

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

ENGENHARIA AMBIENTAL

**Água na indústria de alimentos: estimativa da demanda
hídrica e potencial de reuso de efluentes líquidos**

ANGÉLICA GOMES PERES SANTOS

Rio Verde, GO
2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ÁGUA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: ESTIMATIVA
DA DEMANDA HÍDRICA E POTENCIAL DE REUSO DE
EFLUENTES LÍQUIDOS**

ANGÉLICA GOMES PERES SANTOS

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior

Rio Verde, GO
2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S237ã Santos, Angélica Gomes Peres
Água na indústria de alimentos: estimativa da
demanda hídrica e potencial de reuso de efluentes
líquidos / Angélica Gomes Peres Santos; orientador
Édio Damásio da Silva Júnior . -- Rio Verde, 2022.
40 p.

TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Reúso. 2. Água. 3. Efluentes líquidos. I.
Damásio da Silva Júnior , Édio , orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

/ /
Data

Angélica Gomes Peres Santos

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Edio Domasio do S. Junior

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 27/2022 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 07 dias do mês de abril de 2022, às 16:00 horas e 00 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes Édio Damásio da Silva Júnior (orientador), Bruno de Oliveira Costa Couto (membro) e Lucas Peres Angelini (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “ÁGUA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: ESTIMATIVA DA DEMANDA HÍDRICA E POTENCIAL DE REUSO DE EFLUENTES LÍQUIDOS” da estudante Angélica Gomes Peres Santos, matrícula nº2017102200740084, do curso de engenharia ambiental do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Édio Damásio da Silva Júnior

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Bruno de Oliveira Costa Couto

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Lucas Peres Angelini

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- Lucas Peres Angelini, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/04/2022 16:36:51.
- Bruno de Oliveira Costa Couto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/04/2022 16:12:03.
- Edio Damasio da Silva Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/04/2022 16:09:59.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/04/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 377635

Código de Autenticação: 84fd9e1337



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

DEDICATÓRIA

A minha mãe.

AGRADECIMENTOS

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, obrigada pela paciência e pelos ensinamentos. O conhecimento de nada vale se não for compartilhado.

RESUMO

SANTOS, Angélica Gomes Peres. **Água na indústria de alimentos: estimativa da demanda hídrica e potencial de reuso de efluentes líquidos**. 2022. 39p. Monografia (Curso de Bacharelado de Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

A indústria alimentícia, em especial a de processamento de carne utiliza grandes volumes de água para manter as condições higiênicas adequadas. O reuso de águas residuárias tratadas é um conceito que ganha força com as novas estratégias de sustentabilidade no mercado e quando associado à discussão sobre disponibilidade de recursos hídricos, torna-se uma realidade que obriga indústrias a fazerem uma gestão sustentável de suas águas. Este trabalho realizou um levantamento de alternativas sustentáveis e racionais para o uso da água em uma unidade industrial com abate de animais e processamento de proteína animal na cidade de Rio Verde - Goiás. A partir da associação dos dados bibliográficos pertinentes ao tema com os dados estimados de geração da empresa, propôs a reutilização dos efluentes líquidos industriais pós tratamento. Dessa forma, foram mapeadas alternativas para reduzir o volume de captação superficial no Ribeirão Abóboras e utilizar a água residual para atividades industriais que não exijam potabilidade. Conclui-se que é viável o reuso de água para atividades menos nobres como rega de jardins, torres de resfriamento e lavagens de pátios e caminhos, sendo este último o mais viável para execução a curto prazo. O conjunto dessas práticas podem contribuir com a redução de até 64,85% do estimado para o consumo diário.

Palavras-chave: Reuso; Água; Efluentes líquidos.

ABSTRACT

SANTOS, Angélica Gomes Peres. **Water in the food industry: estimation of water demand and potential for reuse of liquid effluents.** 2022. 39p. Monograph (Bachelor's Degree in Environmental Engineering). Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

The food industry, especially meat processing, uses large volumes of water to maintain adequate hygienic conditions. The reuse of water or the use of wastewater is a concept that gains strength with the new sustainability strategies in the market and when associated with the discussion about the availability of water resources, it becomes a reality that forces industries to make a sustainable management of their waters. This work carried out a survey of sustainable and rational alternatives for the use of water in an industrial unit with animal slaughter and animal protein processing in the city of Rio Verde - Goiás. From the association of bibliographic data relevant to the topic with the estimated generation data of the company, he proposed the reuse of industrial effluents after treatment. As a result, alternatives are mapped to reduce surface water abstraction in Ribeirão Abóboras and use residual water for industrial activities that do not require potability. Thus, it is concluded that it is feasible to reuse water for less noble activities, such as watering gardens, cooling towers and washing patios and trucks, the latter being the most viable for short-term execution. The set of these practices can contribute to the reduction of up to 64.85% of the estimated for daily consumption.

Keywords: Reuse; Water; Liquid effluents.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVO	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	9
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 INDÚSTRIA DE FRIGORÍFICOS	9
3.2 GESTÃO HÍDRICA EM FRIGORÍFICOS	11
3.3 REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS	12
3.3.1 REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	14
3.4 ASPECTOS LEGAIS NA GESTÃO HÍDRICA	14
4 METODOLOGIA	17
4.1 ÁREA DE ESTUDO	17
4.1.1 DADOS DE GERAÇÃO	17
4.1.2 DADOS DO RIBEIRÃO ABÓBORAS	18
4.1.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS	19
4.2 SOLUÇÕES PROPOSTAS	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 MONITORAMENTOS PLUVIOMÉTRICOS	20
5.2 CONSUMO DE ÁGUA NA UNIDADE INDUSTRIAL	22
5.3 VOLUME DE EFLUENTE LÍQUIDO GERADO	24
5.4 TRATAMENTO DO EFLUENTE	24
5.5 COMPARATIVO ENTRE OS PARÂMETROS DA ÁGUA CAPTADA PARA ABASTECIMENTO INDUSTRIAL E DO EFLUENTE LÍQUIDO PÓS TRATAMENTO	26
5.5.1 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	27
5.5.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)	27
5.5.3 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)	28
5.5.4 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)	29
5.5.5 FÓSFORO TOTAL	29
5.5.6 NITROGÊNIO	30
5.5.7 TURBIDEZ	30
5.5.8 COR VERDADEIRA	31
5.6 PROPOSTAS DE REUSO	31

5.7 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS E ANÁLISE DE VIABILIDADE	33
6 CONCLUSÃO	36
7 REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O acelerado aumento do estabelecimento de indústrias de diferentes setores resulta em impactos negativos ao meio ambiente quando ocorre o descumprimento de normas e regulamentos com relação a descarga de efluentes líquidos em corpos hídricos (PRABAKAR et al., 2018). A produção de alimentos é um dos principais setores responsáveis pelos danos ambientais (GONZÁLEZ-GARCÍA et al., 2014). No Brasil, a indústria alimentícia tem se desenvolvido continuamente, alcançando além de um padrão internacional de qualidade, posições significativas de liderança no ranking mundial de mercado e de produção (MORETTO, 2011).

A água é fundamental para a indústria de alimentos em vários aspectos. Com a popularização da discussão sobre sustentabilidade, “selos verdes” como o ESG estão cada vez mais presentes no mercado e recentemente tornaram-se indicadores econômicos, inclusive com recomendação para o mercado de investidores. O ESG, do inglês *Environmental, Social and Governance*, pode ser definido como um conjunto de boas práticas, que busca determinar se as ações de uma organização estão voltadas para o desenvolvimento social, a sustentabilidade e as boas políticas de governança.

Aliado a vertente econômica da sustentabilidade, tem-se também seu uso como recurso natural. Na indústria, a água é utilizada como ingrediente, como agente de sanitização e limpeza, como fonte de resfriamento ou aquecimento, saneamento básico de colaboradores e também como veículo para microrganismos patogênicos e deterioradores. Sendo assim, é preciso garantir que a água enquanto consumo de recurso natural tenha qualidade. Nesse contexto, definimos como água potável a água de qualidade suficiente para consumo humano, tanto para se beber como para preparar alimentos e deve atender características microbiológicas e físico-químicas de acordo com a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021.

O controle da qualidade da água deve ser estabelecido na indústria de alimentos acatando aos critérios da regulamentação vigente de todos os órgãos competentes envolvidos, com avaliação recorrente de suas características, assegurando que os produtos alimentícios proporcionem excelência em qualidade físico-química e microbiológica. E tão importante quanto garantir a qualidade da água na produção, é entender a disponibilidade hídrica da região onde a empresa está instalada, já que é um fator determinante na escolha do local para novas instalações industriais, isso em meio ao cenário mundial de escassez de recursos naturais, vai na contramão do aumento de produção.

Tendo em vista a relevância deste setor para o país, os aspectos ambientais relacionados ao manejo adequado das águas residuais estão cada vez mais relevantes, uma vez que os principais problemas ambientais derivados dessa atividade econômica são o elevado consumo de água, a geração de efluente líquido com alta carga orgânica e o uso intensivo de energia, como a eletricidade e o combustível (BUGALLO et al., 2014).

