



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Victória Cecília Moreira Nunes Lemos

Tratamento de Efluentes da Indústria de Sucos

UBERLÂNDIA

Dezembro/2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Victória Cecília Moreira Nunes Lemos

Tratamento de Efluentes da Indústria de Sucos

**Monografia submetida à Universidade Federal de
Uberlândia como parte dos requisitos necessários na
disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso de
Engenharia Química.**

Orientador: Profa. Dra. Fabiana Regina Xavier Batista

UBERLÂNDIA

2017

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DA DISCIPLINA
PROJETO DE GRADUAÇÃO DE VIKTÓRIA CECÍLIA LEMOS APRESENTADA À
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, 20 DE DEZEMBRO 2017.

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dra. Fabiana Regina Xavier Batista
Orientador - FEQUI/UFU

Prof.^a Dra. Patrícia Angélica Vieira
FEQUI/UFU

Doutoranda Letícia de Moura Souza
PPG-EQ/FEQUI/UFU

RESUMO

Devido ao crescimento das indústrias e desenvolvimento de seus processos de fabricação, evidencia-se um aumento da geração de resíduos líquidos que tem a necessidade de serem tratados corretamente antes de serem descartados ou utilizados para outros fins. Em destaque está a indústria de alimentos, que devido à utilização das Boas Práticas de Fabricação (BPF) e da necessidade das frequentes limpezas de equipamentos e utensílios, a geração de efluentes pode ser um problema. Com a finalidade de avaliar de maneira crítica os métodos utilizados no tratamento de efluentes de uma indústria de bebidas, foi realizado um estudo de caso para uma Empresa Y, produtora de sucos pronto para beber e sucos concentrados, mostrando alguns pontos em que seu processo de tratamento pode ser melhorado.

Palavras chave: Indústria de Bebidas. Resíduos Líquidos. Tratamento de Efluentes.

ABSTRACT

Due to the growth of the industries and the development of their manufacturing processes, there is an increase in the generation of liquid waste that needs to be treated correctly before being discarded or used for other purposes. The food industry highlights the fact that due to the use of Good Manufacturing Practices (GMP) and the need for frequent cleaning of equipment and utensils, the generation of effluents can be a problem. In order to evaluate critically the methods used in the treatment of effluents from a beverage industry, a case study was carried out for Empresa Y, a producer of ready-to-drink juices and concentrated juices, showing some points in which its process of treatment can be improved.

Keywords: Beverage Industry. Liquid Waste. Wastewater Treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma ETE	24
---------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de vazões por categoria de efluente.....	25
Tabela 2 - Parâmetros dos Efluentes na saída da ETE.....	25
Tabela 3 - Caracterização do Efluente durante o mês de Janeiro.....	26
Tabela 4 - Caracterização do Efluente durante o mês de Fevereiro.....	26
Tabela 5 - Caracterização do Efluente durante o mês de Março.....	27
Tabela 6 - Caracterização do Efluente durante o mês de Abril.....	27
Tabela 7 - Caracterização do Efluente durante o mês de maio.....	28
Tabela 8 - Caracterização do Efluente durante o mês de Junho.....	28
Tabela 9 - Volume de Efluente tratado durante alguns dias do mês de Janeiro.....	29
Tabela 10 - Volume de Efluente tratado durante alguns dias do mês de Março.....	29
Tabela 11 - Volume de Efluente tratado durante alguns dias do mês de Junho.....	29
Tabela 12 - Problemas, causas e correções detectadas no sistema.....	32

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	9
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 TRATAMENTO DE EFLUENTES: VISÃO GERAL.....	12
2.2 LEGISLAÇÃO.....	14
2.2.1 POLÍTICA AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA.....	15
2.3 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE SUCOS.....	15
2.3.1 EXTRAÇÃO.....	15
2.3.2 INATIVAÇÃO ENZIMÁTICA.....	16
2.3.3. REFINO.....	16
2.3.4 DESAERAÇÃO.....	16
2.3.5 CONSERVAÇÃO.....	16
2.3.5.1 PASTEURIZAÇÃO.....	16
2.3.5.2 CONSERVAÇÃO POR PROCESSO QUÍMICO.....	16
2.3.5.3 ACONDICIONAMENTO ACÉPTICO.....	17
2.3.6 UTILIDADES E OPERAÇÕES AUXILIARES.....	17
3 – ESTUDO DE CASO.....	20
3.1 ORIGENS DOS EFLUENTES LÍQUIDOS.....	20
3.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO.....	20
3.2.1 ETAPAS DO TRATAMENTO PRELIMINAR.....	20
3.2.2 ETAPAS DO TRATAMENTO PRIMÁRIO.....	21
3.2.3 ETAPAS DO TRATAMENTO SECUNDÁRIO.....	21
3.2.4 ETAPAS DO TRATAMENTO DO LODO.....	21
3.3 DESCRIÇÃO DETALHADA DO SISTEMA.....	21
3.4 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE.....	25
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
3.6 PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DO PROCESSO VIGENTE.....	30
4 – CONCLUSÃO.....	33
5 – BIBLIOGRAFIA.....	34

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o cenário ambiental global expõe os inúmeros passivos ambientais gerados pelas atividades industriais humanas: recursos não renováveis são explorados sem nenhum amparo ambiental, diferentes ecossistemas submetem a intenso consumo e políticas de conscientização são mal acompanhadas. Toda essa conjuntura exige que cada vez mais medidas de gestão sejam tomadas em prol do desenvolvimento sustentável, alinhando os ramos industriais com o desenvolvimento ambiental consciente.

A gestão de resíduos está contida no conceito mais amplo de sistema de gestão ambiental, que consta de ações desempenhadas pelo setor público (políticas públicas), pelo setor produtivo e pela sociedade em geral, visando o uso racional e sustentável dos recursos ambientais (FLORIANO, 2007).

A internalização de uma postura de desenvolvimento sustentável no Brasil é um processo que tange a esfera social, econômica e, logicamente a ambiental. Entretanto, para se alcançar uma eficiência considerável, medidas multisetoriais devem ser tomadas, incluindo desde planos de educação ambiental nas escolas, facilitações fiscais a empresas ambientalmente conscientes, maior apoio fiscal nas políticas ambientais até mesmo valorização dos profissionais de atuação ambiental. Portanto, a eficácia de uma conscientização ambiental nacional depende diretamente de medidas que integram, principalmente, o sistema político e o educacional.

