

Artigo

## Estação de tratamento de efluentes: teoria em benefício da prática

Effluent treatment plant: theory for the benefit of practice

George Gérson Araújo da Silva<sup>1</sup>, Edson do Nascimento Carneiro<sup>2</sup> & Saint Clair Lira Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduado em Tecnologia de Alimentos, UFPB-CTDR, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB. E-mail: george.gerson@hotmail.com.

<sup>2</sup> Técnico em Meio Ambiental, IFPB, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cabedelo – PB. E-mail: edsondnc@gmail.com.

<sup>3</sup> Doutor em Agronomia/Fitotecnia-UFERSA. Professor de Agronomia do IFRN, Campus Curais Novos. E-mail: saint.lira@escolar.ifrn.edu.br.

**RESUMO:** Com o passar dos anos as normas ambientais passaram a ser mais severas com as indústrias que destinam efluentes de forma imprudente no meio ambiente. O estudo em questão avaliou o funcionamento de uma Estação de Tratamento Efluente de uma engarrafadora de refrigerantes localizada na cidade de João Pessoa – PB, a mesma conta com uma estrutura composta por um pré-tratamento, tratamentos primário, secundário e terciário, onde cada etapa possui uma atuação específica no processo. O objetivo do estudo é realizar um mapeamento das informações do processo, avaliar pontos peculiares que necessitavam de melhorias. A metodologia para pesquisa provê contribuições para o processo, no controle operacional e nos parâmetros de qualidade do tratamento, procurando de forma científica conciliar teoria com a prática utilizando métodos combinados, observando e intervindo de forma direta com o propósito de fornecer alternativas eficientes ao sistema, como por exemplo, controle do oxigênio dissolvido na lagoa aerada, fator que influencia diretamente na proliferação de microrganismos e conseqüentemente impacta nas etapas subsequentes, com a oxigenação controlada ( $O_2$  dissolvido  $>1\text{mg/L}$ ) a presença de microrganismo é inevitável. O biológico ativo as dosagens de reagentes foram reduzidas e parâmetros como, ferro ( $<1\text{mg/L}$ ), alumínio ( $<1\text{mg/L}$ ), DQO ( $<100\text{mg/L}$ ) e DBO ( $<50\text{mg/L}$ ), tiveram reduções significativas. Os dados demonstraram que após as mudanças os resultados para o efluente tratado permaneceram obedecendo a resolução do CONAMA nº 430/2011 e os parâmetros internos (mais restritos que a resolução) também continuaram dentro dos valores estabelecidos.

**Palavras-chave:** Biológico. Oxigenação. Efluente.

**ABSTRACT:** Over the years, environmental standards have become more severe with industries that recklessly target effluents into the environment. The study in question evaluated the operation of an Effluent Treatment Station of a soft drink bottler located in the city of João Pessoa – PB, the same has a structure composed of a pre-treatment, primary, secondary and tertiary treatments, where each stage has a specific performance in the process. The aim of the study is to perform a mapping of the process information, evaluating peculiar points that needed improvement. The research methodology provides contributions to the process, operational control and treatment quality parameters, seeking in a scientific way to reconcile theory with practice using combined methods, observing and intervening directly with the purpose of providing efficient alternatives to the system, such as, control of dissolved oxygen in the aeration pond, a factor that directly influences the proliferation of microorganisms and consequently impacts on subsequent stages, with controlled oxygenation (dissolved  $O_2 >1\text{mg/L}$ ) the presence of microorganism is inevitable. The active biological reagent dosages were reduced and parameters such as iron ( $<1\text{mg/L}$ ), aluminum ( $<1\text{mg/L}$ ), WFD ( $<100\text{mg/L}$ ) and BOD ( $<50\text{mg/L}$ ), significant reductions. The data showed that after the changes to the treated effluent remained in compliance with the resolution of CONAMA no. 430/2011 and the internal parameters (more restricted than the resolution) also continued within the established values.

**Keywords:** Biological. Oxygenation. Effluent.

## 1 INTRODUÇÃO

A importância do tratamento de efluentes industriais está diretamente ligada ao comprometimento da empresa com o meio ambiente, independentemente de qual for o ramo produtivo, por tanto é imprescindível sempre buscar melhorias no processo, aprimorando e padronizando técnicas que possibilitem o funcionamento de uma estação de maneira eficiente na capacidade volumétrica e rígida nos padrões de qualidade atrelados.

As Estações de tratamento de Efluentes, comumente chamadas de ETEs são locais onde se situam os equipamentos e reatores necessários para que o efluente seja tratado e os poluentes removidos, resultando em um efluente clarificado e com menor teor de contaminantes (SILVA e KIELING, [20--]). O processo do tratamento é realizado através de métodos físico, químico e biológico que promovem a remoção das cargas poluentes (FEAM, 2015).

Conforme a Norma Brasileira — NBR 9800 (1987), efluente líquido industrial é o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo emanções de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico. Conforme Parente e Silva (2002), os resíduos industriais líquidos, em sua grande maioria, são formados por restos das matérias-primas utilizadas nos processos produtivos e que não são aproveitadas totalmente. Usualmente, a solução para este problema tem sido a utilização de sistemas de tratamento de efluentes adequados para diminuir o potencial poluidor destes resíduos.