Assim, surge o conceito de reuso, que ocorre quando águas residuárias depois de tratadas são utilizadas de forma planejada e controlada no atendimento de algum uso benéfico. O reuso de efluentes líquidos industriais é um dos caminhos para produção sustentável e para isso existem inúmeras possibilidades de empregar tecnologia na remoção de impurezas e reaproveitamento da água de forma segura, poupando este recurso que se encontra cada vez mais escasso.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar alternativas de gestão hídrica em uma indústria de alimentos na cidade de Rio Verde - Goiás, considerando sua demanda hídrica e o reuso de efluentes líquidos tratados como alternativa na redução da captação de recursos hídricos principalmente em períodos de estiagens na região.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

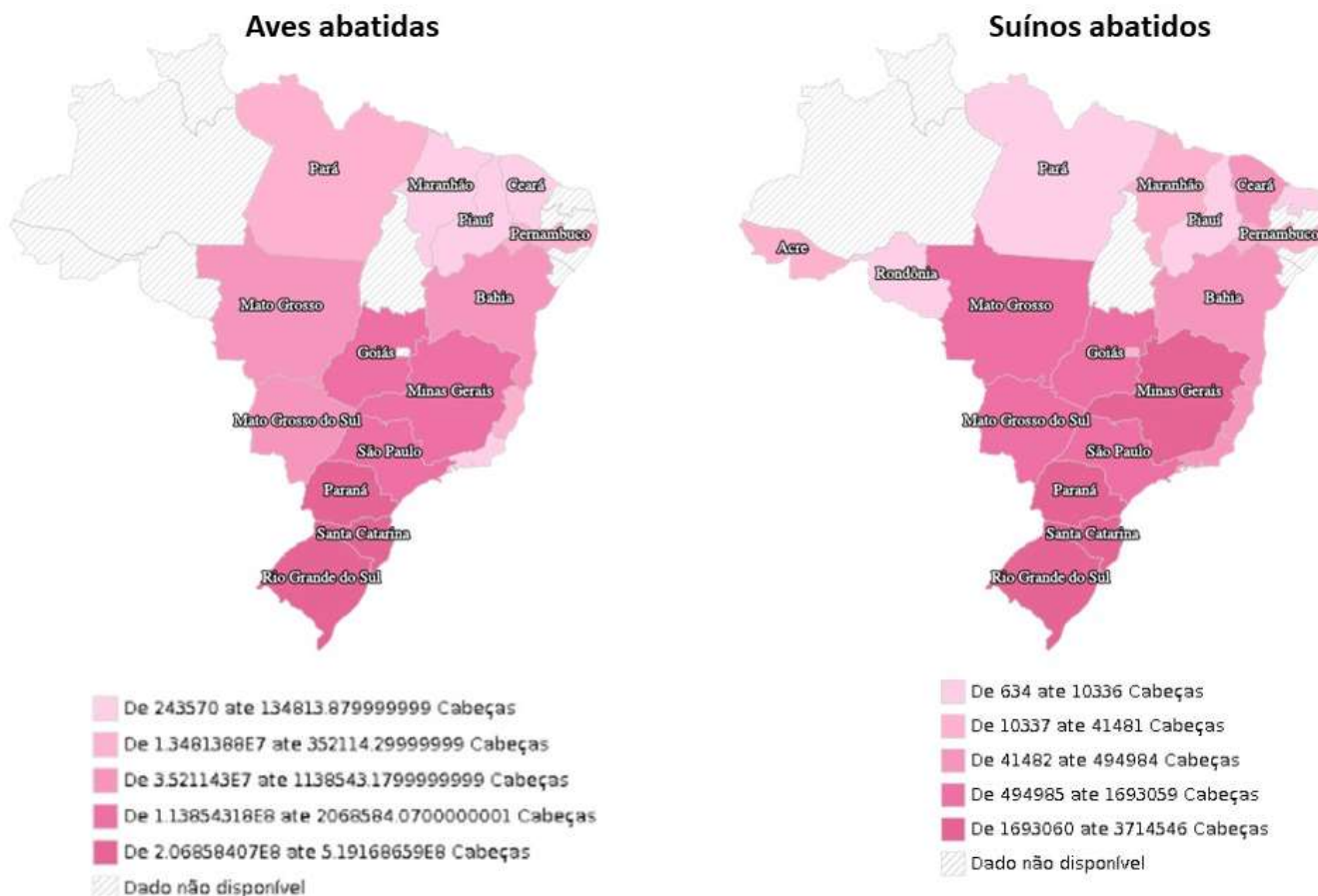
- a) Analisar a demanda hídrica da indústria;
- b) Avaliar a geração de efluente líquido da atividade industrial;
- c) Correlacionar a demanda hídrica com a possibilidade de reuso de água residuária através do comparativo entre a qualidade da água captada e do efluente líquido lançado após o tratamento ao corpo hídrico.
- d) Mapear alternativas racionais para reuso hídrico que possam ser implantadas a curto prazo e que exijam baixo investimento financeiro.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INDÚSTRIA DE FRIGORÍFICOS

De acordo com o exposto na figura 1, o Brasil registrou o abate de 6,18 bilhões de cabeças de frango em 2021, o que representa um aumento de 2,8% - ou 169,87 milhões de cabeças a mais - em relação ao ano de 2020. Em relação aos suínos, o ano de 2021 marcou o abate recorde de 52,97 milhões de cabeças, um aumento de 7,3% (ou mais 3,61 milhões de cabeças) em relação a 2020 (IBGE, 2022).

Figura 1: Abate de aves e suínos no 4º trimestre de 2021.



Fonte: EstatGeo, IBGE, 2022.

A constatação de dois casos de “doença da vaca louca” em setembro de 2021 refletiu na exportação de bovinos brasileiros, reduzido devido à restrição de grandes países consumidores como a China.

O recorde de frangos abatidos em 2021 veio com o resultado mais alto para exportações da carne de frango in natura, porém, não só o mercado externo influenciou no resultado. Com os impactos da pandemia da Covid-19 na economia do país, o consumo interno segue crescendo, afinal com a alta da carne bovina, o brasileiro passou a procurar substitutos dessa forma tanto o frango quanto o suíno se tornaram opção de proteínas mais acessíveis.

3.2 GESTÃO HÍDRICA EM FRIGORÍFICOS

A indústria de processamento de carne utiliza grandes volumes de água para manter as condições higiênicas adequadas (LIU; HAYNES, 2011), promovendo a desinfecção de todos os setores e limpeza das instalações (KIST et al., 2009). A composição das águas residuais depende das diversas práticas no processo de abate de matadouros e frigoríficos (BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2016).

O abastecimento de água nas indústrias pode ser oriundo de rede pública ou rede de abastecimento da própria indústria. A fonte de água da rede de abastecimento da própria indústria pode ser de manancial subterrâneo (poço artesiano) ou de superfície (rios ou riachos). Águas profundas (poço artesiano) implicam em observações relacionadas à localização e profundidade dos poços, bem como os meios de proteção deles, para prevenir a infiltração de água da superfície. Normalmente, sofrem apenas um tratamento parcial (desinfecção ou cloração). Em águas de superfícies, obtidas de rios ou riachos, inicia-se a inspeção pelo sistema de tratamento.

Os procedimentos de abate e processamento de carne geram efluentes líquidos com características muito distintas (PEREIRA et al., 2016). As águas residuais deste setor apresentam altas concentrações de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), carbono orgânico total (TOC), nitrogênio total (TN) e sólidos suspensos totais (SST) (BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014). Os autores também apontam que estas características podem ser resumidas na Tabela 1 de acordo com suas faixas e médias para efluentes de frigoríficos.

Tabela 1: Faixas e parâmetros de efluentes frigoríficos

Parâmetro	Faixa	Média
COT	100 a 1200 mg/L	546 mg/L
DBO	610 a 4635 mg/L	1209 mg/L
DQO	1250 a 15900 mg/L	4221 mg/L
NT	50 a 841 mg/L	427 mg/L
SST	300 a 2800 mg/L	1167 mg/L
pH	4,90 e 8,10	6,95

Fonte: Bustillo-Lecompte et al., 2014

Os efluentes líquidos de frigoríficos estão se tornando uma das principais preocupações mundiais devido as elevadas quantidades de água utilizada durante o abate, processamento e

limpeza das instalações (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2017). Entre as indústrias de bebidas e alimentos, a de processamento de carnes é uma das maiores consumidoras de água doce (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015).

O principal fator que influencia no volume de água consumido são as práticas de lavagem. Em geral, plantas para exportação têm práticas de higiene mais rigorosas. Quanto à qualidade, os regulamentos sanitários exigem o uso de água fresca e potável, com níveis mínimos de cloro livre residual, para quase todas as operações de lavagem e enxágue. Além disso, outros fatores influenciam no consumo de água, como as características da unidade (abatedouro, frigorífico, com ou sem graxaria etc.), a tecnologia adotada, layout da planta, procedimentos operacionais, entre outros (CETESB, 2006).

Na tabela 2, observa-se a média de consumo por cabeça abatida para suínos e frangos:

Tabela 2: consumo de água em abate de animais

Animal	Consumo (l/cabeça)	Fonte
Suínos	500 a 1500	CETESB (2006)
Fringo de corte	17,6 a 24	Unfried e Yoshi (2012)

Fonte: Informadas no corpo da tabela.

Padrões de higiene das autoridades sanitárias em áreas críticas dos abatedouros resultam no uso de grande quantidade de água. Os principais usos de água são para:

- a) Consumo animal e lavagem dos animais;
- b) Lavagem dos caminhões;
- c) Escaldagem e “toilette”, para suínos;
- d) Lavagem de carcaças, vísceras e intestinos;
- e) Movimentação de subprodutos e resíduos;
- f) Limpeza e esterilização de facas e equipamentos;
- g) Limpeza de pisos, paredes, equipamentos e bancadas;
- h) Geração de vapor;
- i) Resfriamento de compressores.

Estudos sugerem o tratamento de águas residuais com qualidade para reutilização da água na indústria de processamento de carne (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2016), tornando-se uma alternativa para a redução do consumo.

3.3 REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

A expansão da rede de água para abastecimento urbano no Brasil ainda é insuficiente para atender a elevada demanda de água potável nas grandes e médias cidades. Diante desta situação, todo e qualquer projeto relacionado ao aprimoramento do uso de água é importante para contribuir para uma melhor qualidade de vida para a população. A conservação da água pode ser realizada por várias atividades, tais como a redução da demanda da água, melhoramento do seu uso e redução das perdas e desperdícios. O reuso de água é considerado uma das principais alternativas para um uso mais racional da água.

O reuso da água compreende o aproveitamento de um efluente líquido após uma extensão do seu tratamento e também não é necessário tratar todo o esgoto para reutilizá-lo, apesar de que, em alguns casos, exige-se um tratamento mais aprimorado. Deve-se, portanto levar em consideração as características próprias de utilização da água para adequá-lo aos padrões de qualidade de água exigidos.

Lavrador Filho (1987) *apud* Mancuso, define a prática de reuso como o aproveitamento de águas já utilizadas em alguma atividade, para suprir necessidades de outros fins, podendo este ser, inclusive, o original. Ainda, diz que pode ser realizado de forma direta ou indireta com ações planejadas ou não planejadas, gerando assim as seguintes definições:

- a) Reuso indireto não planejado: a água utilizada, uma ou mais vezes, para uma atividade, ou seja, o efluente líquido de uma atividade é destinado ao meio ambiente e captado em um ponto a jusante ao lançamento;
- b) Reuso indireto planejado: o efluente, depois de passar por tratamento, é destinado ao meio ambiente de forma planejada e consciente, para ser captado novamente em um ponto a jusante com a intenção do reuso;
- c) Reuso direto: o efluente, após ser tratado, é direcionado diretamente ao ponto em que o reuso será realizado. Este ocorre sempre de forma planejada.

Após o tratamento é verificado se o efluente líquido atinge as características necessárias, caso contrário realiza-se um novo tratamento.