Neste cenário, uma atenção especial voltada para a preservação do meio ambiente, para a saúde e segurança passa a ser de extrema importância para o desempenho de qualquer empresa. Diante desta conjuntura, novos conceitos e ações são agregados às políticas institucionais de cada empresa, a fim de mantê-las competitivas no mercado.

Além disso, deve-se mencionar que a água é um fator essencial para o desenvolvimento socioeconômico de uma região, portanto ela deve ser considerada como um recurso estratégico e estruturante para assim, garantir que seu uso seja sempre consciente. Com as legislações mais rígidas, em relação à proteção ambiental dos

recursos hídricos, o custo a ser pago pela sua disponibilidade e a sua constante escassez (água natural) gera preocupações para as indústrias e a toda sociedade. Tornam-se cada vez mais necessários processos de tratamentos eficientes que conduzam ao reúso e ao reciclo das águas residuárias e técnicas para a prevenção da poluição devem ser consideradas. Como consequência, as organizações voltam suas atenções para os potenciais impactos que suas atividades, produtos e serviços causam ao meio ambiente. Assim como em outros setores, a indústria de bebidas não é exceção.

O chamado tratamento de *fim de linha* (*end of pipe*) foi a primeira forma de controle de poluição dos recursos hídricos. Depois, uma visão modernizada com relação aos efluentes industriais, o conceito *in plant design*, que não se baseia apenas no tratamento do efluente final, mas sim na busca intensa de tecnologias mais limpas, na minimização e reúso de efluentes (em termos de volume e concentração de poluentes) dentro do processo industrial, e não simplesmente no problema, foi implantado (MELO, 2005).

Sobre o segmento industrial de bebidas, a origem dos efluentes provém principalmente das etapas de lavagem (seja dos vasilhames, equipamentos ou da instalação em si, das tubulações e pisos), das águas de sistemas de resfriamento, das águas utilizadas diretamente no processo industrial ou incorporadas ao produto, do descarte de produtos defeituosos ou retornados do mercado e dos esgotos sanitários dos funcionários (SANTOS e RIBEIRO, 2005).

Os efluentes gerados na indústria de bebidas são ricos em açúcares, possuem pH alcalino, temperatura ambiente e apresentam elevada carga orgânica (DBO, DQO e sólidos totais), fazendo-se necessário um tratamento adequado da água de processo, antes de retorná-la à natureza. O tratamento irá garantir e assegurar a eco eficiência, no sentido de evitar ou reduzir os danos ao homem e ao ambiente, assim como, possibilitar o reuso deste efluente tratado com a associação de diversos níveis de tratamento, devido à variabilidade da composição dos efluentes industriais gerados nestas indústrias, muda de acordo com o processo produtivo, principalmente em função da tecnologia empregada durante as etapas de lavagem, a fim de tornar efetiva a remoção dos poluentes.

A destinação final apropriada dos efluentes industriais institui um dos grandes problemas da sociedade moderna, já que a sua formação tem-se alterado ao longo dos

últimos anos e a geração tem aumentado assustadoramente (devido às demandas de consumo da população).

O propósito deste trabalho foi avaliar o método de tratamento de efluentes gerados nas indústrias de suco através do estudo de caso na Empresa de Sucos Y.

A escrita deste trabalho está conforme publicação de Fuchs, Pinheiro e França (2013), por sua vez referenciada nas normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2005).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tratamento de Efluentes: visão geral

Efluente industrial é todo o despejo líquido gerado nas diversas etapas de um processo produtivo, isto é, toda a água que é utilizada em uma indústria e, posteriormente, após tratamento, descartada. De acordo com a norma brasileira da ABNT – NBR 9800/1987, efluentes industriais são “despejos líquidos provenientes das áreas de processamento industrial, incluindo os originados nos processos de produção, as águas de lavagem de operação de limpeza e outras fontes, que comprovadamente apresentem poluição por produtos utilizados ou produzidos no estabelecimento industrial”.

O primeiro passo para tratar os efluentes é realizar um estudo acerca das suas características, baseado na descrição dos materiais empregados nas etapas do processo produtivo. Assim, pode-se avaliar a presença de substâncias orgânicas e inorgânicas, metais pesados, hidrocarbonetos, corantes, detergentes, dentre outros.

Com esses dados, consegue-se definir quais indicadores devem ser utilizados, a fim de quantificar as substâncias presentes no efluente. Também são medidos parâmetros como pH, temperatura, cor, turbidez, alcalinidade, oxigênio dissolvido e a vazão.

O funcionamento de uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE) compreende basicamente:

1. Operações físicas unitárias: formas de tratamento dos efluentes nas quais se utiliza forças físicas para remoção de contaminantes. Entre estas, pode-se citar a sedimentação, flotação, filtração, gradeamento, entre outros.
2. Processos químicos unitários: métodos de tratamento nos quais através da adição de produtos químicos ou de reações químicas ocorre a remoção ou conversão de contaminantes presentes nos efluentes. Cabe citar como exemplo a precipitação, desinfecção e adsorção.
3. Processos biológicos unitários: métodos de tratamento nos quais através de atividade biológica ocorre a remoção de contaminantes presentes nos efluentes. Entre tais atividades, pode-se citar a nitrificação e a desnitrificação.