No entanto, devido aos custos destes sistemas de tratamento, e no caso particular das regiões semiárida do Nordeste Brasileiro, com grande escassez de água potável, utilizada, inclusive, como ingrediente dos produtos dessas indústrias alimentícias, tem provocado um interesse entre os técnicos do setor e ambientalistas em geral, de melhorar os processos produtivos, visando a reduzir ao mínimo a emissão de efluentes líquidos, reutilizando a água ao máximo em outras atividades ou fazendo com que voltar ao processo industrial, sem prejudicar o produto qualitativamente (PARENTE e SILVA, 2002).

A maioria das ETEs são projetadas apenas para atendimento à legislação ambiental, que varia de acordo com a localidade e exigências do órgão ambiental responsável, atendendo também a requisitos como área disponível para instalação, característica do local, custo de operação da tecnologia selecionada e eficiência do tratamento entre outros (SILVA e KIELING, [20--]).

A eficiência do tratamento necessita de estudos de que resultem em melhorias, na adequação ou na otimização do processo, para que isso ocorra é necessário o conhecimento das características associadas ao afluente (BIRON *et al.*, 2014).

Para que as ETEs possam manter a sua eficiência, é preciso, além de um projeto adequado a indústria, a adoção de critérios técnicos no momento da implantação, bem como manutenção dos equipamentos e rigoroso controle da operação de modo a garantir o funcionamento do sistema dentro das condições licenciadas. As Estações de Tratamento de Efluente devem realizar análises físico-químicas e biológicas do efluente, de modo a garantir o controle operacional dos sistemas de tratamento,

contribuindo para minimizar a degradação dos corpos d'água (FEAM, 2015). As estações podem ser monitoradas de forma global entre os pontos do efluente bruto e do efluente tratado, ou incluindo-se a eficiência das etapas. No caso de se incluir o controle das etapas do tratamento, não é necessário o controle de todos os parâmetros em todas as suas etapas. O monitoramento da ETE tem primordialmente o objetivo do controle operacional e consequentemente o atendimento à legislação (GIORDANO, 2004). Uma estação automatizada facilita o trabalho de operação da mesma, porém é necessário que o operador receba treinamento quanto às variações do processo para que o monitoramento e a eficiência da estação sejam feitos de maneira que a mesma tenha o desempenho adequado ao projeto e que as intervenções necessárias sejam realizadas (UNILAB, 2012).

Atualmente, o tratamento biológico é o mais eficiente para a remoção da matéria orgânica de efluentes, pois o próprio efluente possui uma grande variedade de bactérias e protozoários necessários para compor as culturas microbianas mistas que processam os poluentes orgânicos. Mas o uso dessa técnica de tratamento requer o controle da vazão, a recirculação dos microrganismos decantados com o lodo, o fornecimento de oxigênio, entre outras coisas (FARRUGIA, 2013).

Dentre o processo de monitoramento existem determinadas particularidades que só poderão ser identificadas pelo próprio responsável técnico da unidade, baseado em seu conhecimento e experiência com a operação (FEAM, 2015).

Considerando a competitividade industrial e as leis ambientais onde as indústrias estão sempre procurando melhorar seus resultados, o objetivo do presente estudo é possibilitar melhorias em uma Estação de Tratamento de Efluentes, a mesma atende o que a resolução nº 430/2011 – CONAMA exige, porém dispõe potencial para melhorias de seus resultados internos que chegam a ser mais minuciosos que o do próprio órgão fiscalizador. As melhorias possibilitaram realizar um trabalho de maneira mais prática, contínuo e consumindo menos reagentes químicos no tratamento.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Característica do estudo

O estudo de intervenção foi realizado com o propósito de melhorar os resultados dos parâmetros de qualidade do efluente de saída, apesar dos resultados atuais estarem obedecendo aos requisitos do CONAMA (Resolução nº 430/2011).

A princípio foi realizado um levantamento de informações do procedimento de operação da ETE, possíveis pontos que necessitavam de melhorias. Os locais fundamentais para realização das intervenções foram a Lagoa, o Decantador e o Flotador, estruturalmente não foi realizada alteração, a estrutura do próprio local possibilitou realizar as intervenções conforme descrito nos tópicos 2.11.5 Melhorias da Lagoa, 2.11.6 Melhoria no Decantador e Flotador e 2.11.8 Flotador.

### 2.2 Coleta das amostras

As amostras foram coletadas através de beakers de plástico lavados a partir da amostra a ser coletada.

### Ponto de coleta das análises

Lagoa Aerada: Amostras coletadas a cada duas horas, realização das análises diárias de pH, Oxigênio Dissolvido – OD, Temperatura e Materiais sedimentáveis.

Saída do Efluente Tratado: Amostras coletadas a cada duas horas, realização das análises diárias de pH, Oxigênio Dissolvido – OD, Temperatura e Materiais sedimentáveis, Alumínio, Ferro e DQO. No mesmo ponto de coleta são realizadas as análises semanais de DBO, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Sólidos Totais Dissolvidos – STD, Sólidos Totais Suspensos – STS, Surfactantes, Alumínio, Amônia Total, Cloro Residual ou "livre", Cor Verdadeira, após filtração, Sulfatos e Coliformes Fecais.

