa professora ela sempre demonstrou grande interesse e preocupação por seus alunos o que demonstra seu grande amor pela química e ensino de química.

Agradeço também ao Deivid que o nosso coordenador e sempre se manteve disponível e disposto para ajudar cada aluno, sabendo o nome e até mesmo a situação de cada um nos momentos certos.

Finalizo aqui com meu eterno carinho e minha imensa gratidão por todos que me ajudaram nesse processo de formação.

“É melhor você tentar algo, vê-lo não funcionar e aprender com isso, do que não fazer nada.”

(Mark Zuckerberg)

RESUMO

O processo de tratamento de efluente segue no Brasil as normas do Conama 430, na indústria de frigorífico o processo é simples e não possuem alto custo. O tratamento de efluente consiste em retirada de sólidos, substâncias perigosas para o meio ambiente e principalmente a redução da carga orgânica na indústria frigorífica e essa remoção deve sempre estar entre 70 e 90% no mínimo. Para verificar a eficiência do tratamento de efluente os parâmetros mais utilizados são os resultados das análises de DQO e DBO que medem quimicamente e biologicamente o consumo de oxigênio no tratamento e a carga orgânica consumida. Na cidade de Uberlândia o frigorífico visitado descarta o efluente tratado no rio Uberabinha com remoção de carga orgânica muito mais eficiente do que o solicitado nas leis, indicando que a indústria se preocupa com o meio ambiente e com o impacto social que esse descarte pode trazer para a comunidade. O processo utilizado nessa indústria é o de lodo ativado que se mostra muito eficiente e de baixo custo.

Palavras-chaves: ETE; indústrias frigoríficas; Conama 430.

ABSTRACT

The effluent treatment process in Brazil follows the rules of Conama 430, in the meatpacking industry the process is simple and does not have a high cost. Effluent treatment consists of removing solids, substances that are dangerous for the environment and mainly reducing the organic load in the refrigeration industry, and this removal must always be between 70 and 90% at least. To verify the efficiency of the effluent treatment, the most used parameters are the results of the COD and BOD analyzes that chemically and biologically measure the consumption of oxygen in the treatment and the consumed organic load. In the city of Uberlândia, the visited slaughterhouse disposes of the treated effluent in the Uberabinha river with removal of organic load much more efficiently than required by law, indicating that the industry is concerned with the environment and the social impact that this disposal can bring to the community. The process used in this industry is activated sludge, which is very efficient and inexpensive.

KEYWORDS: ETE; indústrias frigoríficas; Conama 430.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fluxograma ilustrativo retirado da internet de uma linha de abate.....	15
Figura 2. Cortes suínos, retirado da internet.....	15
Figura 3. Modelo de triturador utilizado em graxarias.....	16
Figura 4. Planta modelo de tratamento de efluente. Fonte: retirado da internet.....	22
Figura 5. Característica de um reator anaeróbio. Fonte https://aguasclarasengenharia.com.br/como-funciona-reator-uasb/ em 27/05/2023.....	27
Figura 6. Modelo de reator ou lagoa aerada por ar difuso. Fonte: https://wasserlink.wordpress.com/tag/lagoa-aerada/ . 27/05/2023.....	28
Figura 7. Recebimento do efluente bruto. Fonte: foto retirada pelo autor.	29
Figura 8. Peneira estática, tratamento primário. Fonte: Foto retirada pelo autor.	30
Figura 9. Tanque de Equalização. Fonte: Retirado pelo autor.	31
Figura 10. Lagoa de aeração. Fonte: Autor	32
Figura 11. Tanque de aeração. Fonte: Autor.	32
Figura 12. Decantador. Fonte: autor.....	33
Figura 13. Diferença qualitativa do tratamento, bruto em tratamento e tratado: no béquer a esquerda amostra do efluente bruto, ao meio o efluente em tratamento e a direita o efluente tratado. Fonte: Autor.....	34
Figura 14. Centrifuga e caçamba de lodo para compostagem. Fonte: Autor.	34
Figura 15. Efluente tratado transbordando do decantador. Fonte: Autor	35
Figura 16. Efluente tratado descartado no rio Uberabinha. Fonte: Autor	35

TABELAS

Tabela 1 . Padrões de lançamento de efluentes	19
Tabela 1 . Padrões de lançamento de efluentes	20
Tabela 2. Valores mínimos para o TRS para o tratamento de efluentes.	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ETE	Estação de Tratamento de Efluente
TRS	Tempo de retenção de sólidos
pH	Potencial Hidrogeniônico
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
IL	Idade do lodo
IVL	Índice Volumétrico do Lodo
SOUR	Taxa de consume específica de oxigênio
OD	Oxigênio Dissolvido
cm	Centímetro
Ppm	Parte por milhão
SSV*h	Sólidos suspensos voláteis por hora

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivo específico	13
3. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS DA PESQUISA	13
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4.1 A importância da água	13
4.2 A Industria Frigorífica de Suínos	14
4.3 Efluente Frigorífico	16
5. ESTUDO SOBRE A CONAMA 430 E LEIS MUNICIPAIS	17
5.1 Resolução CONOMA 430/2011	17
5.2 Lei Municipal	20
6. CONHECENDO O PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE EM UMA INDÚSTRIA	21
6.1 O processo teórico	21
6.2 Parâmetros Físico-Químicos	23
6.3 Tratamento Primário	24
6.4 Tratamento Secundário	25
7. TRATAMENTO DE EFLUENTE EM UMA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA	28
8. CONCLUSÃO	36
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

Desde a muito tempo a proteína animal faz parte da dieta humana e é graças a essa dieta que muitos cientistas afirmam que a capacidade da evolução humana se deu devido a esse fato. Essa evolução levou ao abate de animais que é não somente praticado hoje, mas como é o responsável por 4,86 milhões de abate bovino no último trimestre de 2022, 13,89 milhões de suínos abatidos no mesmo período e aves foram 1,56 bilhões de cabeças abatidas somente no Brasil, segundo o relatório de indicadores do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

Todos esses abates atualmente são feitos por grandes, pequenas e médias indústrias frigoríficas, gerando um grande volume de águas residuárias. Essas águas são conhecidas como efluentes, contendo uma enorme carga orgânica, lançadas em curso d'água. Quando esses efluentes não são tratados tornam os cursos d'água inviáveis para consumo animal, vidas aquáticas e até para a saúde pública. Atualmente na cidade de Uberlândia existem 58 indústrias abatedouros e frigoríficos registrados (IBGE, 2022). Os Abatedouros são as indústrias que abatem o animal e produzindo carcaças, carnes com ossos e a separação e desossa, porém, não industrializam as carnes. Os Frigoríficos geralmente não abatem os animais embora existam indústrias que o fazem eles, realizam o mesmo trabalho de separação das carnes como em um abatedouro e industrializam as carnes, como a fabricação de embutidos, conforme definido no Decreto nº 9.013, de 2017 RIISPOA.