Esses métodos estão aplicados ao longo do processo do tratamento e por sua vez, são classificados entre os seguintes estágios (TELLES e COSTA, 2010):

a. Tratamento Preliminar

Constituído basicamente por processos físicos. Visa à remoção de sólidos grosseiros e de areia, bem como controlar a vazão afluyente através da utilização de grelhas e de crivos grossos (gradeamento), e também a separação da água residual das areias a partir da utilização de canais de areia (desarenação).

b. Tratamento Primário

O tratamento primário é constituído basicamente por processos físico-químicos. Nesta etapa procede-se a equalização e neutralização da carga do efluente a partir de um tanque de equalização e adição de produtos químicos. Visa à remoção da matéria orgânica e dos sólidos em suspensão através de processos de floculação e sedimentação, utilizando floculadores e decantador (sedimentador) primário.

c. Tratamento Secundário

Etapla na qual ocorre a remoção da matéria orgânica, por meio de reações bioquímicas. Os processos podem ser Aeróbicos ou Anaeróbicos. Os processos Aeróbicos simulam o processo natural de decomposição, com eficiência no tratamento de partículas finas em suspensão. O oxigênio é obtido por aeração mecânica (agitação) ou por insuflação de ar. Já os Anaeróbicos consistem na estabilização de resíduos feita pela ação de microrganismos, na ausência de ar ou oxigênio elementar. O tratamento pode ser referido como fermentação mecânica.

d. Tratamento Terciário

No tratamento terciário ocorre a remoção de poluentes específicos, ou ainda a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. Dentre os principais contaminantes removidos encontram-se nutrientes, poluentes tóxicos, patogênicos, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes e desinfecção de efluentes tratados.

2.2 Legislação

Os padrões ambientais para o lançamento de efluentes nos corpos d'água do Brasil são definidos pela resolução CONAMA 430/2011 que complementa a resolução 357/2005, contudo a legislação é flexível de Estado para Estado.

A Resolução CONAMA n 357, de 17 de março de 2005, estabelece que “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam as condições, padrões e exigências dispostos nessa Resolução e em outras normas aplicáveis”.

A legislação ambiental é bastante complexa, mesmo aquela somente aplicada à indústria. Como o presente trabalho é sobre o tratamento de efluentes industriais é necessário conhecer os padrões de lançamento dos efluentes. Os parâmetros para controle da carga orgânica são aplicados de forma muito diferente entre alguns Estados.

No Estado do Rio de Janeiro, por exemplo, a avaliação é feita utilizando-se os parâmetros DBO e DQO. Em relação à DBO, a eficiência está diretamente ligada a carga orgânica em duas faixas: até 100 Kg DBO/d 70% e acima de 100 Kg DBO/d 90%. Em relação à DQO o controle é realizado por concentração existindo uma tabela na qual a tipologia da indústria é o indicador. Em contra partida, no Estado de São Paulo o controle é realizado utilizando-se somente a DBO como parâmetro, sendo exigida a redução de carga orgânica de 80% ou que a DBO apresente concentração máxima de 60 mg O₂/L.

No Estado de Minas Gerais o controle é realizado de duas formas: através da concentração tanto da DBO quanto da DQO, sendo os limites de 60 e 90 mg O₂/L respectivamente; Por eficiência de redução da carga orgânica em relação à DBO mínima de 85%, sendo atendidas em relação à DBO pelo menos uma das duas condições. Estes parâmetros são aplicados indistintamente para quaisquer indústrias.

Apenas os Estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul estabelecem limites de concentração para os sólidos em suspensão, que na maioria dos casos, de composição orgânica podem ser relacionados diretamente com a DQO.

2.2.1 Política Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia

A Política Ambiental da UFU (UFU, 2012), estabelecida em 2012, é um exemplo de uma das etapas do SGA (Sistema de Gestão Ambiental), na qual deveriam ser referenciadas ações em favor do meio ambiente. O objetivo é refletir a preocupação da universidade com o meio ambiente e com a qualidade de vida da comunidade. A Resolução N°26/2012, do Conselho Universitário, visa à implantação de ações que permitam que a sociedade usufrua dos recursos disponíveis no meio ambiente de forma ecologicamente correta para que o mesmo seja preservado para as presentes e futuras gerações (UFU, 2012).

O compromisso da UFU consta do artigo 3º: “A UFU se compromete a agir em prol da prevenção da poluição e da conservação e restauração do meio ambiente, atendendo aos requisitos legais aplicáveis e transcendê-los, como forma de exemplo, quando possível, proporcionando a melhoria contínua do seu desempenho ambiental, para o desenvolvimento sustentável, em todos os seus espaços de atuação”.

Embora estabelecida institucionalmente, esta política ambiental ainda tem sua implementação deficiente (COELHO; MARAGNO; BURJAILI, 2015) e está em constante aperfeiçoamento.

2.3 Processo de fabricação de Sucos

As principais etapas do processamento de suco de frutas, de acordo com Rosenthal et al. (2003) são:

2.3.1 Extração

Esta é a primeira etapa, onde o suco é separado das cascas, fibras, sementes e outras partes não comestíveis em despoldadeiras ou em extratores do tipo prensa. Visando o aumento do rendimento de extração de suco, esse processo pode ser associado a um tratamento enzimático da polpa.

2.3.2 Inativação enzimática

Após a extração, a poupa é submetida a um tratamento térmico para inibir/minimizar as transformações enzimáticas e reduzir a carga microbiana ali presente, que deterioram o produto. Nesse caso, é necessária a realização da etapa de inativação enzimática (75°C a 80°C/ 15 a 30 seg.), imediatamente após a extração.

2.3.3 Refino

A operação de refino tem por objetivo a remoção da polpa de algumas frutas, como a manga e o abacaxi, composta de material fibroso e sólidos (pectina e celulose) que pode prejudicar a qualidade do produto. Nessa operação costuma-se usar centrífugas, filtros, ou mesmo despulpadeiras com peneiras de malha bem fina.

2.3.4 Desaeração

A desaeração consiste na eliminação do ar, que é incorporado ao produto durante as fases de extração e refino e provoca alterações de cor, aroma e sabor. Esta operação pode ser efetuada em um desaerador do tipo centrífugo ou do tipo instantâneo, onde é colocado em linha com o pasteurizador, para que o suco só atinja a temperatura de pasteurização após a eliminação do oxigênio.

2.3.5 Conservação

2.3.5.1 Pasteurização

Consiste na esterilização do produto, através de um tratamento térmico com o uso de temperaturas de cerca de 99°C +/- 4 °C durante 10 a 20 min, seguido de resfriamento. Podem ser utilizados cozedores rotativos ou túneis de pasteurização.

2.3.5.2 Conservação por processo químico

Consiste na adição de conservantes químicos, após o resfriamento do suco pasteurizado até a temperatura ambiente. Os conservantes mais comuns são o ácido sórbico, o ácido benzóico ou seus derivados de sais de sódio e potássio. O teor máximo desses compostos, legalmente permitido para produtos de consumo direto, é de 0,1% em

peso. Empregando-se conservantes, o suco de fruta pode ser mantido em perfeitas condições por, aproximadamente, seis meses.