### 2.3 INSTRUMENTOS

- ✓ Espectrofotômetro Spectroquant Prove 100: Para as análises realizadas diariamente e semanalmente (sulfatos, ferro total, cor verdadeira, amônia total, alumínio, surfactantes, nitrogênio total, fósforo total e DQO).
- ✓ Medidor de bancada Thermo Scientific Orion Star A211: Utilizado exclusivamente para análise de pH.
- ✓ Calorímetro – DR900 HACH: Possibilita a realização de várias análises, mas devido ao Spectroquant Prove 100, o mesmo é utilizado nas análises de cloro livre, turbidez e sólidos em suspensão.
- ✓ Termoreator - Spectroquant TR 420 Merck: Utilizado nas análises de necessitam de digestão.
- ✓ Oxímetro – oxí 3210 WTW: Para análise de Oxigênio Dissolvido.
- ✓ Condutivímetro portátil HACH HQ14D: Utilizado na análise de Sólidos Totais Dissolvidos.
- ✓ Kit de DBO<sub>5</sub> WTW: Utilizado para análise de DBO.
- ✓ Microscópio – E2200 Nikon: Utilizado nas análises de microscopia do tanque aeração.
- ✓ O laboratório também com várias vidrarias que auxiliam nas análises, como por exemplo, cone de Imhoff utilizado nas análises de sólidos sedimentáveis da lagoa de aeração, conta também com Pipeta, Becker, Proveta, Balão volumétrico, Tubos de ensaios e entre outras.
- ✓ Jar-Test: Equipamento empregado no ensaio de floculação, processo utilizado nas estações de tratamento de efluente e que faz as partículas finas de sujeiras presentes no efluente se juntarem, formando partículas maiores, facilitando sua purificação (SPLABOR, 2018). A finalidade do ensaio de floculação, feito pelo Jar-Test é determinar as dosagens ótimas dos reagentes e determinar o pH ótimo de floculação. A determinação das dosagens ótimas é feita por tentativa e comparação, análises feitas através do Jar-test que permite a execução de mais de 4 amostras simultaneamente (SPLABOR, 2018).

### 2.4 PROCEDIMENTOS

Como propósito de consolidar as informações teóricas, foram coletadas informações com os técnicos e operadores de outras unidades do mesmo grupo industrial, profissionais com experiência nas demais situações já presenciadas em E.T.Es. A utilização de discernimentos quantitativos foi fundamental para chegar ao resultado final, isso porque na medida em que era realizada alguma

alteração no sistema eram realizados experimentos em jar-test para chegar à dosagem perfeita ou exclusão de algum reagente utilizado no tratamento. O acompanhamento foi efetivado de acordo com a rotina de análises físico-químicas diárias de controle da estação, conforme demonstrado na tabela 3, onde foram fundamentais para constatação da eficiência do processo.

O levantamento das informações para elaboração desta revisão adotou critérios qualitativos que incluíram as principais bases de dados de assuntos relacionados ao tratamento efluentes, como por exemplo, controle de descarte de resíduos químicos em lagoas aeradas, lodos ativados, microrganismos aeróbicos e a importância da oxigenação em lagoas aeróbicas, esse levantamento foi realizado através de artigos disponíveis nas bases de previamente selecionadas, foram abordados manuais de operação de estações de tratamento e trabalhos de conclusão de curso, todos no período de 1º de Janeiro de 2000 à 1º de janeiro de 2017.

### 2.5 A Empresa

A empresa faz parte de um grupo que hoje é o segundo maior fabricante do Brasil de uma marca de refrigerante conhecida a nível mundial, o mesmo também situa-se entre os 15 maiores fabricantes do mesmo produto no mundo, uma das dez maiores empresas do Nordeste e uma das maiores empresas de bens de consumo do país.

Com capacidade para produzir mais de três bilhões de litros de bebida/ano para atender a mais de 340 mil pontos de venda, o Grupo possui 14 mil colaboradores distribuídos pelas 13 fábricas e 36 Centros de Distribuição, atuando nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Mato Grosso, parte de Tocantins e de Goiás, o que representa uma área territorial de 2,8 milhões de quilômetros quadrados, maior do que a soma da área total dos países como, Portugal, Espanha, Itália, Grécia, França, Alemanha e Reino Unido.

A estação de tratamento de efluentes da unidade João Pessoa tem estrutura, capaz de atender todas as exigências estabelecidas pela Resolução do CONAMA Nº 430/2011 e os requisitos internos exigidos.

O principal objetivo da empresa e do Grupo é garantir que o efluente tratado enviado ao corpo receptor não agride o meio ambiente e, conseqüentemente atenda aos parâmetros exigidos pela legislação e internos.

### 2.6 Estações de tratamento de efluente

Os processos industriais tradicionais emitem grandes quantidades de rejeitos industriais, caracterizados como perdas do processo, na forma de efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões gasosas; que podem causar grandes impactos ambientais quando descartados no meio ambiente fora dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente. Os efluentes líquidos são um dos maiores poluidores dos corpos d'água e diante da crescente preocupação mundial com a qualidade dos recursos hídricos e exigências do desenvolvimento sustentável, as empresas necessitam minimizar os impactos ambientais da sua produção. A implantação de uma E.T.E possibilitará o tratamento dos efluentes gerados, adequando os despejos industriais dentro dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental (OLIVEIRA; SUSTAFA, 2015).

Esses efluentes líquidos apenas podem ser descartados no meio ambiente após sofrerem tratamento adequado para se encaixarem dentro dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente. A maior preocupação é decorrente da alta concentração de matéria orgânica, com elevada DBO e DQO, que são parâmetros para a quantificação do potencial poluidor dos efluentes industriais. Quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior será o consumo de oxigênio para oxidação da matéria orgânica e menor será a disponibilidade de oxigênio dissolvido na água, o que pode causar impactos ambientais que comprometem a vida aquática (OLIVEIRA; SUSTAFA, 2015).