Para Telles e Costa (2007) o reuso de água com características similares ao esgoto doméstico, decorrentes de atividades como higiene, preparação de comidas, entre outras; deve ser realizado para fins menos nobres, onde não são exigidos os padrões de qualidade de água potável, por motivos de segurança à saúde pública. Ainda segundo o autor, o reuso para fins não potáveis auxilia na redução do problema da escassez, substituindo a exploração de mananciais. Com isso, volumes de água potável são poupados, usando-se água de qualidade inferior para estas finalidades.

A prática do reuso de água contribui de forma significativa com a redução do volume de água captada pelo sistema de abastecimento convencional e do efluente líquido gerado pela prática da atividade. Sobretudo, deve ser adotada no momento em que as características do efluente líquido disponível sejam compatíveis com os requisitos de qualidade exigidos para a finalidade de sua aplicação (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

3.3.1 REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Silva (2002) comenta que as principais aplicações industriais de efluentes líquidos tratados podem ser: reuso para sistemas de água de resfriamento; reuso para sistemas de produção de água quente ou vapor – caldeiras; reuso em processos industriais; outros usos menos nobres, como rega de jardins, lavagem de tanques e pátios.

Quanto à qualidade, os regulamentos sanitários para o processo produtivo exigem o uso de água fresca, potável e com níveis mínimos de cloro livre residual para quase todas as operações. O que torna o reuso inviável em qualquer atividade que possa oferecer risco de contaminação aos alimentos, inclusive lavagem de locais e equipamentos onde estes são manipulados uma vez que os custos de tratamento são elevados e exige a garantia de qualidade.

O reuso de água em nível industrial já é uma realidade, porém associadas a iniciativas isoladas dentro do setor privado. Principalmente, por ser economicamente viável em função dos custos e por reduzir o volume de efluentes líquidos lançados em recursos hídricos (MACÊDO, 2001; TELLES; COSTA, 2007).

Os custos elevados da água industrial no Brasil são estímulo para que as indústrias adotem o reuso, viabilizando a maximização da eficiência no uso dos recursos hídricos. O reuso de água também vem sendo adotado por algumas empresas como forma de exploração do marketing verde. Com a minimização do volume de efluente líquido gerado, agrega-se valor ao produto final, bem como aumenta a competitividade ao cliente e consumidor (CONSTANZI, 1998).

3.4 ASPECTOS LEGAIS NA GESTÃO HÍDRICA

A água também é veículo para microrganismos patogênicos e deterioradores e por este motivo precisa ser avaliada para ser consumida com segurança. Nesse sentido, existem vários órgãos públicos responsáveis por regulamentar e fiscalizar o cumprimento de alguns parâmetros, dentre eles o Ministério da Saúde através da portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021.

Segundo este órgão, considera-se água potável, aquela que atende à padrões físico-químicos e microbiológicos estabelecidos na Portaria e o controle deve ser realizado acatando aos critérios da regulamentação vigente, com avaliação recorrente de suas características, assegurando que os produtos alimentícios proporcionem excelência em qualidade físico-química e microbiológica.

Em atendimento à essa avaliação, é necessário o monitoramento da condição do corpo hídrico a onde ocorre a captação, afim de mapear riscos à qualidade da água e alterações bioquímicas no ciclo hidrológico da região. Dentro deste contexto, a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) N° 357 de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, também estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes líquidos. Em conjunto com a CONAMA N° 430 de 13 de maio de 2011, estas resoluções garantem o lançamento de efluentes líquidos em níveis seguros e sustentáveis para o meio ambiente.

Para a regulamentação de uso de recursos hídricos, a esfera municipal conta com a deliberação n°018 emitida em 30 de setembro de 2021 pelo Comitê de Bacia Hidrográfica Rio dos Bois (CBH Bois), bacia esta onde município está inserido. Com o intuito de gerenciar possíveis conflitos de interesse nos períodos de estiagem, o CBH Bois limita as vazões de captação do Ribeirão Abóbora afim de que os usos prioritários sejam respeitados. Em períodos onde a Q95% (vazão de permanência) do rio, valor que indica que as vazões do corpo hídrico são maiores ou iguais a ela durante 95% do tempo, atinge 70% de seu total, a outorga da unidade industrial automaticamente é reduzida para 50%. Tanto os dados de vazão do rio quanto de consumo industrial são monitorados pelo corpo técnico do próprio comitê.

Quando se deseja realizar um projeto que promova o reuso de água, devem-se considerar medidas efetivas de proteção à saúde pública e ao meio ambiente. O manual de Conservação e reuso de água em edificações, realizado pela FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) (SAUTCHUK et al., 2005), e a Norma Brasileira (NBR) 13.969/1997, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), apresentam padrões de qualidade necessários para alguns tipos de reuso de água não potáveis. Este manual sugere a divisão dos vários tipos de reuso de água não potável em classes que então resume os critérios de qualidade necessários de acordo com a atividade.

De acordo com a NBR 13.969/1997, no item 5.6, as atividades de reuso de água para fins não potáveis também podem ser divididas em diferentes classes que então apresentam parâmetros próprios conforme o tipo de reuso.

A Lei N° 9.433 de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e apresenta como principais objetivos a garantia de disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados à atual e às futuras gerações, utilização racional e integrada, incentivo ao aproveitamento de águas pluviais, prevenção e defesa de eventos hidrológicos críticos, sejam eles de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997).

As normas e regulamentos destinadas a indústria de processamento de carne, variam significativamente em todo o mundo (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015). No Brasil, os limites de lançamento de águas residuais em corpos hídricos podem ser observados conforme descritos na tabela 3:

Tabela 3: Parâmetros Resolução CONAMA 357 e CONAMA 430

Parâmetros	Resolução CONAMA	
	N° 357 (Rio Classe II)	N° 430 (Lançamento)
DBO (mg/L)	≤ 5 mg/L	60% de eficiência
DQO (mg/L)	–	–
SS (mg/L)	–	–
SSV (mg/L)	–	–
SD (mg/L)	500	–
ST (mg/L)	–	–
Turbidez	100 UNT	–
Cor	75 mg Pt/L	–
Oxigênio dissolvido	≥ 5 mg/L	–
Temperatura	–	≤ 40°C
Nitrato	10,0 mg/L N	–
Nitrito	1,0 mg/L N	–
NTK (mg/L)	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5	20,0 mg/L N
	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0	
	1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5	
	0,5 mg/L N, para pH > 8,5	
Prata total	0,01 mg/L Ag	0,1 mg/L Ag
Zinco total	0,18 mg/L Zn	5,0 mg/L Zn
Sulfato total	250 mg/L SO ₄	–
PO₄ (mg/L)	Até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos	–
	Até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários	
Óleos e graxas (mg/L)	Virtualmente ausentes	Óleos minerais: até 20 mg/L;
		Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
pH	6,0 a 9,0	5,0 a 9,0

Fonte: CONAMA 357/2005 e CONAMA430/2011

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Este estudo é baseado nos dados de produção e geração de uma indústria alimentícia de instalada na cidade de Rio Verde-Goiás, localizada no centro-oeste brasileiro, com população estimada em 247.259 para o ano de 2021 (IBGE). A economia da cidade é em sua grande parte constituída por atividades agropecuárias se destacando no cenário nacional na produção de grãos e a unidade industrial em que os dados foram baseados é constituída por frigorífico de aves e suínos. O abastecimento de água acontece através de captação subterrânea, captação superficial e um ponto de lançamento de efluentes líquidos, sendo os dois últimos no Ribeirão Abóboras. A própria unidade é responsável pelo tratamento desse efluente líquido antes do lançamento.

4.1.1 DADOS DE GERAÇÃO

O intervalo de dados utilizado volumes de geração e captação foram diários. A vazão dos efluentes líquidos e a vazão de consumo de água foi estimada a partir da literatura de referência.

Os parâmetros do efluente líquido tratado foram obtidos através de análises laboratoriais realizadas semanalmente no período entre janeiro de 2021 a dezembro de 2021, totalizando 12 meses.

Foram analisados os parâmetros:

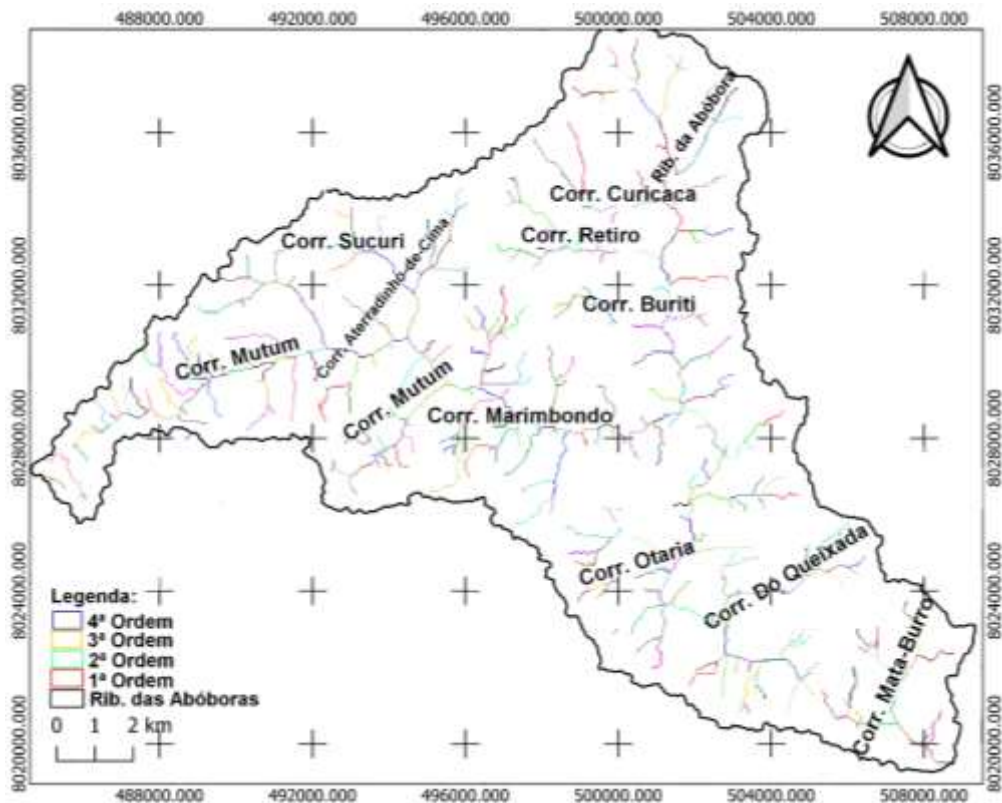
- a) Demanda Química de Oxigênio - DQO;
- b) Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO;
- c) Oxigênio Dissolvido – OD;
- d) Potencial Hidrogeniônico – pH;
- e) Fósforo Total;
- f) Nitrogênio Total;
- g) Turbidez;
- h) Cor Verdadeira.