2.3.5.3 Acondicionamento asséptico

O processo asséptico engloba, basicamente, uma combinação de princípios de esterilização à alta temperatura durante um breve período de tempo, com métodos de acondicionamento asséptico. O processo difere dos tradicionais, porque o produto é rapidamente esterilizado e resfriado, antes de ser embalado sob condições de assepsia.

Esse processo é feito, normalmente, bombeando-se o produto sucessivamente por trocadores de calor (aquecimento à alta temperatura; retenção sob calor e resfriamento) do tipo tubular ou de superfície raspada (para o caso de polpas). O produto, devidamente esterilizado, flui para as unidades de condicionamento, onde é colocado em embalagens previamente esterilizadas, sem nenhum contato, portanto, com o ar atmosférico ou qualquer fonte de contaminação.

Antes do início das operações de enlatamento ou entamboramento, os trocadores de calor, tubulações, bombas sanitárias e todos os demais equipamentos são esterilizados por meio de água quente sob pressão, em temperatura variando de 149°C a 163°C. Já as unidades de acondicionamento e de fechamento são esterilizadas por meio de vapor superaquecido à temperatura não inferior a 200°C - 204°C. Essas unidades devem ser mantidas estéreis durante a operação de embalagem de produto .

O processo asséptico dá origem a um produto final de excelente qualidade, quanto às características básicas de cor, sabor, aroma, quando comparados aos métodos tradicionais.

2.3.6 Utilidades e operações auxiliares

a) Lavagem dos equipamentos

A limpeza dos equipamentos é realizada por linha de produção. A limpeza torna-se necessária com a detecção de possíveis sujidades, na troca de processamento de sucos de outros sabores ou de tempos em tempos já estabelecidos. São usadas soluções aquecidas de KOH ou NaOH a aproximadamente 70°C em duas passadas. Água potável

é usada na primeira passada, seguindo-se passagem da solução quente, condensado, solução quente, e duas passadas para enxaguar, sendo a primeira de condensado e a última de água potável, conforme regras de higienização. As plantas de produção adotam uma série de cuidados de higiene durante todo o processamento, de acordo com legislação regida pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento e Ministério da Saúde/Secretaria da Vigilância Sanitária. A principal legislação adotada pelas empresas do setor está listada a seguir.

- Portaria MAPA nº.40 de 20/01/98 - Aprova o Manual de Procedimentos no Controle de Produção de Bebidas e Vinagres; Portaria MAPA nº.46 de 10/02/98 - Institui o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle- APPCC;
- Portaria MAPA nº.368 de 04/09/97 - Aprova o Regulamento Técnico sobre as condições Higiênico – Sanitárias; Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores / Industrializadores de Alimentos;
- Portaria MS/SVS nº.326 de 30/07/97 - Aprova o Regulamento Técnico - “Condições Higiênico Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos”.

b) Sistemas de limpeza CIP (*clean in place*)

Os sistemas de limpeza – CIP são utilizados para manter as condições necessárias de higiene e desinfecção no processo produtivo. De modo simplificado o solvente (água), adicionado de agentes de limpeza (alcalinos), é bombeado para bicos injetores estrategicamente localizados nos equipamentos, que aplicam jatos pressurizados nas áreas a serem limpas. Na indústria de bebidas, os sistemas CIP estão presentes em extratoras, tanques de formulação, enchedoras, pasteurizadores e em todas as tubulações por onde o suco escoa.

c) Produção de água quente e vapor

Em diversas operações do processo é necessário o uso de água quente ou de vapor de processo que são produzidos nas caldeiras movidas a óleo combustível, óleo diesel, gás natural ou bagaço de cana.

d) Refrigeração

O suco concentrado é resfriado em *flash coolers* (Refrigerador Flash) e enviado aos trocadores de calor, operação que reduz sua temperatura para -8 °C, que ainda permite o bombeamento do suco. A etapa seguinte é a estocagem do suco em *tank-farms*, tanques de aço com capacidade de 1000 a 3000 toneladas de suco. Para resfriar as câmaras dos *tank-farm*, o sistema de refrigeração usa amônia como fluido térmico.

e) Tratamento de água

A água utilizada na empresa tem um destino principal: o uso no processamento, em contato ou não com o produto, podendo ser captada em poços ou cursos d'água, sendo enviada para uma estação de tratamento. Neste sistema, a água passa por telas finas para reter as partículas sólidas presentes. Após ter seu pH corrigido, são adicionados floculantes para remover as partículas em suspensão. Os sólidos são separados em um decantador. A etapa de polimento é feita com filtros de areia, que removem as partículas finas, restando a desinfecção, realizada por ozonização, cloração com cloro ou dióxido de cloro, ultravioleta, entre outros.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Origens dos Efluentes Líquidos

O efluente bruto que chega à Estação de Tratamento é constituído por esgoto doméstico e despejos industriais. Os efluentes são conduzidos por tubulações independentes até a Estação de Tratamento.

O esgoto doméstico é constituído pelo esgoto sanitário (vasos sanitários, mictórios, lavatórios e chuveiros), água residuária da cozinha e do refeitório, além de águas de lavagem de pisos dos banheiros, cozinha e refeitório.

Os despejos industriais são constituídos por águas de lavagem das frutas e de equipamentos de produção, águas de lavagem de tubulações, de pisos das áreas fabris, águas residuais dos laboratórios, águas de purgas e trocas das torres de refrigeração, sistema de drenagem (ralos) das áreas internas dos depósitos e das áreas internas da manutenção.

3.2 Descrição do Processo de Tratamento

A Estação de Tratamento receberá todos os efluentes líquidos industriais e sanitários gerado pela Empresa Y.

O sistema de tratamento é composto pelas etapas: preliminar, primária, e secundária e, por fim, o tratamento de lodo. A etapa preliminar consiste em peneiramento, equalização, medição/controle de pH e homogeneização; a etapa primária consiste em coagulação, floculação e flotação; a etapa secundária é composta por tratamento biológico utilizando o processo de lodos ativados em sua variante Aeração, lavagem dos gases, seguida de tratamento de lodo que é composto por tanque de lodo, floculação, e desaguamento mecânico.