No entanto, cada indústria tem seu volume de efluente descartado nos rios, lagos ou até mesmo para o sistema de tratamento da cidade. Esses efluentes variam de acordo com o volume produzido e consumido em seus estabelecimentos, porém, de acordo com AZEVEDO NETTO e HESS (1998) calculam-se cerca de 15 m³ de efluentes.

Na cidade de Uberlândia temos uma grande indústria de abatedouro e frigorífica que descarta em média 13400 m³ no rio Uberabinha diariamente. E todo processo de tratamento e descarte é regido pela Resolução CONAMA 430/2011, sobre o Padrão de lançamento de Efluentes, do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Esse trabalho busca analisar o Conama 430 e leis municipais que regem o tratamento de efluente nas indústrias de Uberlândia, realizar uma verificação do processo de tratamento em uma indústria frigorífica na cidade de Uberlândia.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar a revisão bibliográfica de tratamento de efluentes em frigoríficos na cidade de Uberlândia.

2.2 Objetivo específico

- Analisar o Conama 430 e leis municipais que regem o tratamento de efluente nas indústrias de Uberlândia;
- Realizar uma verificação do processo de tratamento em uma indústria frigorífica na cidade de Uberlândia.

3. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS DA PESQUISA

De acordo com Minayo (2014) a pesquisa realizada nesse trabalho trata-se de uma pesquisa qualitativa, sendo observado o nível de informações reais, o significado e o valor social do tratamento de efluente da respectiva indústria frigorífica. Não foi objeto de investigação a posse de dados numéricos e/ou quantitativos. Para este trabalho foram utilizados como instrumento de coleta de dados artigos, sites e livros que abordassem o assunto estudado. Consequentemente se trata de uma pesquisa bibliográfica, com o objetivo de examinar as informações, sem o levantamento e análise de dados estatísticos.

Este trabalho fica então dividido em quatro seções na primeira temos a revisão bibliográfica sobre os frigoríficos e o tratamento de efluentes, na segunda seção o CONAMA 430 que rege o tratamento de efluentes em frigoríficos na cidade de Uberlândia, na terceira seção as informações específicas e processos da estação de tratamento de efluente de uma indústria frigorífica e na quarta seção teremos os impactos sociais que os tratamentos e a falta deles podem causar na vida humana.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A importância da água

A água é uma das fontes de vida do nosso planeta, ela é um dos recursos naturais mais abundante e também um dos mais importantes. Encontramos a água na sua maior

parte na forma líquida, na superfície da Terra, sendo mais abundante na forma de rios, lagos e mares. Porém temos que ter em mente que apesar de 70% do planeta ser constituído de água, apenas 5% é potável (MORAIS E LORANDI 2016). Desses 5% temos que 23% são utilizados nas indústrias, 7% para uso doméstico e os outros 70% para a agricultura no geral (ESTEVEVES, 2011). Esses 5% é conhecida como água doce explorável que pode ser extraída dos rios, lagos e aquíferos (BRAGA et al., 2004).

Embora nos últimos anos a importância da água tem sido discutida e divulgada pela mídia, podemos verificar que praticamente todas as grandes e médias empresas demonstram sua preocupação com o uso correto e regulado da água ainda durante o processo industrial. Assim, a água se torna meio de condução dos resíduos gerados nos processos industriais, como já mencionado, conhecido como efluente. Esses efluentes são, na maioria das vezes, descartados no meio ambiente e por esta razão, precisamos entender a importância do tratamento dos mesmos para a sociedade.

4.2 A Indústria Frigorífica de Suínos

Todas as indústrias geram seus resíduos e com o crescimento industrial o mesmo acontece com os descartes, sendo uma grande preocupação. Matadouros e frigoríficos são duas grandes atividades que se tornaram industrializadas, aumentando significativamente a geração de resíduos sólidos. Os matadouros e frigoríficos são hoje controlados por rígidas normas sanitárias e ambientais em toda sua cadeia produtiva, que vai desde a criação do animal até o derivado de suas carnes. Dentre as atividades frigoríficas industriais podem ser descritas como a primeira o abatedouro, onde é feito o abate do animal, gerando como resíduos o sangue, pedaços de carnes, ossos e vísceras comestíveis e não comestíveis RIISPOA (2017) conforme indicado na Figura 1.



Figura 1. Fluxograma ilustrativo retirado da internet ¹ de uma linha de abate

Temos ainda o setor de Frigoríficos onde se identifica cada parte do animal através dos cortes e destina para resíduos ou armazenagem. Também industrializam a carne, gerando seus derivados e subprodutos. Assim temos que o suíno é dividido em aproximadamente 34 partes (Figura 2) que podem ser vendidas como carnes ou matéria prima, utilizada no setor de industrializados, produzindo os derivados como linguiças, calabresas, defumados e miúdos RIISPOA (2017).

