

## OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE

OPTIMIZATION OF THE EFFLUENT TREATMENT PROCESS OF A FOOD  
INDUSTRY TO IMPROVE ITS EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY

André Heck Debatin<sup>1</sup>

Me. Raquel Bonati Moraes Ibsch<sup>2</sup>

**RESUMO:** O impacto da descarga de estações de tratamento de efluente (ETE) em corpos d'água é uma questão de grande preocupação para a maioria das organizações. Uma série de legislações, normas e políticas ambientais estabelecem padrões e valores orientadores para definir o nível de tratamento necessário a fim de garantir que o impacto ambiental causado pelo descarte do esgoto tratado seja aceitável. Nessa concepção, o objetivo desse estudo é a proposta de otimização do processo, o aumento da eficiência da estação de tratamento de efluente e a redução de gastos com produtos químicos. O estudo foi realizado em uma empresa de alimentos localizada, no estado de Santa Catarina. Controlando o Ph de entrada, analisando se é necessário utilizar hidróxido de sódio na estação e fazendo o teste inicial, a empresa poupara tempo e otimizará o processo.

**Palavras-chave:** Tratamento; Efluentes; Água, ETE.

**ABSTRACT:** *The impact of discharge from effluent treatment plants (ETP) into water bodies is a matter of great concern to most organizations. A series of environmental legislation, norms and policies establish standards and guiding values to define the level of treatment necessary to ensure that the environmental impact caused by the disposal of treated sewage is acceptable. In this conception, the objective of this study is to propose the optimization of the process, the increase in the*

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Química da UNIFEBE. E-mail [andre.heck@unifebe.edu.br](mailto:andre.heck@unifebe.edu.br)

<sup>2</sup> Professora orientadora. Me. Raquel Bonati Moraes Ibsch. E-mail [raquel.moraes@unifebe.edu.br](mailto:raquel.moraes@unifebe.edu.br)

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

*efficiency of the effluent treatment plant and the reduction of expenses with chemical products. The study was carried out in a food company located in the state of Santa Catarina. By controlling the input Ph, analyzing whether it is necessary to use sodium hydroxide at the station, and carrying out the initial test, the company will save time and optimize the process.*

**Keywords:** *Treatment; Effluents; Water, ETP.*

## 1 INTRODUÇÃO

Devido à grande capacidade de aplicação da água, seja ela de uso direto ou indireto, o cuidado com sua cadeia de consumo e a destinação dos resíduos gerados pelo seu uso são um grande desafio. A disponibilidade de recursos hídricos tem sido tema de discussão nas últimas décadas. Entretanto, a maioria dos países têm feito pouco progresso na proteção eficaz desse recurso natural. No Brasil, onde estão localizadas as maiores reservas de água do planeta, muitos rios não existem mais ou transformaram-se em canais naturais de esgoto. A poluição da água é um problema mundial e o seu controle ou redução são um dos principais desafios de gestão ambiental em nível global (VON SPERLING, 2005).

Qualquer alteração física, química ou biológica em um corpo hídrico pode ser definida como poluição hídrica (PEREIRA, 2003). A legislação em vigor define os parâmetros e padrões de tratamento de efluentes, os quais estão incluídos na Resolução nº 357 de 2005 e complementada pela Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011, ambas estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Existem duas motivações fundamentais para o tratamento de efluentes: proteger o meio ambiente e proteger a saúde pública. Os efluentes industriais e o esgoto doméstico são os principais responsáveis pela redução do oxigênio nos corpos d'água, bem como pelo aporte na contribuição de sólidos, nutrientes e microrganismos patogênicos. A introdução de alta carga orgânica gera uma demanda de oxigênio que atende às necessidades dos microrganismos responsáveis pela degradação, e esses compostos orgânicos são usados como fontes de energia por si próprios (TUCCI,

2013).

Assim, o objetivo deste estudo é a otimização do processo e aumento da eficiência da estação de tratamento de efluentes, bem como a redução de gastos com produtos químicos de uma empresa de alimentos localizada no sul do país, no estado de Santa Catarina. Para isto, foram estipulados os seguintes objetivos específicos: monitorar as análises da estação de tratamento de efluente bruto (afluente) e do efluente tratado e, por fim, propor melhorias relacionadas à operação e gerenciamento da ETE.

O artigo foi construído em cinco partes. A primeira é formada pela introdução, contendo a contextualização e os objetivos da pesquisa. Na segunda parte são apresentados o referencial teórico, a legislação ambiental relacionada e a estação de tratamento de efluentes. Na terceira parte é evidenciada a metodologia de pesquisa e na quarta são discutidos os resultados e discussão dos mesmos. Por fim, quinta parte são apresentadas as conclusões e recomendações para trabalhos futuros, assim como as referências utilizadas para a fundamentação, realização e discussão do trabalho, respectivamente.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desde o início da civilização a humanidade desenvolveu-se ao longo de rios, oceanos e fontes de água. Atualmente, cerca de 50% da população mundial vive em um raio de 150 quilômetros da costa. O desvio e o uso extensivo de rios também são de grande importância para o desenvolvimento das áreas mais centrais de vários países. Deste modo, observa-se que a água é um recurso extremamente importante, não apenas para o desenvolvimento de nossa espécie, mas também para nossa própria sobrevivência. Esse entendimento, aliado às consequências do abuso dos recursos hídricos na história, requer o desenvolvimento de métodos para regenerar esse recurso extremamente importante e destruído pela modernidade (SCOTT et al., 2018).