3.2.1 Etapas do Tratamento Preliminar:

- Peneiramento;
- Medição e controle de pH;

- Equalização.

3.2.2 Etapas do Tratamento Primário:

- Coagulação;
- Floculação;
- Flotação.

3.2.3 Etapas do Tratamento Secundário:

- Aeração;
- Lavagem dos gases;
- Decantação Secundária;
- Retorno do Lodo.

3.2.4 Etapas do Tratamento do Lodo:

- Tanque de Lodo;
- Floculação;
- Desaguamento Mecânico

3.3 Descrição Detalhada do Sistema

O Efluente Industrial chega a ETE por gravidade, passando por uma peneira mecânica, que tem a função de reter os sólidos com espessura maior que 3 mm e então, esse efluente livre de sólidos grosseiros é acumulado no Tanque de efluente Bruto (A). Os sólidos retidos na peneira são transportados através de uma esteira e descarregados em uma caçamba de coleta apropriada e então conduzidos para o destino final, geralmente aproveitados para uso agrícola.

Os três Tanques de Pré- Decantação e Homogeneização (D, E e F) recebem todo efluente após passar pela peneira rotativa, estes tanques funcionam como tanques de pré-decantação e homogeneização.

A correção do pH é feita de maneira automática e realizada pelo controlador/indicador que comandará a bomba dosadora de solução de Aluminato de Sódio e Ácido Nítrico, mantendo o pH na faixa de 8,00 a 9,50. (pH Ideal e específico para efetuar o processo de coagulação).

O efluente, alcalinizado, será homogeneizado e equalizado nos dois Tanques de Equalização (B e C) e em um quarto Tanque de Pré- Decantação e Homogeneização (G). Esses tanques são ligados em série e tem a função de absorver as variações de vazão e homogeneizar os efluentes através de misturadores submersíveis, comandados por chaves de nível.

A vazão do efluente preliminar é regulada manualmente por registro sendo possível fazer a recirculação ou, caso o pH esteja adequado, o envio do efluente para os próximos estágios de tratamento (primário e secundário).

O tanque de coagulação recebe todo efluente do Tanque G, que possui misturador rápido de eixo vertical. Neste tanque é dosada solução de Policloreto de Alumínio (Panfloc TE – da Panamericana) para ocorrer a coagulação do efluente e ajuste do pH entre 6,0 e 7,0. A bomba dosadora de solução de Policloreto de Alumínio está intertravada eletricamente com as bombas de recalque do tratamento preliminar (tanque G).

A mistura do efluente após ser coagulado escoar por gravidade para o tanque pulmão onde será recalcado para o flotador, passando por um ejetor gás/líquido (que injeta ar no fluxo hidráulico numa faixa de 2,5 a 4,0 psi de pressão), localizado antes do vaso de Aeração. Será aplicado uma solução de polieletrólito através de bomba dosadora no vaso de Aeração instalado antes do flotador, onde ocorre uma melhor mistura do efluente com a solução de polieletrólito; o alívio de pressão, juntamente com adição do polieletrólito, facilita a flotação do lodo. O lodo flotado é removido continuamente através de removedor mecânico para o tanque de lodo. O efluente do flotador, livre de sólidos em suspensão, escoar através de uma válvula controladora de nível, e são conduzidos para os tanques de Aeração passando pela Calha Parshall.

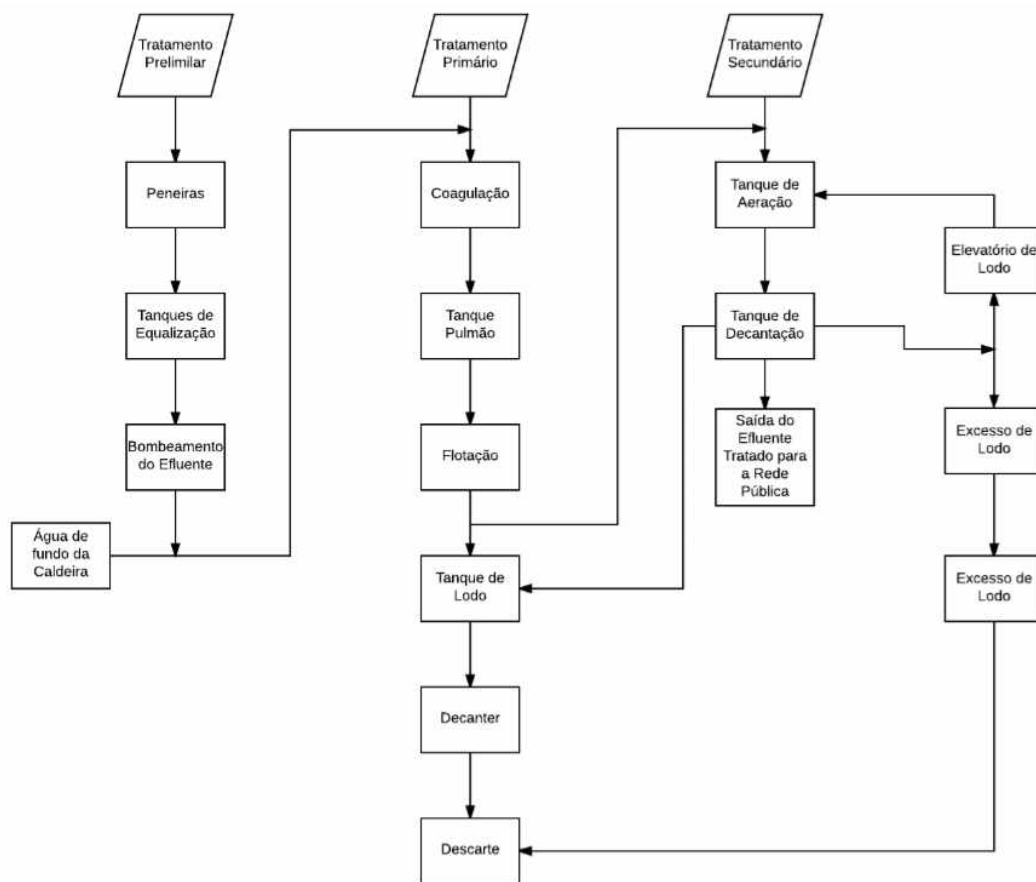
O tanque de Aeração compreende a primeira etapa do tratamento secundário, a aeração no tanque é realizada por dois sopradores de ar do tipo “roots”, que insuflam ar no fundo do tanque através de malha de difusão, com difusores do tipo membrana. Os tanques de aeração recebem o esgoto sanitário e o efluente do tratamento primário, e ainda solução de ácido fosfórico proveniente de um tanque de estocagem (Para complemento Alimentar).