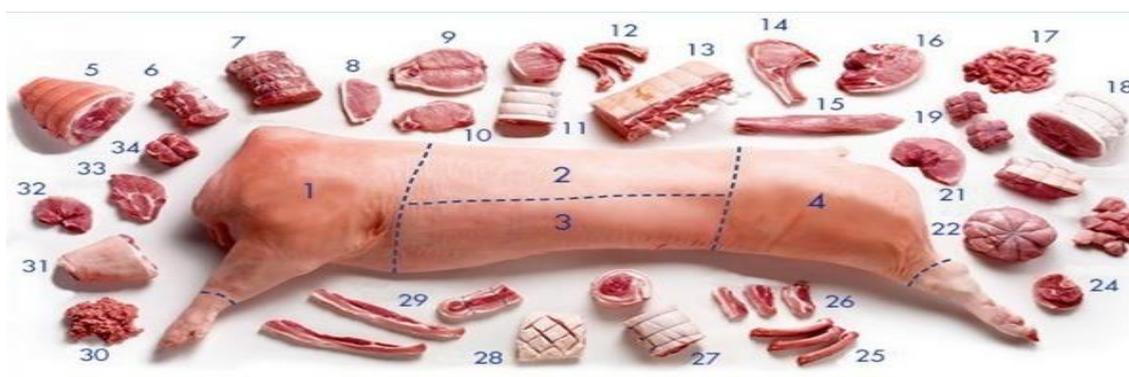


Figura 2. Cortes suínos², retirado da internet

Outro setor é o de graxarias conhecido por processar os subprodutos e resíduos dos abatedouros e frigoríficos, produzindo gorduras, rações e até adubos. A figura 3 mostra um modelo de triturador utilizado por esse setor.

¹ Site da Figura 1. [Obtenção da carne suína - ppt video online carregar \(slideplayer.com.br\)](https://www.slideplayer.com.br/).

² Cortes Suínos . [Do animal inteiro aos cortes – a história da comercialização da carne suína | Suínos | Espaço AgroRhural \(espacoagrorhural.com.br\)](http://espacoagrorhural.com.br/)



Figura 3. Modelo de triturador utilizado em graxarias

4.3 Efluente Frigorífico

Durante todo o processo industrial desde o recebimento dos animais, pois estes são lavados antes dos abates, até a destinação das carnes são gerados resíduos líquidos. Todavia, estes líquidos que tem um alto poder poluidor das bacias hídricas. Assim, podemos dizer que a indústria frigorífica gera um grande impacto ambiental devido a quantidade de poluentes líquidos. O efluente da indústria abatedoura e frigorífica derivam dos processos com as higienizações de pisos e equipamentos, currais, pocilgas, corredores, caminhões e animais (RABELO, 2014).

Conforme indicado por SCARASSATI ET AL. (2003), do abate até os deriváveis suínos são gerados aproximadamente 1200 litros de resíduo líquido por cabeça, assim distribuídos em: 300 litros no abate e pocilgas; 400 litros nos demais processos (higienização, cortes e armazenagem) e 500 litros nos setores externos.

Se levarmos em consideração um abatedouro e frigorífico localizado na cidade de Uberlândia que abate em média 3500 suínos/dia e que, de acordo com PACHECO e YAMANAKA (2006), que define para cada suíno a carga orgânica específica de 2,0 Kg DBO³/suíno, teríamos então um total de 7000 Kg DBO/dia. E que a média da carga orgânica doméstica específica é de 54 g DBO/pessoa, logo podemos entender que o total de 7000Kg DBO/dia abatidos na indústria é equivalente populacional de 129.629 habitantes em carga poluidora e que de acordo com o IBGE(2022) equivale a

³ Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

aproximadamente 18% da população total de Uberlândia, logo poderíamos dizer que equivale o mesmo valor percentual em potencial poluidor podendo gerar um grande impacto ambiental.

Os efluentes, sendo estes tratados ou não, podem ser classificados como agentes de poluição das águas e ameaçando a saúde pública. O que irá determinar se a indústria realizará o tratamento é justamente a capacidade natural do curso d'água a qual essa matéria orgânica descartada será depurada em seu leito. Assim, podemos concluir que dependendo do volume e da vazão do efluente descartado de qualquer indústria, inclusive do efluente doméstico, pode tornar o curso d'água impróprio para a vida aquática e o consumo, seja esse comercial, agrícola, doméstico e industrial (FEISTEL, 2011).

Segundo SCARASSATI et al., 2003:

“Os Efluentes de Frigoríficos e Matadouros na sua maior parte não possuem resíduos perigosos, sendo constituído basicamente de matéria orgânica, contudo, as formas de tratamentos utilizadas não necessitam de sistemas complexos e de custos elevados.” (SCARASSATI et al., 2003. p.8).

Os processos de tratamento de efluentes frigoríficos são basicamente os mesmos para todas as indústrias, sendo acrescentadas ou não, alguma nova etapa dependendo da qualidade de seu efluente bruto, ou seja, sem tratamento.

Os efluentes frigoríficos podem passar pelas seguintes etapas:

- O tratamento primário
- A equalização
- O tratamento secundário (aeróbio, anaeróbio ou ambos)
- O Tratamento terciário não obrigatório.

Cada uma dessas etapas será descrita ao longo do trabalho.

Todavia, vejamos então quais as leis que regem sobre o tratamento de efluentes.

5. ESTUDO SOBRE A CONAMA 430 E LEIS MUNICIPAIS

5.1 Resolução CONOMA 430/2011

A CONAMA foi criada pela lei 6.938/81 Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, estipula no tópico

Do sistema nacional do meio ambiente, em seu Art 6º - Os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, constituirão o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, assim estruturado: no item II - órgão consultivo e deliberativo: o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida é um conselho com finalidade de estudar, propor e fiscalizar as diretrizes e políticas governamentais com relação ao meio ambiente e assim definir normas e padrões para o governo e instalações provadas no âmbito que se trata a natureza. A resolução 430 do CONAMA dita quais são as diretrizes, os parâmetros e sob quais condições se tem a gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptoras:

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

A CONAMA 430 nos informa ainda que todo e qualquer descarte realizado em corpos de água receptores deve antes passar por tratamento, obedecendo as condições, diretrizes e os padrões dispostos para cada corpo receptor, tratado individualmente.

A partir do artigo 5º da CONAMA 430, se define as características do efluente para ser descartado no corpo receptor, efluente este que deve estar de acordo com o processo de tratamento, tanto no intermédio, quanto no final do tratamento, bem como, no momento do descarte seguindo os padrões de qualidade de cada órgão ambiental regional.

O órgão ambiental deve então definir qual a carga poluidora máxima que poderá ser descartado, fica por obrigação da entidade poluidora informar quais são as substâncias que poderão e estarão presentes no descarte. Assim, o órgão irá definir as quantidades que podem ou não ser descartados nos corpos receptores. É expressamente proibido o

descarte de dioxinas e furanos, os processos que contêm essas substâncias devem dispor de tecnologias para a completa eliminação dos mesmos.