Até a década de 1970, o ambiente industrial ainda carecia de medidas de proteção ou prevenção ambiental, mas algumas consequências já são visíveis, como por exemplo, a qualidade da água potável que diminuiu. Em 1972 foi realizada a

## Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para Melhoria Da Eficiência E Produtividade

primeira reunião da Organização das Nações Unidas (ONU) para discussão de questões ambientais, em Estocolmo, com estruturação das primeiras leis de controle ambiental. Por outro lado, a água residual está se tornando cada vez mais um fator gerador de custos, fazendo com que a indústria desenvolva métodos cada vez mais eficazes e práticos para gerenciar seus resíduos (CAVALCANTI, 1994).

Portanto, para coordenar a poluição das águas causada pelos meios industriais e pela população, é necessário formular alguns parâmetros sanitários para o efluente, pois esses costumam ser acompanhados por um grande número de poluentes.

### 2.1 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

No Brasil, a legislação ambiental nacional é mais abrangente em termos de normas de descarte de efluentes industriais, mas não é a única que legisla sobre a poluição da água nas instituições receptoras. Além disso, as legislações estadual e municipal também devem ser consideradas. Os parâmetros e normas nacionais são formulados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que é um órgão nacional consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). A legislação ambiental aplicável é definida de acordo com a Lei nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada atualmente pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) e completada pela portaria CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011).

Conforme o Art. 16 da Resolução Conama nº 430/2011, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis, conforme a seguir:

Condições de lançamento de efluentes:

- a) pH entre 5 a 9;
- b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em



Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

e) óleos e graxas:

1. óleos minerais: até 20 mg/L;

2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;

f) ausência de materiais flutuantes; e

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

O não cumprimento destes padrões de lançamento estabelecidos antes do descarte do efluente no meio ambiente implica desde multa até cinco anos de cadeia, segundo disposto na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998).



## 2.2 Estação de tratamento de efluentes

Segundo Von Sperling (2005), as pesquisas sobre o tratamento de efluentes sanitários existentes enfatizam a construção de estações de tratamento de efluente (ETE) para coletar todo o efluente e encaminhá-lo para um local específico para tratamento. Um dos principais avanços implementados nas ETEs foi a utilização de um sistema de aeração de ar difuso no processo biológico aerado, geralmente com um difusor de bolha fina. Esta tecnologia é altamente adotada e recomendada para ETEs compactas devido a eficiência de processamento e seus baixos custos operacionais, principalmente devido ao menor consumo de energia (FARRUGIA, 2013).

Alguns fatores ambientais são devido às interrupções ocasionais devido a falhas no sistema de processamento. Essa é uma característica da ETE, pois o tratamento de efluentes não pode ser interrompido e seu fechamento costuma causar impactos ambientais (DAVIGNOM et al., 2002). No caso de tratamento de efluentes, especialmente os com alta carga microbiana, sólidos suspensos, pH ácido ou alcalino, alta temperatura, nutrição excessiva, etc., haverá a degradação dos receptores ao longo da cadeia de abastecimento e escoamento de rios afluentes (MAZZER & CAVALCANTI, 2004).

Nesse sentido, as tecnologias de tratamento de efluentes líquidos ou águas residuais são divididas em diferentes grupos de processos biológicos, físicos e químicos, de acordo com as características do efluente a ser tratado. Esta definição da tecnologia de remoção de carga orgânica do efluente é necessária para a caracterização físico-química do mesmo. A caracterização é realizada por meio da análise de indicadores de qualidade, como sólidos totais, temperatura, cor, odor, turbidez, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Potencial Hidrogênio (pH) e Oxigênio Dissolvido (OD). (MAZZER e CAVALCANTI, 2004).

Os parâmetros de qualidade indicam as características dos esgotos ou dos corpos hídricos receptores. Os parâmetros importantes no tratamento de efluentes

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

são aqueles previstos nas exigências legais, demanda de projeto, operação e análise de desempenho das ETEs (JORDÃO e PESSOA, 2005). Conforme Mota (2003), a cor e turbidez se referem, principalmente, ao aspecto estético do efluente. A presença de sólidos dissolvidos é indicativa da condição de chegada do efluente e altera a cor no efluente que chega à ETE. Já a turbidez se deve ao conteúdo de sólidos em suspensão, microrganismos e algas, que conferem nebulosidade ao líquido (RICHTER & NETTO, 2007).

A temperatura é muito importante no tratamento do efluente (METCALF e EDDIE, 2003). O valor do pH também é um parâmetro importante no controle da ETE, especialmente em processos anaeróbios de oxidação: quando o valor de pH é inferior a 5,0, a taxa de nitrificação é inibida (SANT' ANNA, 2010). De acordo com as características do efluente a ser tratado, pode-se utilizar um sistema de tratamento por meio de processos químicos, físicos ou biológicos. O processo físico inclui o uso de tanques, caixas de areia, grade, peneira, decantador, etc. Os processos biológicos são realizados usando microrganismos para a redução da carga orgânica de águas residuais. Em processos químicos, por exemplo, pode-se utilizar hipoclorito de sódio, hidróxido de cálcio ou outros agentes químicos para a redução e oxidação da matéria orgânica. Geralmente, processos biológicos aeróbios englobam lodos ativados, filtro biológico, lagoas aeradas e processos anaeróbios (GUIMARÃES & NOUR, 2001; SPERLING, 2005).

A partir desses fatores, uma ETE funcional é necessária para que o efluente não cause problemas ambientais e sociais, visto que a matéria orgânica presente no efluente pode levar a uma diminuição do oxigênio dissolvido, causando a morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e aparecimento de maus odores (BRAGA et al., 2005).