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, por meio da Resolução nº 430/2011, estabelece padrões e limites de lançamento de efluentes. As principais condições para lançamento de efluentes no corpo receptor previstas são:

- a) pH entre 5 a 9;
- b) Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c) Materiais sedimentáveis: até 1 ml/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- e) Óleos e graxas:
  1. Óleos minerais: até 20 mg/L;
  2. Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- f) Ausência de materiais flutuantes;
- g) DBO 5 dias a 20°C: remoção mínima de 60% de DBO.

Essa resolução, contudo, não estabelece o parâmetro de DQO, apenas determina limites de lançamento para Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Os limites de DQO são estabelecidos em algumas legislações ambientais estaduais (BADO; PERCIO; LINDINO, 2013).

### 2.6.1 Matéria orgânica: DBO e DQO

A matéria orgânica da água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico. Em grandes quantidades, no entanto, podem causar alguns problemas, como cor, odor, turbidez e consumo do oxigênio dissolvido pelos organismos decompositores (FUNASA, 2014).

O consumo de oxigênio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica, pois provoca desequilíbrios ecológicos, podendo causar a extinção dos organismos aeróbicos. Geralmente, são utilizados dois indicadores do teor de matéria orgânica em efluentes: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Os parâmetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) são utilizados para indicar a presença de matéria orgânica em efluentes. Os referidos parâmetros DBO e DQO indicam o consumo ou a demanda de oxigênio necessário para estabilizar a

matéria orgânica contida na amostra de efluentes. Esta demanda é referida convencionalmente a um período de cinco dias, já que a estabilização completa da matéria orgânica exige um tempo maior, e a uma temperatura de 20°C (FUNASA, 2014).

A diferença entre DBO e DQO está no tipo de matéria orgânica estabilizada. Enquanto a DBO refere-se exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade dos microrganismos, a DQO engloba, também, a estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Assim sendo, o valor da DQO é sempre superior ao da DBO. Além do mais, a relação entre os valores de DQO e DBO indica a parcela de matéria orgânica que pode ser estabilizada por via biológica (FUNASA, 2014).

### 2.7 Processo de fabricação de refrigerantes

Segundo Berenhauser (1999), as matérias primas utilizadas na produção de refrigerantes são: água, açúcar, acidulantes, essências naturais ou sucos e gás carbônico. O açúcar passa pelo pré dissolvedor e é levado ao tanque de preparação de xarope simples, onde é misturado à água potável quente enriquecida com ácidos orgânicos. Esta mistura é submetida a um cozimento à 100 °C.

Este xarope simples passa sob pressão por um filtro de aço inoxidável, que contém meio filtrante de carvão ativado em pó, usando terra diatomácea como auxiliar filtrante, que promove a clarificação do xarope simples e a remoção do carvão. O líquido filtrado é depositado no tanque de pré-capa de onde caminha para o trocador de calor e para a torre de resfriamento, onde, ainda sob pressão, passa por processo de abaixamento de temperatura (até 25 °C), sendo encaminhado para os tanques de armazenamento de xarope simples. Ao xarope simples são adicionados os extratos naturais de cada sabor, que podem ser essenciais ou sucos, e acidulantes, formando assim o xarope composto. No caso de refrigerantes diet e light o açúcar é totalmente substituído por edulcorantes não calóricos (BERENHAUSER, 1999).

O xarope composto sob pressão é conduzido por tubulação de aço inox para o dosador, onde é feita a homogeneização com água potável. Esta mistura, sempre sob pressão, passa pelo resfriador e pelo carbonatador onde é resfriada e recebe o gás carbônico. O refrigerante é encaminhado para a máquina enchedora, que deposita o líquido através de sistema automático isobarométrico nas garrafas previamente lavadas a temperaturas de 35 a 65 °C, jateadas com solução alcalina e inspecionadas (BERENHAUSER, 1999).

A seguir as garrafas são capsuladas, para seguirem para o datador que imprime nas tampas a data de validade do produto. Após nova inspeção, as garrafas cheias são encaixotadas em garrafeiras plásticas, empilhadas e seguem para expedição (BERENHAUSER, 1999).

No caso da linha PET, como a embalagem é de material descartável, as garrafas são sopradas, rotuladas, passam pelo rinser, para a seguir serem enchidas, capsuladas, datadas e inspecionadas. Caminham para o shrink e o stretch, onde são envolvidas em plástico grosso e seguem para expedição (BERENHAUSER, 1999).

As produções de refrigerantes contam também com operações auxiliares ao total são três: geração de vapor, sistemas de lavagem e tratamento de água, com características de operação semelhantes às principais

etapas, entrada e saídas do processo de produção dos refrigerantes (CETESB, 2005).

## 2.8 Fontes geradoras de despejos de refrigerantes

Os efluentes líquidos da produção de refrigerantes são, em geral, oriundos de etapas de lavagem, seja dos vasilhames, equipamentos ou da instalação em si. A estes se podem somar ainda contribuições de carga provenientes de lotes defeituosos e perdas de processo, como por exemplo, derramamentos de produto. Estes efluentes têm como principais características: o pH alcalino, devido às

soluções de limpeza utilizadas, e a elevada carga orgânica, devida ao açúcar do xarope e alguns extratos vegetais empregados na formulação. A composição destes efluentes parece ser bastante variável, em função da tecnologia empregada tanto no processo produtivo como nas etapas de lavagem (CETESB, 2005).