O Artigo 16 da CONAMA 430 define os padrões gerais de descarte de efluente para qualquer fonte poluidora.

I - Condições de lançamento de efluentes:

- a) pH entre 5 a 9;
- b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- e) óleos e graxas:
 1. óleos minerais: até 20 mg/L;
 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- f) ausência de materiais flutuantes; e
- g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.”

A Tabela 1 mostra os parâmetros máximos que podem ser lançados de efluente.

Tabela 1 . Padrões de lançamento de efluentes

PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALORES MÁXIMOS
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr ⁺⁶
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr ⁺³
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
	continua...

Tabela 2 . Padrões de lançamento de efluentes

...Conclusão

PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALORES MÁXIMOS
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
Parâmetros Orgânicos	Valores máximos
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

Conforme descrito na CONAMA 430 cada fonte poluidora deve monitorar periodicamente a qualidade do efluente descartado como descrito no artigo 16 que descreve os limites permitidos.

5.2 Lei Municipal

No site do Departamento Municipal de Água e Esgoto (Dmae)⁴ da cidade de Uberlândia, consta a Lei de número 1555 de 23 de novembro de 1967 quando foi criado o departamento de água e esgoto da cidade. E assim como descrito na CONAMA 430, esse é o órgão responsável por monitorar os descartes de efluentes na região de Uberlândia, na Lei 1954 de 24 de agosto de 1971, a lei de 1555 foi consolidada. O Decreto de N° 20160 de 1° de fevereiro de 2023 altera o decreto 13481 de 22 de junho de 2012, que dispõe sobre o programa de monitoramento de efluentes não domésticos no município de Uberlândia.

⁴ [Legislação Dmae - Portal da Prefeitura de Uberlândia \(uberlandia.mg.gov.br\)](http://uberlandia.mg.gov.br)

O decreto de N° 20160 descreve que deve ser enviado ao DMAE, a cada 2 meses, um relatório de automonitoramento dos descartes de efluente para fatores de carga orgânica que ultrapassem 1200g/L de efluente.

Percebemos então que assim como na CONAMA 430 que supervisiona, audita e aplica as sanções necessárias para as indústrias, a lei municipal para aquelas cidades que possuem sistema de tratamento de efluente ou órgão fiscalizador, como é o caso da cidade de Uberlândia, também se aplicam e fazem valer o tratamento de efluente para residuais não domésticos. Tanto a lei municipal N° 1555, como a N°20160, tem conceitos e descrições muito parecidas com a CONAMA 430.

Vale ressaltar que embora as leis e decretos municipais e a CONAMA 430 sejam parecidos, estas foram instituídas em décadas diferentes, visando manter e preservar o meio ambiente com relação ao descarte de efluentes.

6. CONHECENDO O PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE EM UMA INDÚSTRIA

6.1 O processo teórico

Nesta altura já entendemos que o processo em uma indústria que abate e tem processos frigoríficos geram efluentes com alto índice de carga orgânica, porém também apresenta sólidos suspensos oriundos de vísceras, sangue e outros. Além disso, é possível observar uma variação do pH no efluente devido ao processo de higienização. Como já anunciado, existem vários processos de tratamentos, mas que são em estrutura basicamente iguais, todavia, precisamos entender com é feito a melhor escolha para o tratamento de um efluente.

As questões ambientais, em relação ao tamanho do local destinado para a construção da ETE e os custos, variam de local para local, então os equipamentos de uma estação de tratamento de efluente pode se dizer que são praticamente encomendados sob a demanda e que nenhum processo de tratamento será exatamente igual a nenhum outro. A figura 4 mostra uma possível modelo de planta de uma ETE.

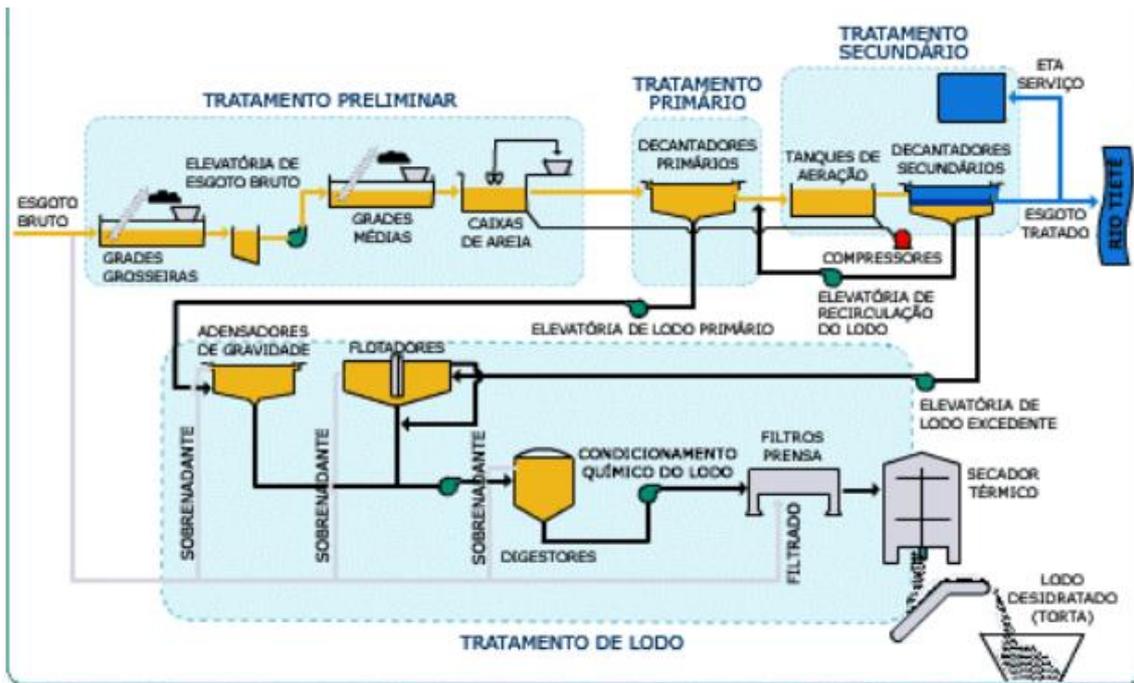


Figura 4⁵. Planta modelo de tratamento de efluente. Fonte: retirado da internet

A escolha de um processo de tratamento de efluente deve levar em consideração os fatores locais. Alguns itens levantados podem ser observados na TABELA 2. No entanto, devemos ter sempre em mente que são as leis e os órgãos ambientais que definiram a qualidade final do efluente devido as características dos corpos d'água onde serão descartados CONAMA 430 (2016).