A escolha destes parâmetros se deu uma vez que os mesmos possuem diretrizes nas legislações aplicáveis: CONAMA 357/2005, CONAMA 430/2011 e Portaria GM/MS Nº 888/2021, e assim permitem um comparativo entre a qualidade da água a montante da captação ao efluente líquido na saída final do tratamento.

4.1.2 DADOS DO RIBEIRÃO ABÓBORAS

Para este estudo serão utilizados os dados entre janeiro/2021 a dezembro/2021 do Ribeirão Abóboras, que se localiza na cidade de Rio Verde, no estado de Goiás com extensão aproximada de 10km, nasce dentro do município de Rio Verde e deságua no Rio São Tomás também dentro da área do município. Com área de 199,10 km², a bacia apresenta perímetro igual a 78,25 km e comprimento axial de 29,27 km. A bacia do Ribeirão das Abóboras, conforme o método de classificação (hierarquia) de Horton (1945), modificada por Strahler (1952), é de 4ª ordem, composta por 54 canais de 1ª ordem, 14 de 2ª ordem e 3 de 3ª ordem, podendo ser constatado na Figura 2. Essa ordem obtida reforça que a bacia do Ribeirão das Abóboras é caracterizada como de média drenagem. Conforme Tucci (2001), a ordem dos cursos d'água representa o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia. Os principais afluentes do ribeirão, conforme se observa na figura 2, são: Córrego Curicaca, Córrego Retiro, Córrego Buriti, Córrego Sucuri, Córrego Aterrado-de-cima, Córrego Mutum, Córrego Olaria, Córrego do Queixada, Córrego Mata-burro e Córrego Marimbondo. Este último é o principal afluente do Ribeirão das Abóboras.

Figura 2: Mapa de delimitação da bacia do Ribeirão Abóboras com seus afluentes.



Fonte: SIEG.

Na tabela 4, tem-se os dados da bacia do Ribeirão das Abóboras, de acordo com a classificação de Ottobacias. Esses dados foram retirados do Google Earth, a partir do arquivo Ottobacias - Nível 5, retirado do site do SIEG.

Tabela 4: Classificação nível Otto da bacia do Ribeirão das Abóboras.

LEGENDA	84946 - BACIA HIDROGRÁFICA RIO VERDE OU VERDÃO
Código nível 5	84946
Nome da bacia - nível 5	Bacia Hidrográfica Rio Verde ou Verdão
Código nível 4	8494
Nome da bacia - nível 4	Bacia Hidrográfica Rio dos Bois
Código nível 3	849
Nome da bacia - nível 3	Região Hidrográfica Rio Paranaíba a montante da Foz Rio Grande
Código nível 2	84
Nome da bacia - nível 2	Bacia Hidrográfica Rio Paraná
Código nível 1	8
Nome da bacia - nível 1	Região Hidrográfica do Rio Paraná

Fonte: SIEG.

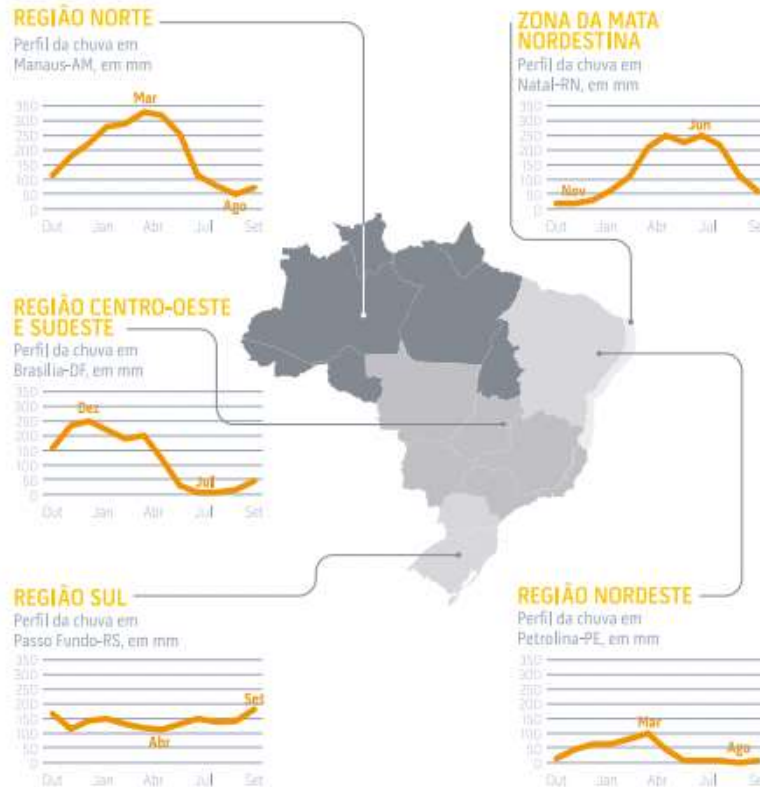
O Ribeirão Abóboras, que além de abastecer a unidade industrial, também é responsável por parte do abastecimento da cidade e de outras grandes empresas. Este corpo hídrico se encontra com a vazão outorgável limitada e os órgãos reguladores da região ainda recebem solicitações para o aumento da vazão de captação afim de atender a demanda de produção industrial.

Os parâmetros de água bruta analisados a montante da captação seguem a mesma metodologia dos dados obtidos para a unidade industrial.

4.1.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A região sudoeste de Goiás possui boa disponibilidade hídrica quando comparada a média nacional, todavia tem um volume de chuva que não é distribuído de forma igualitário ao longo do ano, como pode ser observado na figura 3, o que acarreta em um período de estiagem entre os meses junho a setembro, interferindo diretamente na vazão dos corpos hídricos e consequente nas atividades que necessitam do uso da água.

Figura 3: Média histórica de precipitação por regiões no Brasil.



Fonte: Relatório de Conjuntura, 2017.

Os dados pluviométricos da região foram fator determinante para que a definição do período das análises realizadas neste trabalho fosse de 12 meses, tornando possível avaliar as condições de vazão e consumo tanto do período de chuvas quanto o período de estiagem.

4.2 SOLUÇÕES PROPOSTAS

Visando obedecer aos limites outorgados e deliberados que nos períodos de estiagem, são bastante restritivos para captação superficial, bem como as legislações sanitárias pertinentes, este trabalho mapeou as possibilidades para reuso de efluentes líquidos pós tratamento em atividades que não exijam água potável, referenciando suas características com a qualidade da água bruta que já é atualmente captada para tratamento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MONITORAMENTOS PLUVIOMÉTRICOS

De acordo com a Figura 4 e também já mencionado na metodologia deste trabalho, observa-se que o volume de precipitação que contribui para a vazão do Ribeirão Abóboras é irregular ao longo do ano.

Figura 4: vazão média e de permanência do Ribeirão Abóboras nos anos de 2020 e 2021.

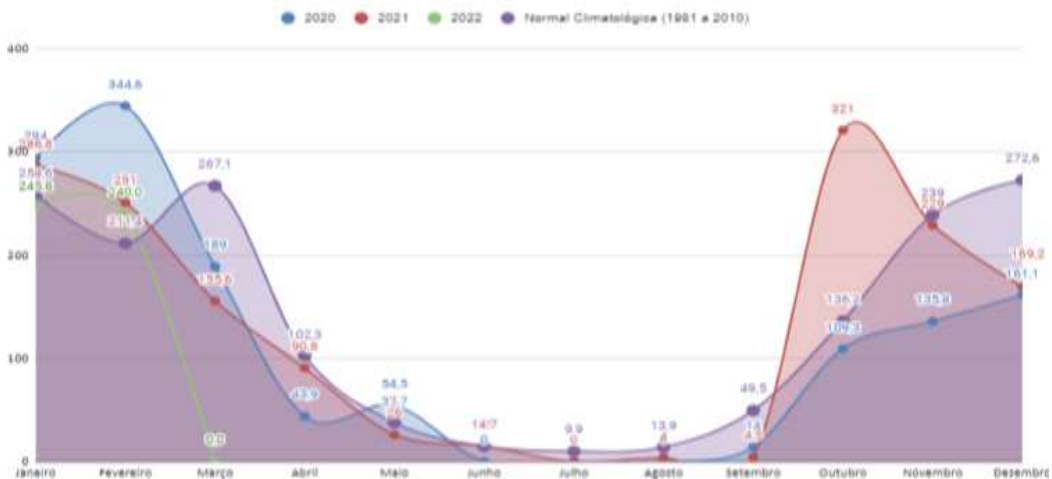


Fonte: CBH dos Bois, 2022.

O tipo de clima tropical possui interferência na vazão das chuvas e se faz presente na maior parte do estado, apresentando como característica os invernos secos (junho a setembro) e os verões chuvosos (dezembro a março).

Ainda sobre a irregularidade do regime de chuvas na região da Bacia do Ribeirão Abóboras, que podem acontecer também por uma possível interferência climática, observa-se na figura 5 que o volume precipitado variou mesmo quando observados no mesmo mês em anos diferentes, entre 2020 e 2021. Nos meses de fevereiro, março e novembro a variação de um ano para o outro é considerável, chegando a variar em 212 mm no mês de novembro.

Figura 5: Comparativo precipitação mensal 2020, 2021 e 2022.



Fonte: INMET, 2022.

Por se tratar de áreas predominantemente de cultivo agropecuário, esses picos de vazão interferem diretamente nos parâmetros analisados a montante de captação da unidade industrial, uma vez que a lixiviação de compostos presentes em dejetos animais e defensivos agrícolas são carregados para o corpo hídrico.

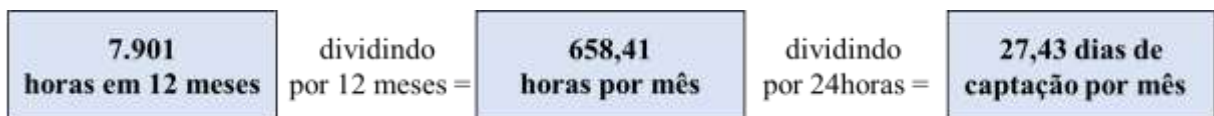
5.2 CONSUMO DE ÁGUA NA UNIDADE INDUSTRIAL

O consumo de água varia bastante de unidade para unidade em função de vários aspectos: tipo de unidade (frigorífico com/sem abate, com/sem graxaria, etc.), tipos de equipamentos e tecnologias em uso, layout da planta e de equipamentos, procedimentos operacionais, etc. Na fabricação dos derivados de carnes, podem ocorrer consumos significativos de água tanto nos processos de limpeza dos equipamentos e das próprias plantas produtivas, como na forma de utilidade ou água de processo para resfriamento de produtos após cozimentos, por exemplo, e pode-se ter variações significativas no consumo de água, em função do tipo de produto e das práticas operacionais de cada unidade produtiva.

Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA, 2022), esta unidade industrial possui outorga para captação subterrânea de poços artesianos e para captação superficial. Os poços possuem profundidade aproximada entre 400 e 600 m utilizando da vazão do Aquífero Guarani.

Já a captação superficial, é realizada no Ribeirão Abóboras - mesmo corpo hídrico que abastece a cidade e possui vazão outorgada para 7.901 h/ano e 590 m³/h. Para melhor acompanhamento faz-se a estratificação desses valores de modo que sejam mensurados por dia:

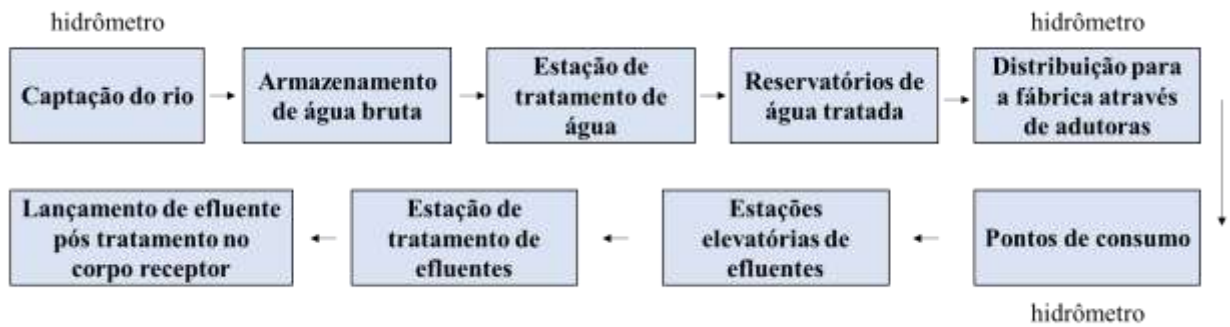
Figura 6: Estratificação dos valores outorgados



Fonte: Autora.

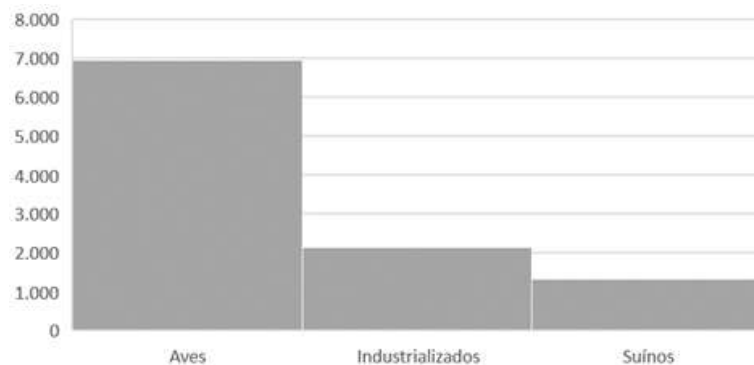
Somando todas as fontes de obtenção de água, estimou-se que o volume de água entrando na unidade industrial seja em média 12.805 m³/dia. Todo esse volume passa por tratamento prévio, obedecendo os parâmetros da portaria nº 888, antes de seguir para uso. Após tratada e armazenada, a água é distribuída pela fábrica por adutoras e possuem pontos de controle através de hidrômetros:

Figura 7: Representação do fluxo hídrico na unidade industrial



Fonte: Autora.

Como é característico do processo produtivo, alguns setores demandam maior necessidade de água para funcionamento e por isso são chamados de “processos críticos”. Na figura 8, observam-se os dados de consumo estratificados por setor produtivo:

Figura 8: Consumo estimado de água por processo produtivo (m³/dia).

Fonte: CETESB.

Além da água diretamente ligada aos processos produtivos, também existe a demanda de consumo para a higienização e para o transporte de resíduos, este último também conhecido como "chute".

As práticas de limpeza podem acontecer antes do início da produção, sendo chamadas de pré-operacionais e durante o expediente normal, que são as operacionais.

Os procedimentos de limpeza operacionais são de maneira geral realizados a seco, com a catação dos resíduos que são descartados do produto principal. Esses resíduos podem ser destinados como rejeitos, indo para a destinação final (aterros sanitários por exemplo) ou como subprodutos que irão para outra demanda de fabricação realizada na própria fábrica ou por empresas terceiras. Estes subprodutos dão origem a uma gama de possibilidades de reaproveitamento, podendo ser para consumo animal ou humano.

Os procedimentos de limpeza pré-operacionais acontecem sempre antes do início do expediente e destacam-se como um ponto de elevado consumo de água. De forma semelhante ao que acontece nas limpezas a seco, nesse momento os resíduos são catados e enviados à destinação, e somente após é utilizada água e agentes químicos. Durante a higienização, além de profissionais instruídos, são utilizados equipamentos como bicos reguladores de pressão, ar comprimido e calor, que possibilitam melhor limpeza com menor uso de água e produtos químicos como detergentes e sanitizantes. Não foi possível delimitar valores para o consumo de água usado nos processos de higienização, uma vez que diferentemente dos equipamentos dos processos produtivos, aqui não existem hidrômetros específicos, nem volumes fixos pra uso, sendo a demanda variável com a sujeira que se encontra o local.

Já os “chutes”, são um sistema de bombas pneumáticas e tubulações que interligam setores. Por essas tubulações são transportados materiais (matéria prima, produto pronto, rejeitos, etc.) de um local para o outro, e que em alguns casos utilizam água para facilitar o escoamento do produto dentro da tubulação. Aqui também não foi possível delimitar valores de consumo de água, uma vez que por se tratar de processos secundários, não possuem pontos específicos de medições.

Em conjunto com as demandas já citadas, existe o consumo para as necessidades básicas de funcionamento, como bebedouros e sanitários.

5.3 VOLUME DE EFLUENTE LÍQUIDO GERADO

Em uma indústria de alimentos de origem animal a vazão de efluentes líquidos varia ao longo do dia, dependendo diretamente das operações de processamento ou de limpeza, de modificações introduzidas no perfil qualitativo e/ou quantitativo da produção, exigindo um sistema eficiente para o tratamento, pois todos os efluentes líquidos gerados na planta devem ser considerados, inclusive esgoto sanitário. Para esta unidade industrial, estimou os valores médios de geração de efluentes líquidos em 12.200 m³/dia.

5.4 TRATAMENTO DO EFLUENTE

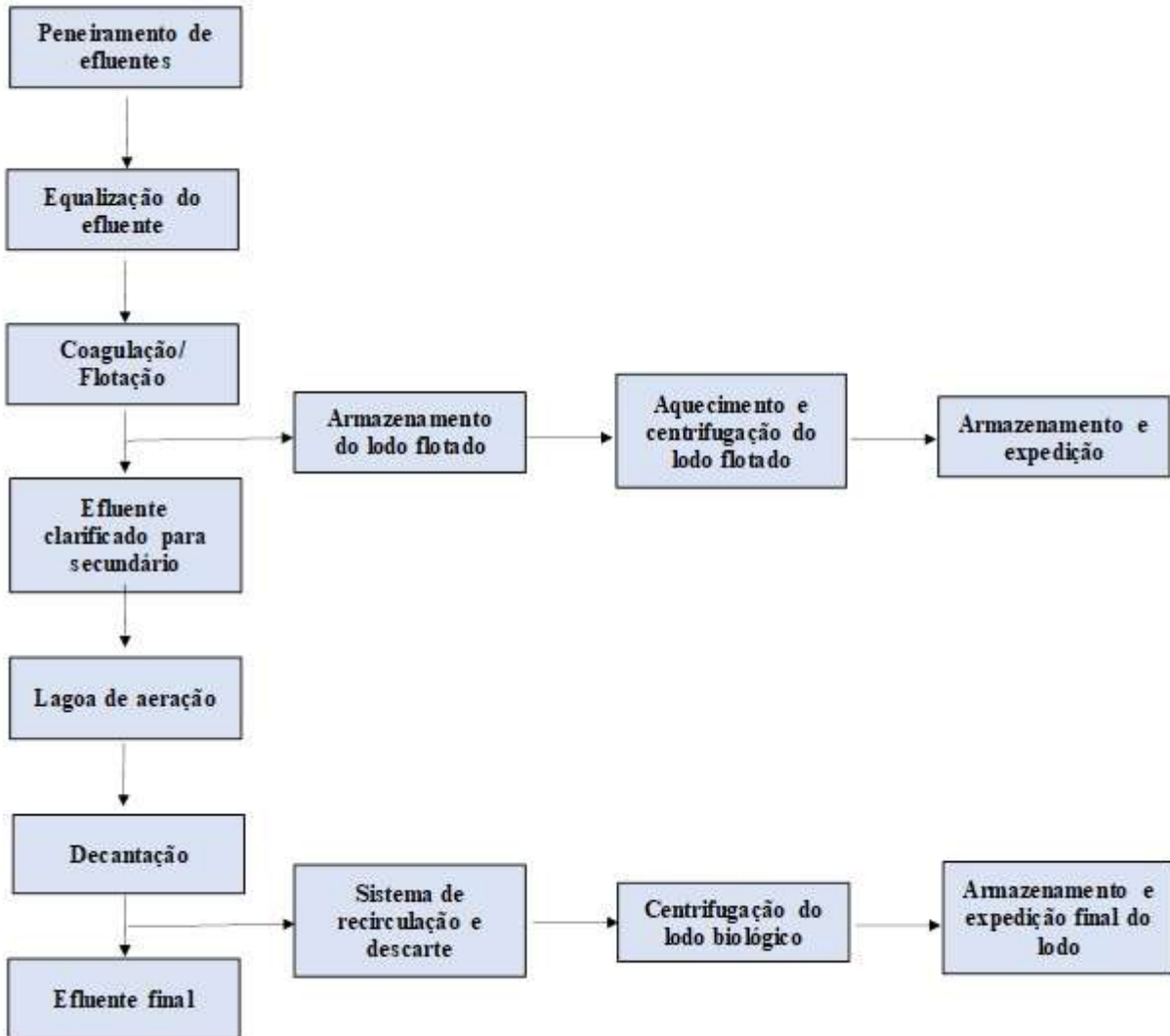
O tratamento de efluentes líquidos é um ponto fundamental para assegurar que as indústrias cuidem dos excedentes do seu processo produtivo de maneira responsável, já que caso não recebam o tratamento devido, os efluentes líquidos podem causar danos sérios ao meio ambiente e risco a saúde humana.