Nos tanques de aeração ocorre a biodegradação da matéria orgânica presente nos efluentes através da ação de microrganismos aeróbios. Após todo efluente ser aerado, a mistura escoar por gravidade para o Decantador, onde os flocos biológicos (lodo ativado) formados no tanque de aeração são separados continuamente da fase líquida. O efluente clarificado (sobrenadante) transborda para canaleta de saída, passando pelo medidor de vazão - Calha Parshall, sendo em seguida lançado na rede pública de esgoto e águas pluviais. O lodo decantado é removido por pressão hidrostática para uma elevatória de recalque para os tanques de lodo.

Os tanques de lodo primário e secundário recebem, respectivamente, todo lodo gerado da etapa primária, proveniente do Flotador, e da etapa secundária, proveniente do tanque de aeração. Os tanques possuem misturadores para equalização e/ou homogeneização; e o lodo depois de acumulado será bombeado para o Decanter onde ocorrerá o desague, nesta etapa ocorre a adição de polímero através de bomba dosadora, proveniente de um tanque de estocagem, sendo necessária para que ocorra a aglomeração da parte sólida do lodo, favorecendo assim o desaguamento. O lodo seco é utilizado na agricultura ou descartado nos aterros sanitários.

Os gases liberados do tanque de aeração são conduzidos ao sistema de tratamento através de exaustão forçada realizada por um exaustor centrífugo. O sistema consiste em duas colunas de lavagem de seis pratos perfurados, tendo os furos 2,0 mm de diâmetro. Os gases são “lavados” em contracorrente com solução de hipoclorito de sódio, e em seguida liberados para a atmosfera; todo efluente gerado no sistema de lavagem de gases, livre de cloro residual, é reciclado para o tanque de aeração.

Figura 1 - Fluxograma ETE



3.4 Caracterização do Efluente

A vazão média do esgoto sanitário foi estimada com base na população média de funcionários e terceiros dentro da empresa. As águas residuárias de cozinha e refeitório foram estimadas com base no número médio de refeições servidas na Unidade Industrial. A vazão dos efluentes industriais foi fornecida pela Empresa Y.

A Tabela 1 apresenta os valores padrões de descarte dos efluentes considerando o período de geração de 24 horas/dia.

Tabela 1 - Valores de vazões por categoria de efluente

Efluente	Vazões		
	Média Diária (m ³ /d)	Média Horária (m ³ /h)	Vazão Máxima (m ³ /h)
Esgoto doméstico	16	0,66	1,32
Despejos industriais	534	22,25	44,50
Efluente total a tratar	550	22,91	23,57

As características do Efluente bruto, do Efluente tratado estão apresentados nas Tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 e os limites de lançamento estabelecidos pela COPAM (Conselho Estadual de Política Ambiental) durante os primeiros meses desse ano estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros dos Efluentes na saída da ETE

	DN COPAM Nº1	REMOÇÃO
DBO	60 mg/L	85%
DQO	90 mg/L	70%
Óleos e Graxas	50 mg/L	-
Surfactantes	2 mg/L	-
Sólidos Sedimentáveis	1 mL/L	1 mL/L
Sólidos Suspensos Totais	-	-
Sólidos Totais	150 mg/L	-
Sólidos Totais Voláteis	-	-
pH	6-9	5-9
Temperatura	40° C	40° C

Tabela 3 - Caracterização do Efluente durante o mês de Janeiro

Jan/17				
Data da coleta: 31/01/17				
Parâmetros	Unidade	Efluente Bruto	Efluente Tratado	(%) Remoção
DBO	mg/L de O ₂	2319,30	98,50	95,75
DQO	mg/L de O ₂	3220,90	300,34	90,68
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	70,00	< 0,10	-
Surfactantes	mg/L	0,16	0,22	-
Sulfeto Total	mg/L	< 0,10	< 0,10	-
Óleos e Graxas	mg/L	285,20	20,00	-
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	870,00	45,00	-
pH	-	6,12	7,74	-
Temperatura	°C	25,00	30,40	-

Tabela 4 - Caracterização do Efluente durante o mês de Fevereiro

Fev/17				
Data da coleta: 24/02/17				
Parâmetros	Unidade	Efluente Bruto	Efluente Tratado	(%) Remoção
DBO	mg/L de O ₂	2286,84	23,98	99,00
DQO	mg/L de O ₂	4056,90	54,22	99,00
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	0,20	< 0,10	-
Surfactantes	mg/L	2,00	0,05	-
Sulfeto Total	mg/L	< 0,10	< 0,10	-
Óleos e Graxas	mg/L	20,60	< 10	-
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	93,33	10,00	-
pH	-	6,11	7,78	-
Temperatura	°C	31,60	35,00	-

Tabela 5 - Caracterização do Efluente durante o mês de Março

Mar/17				
Data da coleta: 16/03/17				
Parâmetros	Unidade	Efluente Bruto	Efluente Tratado	(%) Remoção
DBO	mg/L de O ₂	1383,87	161,90	88,30
DQO	mg/L de O ₂	2129,45	238,18	88,81
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	35,00	< 0,10	-
Surfactantes	mg/L	2,00	0,40	-
Sulfeto Total	mg/L	< 0,10	< 0,10	-
Óleos e Graxas	mg/L	72,20	11,00	-
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	375,00	30,00	-
pH	-	7,90	7,99	-
Temperatura	°C	21,80	23,00	-