De acordo com Berenhauser (1999), as fontes residuárias decorrentes da produção de refrigerantes são as que seguem na tabela 1.

**Tabela 1** – Fontes geradoras de resíduos líquidos.

<b>Lavagem</b>	Tanques de preparação dos xaropes simples e composto, Tubulações e filtros
	Pisos da área de estocagem de matéria prima
	Pisos do setor de preparação do xarope simples e composto, Pisos da área de envasamento
	Máquinas, tanques, equipamentos, tubulações do setor de envasamento e Garrafas
	Caixas plásticas
<b>Descargas</b>	Tanques de solução de soda
<b>Descarte</b>	Refrigerantes resultantes da quebra de garrafas durante o envasamento ou fora de validade

Fonte: BERENHAUSER, 1999.

## 2.9 Informações da produção do tratamento do efluente

A estação é composta por três tipos de tratamento (físico, químico e biológico), cada um atuando de forma específica, a mesma trabalha de forma contínua 24 horas por dia para atender a demanda de efluente que é depositado no tanque de aeração (lagoa aerada). Na **tabela 2** É demonstrado de forma sucinta as informações referentes ao processo.

**Tabela 2** – Dados do processo

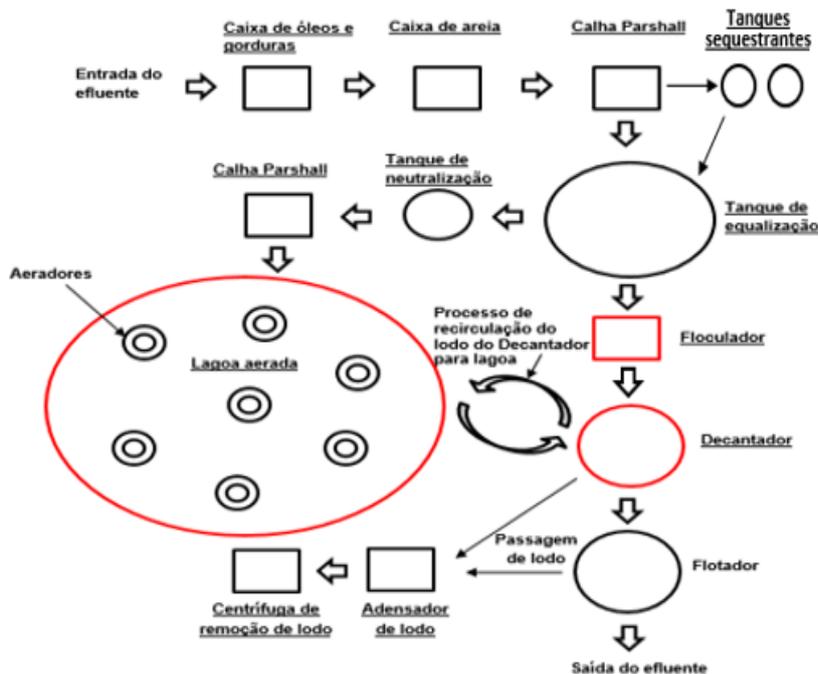
<b>Volume de Tratamento</b>	<b>25 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Horas de operação por dia</b>	24 horas por dia
<b>Tipo de tratamento</b>	Microbiológico e físico-químico
<b>Etapas do Tratamento</b>	Na Preliminar: caixa de areia, gradeamento, caixa de óleos e gorduras, calha parshall, tanque de equalização e tanque de neutralização. No primário: Lagoa aerada. Secundário: Floculador e Decantador. No Terciário: Flotador.e o sistema de reuso
<b>Etapas da Estação de Tratamento de Efluente</b>	Na Preliminar: caixa de areia, gradeamento, caixa de óleos e gorduras, calha parshall, tanque de equalização e tanque de neutralização. No primário: Lagoa aerada. Secundário: Floculador e Decantador. No Terciário: Flotador.e o sistema de reuso
<b>Produtos químicos utilizam no tratamento.</b>	policoreto alumínio-1018/propac800-58% (Responsável pela formação de flocos da matéria orgânica) Superdicloro (controle microbiológico e oxidação de ferro) Polímero aniônico-zetag 4120 (auxiliador na formação de flocos) Supernitro (nutriente microbiológico) Kurita (antiespumante)

## 2.10 O processo

O processo de tratamento é realizado de forma contínua, no fluxograma a seguir pode-se observar um

esboço que complementa as informações que foram demonstradas na **tabela 2**.

Figura 1- Processo do tratamento de efluente.



Nos subtópicos a seguir será descrito de forma sucinta o funcionamento na prática do dia a dia de cada etapa demonstrada anteriormente no fluxograma do processo da estação.

### 2.10.1 Caixa de entrada

Nesta etapa o efluente passa por uma grade dedicada a reter sólidos grosseiros (tampas, canudos e outros materiais estranhos), com o objetivo de evitar o comprometimento das bombas e entupimentos das tubulações (LIMA, 2005).

### 2.10.2 Caixas retentoras de óleos e gorduras

Essa etapa o objetivo é reter o material heterogêneo presente no efluente. Constituídas por placas dispostas na altura da superfície do efluente, para que assim então o material flutuante fique armazenar nesta placa e o efluente homogêneo consiga escorrer por baixo das mesmas (LIMA, 2005).

### 2.10.3 Calha parshall de entrada

Consiste em manter constante a velocidade do fluxo de entrada de efluente, composta por uma régua graduada na lateral que possibilita a medição da vazão de efluentes industriais mesmas (LIMA, 2005).