### 2.2.1 Operações de tratamento de efluentes

As estações de tratamento de efluentes têm como prioridade atender e seguir a legislação ambiental vigente e algumas ainda são utilizadas para o enquadramento do

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

efluente em padrões para um posterior reuso da água na própria indústria. Para poder cumprir os padrões exigidos conforme a legislação para o devido tratamento e para posterior descarga poluidora seja no curso hídrico ou para reuso, existem algumas operações unitárias a ser consideradas para o devido tratamento, de acordo com o processo operado na indústria (CARVALHO, 2011).

Na atualidade, sabe-se que alguns processos, como os físicos, químicos e biológicos, são essenciais para que a carga poluidora do efluente seja tratada com eficiência, já que a amplitude destes tratamentos compõe todas as fontes de impurezas do efluente a serem consideradas (CQR, 2013).

**Processos físicos:** removem impurezas grosseiras não dissolvidas no efluente e que podem ser separadas por meio de processos físicos. Entre estas impurezas estão englobados sólidos em suspensão, sedimentáveis e flutuantes. Além disso, processos físicos também podem ser capazes de remover matéria orgânica e inorgânica em suspensão coloidal. Estes processos também têm a finalidade de desinfecção e estabilização do descarte. Alguns dos processos mais populares que podem ser citados são o de gradeamento, separação de óleos e gorduras, sedimentação, caixa de areia, tanque de equalização, entre outros (CQR, 2013).

**Processos químicos:** envolvem a remoção de contaminantes por processos químicos, por meio de interações entre efluente e reagentes dosados, tais como agentes de coagulação, floculação, neutralização de pH, oxidação, redução e desinfecção. Também utilizados quando se torna necessário o condicionamento do efluente para posteriores processos. Os processos químicos mais populares na atualidade envolvem clarificação química, coagulação com agentes coagulantes, oxidação por ozônio, troca iônica, entre outros (CQR, 2013).

**Processo biológico:** Além de digerir as substâncias orgânicas do efluente por meio da biomassa, as reações bioquímicas também são utilizadas para eliminar os poluentes de fontes orgânicas, reduzindo assim os valores dos parâmetros relacionados, como a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a química Demanda de oxigênio. Esses dois parâmetros são muito importantes para identificar a toxicidade e o grau de poluição do efluente e estão sempre presentes nos padrões estabelecidos para análise da qualidade da água. Esses processos podem incluir reatores anaeróbios, reatores aeróbios, filtros biológicos, lagoas etc. (ARAÚJO, 2015).



## Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para Melhoria Da Eficiência E Produtividade

Os processos físicos, químicos e biológicos estão contidos em diferentes etapas (níveis) nas estações de tratamento de efluentes industriais, envolvendo operações unitárias. Essas etapas visam o tratamento mais eficaz, bem como contemplar as operações envolvidas em cada processo da forma mais harmoniosa e consistente. Normalmente, essas etapas são projetadas de forma contínua, com uma etapa participando diretamente da outra, tornando tudo um grande e único processo integrado de tratamento de esgoto. Segundo Giordano (1999), os níveis de tratamento são definidos como primário, secundário e terciário.

### 2.2.2 Nível Preliminar de Tratamento

O tratamento preliminar de efluentes em uma indústria é localizado no início dos processos, sendo o primeiro receptor do efluente, que se baseia na remoção, principalmente, de sólidos grosseiros e areia. Os mecanismos de remoção aplicados nesta etapa são de ordem unicamente física, logo trata-se de processos físicos (SPERLING, 2005).

A principal importância da remoção destes sólidos logo no início do processo de tratamento do efluente é a proteção dos dispositivos de transporte, como bombas e tubulações, preservação das unidades de tratamento subsequentes, além da proteção dos corpos receptores. Já quando se trata da areia, sua retirada é essencial para evitar a possibilidade de obstrução de tubulações e tanques pela posterior sedimentação e facilitar o transporte de líquidos, principalmente através de lodos, em suas diversas fases (SPERLING, 2005).

### 2.2.3 Nível Primário de Tratamento

Segundo Sperling (2005), esta fase do tratamento tem como objetivo a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes, por meios físicos ou químicos. Os sólidos em suspensão não grosseiros podem ser parcialmente removidos em unidades de sedimentação, chamados de decantadores, em que durante a

### Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para Melhoria Da Eficiência E Produtividade

passagem vagarosa, ou estadia na unidade, ocorre a decantação de particulados com maior densidade que a água. Para otimização deste processo e maior sedimentação de fundo em menor tempo, são comumente utilizados agentes químicos, chamado agentes coagulantes, para a formação de um aglomerado maior de material, aumentando assim sua densidade e tornando o processo mais eficiente, esse corpo de fundo sólido adquirido no final do processo é denominado lodo primário. Já quando se trata de poluentes com menor densidade que a água, estes ficam dispostos na superfície do tanque e são removidos, manualmente ou mecanicamente, para o posterior tratamento.

A alcalinidade indica a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio. Portanto a medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos, servindo assim para expressar a capacidade de tamponamento da água, ou seja, sua condição de resistir a mudanças do pH. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ou hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) (RICHTER e NETTO, 1991).

#### 2.2.4 Nível Secundário de Tratamento

Com o principal objetivo de remover a matéria orgânica presente no efluente, os tratamentos biológicos que ocorrem durante estas operações afetam tanto a matéria orgânica em suspensão, que já foi parcialmente retirada no tratamento primário, quanto a matéria orgânica dissolvida, a qual não é removida por processos de ordem meramente física ou química, como os até este nível (SPERLING, 2005). Com essa remoção os valores de DQO e DBO também foram reduzidos, como representado por Aygun, Nas & Berkay (2008), que mensuraram uma média de remoção de DQO em um reator biológico de 95% considerando escala de bancada. Em relação a remoção de DBO, Sperling (2005), enquadra a remoção num intervalo de 60 a 99%. Logo, entende-se que depois dos processos secundários de tratamento, os efluentes apresentam-se bem mais clarificados e tratados, apresentando assim, um índice de toxicidade bem inferior quando comparado com as características

## Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para Melhoria Da Eficiência E Produtividade

iniciais.