Os efluentes líquidos gerados em frigoríficos podem ser segregados em duas principais linhas, com características específicas: 1) Linha Vermelha: efluentes líquidos originados no processo industrial com conteúdo proteico e gorduroso (vísceras, ossos e sangue) representando cerca de 80 a 85% da vazão total da fábrica; e 2) Linha Verde: efluentes líquidos dos estabelecimentos hidrossanitários, lavanderia, refeitório, purga de caldeiras, compressores e torres evaporativas que possuem baixo valor nutritivo e alto grau de contaminação biológico (OLIVO, 2006).

Os efluentes líquidos industriais oriundos de unidades alimentícias possuem como característica alta carga orgânica em sua composição e para estes casos, a literatura de referência indica tratamentos biológicos. Este tratamento ocorre inteiramente por mecanismos biológicos e seus processos reproduzem, de certa maneira, os processos naturais que ocorrem em um corpo d'água após o lançamento de despejos. No corpo d'água, a matéria orgânica é convertida em produtos mineralizados inertes por mecanismos puramente naturais, caracterizando o assim chamado fenômeno da *autodepuração*. Em uma estação de tratamento de esgotos os mesmos fenômenos básicos ocorrem, mas a diferença é que há em paralelo a introdução de tecnologia. Essa tecnologia tem como objetivo fazer com que o processo de *depuração* se desenvolva em condições controladas (controle da eficiência) e em taxas mais elevadas (VON SPERLING, 1996).

Todavia, uma ETE necessita de outras etapas para alcançar uma alta eficiência de remoção de poluentes na saída final. Conforme observa-se na figura 9, a unidade industrial em estudo, a ETE possui as etapas preliminar, primária, secundária e terciária na composição do tratamento:

Figura 9: Etapas da Estação de Tratamento de Efluentes líquidos.



Fonte: Autora, 2022.

Todas as etapas do tratamento são interdependentes e a garantia de seu funcionamento acompanhando as oscilações de entrada no sistema garantem a eficácia final do tratamento.

5.5 COMPARATIVO ENTRE OS PARÂMETROS DA ÁGUA CAPTADA PARA ABASTECIMENTO INDUSTRIAL E DO EFLUENTE LÍQUIDO PÓS TRATAMENTO

Nas regiões onde a agricultura é intensa e tecnificada, há uma preocupação com a possibilidade de contaminação da água por defensivos químicos e outros materiais que podem ser lixiviados até os corpos hídricos. Levando em consideração a influência das atividades

econômicas da região de contribuição da bacia hidrológica, algumas alterações podem ser justificadas por essas questões.

Neste âmbito, a correlação entre qualidade das águas em bacias hidrográficas e padrões de uso das terras, características da paisagem e preservação de áreas ripárias tem sido motivo de atenção na literatura (Chaves & Santos, 2009; Lee et al., 2009; Chaves, 2010; Nielsen et al., 2012; Alukwe & Dillaha, 2014). Existem referências bibliográficas que verificaram áreas com agricultura em regiões declivosas exercem forte influência negativa sobre a qualidade das águas, sendo o teor de nitrogênio amoniacal e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) os parâmetros mais afetados. Tundisi et al. (2008), Silva et al. (2010) e Galatto et al. (2011) destacaram a influência negativa de construções rurais próximas a corpos hídricos.

Para mapear as possibilidades e garantir a seguridade do reuso de efluentes líquidos pós tratamento, foi realizado o monitoramento dos parâmetros na Portaria n° 888 à montante da captação no Ribeirão Abóboras. Estes dados foram comparados aos mesmos parâmetros, todavia, coletados na saída final do efluente líquido pós tratamento. Os dados da saída final foram referenciados às legislações CONAMA 357/2005 e CONAMA 430/2011.

Sabendo que cada uma das legislações citadas acima e usadas como referência possui diferentes aplicabilidades, o intuito dessa comparação foi de analisar se a água que já é captada para abastecimento possui características muito distantes do efluente líquido devolvido ao corpo hídrico no pós tratamento e dessa forma identificar se a qualidade do efluente líquido pós tratamento é a mínima necessária para capacidade da ETA da unidade industrial, usando os parâmetros da água bruta como referência.

Assim sendo, o monitoramento aconteceu durante por 12 meses, permitindo observar as oscilações entres o período seco e de chuvas.

5.5.1 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

A Portaria n° 888 não trás referências para o monitoramento de DQO, todavia foi observado que os valores monitorados no rio são inferiores aos valores do efluente líquido pós tratamento. Ainda se torna válido ressaltar que não há padrões recomendados para o parâmetro DQO nas resoluções CONAMA N° 430/2011 e CONAMA N° 357/2005. Contudo, a DQO é utilizada como ferramenta fundamental na operação da ETE da unidade industrial, propiciando maior controle dos tratamentos primário e secundário.

5.5.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A DBO também é um parâmetro importante no que se refere ao tratamento de esgotos. Em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) os efluentes líquidos passam pelo tratamento primário e em seguida são encaminhados ao tratamento secundário, que consiste no tratamento biológico pela ação de microrganismos que degradam a matéria orgânica presente nestes efluentes líquidos, ou seja, reduzindo a DBO. Assim, através do cálculo da DBO, é possível determinar a quantidade de oxigênio que deverá ser fornecida ao sistema de tratamento para que os microrganismos possam degradar a matéria orgânica. Além disso, a análise de DBO de um líquido tratado ou não é necessária para saber se este efluente líquido pode ser lançado em um curso d'água sem comprometer os níveis oxigênio dissolvido desta água (VON SPERLING, 2005). Portanto, a DBO é um ótimo índice para avaliar a eficiência de uma ETE.

Para este parâmetro, são previstos os seguintes padrões nas legislações aplicáveis: a Resolução CONAMA N° 430/2011 define a remoção mínima de 60% de DBO, e a Resolução CONAMA N° 357/2005 define o valor máximo de 5 mg/L O₂ para corpos d'água de Classe 2.

No comparativo entre os valores do rio e os valores do efluente líquido pós tratamento é possível comprovar o indicado na literatura: é característica de efluentes frigoríficos possuírem altas taxas de DBO. O processo natural de recuperação de um corpo d'água que recebe lançamentos de material biodegradável é chamado de autodepuração, que pode ocorrer por processos físicos, químicos e biológicos na qual cargas poluidoras, de origem orgânica, lançadas em um corpo d'água são neutralizadas. Para garantir que a autodepuração aconteça, é necessário atender os padrões da Resolução CONAMA N° 430/2011 define a remoção mínima de 60% de DBO.

5.5.3 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e em ETE's. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural em manter a vida aquática. A resolução CONAMA N° 357/2005 determina que corpos hídricos Classe 2 deverão ter OD em qualquer amostra não inferior a 5 mg/L.

Pelos valores monitorados, pode-se observar que o parâmetro possui valores semelhantes no rio e no efluente líquido pós tratamento, estando dentro dos padrões estabelecidos na resolução CONAMA N° 357/2005. Reforça-se ainda que é de extrema

importância que o valor mínimo seja atendido, para que deste modo a microbiota presente no corpo hídrico não seja prejudicada.

5.5.4 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

A determinação do valor do pH é realizada por intermédio da concentração molar de hidrônios presentes no meio, caracterizando o pH como um importante parâmetro para estudos sobre saneamento ambiental, influenciando os ecossistemas aquáticos naturais com efeitos diretos sobre a fisiologia das diversas espécies. Neste contexto, são delimitados limites superior e inferior de pH para o lançamento de efluentes líquidos, chamados de faixas.

De acordo com a resolução CONAMA N° 430/2011, a faixa descrita para lançamento de efluentes líquidos em cursos d'água é entre 5,00 a 9,00. Todavia, a resolução CONAMA N° 357/2005 estabelece medida de proteção aquática na faixa entre 6,00 a 9,00 para os corpos d'água enquadrados como Classe 2 (enquadramento do Ribeirão Abóboras, local do lançamento).

Avaliando os dados monitorados, nota-se que os resultados do parâmetro pH permaneceram dentro das faixas padrão estabelecidas por ambas legislações aplicáveis tanto a montante quanto no efluente líquido pós tratamento. É de extrema importância que o pH no corpo hídrico não ultrapasse os limites superior e inferior determinados, visto que o impacto na microbiota presente pode ser significativo.

5.5.5 FÓSFORO TOTAL

Assim como o Nitrogênio, o Fósforo constitui um dos principais nutrientes para os processos biológicos, os chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades por células. Nesta qualidade torna-se um parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes líquidos industriais que se pretende tratar por processo biológico. O fósforo de efluentes líquidos pode estar presente como ortofosfato, poli fosfato ou fósforo orgânico (VON SPERLING, 2005).

Da mesma forma que o parâmetros DBO, o monitoramento do fósforo no efluente líquido pós tratamento também possui valores maiores do que os observados no rio.

Para este parâmetro, não são previstos padrões na Resolução CONAMA N° 430/2011. Entretanto, de acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005 é estabelecido o valor de 0,1 mg/L de fósforo em ambientes lóticos em corpos de Classe 2. Esses ambientes são os ecossistemas definidos por água em movimento, onde a correnteza desloca a água de montante a jusante constantemente representados por rios, córregos, riachos entre outros.

5.5.6 NITROGÊNIO

As fontes de Nitrogênio no meio ambiente aquático são diversas e quando a porcentagem remanescente não é adequadamente gerenciada, causa impactos significativos aos sistemas ambientais. Diante disso, Henrique et al. (2010) e Hu et al. (2013) afirmam que a remoção do nitrogênio presente em efluentes líquidos, tem fundamental importância na redução do impacto eutrofizante sobre os cursos hídricos receptores e na redução dos danos causados à biota aquática, devido à toxicidade de algumas espécies nitrogenadas, em especial a amônia. Em um curso hídrico, a forma predominante do nitrogênio indica o estágio de poluição ocasionada pelo lançamento de poluentes orgânicos a montante do ponto de análise. De acordo com Von Sperling, a primeira grande divisão da matéria nitrogenada que adentra uma estação de tratamento de esgotos é quanto ao estado orgânico e para este respectivo monitoramento são acompanhados Nitrogênio Total, Nitrogênio Amoniacal e Nitrogênio *Kjeldahl*. De acordo com as legislações aplicáveis (CONAMA N° 430/2011 e CONAMA N° 357/2005), temos que não há padrões de referência para Nitrogênio Amoniacal nem para Nitrogênio *Kjeldahl*, e por este motivo o comparativo foi realizado com as análises do Nitrogênio em sua forma Amoniacal.