Tabela 3. Valores mínimos para o TRS para o tratamento de efluentes.

OBJETIVO DO TRATAMENTO	FAIXA DO TRS, d	FATORES QUE AFETAM O TRS
Remoção de DBO solúvel	1-2	Temperatura
Conversão de partículas orgânicas no efluente	2-5	Temperatura
Obtenção de biomassa floculenta	2-3	Temperatura
Nitrificação completa	3-18	Temperatura/substâncias inibidoras

⁵ [Tratamento aeróbio e anaeróbio de efluentes o que é e como são feitos EOS Consultores](#)

OBJETIVO DO TRATAMENTO	FAIXA DO TRS, d	FATORES QUE AFETAM O TRS
Remoção biológica de Fósforos	2-4	Temperatura
Digestão aeróbia do excesso de Carga Orgânica	20-40	Temperatura
Degradação de compostos Xenobióticos	5-50	Temperatura/ compostos presentes/ bactérias específicas

Fonte: Dados retirados da internet adaptados pelo autor⁶.

6.2 Parâmetros Físico-Químicos

A eficiência do tratamento de efluentes é calculado através dos dados físico químicos quando comparado o antes e depois do tratamento. Um importante indicador para a qualidade final do efluente tratado é o valor do pH, que é a quantificação numérica das concentrações de hidrogênio das soluções ácidas ($[H^+] > 10^{-7}$) e básicas ($[H^+] < 10^{-7}$) (BASTOS, RODRIGUES e SOUZA; 2011). Segundo os mesmos autores, por convenção, temos que para diversos meios o pH é intervalado da seguinte forma:

- Meio ácido $\rightarrow 0 \leq \text{pH} < 7$
- Em meio básico $\rightarrow 14 \geq \text{pH} > 7$
- Em meio neutro $\rightarrow \text{pH} = 7$ Convenção

Logo lembramos a resolução CONAMA 430. Art.16, inciso 1º, que anuncia os valores de pH dos efluentes, de qualquer fonte, descartados de forma direta ou indiretamente nos corpos de água desde que o pH esteja entre 5 e 9 (BRASIL, 2011). Essa determinação é feita pois o pH pode influenciar direta e indiretamente nos ecossistemas, podendo intervir na precipitação de substâncias tóxicas ou até na vida de espécies aquáticas.

A DQO demanda química de oxigênio é outro parâmetro que é muito utilizado e importante para avaliar a qualidade final do efluente tratado, pois analisa o impacto ambiental que um descarte tem gerado nos corpos d'água receptores. A DQO é aplicada

⁶ [Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos - 5ed - Google Books.](#)

para mediar a quantidade de carga orgânica que está contida no efluente, medindo a quantidade de oxigênio necessária para a degradação da matéria orgânica quimicamente. A DBO demanda bioquímica de oxigênio é uma medida de capacidade bioquímica, ou seja, a quantidade de oxigênio que microrganismos usam para biodegradar a carga orgânica CONAMA 430 (2011).

A carga orgânica, na maioria dos efluentes, é o principal índice de poluição pois quando degradada em corpos d'água gera uma diminuição do oxigênio dissolvido, impedindo a existência de vidas aquáticas facilitando a eutrofização de águas.

Existem vários outros parâmetros físico químicos medidos para calcular a eficiência da ETE e da qualidade do efluente tratado, porém aqui neste trabalho apenas esses são de maior importância para entendimento.

6.3 Tratamento Primário

No processo de tratamento de efluente temos três principais processos: a separação de sólidos, o tratamento químico e o biológico. No tratamento primário algumas literaturas classificam o processo de separação de sólidos como parte deste, e outras incluem a separação de sólidos como pré tratamento, aqui nesse trabalho vamos inclui-lo no tratamento primário.

O tratamento primário nada mais é que o processo de separação de sólidos do efluente bruto, ou seja, sem tratamento. Lembrando que sólidos coloidais suspensos e material orgânico suspenso também são retirados no processo de separação físico de sólidos Metcalf & Edy (2015) e para tal separação contamos com os seguintes processos

- Gradeamento
- Peneiramento
- Separação de óleo e graxos (nem todos os processos contém)
- Sedimentação
- Flotação
- Centrifugação

Nesse processo é retirado todos os sólidos grosseiros que poderiam não apenas mostrar aspectos desagradáveis ao meio ambiente, como também, poderiam estragar mecanicamente os equipamentos adjacentes dos tratamentos como tubulações, bombas e agitadores.

O efluente é recebido na ETE por meio de uma canaleta chamada calha parshall capaz de medir a vazão de recebimento. Nessa calha é instalado o gradeamento para retirada de sólidos grosseiros, sendo encaminhado por gravidade para uma estação elevatória, removido por bombas de alta vazão para as peneiras com capacidade de retirada de sólidos a partir de 5 mm⁷.

No tratamento primário temos também a equalização do efluente bruto. A equalização consiste em deixar todo o efluente recebido o mais homogêneo possível, o objetivo é deixar o efluente com uma única característica homogeneizando a temperatura, o pH e também a cor do efluente bruto, a partir desse processo é chamado de efluente equalizado com características físicas e químicas iguais em todo seu volume. Todo o efluente é recebido em um tanque, sendo a equalização vertical, horizontal ou subterrâneo,

Alguns processos de tratamento primário incluem um decantador primário que pode ser instalado antes ou após o tanque de equalização conforme estudo para cada ETE. O decantador serve para efluentes que tem a característica de sólidos suspensos. Esse decantados tem por objetivo decantar e retirar sólidos que podem ser abrasivos para os equipamentos e para as bactérias que fazem a degradação biológica. Os sólidos dos decantadores são retirados por processo de raspagem, manual ou mecânica, realizada no fundo do decantador pois esses são montados de forma circular ou retangular, porém com fundo capaz de sofrer a raspagem (JORDÃO e PESSOA, 2005). Nesse processo pode ou não ser adicionado produtos químicos para auxiliar a decantação como, por exemplo, o sulfato de alumínio ou cloreto férrico.