### 2.10.4 Tanque de equalização

Este tanque é utilizado para armazenamento e homogeneização do efluente bruto, tem como objetivo equalizar temperaturas, cargas orgânicas, possibilitando o equilíbrio da concentração do efluente, que será transferido para a fase seguinte do processo de tratamento (MELO, 2013).

### 2.10.5 Tanque de neutralização

Nesta etapa, haverá a correção do PH, caso seja necessário, através de dosagem de produto ácido ou alcalino (LIMA, 2005).

### 2.10.6 Lagoa de aeração

Nesta etapa do processo o efluente é homogeneizado por equipamentos mecânicos, denominados aeradores que permitem a formação de oxigênio dissolvido. A lagoa é caracterizada como lagoa facultativa, devido a necessidade de oxigênio para sobrevivência dos microrganismos. Em lagoas aeradas (lagoas aeradas de mistura completa), os sólidos e as bactérias permanecem em suspensão, devendo ser removidos posteriormente em um processo de decantação (FEAM, 2015).

### 2.10.7 Floculador e decantador

O objetivo do floculador é formar flocos densos com os sólidos dispostos no efluente após adição do coagulante e o auxiliador de floculação, dessa forma os flocos formados serão de fácil decantação na etapa do decantador, esse que por sua vez tem função de retirar os sólidos decantados e resultar um sobrenadante clarificado. Os sólidos (lodo) acumulados no fundo do decantador são removidos com o auxílio de um raspador e deslocados através de bombas, aonde uma parte é deslocado para o adensador e posteriormente centrifugado e o remanescente fica retornando para lagoa (MELO, 2013).

### 2.10.8 Flotador

Consiste em retirar a sujeita remanescente do processo decantação com o mesmo processo de formação de flocos, com adição do coagulante e o auxiliar de floculação em concentrações menores do que é utilizado do

floculador, nessa etapa também é realizada a desinfecção do efluente tratado.

Os flotasores, ao contrário dos decantadores, aplicam o princípio de separação inversa, ou seja, utilizam a diferença de massa específica entre o sólido e o líquido. Esta diferença acontece em função de certas partículas líquidas e sólidas se prendem a uma bolha de gás (normalmente gás) para formar um composto “partícula-gás” cuja densidade é menor que o líquido na qual ela está dispersa (LIMA, 2005).

Através de um cilindro, uma bomba de alta pressão e uma válvula de expansão, esses são responsáveis pelo processo de formação de microbolhas (partículas de gás) dentro do flotaador essas bolhas são responsáveis por levar os flocos para superfície através do processo flotação, os flocos são retirados através do auxílio de um raspador e armazenado em um tanque, que logo após de ser cheio direciona o lodo para o adensador e centrifugado posteriormente.

Ao final desse processo é obtido o efluente final e clarificado com condições adequadas para ser destinado ao corpo receptor.

### 2.10.9 Centrífuga

Tem como objetivo realizar é desidratar o lodo armazenado no adensador, a massa de lodo quase seca é armazenado em uma caçamba e coletado por uma empresa especializada que passa a ser responsável pelo tratamento e disposição final do resíduo.

## 2.11 Desafios do processo

### 2.11.1 Lagoa

No sistema observamos alguns pontos onde poderíamos contribuir de forma positiva, procurando conciliar qualidade, custo e produção. A lagoa (tanque de aeração) é principal ponto a ser focado, isso porque ela é responsável pela primeira etapa do tratamento.

Baseando-se na informação de que se trata de uma lagoa aerada, a oxigenação é fundamental para uma boa eficiência no processo, a mesma possuía 5 aeradores em pleno funcionamento, dois quais quatro eram de 15 CV e um de 50 CV, observamos que os mesmos não estavam atendendo a demanda de oxigênio do processo biológico devido ao baixo índice oxigênio dissolvido, coloração desuniforme e odor desagradável características típicas de um estado anaeróbico.

### 2.11.2 Floculador e decantador

A dosagem de coagulante era constante no floculador e consequentemente havia formação de flocos pesados que sedimentavam facilmente no decantador, esta etapa é de grande importância para retirada grande parte das sujidades, porém a dosagem nesse ponto elevava o consumo do floculante que possui alumínio em sua composição o que ocasionava um desafio maior para atender as especificações do parâmetro de alumínio. O decantador era um grande problema devido ao mesmo saturar algumas vezes devido à grande quantidade de massa orgânica da lagoa e o tempo de decantação não atendia a demanda de sólidos que entrava no processo.

### 2.11.3 Flotaador

O flotaador é responsável pelo polimento final, porém o mesmo necessitava de uma boa remoção na etapa anterior (Floculador e Decantador). Nesta etapa é necessário dosar mais coagulante para flocular as sujidades remanescentes, essa dosagem é feita dentro de um misturador hidráulico instalado antes da entrada de efluente no flotaador.

### 2.11.4 Alterações para mudança do processo

O desafio era melhorar o biológico da lagoa, reduzir o consumo de produtos químicos e procurar melhorar os requisitos de qualidade de efluente estabelecidos pela empresa.

### 2.11.5 Melhorias da lagoa

Devido à alta quantidade de lodo (em um estado inativo) na lagoa foi necessário adicionar 1 aerador de 25 CV com o objetivo de homogeneizar a carga orgânica, com isso proporcionou uma melhora na disponibilidade do oxigênio dissolvido, o estado anaeróbico foi eliminado resultando na eliminação do odor e aumentando gradativamente a quantidade de microrganismo aeróbicos, fazendo com que o lodo da lagoa voltasse a ter um aspecto biológico.