Tabela 6 - Caracterização do Efluente durante o mês de Abril

Abril/17				
Data da coleta: 28/04/17				
Parâmetros	Unidade	Efluente Bruto	Efluente Tratado	(%) Remoção
DBO	mg/L de O ₂	597,15	13,89	97,67
DQO	mg/L de O ₂	917,26	36,83	95,98
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	6,00	< 0,10	-
Surfactantes	mg/L	0,08	0,06	-
Sulfeto Total	mg/L	< 0,10	< 0,10	-
Óleos e Graxas	mg/L	12,20	< 10	-
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	37,50	22,50	-
pH	-	10,30	7,95	-
Temperatura	°C	25,00	25,00	-

Tabela 7 - Caracterização do Efluente durante o mês de Maio

Maio/17				
Data da coleta: 31/05/17				
Parâmetros	Unidade	Efluente Bruto	Efluente Tratado	(%) Remoção
DBO	mg/L de O ₂	296,95	17,74	94,02
DQO	mg/L de O ₂	1288,40	83,01	93,56
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	100,00	< 0,10	-
Surfactantes	mg/L	0,48	0,20	-
Sulfeto Total	mg/L	< 0,10	< 0,10	-
Óleos e Graxas	mg/L	12,40	< 10	-
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	1160,00	75,00	-
pH	-	9,90	7,59	-
Temperatura	°C	28,00	28,00	-

Tabela 8 - Caracterização do Efluente durante o mês de Junho

Junho/17				
Data da coleta: 14/06/17				
Parâmetros	Unidade	Efluente Bruto	Efluente Tratado	(%) Remoção
DBO	mg/L de O ₂	5920,45	88,49	98,51
DQO	mg/L de O ₂	9565,10	163,44	98,29
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	3,00	10,6	-
Surfactantes	mg/L	0,5	< 0,05	-
Sulfeto Total	mg/L	<0,10	< 0,10	-
Óleos e Graxas	mg/L	45,00	15	-
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	405	< 10	-
pH	-	3,6	7,33	-
Temperatura	°C	29,00	29,00	-

Além disso, foi possível obter informações sobre as vazões de efluentes durante os dias de cada mês. As Tabelas 9, 10 e 11 mostram essas vazões dos dias que apresentaram as maiores vazões juntamente com os meses que chamaram atenção pelo fato de não estarem nos valores padrões de descarte de efluentes.

Tabela 9 – Volume de Efluente tratado durante alguns dias do mês de Janeiro

Dias do Mês	11	12	13	14	15	16	17	18
Volume de Efluente								
Tratado (m3)	203,59	149,01	166,79	106,13	80,01	56,39	364,24	213,9

Tabela 10 – Volume de Efluente tratado durante alguns dias do mês de Março

Dias do Mês	14	15	16	17	18	21
Volume de Efluente						
Tratado (m3)	211,53	191,73	169,8	241,77	169,8	166,03

Tabela 11 – Volume de Efluente tratado durante alguns dias do mês de Junho

Dias do Mês	16	17	18	19	20	21	22	23
Volume de Efluente								
Tratado (m3)	215,35	92,7	151,43	430,19	518,68	519,05	423,18	0

3.5 Resultados e Discussões

Pode se observar através da Tabela 3, referente às características do efluente bruto e tratado no mês de Janeiro, que o mesmo, apesar de atingir a porcentagem de remoção de DBO e DQO exigidas, não atendem aos padrões de valores que elas devem obter ao final do tratamento (Tabela 2).

Após realizar uma avaliação minuciosa das vazões diárias na ETE durante esse mês, temos que, no dia 17 houve a maior quantidade diária que correspondeu a 364,24 m3, mais que o dobro da média geral do que se produziu nos outros dias. Isto se deve ao fato de que, nesse mesmo dia, houve uma grande perda na extração e concentração do Fruto Manga Palmer. Dentre os 13498 Kg extraídos durante esse dia, cerca de 18,9%

(2551,12Kg) foram descartados entre frutos verdes, podres, ponto pretos no suco já refinado (novamente) e avaria no pasteurizador.

O mesmo pode ser observado através da Tabela 5, referente às características do efluente bruto e tratado no mês de Março, que apesar de atingir a porcentagem de remoção de DBO e DQO exigidas, não atendem aos padrões de valores que elas devem obter ao final do tratamento (Tabela 2).

Após a verificação das vazões diárias na ETE durante o mês de Março, temos que, nos dias 17 e 21 houve uma grande quantidade de efluente correspondente a 271,4m³ e 166,0 m³, respectivamente. Em ambos os dias, houve uma grande perda na extração e concentração do Fruto Goiaba. Dentre os 49907 Kg extraídos no dia 17, 14% foram perdidos ou descartados (6987 Kg) e dentre os 20715 Kg extraídos durante o dia 21, cerca de 12% (2527,23Kg) foram descartados devido uma falha no Decanter. Em relação à quantidade de suco que foi concentrado nesse dia, 7600 Kg, 17% foram descartados (1292 Kg) durante o processo de Batelada.

A Tabela 8 referente às características do efluente bruto e tratado no mês de Junho, que também se apresenta fora do valor padrão para o descarte de DQO, apesar de atingir a porcentagem de remoção de DQO exigida (Tabela 2).

Após a verificação das vazões diárias na ETE durante o mês de Junho, durante a ultima semana do mês, grandes quantidades de efluentes foram gerados, com uma média de 473 m³ ao dia nessa mesma semana, bem maior que a média dos outros dias. Durante essa semana, houve uma grande perda na extração do Fruto Maracujá. Dentre os 630653 Kg extraídos, 5% foram perdidos ou descartados (30947 Kg).

3.6 Proposta de Adequação do Processo Vigente

O trabalho consistiu em avaliar as possíveis causas da não eficácia do tratamento de efluentes utilizadas na Indústria de Sucos Y.

O efluente gerado pela Empresa Y provém de despejos do esgoto doméstico e industrial. O despejo industrial é basicamente formado pelas inúmeras limpezas que a indústria alimentícia em geral necessita e também por perdas pontuais de suco, além de cascas, sementes e poupas dos frutos. O CIP (*Clean In Place*) é a limpeza mais pesada, contendo agentes ácidos e básicos, e apenas ocorre a cada 48h, não sendo realizado em

todos os equipamentos ao mesmo tempo, cada um possui a sua demanda. Já o COP (*Clean Out Place*), apesar de ser realizada todos os dias (chegando a ser realizada mais de uma vez ao dia), utiliza-se de grandes quantidades de água, diluindo qualquer agente que poderia vir a ser um problema no tratamento posterior.