Existem dois tipos de tratamentos biológicos atualmente aplicados ao tratamento de efluentes industriais: os realizados na ausência de oxigênio, chamados tratamentos anaeróbios, e os na presença de oxigênio, chamados tratamentos aeróbios.

**Sistemas de tratamento aeróbio:** A matéria orgânica que será consumida pelos microrganismos aeróbios obrigatórios e facultativos será em parte convertida em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e em parte em mais biomassa, que fará parte do lodo aeróbio. Para um processo interessante comercialmente é importante destacar a necessidade de um sistema de aeração, para a depuração na presença de oxigênio se dar de forma mais rápida, um tanque de decantação para o lodo formado, além de um sistema para recirculação do lodo, para evitar o acúmulo e conseqüente poluição do efluente (DA COSTA; DA SILVA; MARTINS, 2009).

**Sistemas de tratamento anaeróbio:** o grande sucesso dos reatores biológicos anaeróbios veio com a introdução de reatores de alta taxa, que conseguem tratar de forma contínua e eficiente uma grande quantidade de efluentes. Neste tipo de reatores são encontradas biomassas formadas por microrganismos anaeróbios obrigatórios ou facultativos, presentes no lodo em que será percorrido pelo efluente; este lodo, por sua vez, fica disposto diferentemente de acordo com o reator escolhido. Um exemplo de reator muito utilizado é o reator de fluxo ascendente de alta eficiência, UASB, também conhecido no Brasil como RALF, em que o efluente percorrerá o lodo anaeróbio de baixo para cima e durante o caminho a matéria orgânica será oxidada (SYLVESTRE, 2013).

### 2.2.4 Nível Terciário de Tratamento

O tratamento terciário não é tão comumente implantado normalmente, pois vem como um tratamento extra para quando os efluentes apresentam toxicidade elevada por presença de alguma substância específica, ou ainda como polimento final para o despejo ou reuso. Para esses casos é implementado mais um nível de tratamento

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade  
para o efluente, que objetiva a remoção dos poluentes específicos, usualmente tóxicos  
ou compostos não biodegradáveis, ou ainda um tratamento





Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

complementar, caso o efluente, após o tratamento secundário, ainda não se enquadrar nas especificações desejadas (DOS SANTOS, et al., 2011).

A partir desta etapa, obtém-se água de qualidade superior, com uma elevada remoção de matéria orgânica, bactérias patogênicas e nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo e sódio, que quando em excesso são prejudiciais para a qualidade da água (SILVA FILHO, 2009).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho foi realizado com o objetivo de otimizar o processo, melhorar a eficiência da estação de tratamento de efluente e a proporcionar a redução de gastos com produtos químicos.

Quanto ao método, suas características são principalmente relacionadas às pesquisas quantitativa e qualitativa.

Os parâmetros utilizados para a avaliação da eficiência da ETE foram os físico-químicos, normatizados pela Resolução CONAMA nº. 430/2011, tais como DBO, DQO, pH, temperatura, sólidos, entre outros.

#### 3.1 METODOLOGIA 5W2H

Para cada causa raiz, foi proposta como solução um plano de ação definido pelo método 5W2H. Neste plano de ação, cada causa raiz foi destacada com uma ação própria, com definição de um responsável, sua forma de execução, local e prazo (FM2S, 2017). Para isso foram respondidas as seguintes questões:

- O que? (What): quais as atividades a serem executadas;
- Quando? (When): prazo para que sejam completadas essas atividades;
- Onde? (Where): local onde serão desenvolvidas essas atividades;
- Quem? (Who): responsável pela realização da atividade;

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

- Por quê? (Why): razão pela qual deve-se realizar essa atividade;
- Como? (How): método, ou maneira, pela qual será realizada a atividade;
- Quanto? (How much): custo da atividade.

Em uma tabela, em que as colunas são as perguntas anteriormente descritas e as linhas são as etapas do plano de ação, são organizadas as respostas às questões. Versões mais simples podem ser empregadas dependendo da complexidade de cada situação (PORTAL ADMINISTRAÇÃO, 2014).

### 3.2 UNIDADE DE ANÁLISE

A unidade de análise escolhida foi uma indústria alimentícia, localizada no estado de Santa Catarina, onde a empresa necessitava de algumas melhorias em seu processo de tratamento de efluentes, bem como otimização de processo por conta dos produtos químicos utilizados, juntamente com um ajuste da quantidade de reagentes.

Para a estação de tratamento onde se baseia toda a pesquisa, foi desenvolvido um fluxograma do processo de operação, conforme Figura 01.