As formas dos organismos encontrados na de aeração são usados, comumente, para indicar a eficiência e saúde de toda a estação. Existe uma grande quantidade de microrganismos que podem ser visualizados através de um microscópio (FERREIRA e CORAIOLA, 2008). Na avaliação biológica da comunidade do lodo, buscou-se identificar, através de análises microscópicas, os ciliados de vida livre, ciliados livres natantes, ciliados pedunculados, flagelados e rotíferos (OLIVEIRA; ARAÚJO; FERNANDES, 2009).

A adição dos tanques sequestrantes foi essencial para um melhor controle da carga química que eram destinadas diretamente na lagoa, o sistema hoje conta com dois tanques sequestrantes (cada um com espaço de 25 mil litros), onde um é destinado para o armazenamento de efluentes alcalinos e o outro para efluentes ácidos, o descarte desse material é realizado de acordo com as necessidades da lagoa, ou seja, é realizado de forma que não aumente a DQO ou altere drasticamente a faixa (entre 6,5 e 7,5) de pH.

### 2.11.6 Melhorias no decantador e floculador

A melhoria da lagoa foi primordial para um bom resultado nessa etapa, pois devido à fauna microbiológica do lodo o decantador obteve um aumento no potencial de decantação e consequentemente um sobrenadante mais clarificado para etapa subsequente.

Consequentemente o floculador passou a ser apenas uma passagem do efluente da lagoa para o decantador, isso por que a dosagem do coagulante (policloreto de alumínio), do auxiliador de coagulação (polímero ZETAG 4120) e o superdicloro (oxidante do ferro e controle microbiológico), foram desativados nessa etapa. O coagulante e o auxiliador de coagulação não são mais necessários nesse momento do tratamento devido ao lodo biológico proporcionar uma boa formação de sólidos com ótima sedimentação, realizar o processo de degradação da matéria orgânica e consequente clarificação

do efluente no decantador, o superdicloro (dicloroisocianurato de sódio) foi excluído nessa etapa passando a ser utilizado apenas na etapa de flotação.

### 2.11.7 Lodo biológico (lodo ativado) e sua importância para o tratamento

Sistema mecanizado e aeróbio. A remoção da matéria orgânica é feita pelas bactérias que crescem no tanque de aeração (lagoa aerada) e formam uma biomassa a ser sedimentada no decantador. O lodo do decantador secundário é retornado, por bombeamento, ao tanque de aeração, para aumentar a eficiência do sistema. O oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos superficiais. Tais sistemas podem operar continuamente ou de forma intermitente, e quase não produzem maus odores, insetos ou vermes. A eliminação de DBO alcança de 85 a 98% e a de patogênicos de 60 a 90%. A instalação requer área reduzida, mas envolve a necessidade de diversos equipamentos (aeradores, elevatórias de recirculação, raspadores de lodo, misturador de digestor, etc.). Seu custo de implantação é elevado devido ao grau de mecanização e

tem alto custo operacional graças ao consumo de energia para movimentação dos equipamentos. Necessita de tratamento para o lodo gerado, bem como sua disposição final (PESTANA e GANGHIS, [20--]).

### 2.11.8 Flotador

A princípio não foi efetivado nenhuma modificação na parte operacional do flotador, a alteração realizada foi a redução na concentração do coagulante e do auxiliador de coagulação e adição da dosagem do superdicloro, a dosagem do mesmo não aumentou significativamente o cloro residual de saída (resultados abaixo de 0,1mg /L), permanecendo dentro dos requisitos internos e externos.

## 3. RESULTADOS

A tabela 3 ilustra a média dos resultados do efluente da lagoa aerada, referente a um período de três meses após as intervenções do processo, a tabela 4 é uma comparação entre os resultados antes das alterações e 3 meses após.

**Tabela 3 – Média mensal das análises físico-químicas diárias do tanque aeração, realizadas no decorrer de três meses.**

Parâmetros	1º Mês	2º Mês	3º Mês
Oxigênio Dissolvido – OD	> 0,3 < 1 mg/L	> 0,5 < 1 mg/L	> 1 < 2 mg/L
Temperatura	Entre 31 e 33°C	Entre 31 e 33°C	Entre 31 e 33°C
Materiais sedimentáveis	> 900 < 1000 mg/L	> 850 < 1000 mg/L	> 850 < 900 mg/L
pH	> 7,5 < 8	> 7,5 < 7,9	>7,3 < 7,8

O resultado da tabela 3, referente aos sólidos demonstra que a quantidade de sólidos na lagoa influencia diretamente no teor de oxigênio dissolvido, ao observamos na tabela é notável que no decorrer dos três meses a massa orgânica foi reduzindo (remoção de lodo através do

processo de centrifugação) e oxigênio dissolvido foi aumentando gradativamente. Damasceno *et al.* (2012), concorda que a presença de sólidos em concentrações elevadas em Sistemas de Lodo Ativado interfere na capacidade de transferência de oxigênio de forma negativa.