O efluente gerado a partir das perdas de suco no processo, assim como restos de frutos, acabam sendo a parte que mais afeta o sistema de tratamento como pode ser avaliado. As cascas, sementes e pampas não formuladas que são despejados, contribuem significativamente para o aumento de DQO, tornando seu tratamento mais dificultoso.

O suco já formulado acaba tornando-se a maior problemática: além de contribuir para um aumento elevado de DQO, possui um pH bastante ácido, entre 4,0 e 4,5, o que traria grandes problemas de neutralização na estação de tratamento caso fosse despejado em grandes quantidades.

A solução que a Empresa Y tem para esse tipo de descarte é não fazer na própria indústria. Apesar de não ocorrer com frequência, um suco já reprocessado pode não estar nas especificações exigidas, sendo necessário ser despejado e para isso, a Empresa Y terceiriza o tratamento desse efluente, evitando que a sua ETE não gere problemas devido ao tratamento inadequado.

Outro aspecto interessante que pode ser ressaltado no caso analisado é que o tratamento de efluentes não possui de fato um Tanque de Equalização, mais sugere que seja um tanque de espera. Logo, se fosse necessário o seu descarte na própria empresa, não haveria um tanque de equalização para homogenizar esse efluente, existiria assim, um efluente com alta carga de DQO e com um baixo pH a ser tratado. Provavelmente o processo de tratamento local não seria suficiente para que o efluente saísse nas especificações desejadas.

Além disso, pequenos problemas e suas respectivas causas detectadas, que sem a devida correção podem interferir no tratamento, foram descritos na Tabela 12.

Tabela 12 - Problemas, causas e correções detectadas no sistema.

Problema:	Flocos finos e leves
Causa:	fora da faixa de coagulação, ausência de produtos químicos, eletrocoagulação deficiente
Correção:	Corrigir o pH, aumentar a vazão de agente coagulante, ajustar os parâmetros da eletrocoagulação
Problema:	Flocos não flotam
Causa:	Mistura ineficiente de polieletrólito na corrente, falta de ar no sistema
Correção:	Verificar a pressão do sistema, a dosagem de produtos químicos e aumentar a vazão de ar do flotador
Problema:	Excesso de espuma branca no Tanque de Aeração.
Causa:	Idade do lodo muito baixa. Presença de compostos não biodegradáveis (detergentes). Excesso de carga orgânica. Perda de atividade biológica (variação brusca de pH ou outra causa de intoxicação). Excesso de detergentes utilizados pelo pessoal da limpeza.
Correção:	Redução do lodo descartado (aumento de sólidos em suspensão no tanque de aeração, fator que controla a formação de espuma). Utilização de detergentes biodegradáveis e/ou redução do consumo destes. Eliminação ou redução da utilização de produtos causadores da intoxicação.

4. CONCLUSÃO

A partir dos dados do efluente bruto e tratado da Empresa Y analisados, e a problemática da grande quantidade de resíduos gerados pela Indústria alimentícia em geral, tornam-se necessárias ações como melhorias no processo de fabricação e tratamento, bem como implementação de técnicas para a reutilização dessas águas residuárias.

Apesar de mais barato utilizar métodos de tratamento mais simples, apenas tentando se adequar aos padrões e normas estabelecidas pela legislação, podem não ser suficientes para alcançar esses padrões desejados e medidas para contornar essa situação devem ser aplicadas. Com as maiores exigências da população e a melhor visibilidade que uma empresa ecologicamente correta transmite, os benefícios sobrepujam os gastos para a implementação de novos sistemas de tratamento e/ou reutilização dessas águas, trazendo melhorias a todos.

5. BIBLIOGRAFIA

AGENDA 21. Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9800: Critérios para Lançamento de Efluentes Líquidos no Sistema Coletor Público de Esgoto Sanitário. São Paulo, abr. 1987.

Barnes, D.; Forster, C.F. & Hrudey, S.E.; Surveys in Industrial Wastewater Treatment: Food and Allied Industries. Boston Pitman Advanced, 1984.

Braile, P.M., Controle de Despejos Industriais. FESB/CETESB (1971).

Coelho, M.G.; Burjauli, M. M.; Maragno, A.L.F.C. Caracterização Qualitativa dos resíduos Gerados na Universidade Federal de Uberlândia. In: JORNADA EM ENGENHARIA QUÍMICA, 18, 2013, Uberlândia. Anais, 2013.

CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a Classificação de Corpos de Água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento, bem como Estabelece as Condições e Padrões de Lançamentos de Efluentes, e dá outras Providências.

CONAMA. Resolução nº 431, de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, Complementa e Altera a Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005.

CONSUN UFU. Resolução nº 26, de 2012. Estabelece a Política Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

FUCHS, A. M. S; FRANÇA, M. N; PINHEIRO, M. S. de F. Guia para normalização de publicações técnico-científicas. Uberlândia: EDUFU, 268 p, 2013.

FLORIANO, E.P., Políticas de Gestão Ambiental, 3ed Santa Maria: UFSM-DCF, 2007.

Leme, F. P., Teorias e Técnicas de Tratamento de água, São Paulo: CETESB – Companhia e Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1979.

Melo, A.R., Otimização do Reuso de Águas em Lavadores Contínuos da Indústria Têxtil. 2005. 219p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria nº40, de 20 de Janeiro de 1998.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria nº 368, de 04 de Setembro de 1997.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 326, de 30 de Julho de 1997.

Rosenthal, A.; Matta, V.M.; Cabral, L.M.C.; Furtado, A.A.L. Processo de Produção. In: Iniciando um Pequeno grande Negócio Agroindustrial: Polpa e Suco de Frutas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Hortaliças, SEBRAE, 2003. 123 p.

SANTOS, M.S.; RIBEIRO, F.M. Cervejas e Refrigerantes. São Paulo: CETESB, 2005. 58p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>.

Telles, D.D.; Costa, R.P.; Reuso da Água: Conceitos, Teorias e Práticas. 2ªed. São Paulo: Blucher, 2010. 408p.