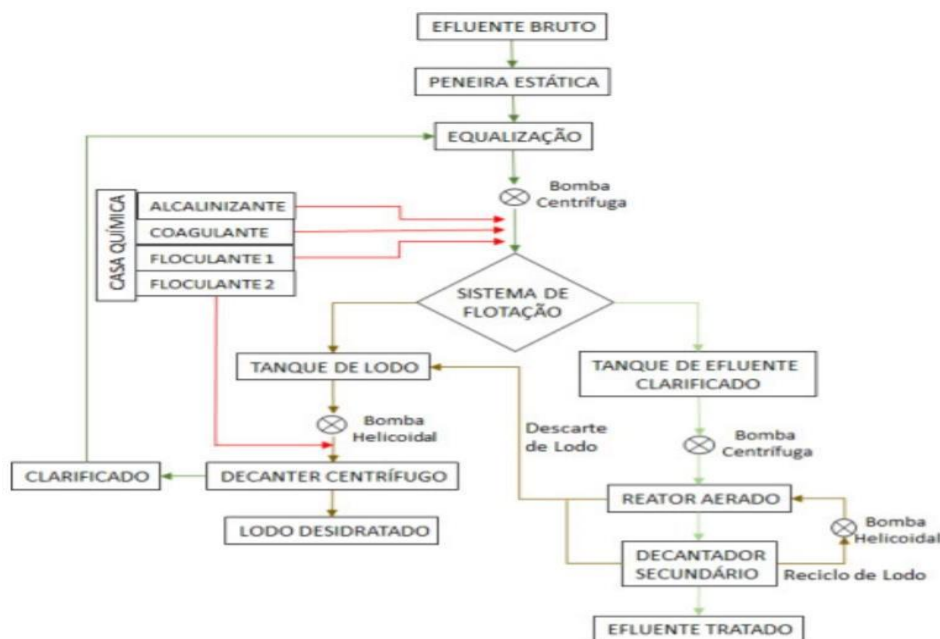


Figura 01 - Fluxograma do processo de operação da ETE

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

Fonte: O autor. 2021.

### 3.3 ANÁLISE DO CASO

Com base nos dados e evidências do caso à luz do referencial teórico, observou-se que a unidade estava com um gasto excessivo em hidróxido de sódio, na qual o mesmo é utilizado para a limpeza dos equipamentos. Seu destino final, após a lavagem, era ir para a cisterna de equalização como efluente, chegando à estação de tratamento com um pH elevado.

Além do uso para a limpeza dos equipamentos, o hidróxido de sódio ainda estava sendo utilizado na estação para elevar o pH do resíduo, um processo estava sendo erroneamente executado. A unidade acabava elevando o pH para que, posteriormente, com a adição do Policloreto de alumínio (PAC), o mesmo baixasse e desempenhasse a etapa de coagulação do tratamento.

Sabe-se que o Policloreto de alumínio (PAC) é eficaz, atuando adequadamente na faixa de pH 4,0 a 10,0. Ou seja, para esta situação, o Policloreto de alumínio (PAC) tem o objetivo de atuar na coagulação, podendo fazer esse papel em uma ampla escala de pH. Desta forma, não é necessário o uso excessivo de hidróxido de sódio na estação, melhorando a eficiência do processo e reduzindo gastos.

Atualmente o efluente entra na estação e o operador faz um reprocesso do mesmo, pois a empresa não possui o equipamento *jar test*, ou seja, não sendo coletada uma amostra inicial e realizado o tratamento do teste.

Para iniciar o processo, é medido o pH com o auxílio de um pHmetro e o tratamento inicia, visto que tudo vai sendo ajustado após o início do tratamento, sendo um pouco demorado fazer os ajustes necessários. Deste modo, todo efluente é devolvido à cisterna e iniciado novamente. Muitas vezes, todas as dosagens são feitas novamente até todos os devidos ajustes serem realizados. Esta questão seria facilmente resolvida pelo equipamento de teste, o qual otimizaria o tempo e minimizaria os gastos com a estação.

Após todos os ajustes serem feitos para que o pH do efluente fosse corrigido, ou seja, de 8,0 até 9,0 e que a coagulação após a adição do Policloreto de alumínio (PAC) também se encontre de acordo com o esperado, é dada a sequência no

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

tratamento conforme a fluxograma do processo de operação da ETE descrito na  
Figura 01.

### 3.4 TESTE APLICADO

Foi coletada a amostra da cisterna de equalização para realizar o tratamento teste em laboratório. Para tanto, foram utilizados:

- Amostra de efluente;
- Béquer;
- Policloreto de alumínio (PAC) 1%;
- Hidróxido de sódio 0,1%;
- *Jar test*;
- Pipeta automática;
- pHmetro.

No equipamento *jar test*, adaptado com béqueres de 1000 ml, foram colocadas três amostras de 1000 ml de efluente, sendo então agitados por 60 segundos para homogeneização em uma rotação de 40 rpm. Logo após foi feita a correção de pH com hidróxido de sódio a 0,1%. O hidróxido de sódio foi adicionado aos poucos ao efluente, cerca de 0,5 mg a cada 60 segundos, possibilitando que as amostras ficassem com pH igual a 8,50. Após a correção de pH no efluente foi calculada a quantidade de Policloreto de alumínio (PAC) que deveria ser adicionada para que o processo de coagulação ocorresse.

Os cálculos realizados consideraram que 1 mg de hidróxido de sódio equivale a 1,25 de alcalinidade e que 1 mg de Policloreto de alumínio (PAC) equivale a 0,35 de alcalinidade.

Para replicar as quantidades utilizadas no tratamento teste para a estação de tratamento, foi utilizado o cálculo conforme apresentado na Equação 01.



Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade



Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
 Melhoria Da Eficiência E Produtividade

$$v = \frac{Q \cdot p \cdot t}{d \cdot 1000} \quad \text{Equação 01}$$

Onde

$v$  = volume a ser adicionado durante o tratamento (mL/min)

$Q$  = vazão da estação (m<sup>3</sup>/h)

$p$  = quantidade de reagente utilizado no teste (mL)

$t$  = tempo que deve ser adicionado o reagente (s)

$d$  = densidade do reagente.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS 5W2H

Conforme explicado anteriormente, para identificação dos problemas e apresentação possíveis soluções, foi utilizada a ferramenta 5W2H, conforme apresentado na Tabela 01.