6.4 Tratamento Secundário

No tratamento secundário ocorre a remoção da carga orgânica, sendo essa matéria consumida por microrganismos vivos, geralmente bactérias em forma de lodo anaeróbio ou ainda lodo aeróbio constituído de fungos, protozoários e outros. No tratamento secundário o efluente sai do tanque de equalização, podendo ser encaminhado ou não para um outro tanque chamado tanque de condicionamento. É nesse tanque que é feita a dosagem de soda caustica ou ácidos para a correção de pH, bem como, o controle de vazão para ser encaminhado para o reator anaeróbio ou aeróbio. O caminho que o efluente

⁷ [Peneira Estática - Hidrosul](#)

toma a partir daqui depende da quantidade de matéria orgânica a ser degradada, o tipo de tratamento, como o corpo receptor do efluente final.

No reator anaeróbio o efluente entra em contato com o microrganismo de forma ascendente. Existem vários modelos de reatores, podendo ser escolhido por tamanho, vazão necessária, área construída entre outros fatores. Porém, a forma de contato sempre será de forma ascendente devido a geração de gás e as características do microrganismo anaeróbio. A figura 5 traz um modelo desse reator. O gás gerado nesse tipo de tratamento pode ser até 20 vezes mais poluente que o próprio líquido, por isso, geralmente as estações de tratamento de efluente possuem um dispositivo convencionalmente chamado de flare. Esse dispositivo nada mais é do que um sistema por onde o gás é encanado, podendo ser reaproveitado para gerar energia nas indústrias mais modernas ou ainda, ser queimado evitando, assim a poluição. No processo do reator anaeróbio existe uma pequena geração de sólidos dissolvidos e suspensos, que serve para medir a qualidade tanto do tratamento do efluente, como das bactérias que realizam a degradação da matéria orgânica. Ainda dentro desse reator não pode conter oxigênio e o nível de toxicidade, ou seja, as substâncias químicas devem ter sido diluídas no tanque de equalização. Esses sistemas são compostos de um tanque antecessor que condiciona o efluente a essas condições. O pH deve ser mantido entre 6 e 7,2 e temperatura mínima de 23°C e máxima de 32°C REVISTA ARVORE (1999), mantendo um bom ambiente para a vida das bactérias anaeróbias, afim de melhorar a degradação da matéria orgânica, analisados pela medição dos parâmetros de DQO e DBO.

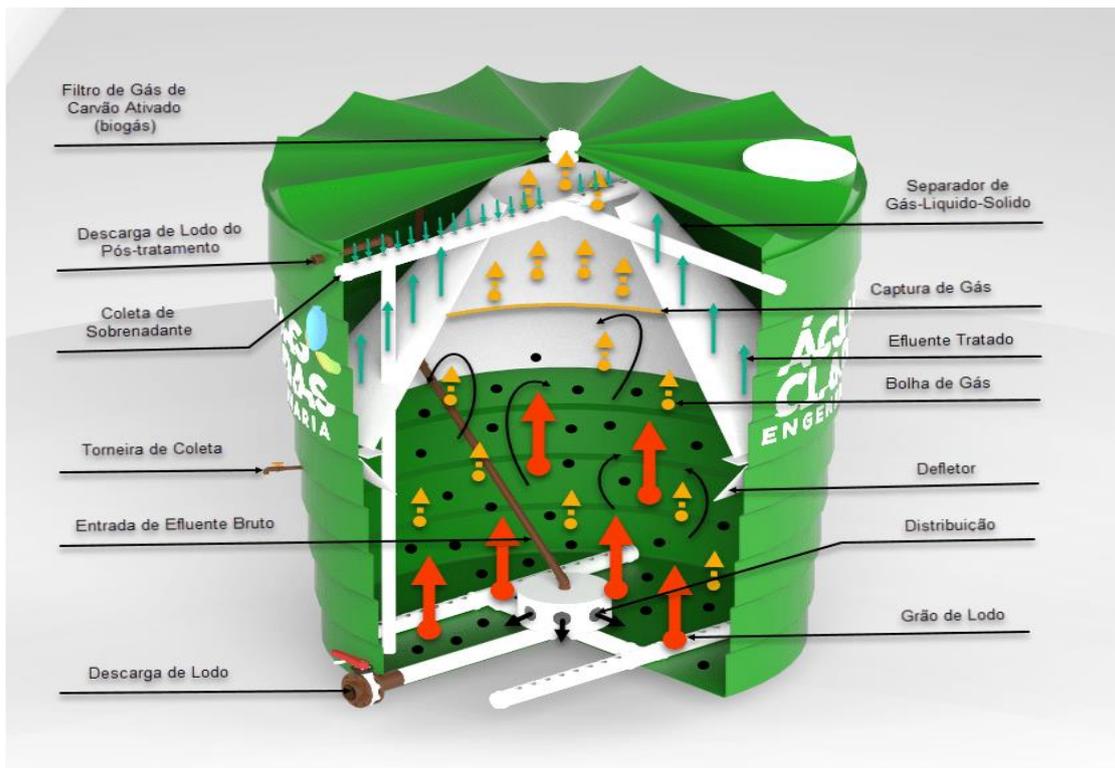


Figura 5. Característica de um reator anaeróbico. Fonte <https://aguasclarasengenharia.com.br/como-funciona-reator-uasb/> em 27/05/2023.

O reator aeróbico, recebe ar difuso ou é abastecido de oxigênio de outra forma, de maneira a sempre receber oxigênio para realizar o consumo da matéria orgânica, a toxicidade do efluente é consumida devido ao alto volume de efluente nesse processo. Ele pode ter passado pelo reator anaeróbico antes ou não do aeróbico. Porém, é importante o controle de temperatura, pois os microrganismos de degradação são diversos, devendo ser controlados as quantidades de cada um para não haver sobreposição e canibalismos dentre eles. Na saída desse reator ocorre a perda de grande geração de biomassa e sólidos suspensos REVISTA ARVORE (1999). A figura 6 mostra um modelo de reator aeróbico.

No processo aerado é muito importante o controle do oxigênio dissolvido pois através dele é possível medir a qualidade do tratamento. Os sólidos suspensos e voláteis também são parâmetros de análise nesse processo.