Para este parâmetro, são previstos os seguintes padrões nas legislações aplicáveis: a Resolução CONAMA N° 430/2011 define a concentração de Nitrogênio Amoniacal de 20 mg/L e a Resolução CONAMA N° 357/2005 define concentrações de 3,7 mg/L para pH menor ou igual a 7,5 em efluentes líquidos descartados diretamente em corpos d'água de Classe 2.

No monitoramento realizado, comprovando o que trás a literatura consultada, os valores de Nitrogênio Amoniacal são mais elevados no efluente líquido pós tratamento do que no rio.

5.5.7 TURBIDEZ

A Turbidez em uma amostra de água ou efluente líquido é o grau de atenuação que a intensidade de um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido a presença de sólidos em suspensão, tais como: partículas inorgânicas (areia, silte, argila, entre outros) e detritos, portanto, quanto maior for a quantidade desses sólidos, maior será a turbidez. A alta turbidez tem como consequência a redução da fotossíntese das algas presentes no meio aquático, afetando tanto o uso doméstico, como o industrial (VON SPERLING, 2005).

Para este parâmetro, não são previstos padrões na Resolução CONAMA N° 430/2011. Entretanto, de acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005 é estabelecido para corpos

d'água classificados como Classe 2 o valor de 100 NTU. Já a portaria nº 888 traz várias observações sobre turbidez. Para uso de água superficiais, este parâmetro deve ser manter VMP de 5,0 uT.

Avaliando os monitoramentos realizados a montante e jusante, e comparando o padrão < 100 NTU estabelecido na resolução CONAMA N° 357/2005, é possível saber que não houve desvios de turbidez nas amostras de efluente líquido analisadas.

Em comparação dos valores à montante, pode-se observar que os dados da água e do efluente líquido pós tratamento para turbidez são similares.

5.5.8 COR VERDADEIRA

Diferentemente da análise de cor aparente, a análise de cor verdadeira é feita com a amostra após um processo de filtragem ou então de centrifugação. Desta maneira, é possível estabelecer a cor de forma fidedigna.

Por meio dos monitoramentos realizados foi possível observar que o parâmetro em questão apresenta os mesmos desvios tanto a montante, quanto a jusante, fazendo com que desta forma não se tenha relação com o lançamento do efluente líquido tratado da unidade industrial.

5.6 PROPOSTAS DE REUSO

Observa-se na tabela 5, algumas medidas para redução de consumo e para uso consciente de água sugeridas para a rotinas da empresa. A maioria delas necessitam de baixo investimento financeiro e possuem maior impacto com a conscientização e aderência dos colaboradores.

Tabela 5: medidas que demandam menor investimento sugeridas para a unidade industrial:

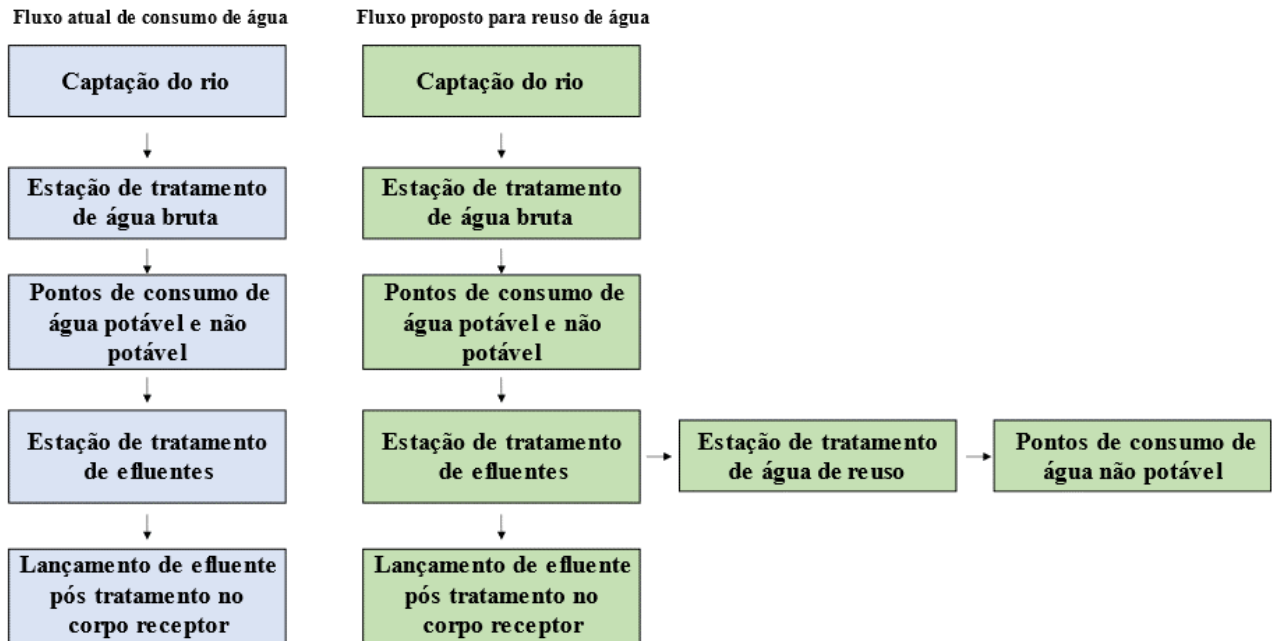
Medida	Benefício Potencial
Esterilizar facas e outros equipamentos com o mínimo fluxo de água quente necessário e controlado e isolar equipamento de esterilização (parede dupla) ou instalar camisa de aquecimento (água quente ou vapor) para manter/controlar melhor a temperatura desejada; buscar métodos/sistemas alternativos que utilizem menos água – via “spray”, ao invés de imersão, com ultra-som, à vapor, com ar quente conjugado, etc.	Redução do consumo de água e do volume dos efluentes líquidos líquidos; redução do consumo de combustíveis
Utilizar, onde possível, bocais com “sprays” (ou chuveiros, no mínimo) nos pontos de saída/uso de água, ao invés de tubos perfurados ou saídas de tubos livres .	Redução do consumo de água e do volume dos efluentes líquidos líquidos
Fazer limpeza cuidadosa a seco, antes de qualquer lavagem com água – catação, varrição, raspagem, sucção de resíduos de pisos, instalações e equipamentos.	Redução do consumo de água, do volume e da carga poluente dos efluentes líquidos líquidos; aumento do aproveitamento de resíduos sólidos
Após as limpezas a seco, utilizar sistemas de alta pressão e baixo volume para fazer as lavagens com água.	Redução do consumo de água e do volume dos efluentes líquidos líquidos
Utilizar sistemas de acionamento automático do fluxo de água (sensores de presença, por exemplo) nas estações de lavagem das mãos, de esterilização de facas e outros locais; pedais, botões ou outro sistema prático de acionamento mecânico são opções possíveis.	Redução do consumo de água e do volume dos efluentes líquidos líquidos
Controlar as quantidades de água e de produtos de limpeza e sanitização, visando sua otimização. Sistemas dosadores adequadamente regulados e/ou recipientes calibrados com as quantidades corretas de produtos são alternativas para este controle.	Redução do consumo de água, do volume e da carga poluente dos efluentes líquidos líquidos; redução do consumo de detergentes/sanitizantes
Utilizar água quente somente onde realmente necessária e sem desperdício - em geral, em áreas com resíduos gordurosos; sangue e caldos de carne, materiais proteicos, tendem a grudar nas superfícies, com o calor – para estes, melhor iniciar lavagem com água fria.	Redução do consumo de combustíveis, de água, de produtos de limpeza e do volume dos efluentes líquidos líquidos
Acondicionar adequadamente todos os resíduos coletados (recipientes e áreas secas, com coberturas e preferencialmente fechadas) e destiná-los para aproveitamento ou para disposição final o mais rápido possível.	Redução do consumo de água, do volume e da carga poluente dos efluentes líquidos líquidos; aumento do aproveitamento de resíduos sólidos; redução da emissão de substâncias odoríferas

Fonte: Autora.

Mediante os dados apresentados até aqui e, associando o exposto na literatura consultada com a realidade da unidade industrial, entende-se que algumas das alternativas para reuso de efluentes líquidos são mais viáveis do que outras. Das várias alternativas sugeridas na literatura, forme exposto na figura 10 este trabalho considerou apenas as que

garantam que contaminações cruzadas não aconteçam e parâmetros sanitários e ambientais sejam mantidos, ou seja, serão consideradas apenas reuso em atividades nas quais não exista contato direto ou indireto com os alimentos.

Figura 10: fluxograma do consumo atual x proposta de reuso.



Fonte: Autora.

Dentre as atividades que possibilitam o reuso sem oferecer risco de contaminação, as principais indicações são:

- a) Rega de jardins;
- b) Caldeiras;
- c) Torres de resfriamento;
- d) Higienização de equipamentos;
- e) Descarga de sanitários;
- f) Lavagens de pisos, pátios e áreas afins.

5.7 CONTEXTUALIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS E ANÁLISE DE VIABILIDADE

Cada uma das alternativas listadas acima fora estruturada considerando a viabilidade econômica, as adequações no layout atual da unidade industrial e principalmente a segurança (sanitária e ambiental) do reuso. Dessa forma tem-se as seguintes situações:

- a) Rega de jardins: Não existem áreas paisagísticas no perímetro da fábrica. Como o cultivo de plantas (frutíferas e ornamentais) pode atrair vetores, essa prática não é incentivada, logo, essa alternativa não é viável para uma unidade industrial.
- b) Caldeiras: A água de abastecimento das caldeiras precisa ter seus parâmetros monitorados ininterruptamente. Alcalinidade, Cloreto, Condutividade, pH e Sílica são alguns dos pontos que precisam de atenção constante para garantir a eficiência da geração de vapor e ar quente. Durante o processo de reutilização do efluente líquido pós tratamento podem ocorrer reações que não acontecem em ambiente controlado, como por exemplo o acúmulo de cloro que podem interferir e até interromper o funcionamento da caldeira.
- c) Torres de resfriamento: A unidade industrial possui 8 unidades satélites de geração de frio além da sala de máquinas central e o mesmo risco mencionado para as caldeiras justifica que o reuso de água nessa atividade precisa de atenções que hoje não podem ser oferecidas pela empresa. Como as unidades de geração de frio são espalhadas pelo complexo industrial, seriam necessárias grandes extensões de tubulação para abastecimento, aumentando o risco de incrustamento das mesmas e a potencialidade de acidente com o aquecimento de áreas críticas.
- d) Higienização de equipamentos: Por mais que sejam utilizados sanitizantes ao final de cada processo de higienização, a diluição destes produtos não assegura que a água de reuso não seja veículo para contaminação microbiológica. Por este motivo, higienizações de locais em que são produzidos os alimentos não são viáveis para utilização de água de reuso.
- e) Descargas de sanitários: Como existem banheiros dispostos nos processos produtivos, indiretamente pode haver contato da água de reuso com o alimento.
- f) Lavagens de pisos, pátios e áreas afins: por último, porém com a maior relevância entre as alternativas apresentadas, temos reuso de efluentes líquidos pós tratamentos para lavagens de áreas externas.