Tabela 01 – Plano de ação com a ferramenta 5W2H

| PLANO DE AÇÃO COM O MÉTODO 5W2H |                          |                                      |               |               |   |        |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|---|--------|
| O QUE                           | POR QUE                  | ONDE                                 | QUANDO        | POR QUEM      | COMO  | QUANTO |
| Limpeza e calibração do pHmetro | Resultados mais precisos | Na estação de tratamento de efluente | Imediatamente | Pelo operador | Com o auxílio de água destilada e soluções tampão |        |

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
 Melhoria Da Eficiência E Produtividade

|  |   |                                      |   |                       |   |  |
|--|---|--------------------------------------|---|-----------------------|---|--|
| Correção do uso de hidróxido de sódio    | Por conta do excesso                      | Na estação de tratamento de efluente | Imediatamente   | Pelo operador         | Quando o hidróxido de sódio for utilizado na limpeza não precisa ser utilizado na estação se o pH estiver de acordo | -  |
| Adquirir um Jar Test/ fazer teste manual | Tratamento teste                          | Na estação de tratamento de efluente | Imediatamente   | Pela empresa          | Fazendo uma análise de custo e benefícios   | Em média de R\$ 6.500,00 caso seja adquirido um jar teste. |
| Fazer tratamento teste                   | Para definir a quantidade e dos reagentes | Na estação de tratamento de efluente | Após adquirir o jar test, ou começar a fazer o teste manual | Pelo analista químico | Replicar as quantidades da análise na escala da ETE   | -  |

Fonte: O autor, 2021.

#### 4.2 ANÁLISE DO CASO

Constatou-se que a unidade de análise tem um gasto excessivo com hidróxido de sódio, pois é utilizado tanto na limpeza dos equipamentos como na estação, juntamente com água em forma de efluente. Deste modo, a cisterna de equalização do efluente apresenta pH elevado, em torno de 8,20 até 9,0. Por este motivo, concluímos que o tratamento pode iniciar sem a adição de mais hidróxido de soda, evitando seu excesso.

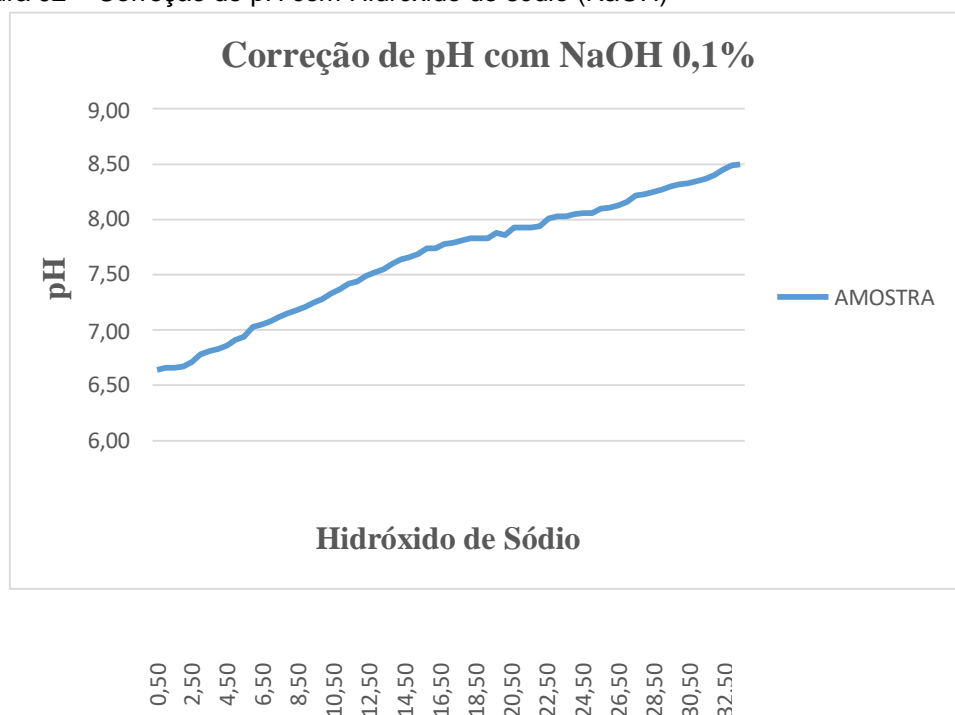
Infelizmente a empresa não possui o equipamento *jar test*; deste modo, o efluente é reprocessado até que a coagulação esteja adequada ao tratamento. Com aquisição do equipamento, o tratamento teste será realizado antes da estação ser ligada, onde já será definido quanto de cada reagente deverá ser utilizado na estação, economizando tempo e recursos.

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

### 3.3 TESTE APLICADO

O teste realizado em laboratório foi feito em triplicata para precisão dos resultados. O pH de entrada estava em torno de 6,66; deste modo, foi adicionado 0,5 mg de hidróxido de sódio a cada 60 s, até pH final das amostras igual a 8,50 conforme observado no gráfico da Figura 02.

Figura 02 – Correção de pH com Hidróxido de sódio (NaOH)



Fonte: O autor, 2021.

Para a correção do pH foram utilizados 34,00 mL de hidróxido de sódio. Com essa informação foi descoberta a alcalinidade. Onde 1 mL de hidróxido de sódio equivale a 1,25 de alcalinidade, ou seja, 34,00 mL equivalem a 42,5 de alcalinidade. Sabendo-se que 1 mL de Policloreto de alumínio (PAC) equivale a 0,35 de alcalinidade, para 42,5 de alcalinidade foram utilizados 121,43 mL de Policloreto de alumínio (PAC) .