Figura 6. Modelo de reator ou lagoa aerada por ar difuso. Fonte: <https://wasserlink.wordpress.com/tag/lagoa-aerada/> . 27/05/2023.

Após o efluente sair do processo aerado, ainda no tratamento secundário, passa por mais duas etapas. A primeira, o caminho de maior vazão, para o decantador secundário e a segunda para o adensador de lodo.

O decantador secundário recebe o efluente tratado, podendo ou não ser dosado agentes flocculantes como o sulfato de alumínio ou cloreto férrico. No decantador ocorre a decantação dos sólidos suspensos e o líquido é encaminhado para a calha parshall de saída. Na segunda etapa o lodo em excesso e o lodo raspado do decantador, às vezes é encaminhado ou não, para o adensador de lodo para a retirada de toda a água, posteriormente enviado para a centrifuga e depois para a compostagem. Após essas etapas o efluente tratado, tem a possibilidade de sofrer a cloração, mantendo o teor de cloro no máximo de 2 ppm, sempre seguindo os parâmetros informados na CONAMA 430, antes de ir para uma estação de bombeamento para ser descartado no corpo receptor. Essas etapas são conhecidas como tratamento terciário, porém nem todas as plantas de ETE possuem.

7. TRATAMENTO DE EFLUENTE EM UMA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

Em contato com uma indústria frigorífica da cidade de Uberlândia este trabalho busca trazer os resultados da análise qualitativa do tratamento de efluente e acompanhado o processo desde o efluente bruto até o descarte, verificando quais os processos de tratamento utilizados pela empresa, e se está dentro das legislações. Porém, por sigilo industrial, o nome da mesma não será divulgado.

7.1. Resultados

Nessa grande indústria frigorífica não há o sistema de gradeamento na chegada da ETE, porém em todos os ralos e calhas de escoamento dentro da fábrica existe o gradeamento e os sólidos grosseiros são retirados antes mesmo de chegarem na ETE.

Conforme pode ser observado na figura 7, o efluente bruto chega livremente na estação, denominado caixa de efluente bruto, para ser encaminhado para as peneiras estáticas. Essas fazem parte do tratamento primário retirando os sólidos do efluente, as peneiras retêm sólidos a partir de 3 milímetros. O efluente na chegada a ETE apresenta uma coloração característica de alta carga orgânica devido ao elevado volume de sangue. Todavia, mesmo por se tratar de uma indústria onde ocorre o abate de suínos, o efluente na chegada da ETE não apresenta restos ou pedaços de algum animal.



Figura 7. Recebimento do efluente bruto. Fonte: foto retirada pelo autor.

Esse processo de retirada de sólidos é bem eficiente nas peneiras estáticas conforme pode ser notado na Figura 8, que não estão elevadas, porém como a ETE fica na parte mais baixa da fábrica o recebimento é todo por gravidade economizando com bombas, motores e energia.



Figura 8. Peneira estática, tratamento primário. Fonte: Foto retirada pelo autor.

Após o tratamento primário, o efluente bruto é encaminhado para o tanque de equalização, sendo registrado pela figura 9. Porém, podemos notar que na superfície a formação de muita espuma, indicando o alto índice de carga orgânica e muita gordura no efluente, tendo a possibilidade de mais a frente gerar forte odor devido ao tratamento. Esse alto índice de espuma indica também que o efluente contém altas concentrações de nitrito e nitratos capaz de causar a eutrofização e nitrificação do corpo receptor, ou seja, gerar grande volume de algas e lodo nos barrancos e pedras. E ainda na superfície do corpo d' água receptor, caso isso aconteça, irá impedir que os raios do sol atinjam o ambiente aquático e impossibilitando a troca de oxigênio com o ambiente tornando o corpo receptor impróprio para a vida aquática e até causando risco a saúde de animais que venham a consumir a água desse corpo.



Figura 9. Tanque de Equalização. Fonte: Retirado pelo autor.

Todo efluente do tanque de equalização apresenta as mesmas características por isso ele é composto de alguns agitadores, ou seja, todo efluente dentro do tanque tem a mesma temperatura, o mesmo valor de pH, o volume de carga orgânica e sólidos suspensos.

Do tanque de equalização o efluente é encaminhado para o reator aeróbio, ou como é chamado pelos operadores da ETE de lagoa de aeração, essa indústria não possui o sistema de lodo anaeróbio. Na lagoa de aeração existe uma biomassa que é responsável pelo consumo da matéria orgânica. Para a existência dessa biomassa é necessário que o efluente esteja com o pH entre 6 e 8, assim, nesse tanque de aeração é realizado a dosagem de soda caustica (NaOH) de 50%. Essa dosagem é feita de forma automática por meio de bombas dosadoras que realizam a leitura instantânea do pH do meio, caso esteja abaixo do limite mínimo, realiza a dosagem até o valor de 7,0, além disso, nesse tanque a temperatura máxima é de 37°C segundo os parâmetros da empresa. Na lagoa de aeração, como indicado nas figuras 10 e 11, existe um sistema de aeradores ou compressores que fornecem oxigênio para que a biomassa possa realizar o consumo de monóxido de carbono (CO), esse oxigênio dissolvido deve estar entre 1,5 e 2,0 mg/L garantindo uma remoção de até 85% de CO.



Figura 10. Lagoa de aeração. Fonte: Autor



Figura 11. Tanque de aeração. Fonte: Autor.

Na lagoa de aeração alguns parâmetros são analisados para verificar a qualidade da biomassa e também a eficiência do tratamento. O valor de pH monitorado online, bem

como, a temperatura. O valor da taxa específica de consumo de oxigênio, o SOUR ⁸, auxilia o operador da estação de tratamento a manter e corrigir o volume de carga orgânica que deve ser adicionada, ou seja, a vazão de tratamento. Outro fator relevante é a idade do lodo ou biomassa, esse valor é medido em O₂/g de SSV*h, assim se o valor de SOUR estiver entre 6 e 12 mg de O₂/g de SSV*h indica aeração prolongada, ou seja, o efluente bruto tem maior tempo de contato com a biomassa para tratamento. Já se o valor estiver entre 12 e 20 mg de O₂/g de SSV*h segue o tratamento convencional de acordo com as publicações.

Depois do tanque de aeração o efluente é conduzido para o decantador, como pode ser visto na figura 12, e depois para o tanque de efluente tratado que por transbordo é direcionado para o Rio Uberabinha.