Do ponto de vista de segurança sanitária, o reuso nos lavadores pode ser considerado viável uma vez que são atividades que acontecem em local independente e distante do contato com os processos produtivos. Também como ponto positivo, podemos citar a sanitização que já faz parte do padrão de lavagem e que garante a qualidade exigida nesta higienização mesmo com o uso de água não potável.

Sobre as adequações de layout, ambos lavadores já possuem caixas de água instalados no local que funcionam como reservatórios de uso imediato e que podem também ser utilizados como local dos ajustes necessários do efluente líquido pós tratamento, dessa forma não demandam grandes ajustes grandes ajustes.

5.7.1 ESTIMATIVA DE ECONOMIA PARA AS ALTERNATIVA PROPOSTA

Algumas das alternativas propostas possuem menor viabilidade para aplicação na unidade industrial ou necessitam de alto investimento financeiro, impossibilitando sua instalação em curto prazo. Todavia, foi estimado a redução no volume de água potável e a representatividade dessa economia nos considerando o volume diário consumido de 12.805 m³/dia:

- a) Rega de jardins: Baseando nas imagens de satélite, acredita-se que menos de 50% do perímetro da unidade industrial seja de área edificada, algo em torno de 200.000m² de área verde. Segundo recomendações de empresas especializadas em paisagismo, cada tipo de vegetação necessita de uma irrigação específica, e uma área plantada com grama simples necessita em média de 0,16 l/m² (0,00016 m³/dia) ao dia. Dessa forma, para a irrigação diária, o consumo médio seria de 32.000 l/dia ou 32 m³/dia, o que representa 0,25% do total diário consumido.
- b) Caldeiras: De acordo com as medições dos hidrômetros do setor, o consumo de água de cada caldeira é em média 300m³/dia. A unidade industrial possui três caldeiras, o que totaliza 900 m³/dia, o que representa 7% do total diário consumido.
- c) Torres de resfriamento: De acordo com as medições dos hidrômetros, o consumo de água das unidades geradoras de frio instaladas é em média 1.600m³/dia, o que representa 12% do total diário consumido.
- d) Higienização de equipamentos: De acordo com as medições dos hidrômetros setor, o consumo de água para os pontos de higienização é em média 1.500m³/dia. Considerando os setores de aves, suínos e industrializados estima-se que o valor médio diário gasto pela higienização é de 4.500 m³/dia, o que representa 35% do total diário consumido.
- e) Descarga de sanitários: O gasto hídrico com sanitários é baseado no indicado pela ONU de 110 l/dia por pessoa. Considerando que o complexo industrial tenha 7.300 funcionários, o gasto estimado para limpeza sanitária é em média 803 m³/dia, o que representa 6,3% do total diário consumido.
- f) Lavagens de pisos, pátios e áreas afins:

Considerados como equipamentos críticos, os lavadores de caminhões de transportes de animais, e representam a alternativa com maior possibilidade de aplicação.

Quando os animais estão em idade para abate, eles são transportados das granjas até a unidade industrial por meio de caminhões de transportadoras terceirizadas. Ao descarregarem os animais nas respectivas docas de abate, estes caminhões são higienizados antes de sair da

indústria, afim de mitigar o ciclo de contaminação dos patógenos entre os animais trazidos para o abate e o próximo frete a ser realizado. Essa higienização acontece em dois lavadores independentes, um no frigorífico de aves e outro no de suínos, ambos localizados na área externa dos processos, todavia ainda dentro do complexo industrial, e seguem o fluxo: aplicação de água, aplicação de detergente seguido por ação mecânica, enxague e sanitização. Juntos os lavadores consomem o volume de 550 m³/dia de água, e atualmente são abastecidos pelos reservatórios de água tratada da ETA. Em caso de utilização de água de reuso, a redução no total de água seria em torno de 4,3%.

6 CONCLUSÃO

Com base na metodologia adotada, nos parâmetros monitorados e nos resultados obtidos, conclui-se que por mais que existem muitas indicações, estudos e projetos, sabemos que as adequações para empresas fazerem reuso de efluentes líquidos pós tratamento é um fator limitante para aumentar a execução dessa alternativa.

O reuso do efluente líquido pós tratamento gerado na ETE da unidade industrial é viável, porém, demanda de investimentos para adequações físicas, monitoramentos em tempo real dos pontos de aplicação e treinamento operacional.

Dentre as alternativas apresentadas, a que mais se adequa nas condições atuais da empresa é a utilização da água residuária nos lavadores de caminhões, contribuindo com a redução de aproximadamente 4,3% no consumo diário de água potável.

Conclui-se também que as demais alternativas de reuso, bem como novas sugestões, podem ser planejadas e projetadas a médio prazo. É possível a realizar o reuso sem comprometer a qualidade do processo produtivo, desde que seja garantido seu uso apenas em atividades menos nobres.

As várias alternativas mencionadas quando consideradas de forma individual, contribuem com poucos volumes de redução. Todavia, quando propostas em conjunto podem sim garantir a redução do consumo de água e ainda, com o lançamento de efluentes líquidos tratados no meio ambiente.

7 REFERÊNCIAS

ABPA, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Site corporativo. Disponível em <https://abpa-br.org/>

ALUKWE, I.A.; DILLAHA, T. Effects of watershed land use data on HSPF water quality in the upper opequon watershed in Northern Virginia, USA. *American Journal of Water Resources*, v.2, p.54- 62, 2014. DOI: 10.12691/ajwr-2-3-1.

AMAE, Agência Municipal de Regulação dos serviços de água e esgoto. Relatório de fiscalização RF/DNFC/CFC/0006/2020.

\ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos Brasil, edição de 2017. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf>

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos Brasil, edição de 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/>

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: DOU 8/1/1997.

BUGALLO, P. M^a. B. et al. Analysis of the slaughterhouses in Galicia (NW Spain). *Science Of the Total Environment*, 481, 656-661, 2014.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. *Journal Of Environmental Management*, 161, 287-302, 2015.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M. Treatment of an actual slaughterhouse wastewater by integration of biological and advanced oxidation processes: Modeling, optimization, and cost-effectiveness analysis. *Journal Of Environmental Management*, 182, 651-666, 2016.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M. Treatment of actual slaughterhouse wastewater by combined anaerobic–aerobic processes for biogas generation and removal of organics and nutrients: An optimization study towards a cleaner production in the meat processing industry. *Journal Of Cleaner Production*, 141, 278-289, 2017.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Guia Técnico Ambiental de Frigoríficos de Industrialização de Carnes (Bovina e Suína) – Série P+L, 2008.

CHAVES, H.M.L.; SANTOS, L.B. dos. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.922-930, 2009.

CNRH, O CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. RESOLUÇÃO No 54, DE 28 DE NOVEMBRO DE 2005.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA N° 430 de 13 de maio de 2011.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Trimestral do Abate de Animais, 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/33210-abate-de-frangos-e-suinos-bate-recorde-e-o-de-bovinos-volta-a-cair-em-2021>.

SIDRA, Sistema IBGE de Recuperação Automática. Pesquisa Trimestral do Abate de Animais, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/abate/tabelas>.

GALATTO, S.L.; ALEXANDRE, N.Z.; PEREIRA, J.L.; PATRÍCIO, T.B.; VASSILIOU, M.; FERNANDES, A.N.; FRASSETTO, J.; VALVASSORI, M.L. Diagnóstico ambiental de nascentes no município de Criciúma, Santa Catarina. Revista de Ciências Ambientais, v.5, p.39-56, 2011.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S. et al. Life Cycle Assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study. Journal Of Cleaner Production.

METCALF & EDDY; Wastewater Engineering: treatment and reuse. New York. Ed. McGraw-Hill, 2003.

MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I. Água na indústria: uso racional e reuso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MORETTO, D. Avaliação da remoção de pigmentação de calda de indústria de balas utilizando peróxido de hidrogênio promovido com íon hidroxila. Erechim, Desertion (Mestranol me Engenharia de Alimentos) – URI, 2011.

NIELSEN, A.; TROLLE, D.; SØNDERGAARD, M.; LAURIDSEN, T.L.; BJERRING, R.; OLESEN, J.E.; JEPPESEN, E. Watershed land use effects on lake water quality in Denmark, Ecological Applications, v.22, p.1187-1200, 2012.

OLIVO, R. O Mundo do Frango, Cadeia Produtiva da Carne do Frango. Criciúma: Editora do Autor, 2006.

PRABAKAR, D. et al. Pretreatment technologies for industrial effluents: Critical review on bioenergy production and environmental concerns. *Journal Of Environmental Management*, 218, 165-180, 2018.

PEREIRA, E. L. et al. Physico-chemical and Ecotoxicological Characterization of Slaughterhouse Wastewater Resulting from Green Line Slaughter. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(6), 1-12, 2016.

RAMJEAWON, T. Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories. *Journal of Cleaner Production*, V.8, p. 503-510. 2000.

SILVA, D.S. da; GALVÍNCIO, J.D.; ALMEIDA, H.R.R. de C. Variabilidade da qualidade de água na bacia hidrográfica do Rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. *Qualit@s Revista Eletrônica*, v.9, p.1-17, 2010.

VON SPERLING, Marcos. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. V. 7. 2ª ed. Belo Horizonte, MG: UFMG, 2014.

VON SPERLING, Marcos. Princípios básicos do tratamento de esgotos. V. 2, Belo Horizonte, MG: UFMG, 2014.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2º. ed. v.1, Belo Horizonte, MG: UFMG, 1996.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. *Biota Neotropica*, v.10, 2010.