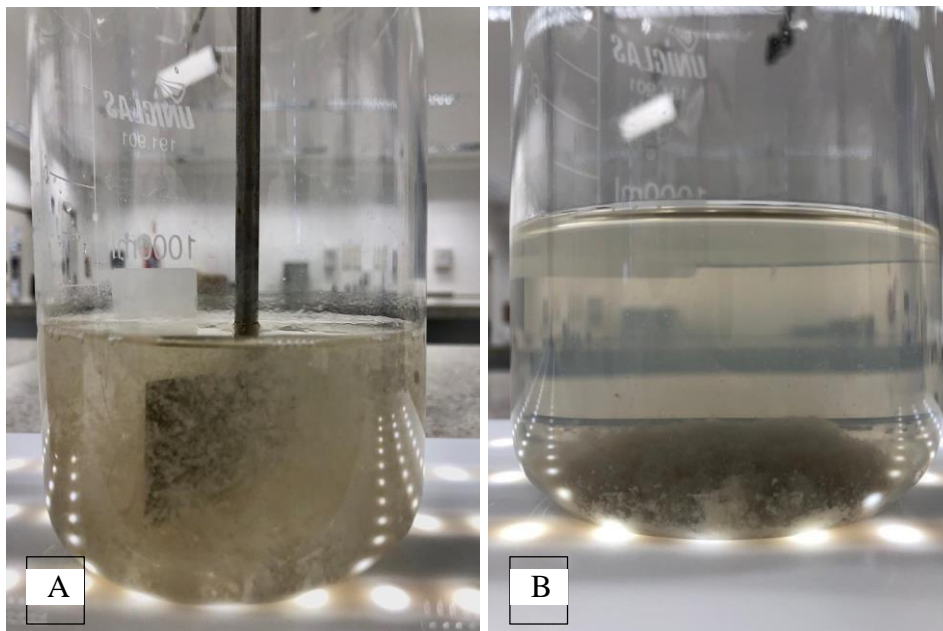
A solução de hidróxido de sódio estava a 0,1% e a de Policloreto de alumínio



Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

(PAC) estava a 1%, então as 121,43 mL a serem utilizadas foram divididas por 10 para igualar o percentual de solução. Deste modo, em 1000 ml de amostra, após a adição de 34,00 mL de hidróxido de sódio à 0,1% foram adicionados 12,143 mL de Policloreto de alumínio (PAC) à 1% para a devida coagulação, conforme o teste realizado e apresentado na Figura 03.

Figura 03 – Aplicação de Policloreto de alumínio (PAC) para a coagulação, sendo (A) durante a aplicação e (B) após a aplicação



Fonte: O autor, 2021.

Para replicar as quantidades em escala industrial, foi utilizada a Equação 01.

$$v_{\text{hidróxido de sódio}} = \frac{Q * p * t}{d * 1000}$$

$$v_{\text{hidróxido de sódio}} = \frac{3 * 34 * 60}{1,53 * 1000}$$

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

$v_{\text{hidróxido de sódio}} = 4 \text{ mL/min}$

$$v_{\text{Policloreto de alumínio}} = \frac{Q * p * t}{d * 1000}$$

$$v_{\text{Policloreto de alumínio}} = \frac{3 * 121,43 * 60}{1,36 * 1000}$$

1000



$$v_{\text{Policloreto de alumínio}} = 16,07 \text{ mL/min}$$

Todas as análises realizadas pelo órgão fiscalizador constataram que a estação opera dentro dos parâmetros exigidos pela legislação, contudo, se a empresa realizar o tratamento teste antes de ligar a estação, os mesmos terão aumento da eficiência no tratamento, além da otimização do processo de tratamento como um todo, além da redução dos custos de operação.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As organizações devem responsabilizar-se por um novo paradigma ambiental, adotando em seu planejamento a gestão ambiental como um instrumento de diretrizes para cumprir ações que eliminem ou minimizem os impactos ambientais significativos causados por suas atividades.

Ao longo do tempo de realização do estudo, as análises realizadas no efluente constataram que o tratamento feito na estação apresenta todos os seus parâmetros de acordo com o exigido pela legislação do CONAMA.

Para evitar reprocessamento, economizar tempo e evitar gastos excessivos com reagentes químicos, sugere-se que a empresa adquira o equipamento *jar test*, com o qual o operador poderá avaliar o efluente equalizado antes de iniciar o tratamento na estação, ou faça o teste manual com béqueres, economizando tempo e recursos.

Em relação ao uso do hidróxido de sódio a empresa deverá avaliar o pH do efluente que está entrando na estação, pois esta substância é utilizada na limpeza dos equipamentos e segue para a estação misturada com água em forma de efluente; neste caso o pH da cisterna de equalização estará elevado, ou seja, não será necessário mais necessária a dosagem de hidróxido de sódio na estação, poupando recursos e otimizando o processo de tratamento.

**6 REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, R. R.; DIAS, L. S.; BENINI, S. M. **Água: tratamento, efluentes e solos.** Editora ANAP, 1. ed. p. 128. Tupã – SP, 2015.

AYGUN, A.; NAS, B.; BERKTAY, A. **Influence of high organic loading rates on COD removal and sludge production in moving bed biofilm reactor,** Environmental Engineering Science, V.25, p. 1311-1316. 2008.