Figura 12. Decantador. Fonte: autor

A figura 13 podemos notar a diferença do efluente tratado para o efluente bruto.

⁸ Specific Oxygen UpDate Rate (Taxa de consumo específica de oxigênio)

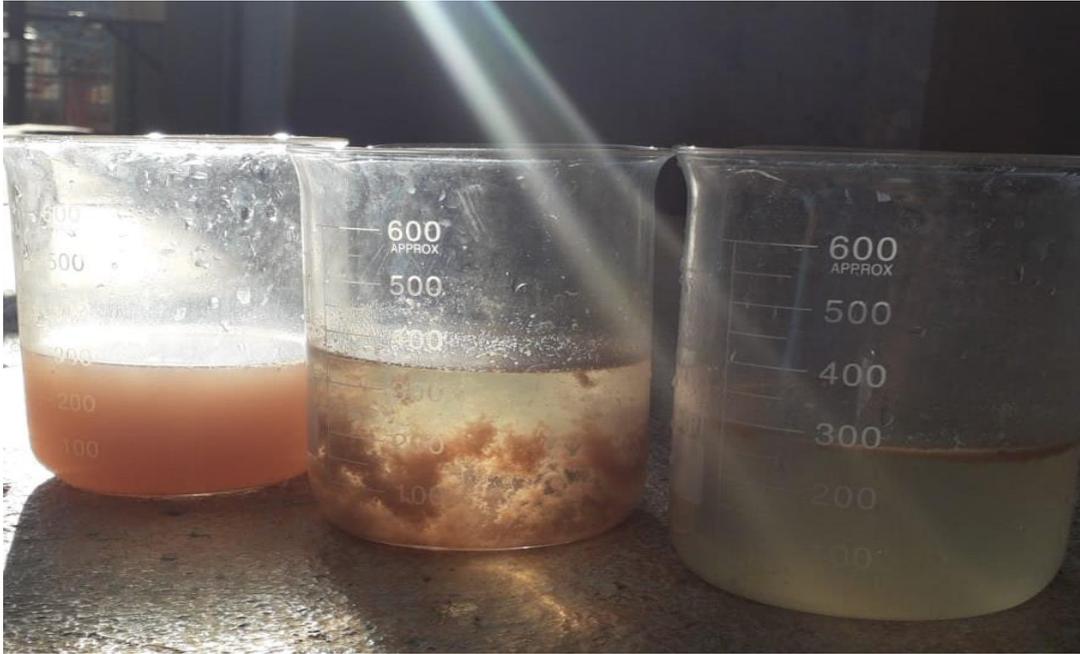


Figura 13. Diferença qualitativa do tratamento, bruto em tratamento e tratado: no béquer a esquerda amostra do efluente bruto, ao meio o efluente em tratamento e a direita o efluente tratado. Fonte: Autor.

No tanque decantador, o efluente que chega contém também a biomassa excessiva do processo de tratamento o lodo e qualquer sólido suspenso, sendo tudo decantado, o efluente tratado transborda e segue para o descarte no corpo d' água. Já a biomassa e sólidos decantados são encaminhados para a centrifuga desaguadora, como mostra a figura 14, que retira toda a água da biomassa e sólidos, sendo direcionado para a compostagem, utilizado como adubos ou tijolos.



Figura 14. Centrifuga e caçamba de lodo para compostagem. Fonte: Autor.

As figuras 15 e 16 apresentam o momento do efluente tratado sendo conduzido para o rio Uberabinha.



Figura 15. Efluente tratado transbordando do decantador. Fonte: Autor



Figura 16. Efluente tratado descartado no rio Uberabinha. Fonte: Autor

8. CONCLUSÃO

Todos os processos de tratamento são compostos basicamente de remoção de sólidos grosseiros e de sólidos abrasivos, além de um sistema de equalização, bem como, os tratamentos primário e secundário, e podendo conter ou não um procedimento terciário. De acordo com a legislação, qualquer processo de tratamento deve remover entre 75 e 90% da carga orgânica, porém o processo pode variar de acordo com o ambiente, área e característica do efluente a ser tratado, por isso, nenhum procedimento será 100% igual ao outro.

O efluente de um frigorífico não possuem resíduos perigosos quimicamente falando, porém, são de alta concentração de carga orgânica e por essa razão, não é preciso instalações de um processo de alto custo ou complexo. A partir dos resultados analisados, a partir dos registros do autor deste trabalho, pode-se inferir que a ETE do frigorífico na cidade de Uberlândia, consegue atingir todos os parâmetros solicitados na CONAMA 430 e a lei municipal.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE: BIBLIOTECA. DADOS TRIMESTRAIS, 2022. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2022_4tri.pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

LEGISLAÇÃO: WEB. LEGISWEB, 2023. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 16 maio 2023.16/05/2023

CONAMA: 430. IBAMA, 2022. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/CONAMA/RE0430-130511.PDF>. Acesso em: 16 maio 2023.

GOV: UBERLÂNDIA. LEGISLAÇÃO, 2022. Disponível em: http://servicos.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/11277.pdf. Acesso em: 16 maio 2023.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. McGraw Hill Brasil, 2015.

ORDANO, Gandhi. Tratamento e controle de efluentes industriais. Revista ABES, v. 4, n. 76, 2004.

CASTELLAN, G. Fundamentos de Físico-Química. Rio de Janeiro: L. T. C. Editora S.A., 1986. 482 p

ATKINS, P. W. Físico-Química. Vol. 1. 6a Ed. Rio de Janeiro: L. T. C. Editora S.A., 1999. 252 p. 2. ATKINS, P. W. Físico-Química. Vol. 2. 6a Ed. Rio de Janeiro: L. T. C. Editora S.A., 1999. 382 p.

CAVALCANTI, José Eduardo W. de A. Manual de tratamento de efluentes industriais .1.ed. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda., 2009.

VON SPERLING, Marcos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Lagoas de Estabilização, v.03. Minas Gerais: ABES, 1996.

CATÁLOGO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – CABES (1192/93). Rio de Janeiro: ABES, v. 17.

POLIDO, L. H. Proposta de projeto e estimativa de custos de uma estação de tratamento de esgoto para o campus Ecoville da UTFPR. 2013. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção Civil) - Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.