BEUREN, I. M. (2004). **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade.** Teoria e prática (2a ed.). São Paulo: Atlas.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., MIERZWA, J. C., BARROS, M. T. L., Veras, M., Porto, M., Nucci, N., Nucci, J., Juliano, N., & Eiger, S. (2005). **Introdução à Engenharia Ambiental** (2a ed.). São Paulo: Prentice Hall.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.** Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm)>. Acesso em: 01 set. 2021.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 01 set. 2021.

BRASIL. Resolução nº 430, 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, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-COONAMA.** Publicada no DOU nº 92, de 16/05/2011, p. 89. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 01 set. 2021.



CARVALHO, K. Q.; et al. **Tratamento de efluentes**. Caderno para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – e-Tec. 1. ed. Curitiba: Ed. UTFPR, 2011.

CAVALCANTI, C.; et al. **DESENVOLVIMENTO E NATUREZA: Estudos para uma sociedade sustentável**. INPSO/FUNDAJ. Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério da Educação, Governo Federal, Recife, Brasil. Outubro 1994. p. 262.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Apoio ao Conselho Nacional do Meio Ambiente – DCONAMA. Brasília – DF. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

CQR – Conselho Regional de Química. **Operação de Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos Processo físico-químico**. Ribeirão Preto, SP, 2013. Disponível em:

<[https://www.crq4.org.br/sms/files/file/2013\\_09\\_28\\_Apostila\\_ETE\\_Ribeirão\\_Preto\\_site.pdf](https://www.crq4.org.br/sms/files/file/2013_09_28_Apostila_ETE_Ribeirão_Preto_site.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2021.

DA COSTA, A. P. J.; DA SILVA, A. L.; MARTINS, R. S. **Um estudo sobre estações de tratamento de efluentes industriais e sanitários da empresa Dori Alimentos LTDA**. REGRAD – Revista de Graduação UNIVEM, v. 1, ano 2, p. 6-22. Marília – SP, 2009.

DAVIGNON, A., PIERRE, C. V., Kligerman, D. C., Silva, H. V. O., Barata, M. M. L., & Malheiros, T. M. M. (2002). **Manual de auditoria ambiental de estações de tratamento de esgotos**. Rio de Janeiro: Qualitymar

DOS SANTOS, D. V.; et al. **Engenharia do Meio Ambiente Tratamento Terciário de Esgoto**. Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas – FACET, graduação em Engenharia de Petróleo. Itaperuna, nov. 2011.

FARRUGIA, B. (2013). Conheça como funciona uma estação de tratamento de efluentes. **Revista TAE**, 2(12).

FM2S. **5W2H**: o que é e como utilizá-lo para elaborar seus planos de ação?

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

2017. Disponível em: . Acesso em 29 de outubro de 2021.

GIORDANO, G. **TRATAMENTO E CONTROLE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS.**  
Revista ABES, v. 4. ed. 76. 2004.

GUIMARÃES, J. R., & Nour, E. A. A. (2001). Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, 1(1), 19-30.

JORDÃO, E. P., & Pessoa, C. C. (2005). **Tratamento de esgotos domésticos** (4a ed.). Rio de Janeiro: SEGRAC.

MAZZER, C., & Cavalcanti, O. A. (2004). Introdução à gestão ambiental de resíduos. **Infarma**, 16(11-12), 67- 77.

METCALF, L., & Eddy, H. P. (2003). **Wastewater engineering: Treatment, disposal, reuse** (4a ed.). New Delhi: McGraw-Hill.

MOTA, S. (2003). **Introdução a engenharia ambiental.** Rio de Janeiro: ABES.

PEREIRA, R. S. **Poluição hídrica: causas e consequências.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS. 2003. Disponível em: <  
<https://www.docsity.com/pt/poluicao-hidrica-causas-e-consequencias/4735875/>> .  
Acesso em: 29 ago. 2021.

PORTAL ADMINISTRAÇÃO. 5W2H: Como utilizar e suas vantagens.  
**Administração.** 2014. Disponível em: < <https://www.portal-administracao.com/2014/12/5w2h-o-que-e-e-como-utilizar.html> >. Acesso em 29 de outubro de 2021.

Richter, C. A., & Netto, J. M. A. (2007). **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Edgard Blücher.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Edgard Blücher. 1991. 332 p.

Sant'Anna Jr., G. L. (2010). **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações.** Rio de Janeiro: Interciência

Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

SCOTT, W. C.; et al. **Spatial and temporal influence of onsite wastewater treatment systems, centralized effluent discharge, and tides on aquatic hazards of nutrients, indicator bacteria, and pharmaceuticals in a coastal bayou.**

Science of the Total Environment 650. p. 354-364. Texas – EUA, 2018.

SILVA FILHO, A. **Tratamento terciário de efluentes de uma indústria de refrigerantes visando ao reuso – Um estudo de caso.** Dissertação de mestrado, Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, UFRJ. Rio de Janeiro - RJ, 2009.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.p. 169-215. UFMG, 2005.

SYLVESTRE, S. H. Z. **Desempenho de sistemas de reatores anaeróbios e aeróbios na remoção de coliformes e ovos de helmintos de águas residuárias de suinocultura.** Dissertação de mestrado, Microbiologia Agropecuária, UNESP/Jaboticabal – SP, 2013.

TUCCI, C. E. M. (2013). **Hidrologia: ciência e aplicação** (4a ed.). Porto Alegre: UFRGS



Otimização Do Processo De Tratamento De Efluentes De Uma Indústria De Alimentos Para  
Melhoria Da Eficiência E Produtividade

VON SPERLING, M. (2005). **Princípios do Tratamento biológico de águas residuárias. Vol.1. Introdução à qualidade de águas e o tratamento de esgotos** (3ª ed.) Belo Horizonte. UFMG