**Tabela 4 – Resultados antes das alterações e três meses após.**

Parâmetros	Unidades	CONAMA 430/11- Artigo 16	Resultados antes	Resultados após
DBO	mg/L	-	<100 mg/L	<50 mg/L
DQO	mg/L	-	>100 mg/L	<100 mg/L
Fósforo, total	mg/L	<0,7	<0,2 mg/L	<0,2 mg/L
Nitrogênio, total	mg/L	-	<2 mg/L	<2 mg/L
Oxigênio dissolvido	mg/L	-	>4 mg/L	<4,8mg/L
pH	-	5 a 9	<8 mg/L	<8 mg/L
Sólidos, totais dissolvidos	mg/L	-	<1000 mg/L	<1000 mg/L
Sólidos, totais suspensos	mg/L	-	<40 mg/L	<20 mg/L
Surfactantes	mg/L	-	<0,3 mg/L	<0,2 mg/L
Temperatura	°C	$\Delta T < 3^{\circ}C$		
Alumínio	mg/L	-	<2,5 mg/L	<1 mg/L
Amônia, total	mg/L	-	<0,15 mg/L	<0,15 mg/L
Cloro, residual ou "livre"	mg/L	-	<0,1 mg/L	<0,1 mg/L
Cor Verdadeira, após filtração	Pt/Co	-	<15 Pt/Co	<15 Pt/Co
Ferro Total	mg/L	-	<1,5 mg/L	<1 mg/L
Sulfatos	mg/L	-	<2,5 mg/L	<2,5 mg/L
Coliformes Fecais	NMP/100mL	-	<150 mg/L	<50 mg/L
Materiais Sedimentáveis	ml/1.1h	<1	<1,5 mg/L	<0,5 mg/L
Eficiência na remoção de DQO	%	-	<95 %	>95 %
Eficiência na remoção de DBO	%	>60%	<95 %	>95 %

Com as alterações realizadas passamos a aplicar reagentes apenas no processo de flotação, porém em

concentrações bem menores. Conforme demonstrado os resultados da tabela 4, pode-se observar antes das

modificações os resultados estavam de acordo com os parâmetros exigidos pelo CONAMA (Resolução nº 430/2011), após as modificações foram obtidas melhorias, como por exemplo, DQO, DBO, alumínio e ferro diminuíram significativamente.

A redução da DQO ocorreu primeiramente devido a ação microbiológica na lagoa e ao controle do descarte de efluentes com alta carga química que agora é armazenado nos tanques sequestrante, os descartes de efluentes com elevada demanda química passaram a ser controlados, isso possibilitou um aumento da formação do lodo biológico no tanque aeração. A DBO foi outro parâmetro que obteve resultado satisfatório, assim como a DQO o responsável pela redução desse parâmetro é a eficiência microbiológica na lagoa aerada. Conforme Foelkel (2014), Sistemas com aeração tem vantagens importantes, como por exemplo, maior estabilização do lodo e as maiores chances de se atingirem rendimentos excepcionais na redução de DBO (92 a 95%) e de DQO (85 a 88%).

O alumínio do efluente de saída foi reduzindo na medida em que foi diminuindo a concentração do floculante, isso porque o mesmo contém alumínio em sua formulação, a tendência é reduzi-lo a níveis menores. A redução do Ferro foi ocasionada com dosagem de um oxidante Superdicloro, o mesmo além de tratar da desinfecção também proporciona a redução do Ferro na saída do efluente. Segundo Nascimento Filho (2005), o dicloroisocianurato de sódio (NaDCC) é um pó ou grânulo branco, contendo de 55 a 60 % de cloro disponível, sua atividade bactericida não é afetada na faixa de pH 6 a 10.

Leão (2008), destaca informações cruciais discutidas no presente estudo, o mesmo afirma que o cloro não é só um agente desinfetante eficaz, mas possui também uma ação oxidante comprovada. Sendo assim é empregado no tratamento de água para fins como: oxidação de ferro controle de odor, cor e sabor.

Centrando-se nas discursões levantadas pelas referências citadas, as alterações realizadas no processo obtiveram mudanças favoráveis, como por exemplo, a lagoa evidenciou aspectos positivos nos primeiros dias de operação, a mesma demonstrou redução do forte odor, proliferação de microrganismos desejáveis, formação de um lodo de grande densidade e de fácil decantação.

A ação realizada na lagoa influenciou diretamente nas etapas subsequentes, ocasionando também um resultado positivo na utilização dos reagentes químicos utilizados no tratamento, redução chega ser superior a 50%, isso por consequência da formação do lodo biológico na lagoa que é o principal responsável pela degradação da matéria orgânica e consequente clarificação do efluente no decantador, fazendo com que seja dispensável a aplicação de reagentes químicos no floculador (**descrito no tópico 2.11.6**).

#### 4. CONCLUSÃO

Nas situações citadas em cada etapa foram realizados estudos com objetivo de melhorar o desempenho e eficiência do processo, as pesquisas e eventuais modificações levaram em conta o histórico do comportamento da E.T.E e experiência dos responsáveis pelo monitoramento do processo.

A partir dos resultados obtidos foi possível estabelecer um padrão de tratamento consistente e

obtenção de parâmetros que atendem os requisitos de qualidade de efluente tratado do CONAMA (Resolução nº 430/2011) e os rigorosos requisitos internos da empresa. A etapa primária (lagoa) do tratamento com seu biológico ativo possibilita uma redução na utilização de reagentes no flotor, ou seja, o tratamento biológico será uma etapa primordial para as etapas subsequentes, quanto maior sua eficiência menor será a utilização de reagentes químicos.

Com base no que foi demonstrado no estudo para conservação dos bons resultados será necessário constante manutenção preventiva em pontos específicos, como por exemplo, aeradores da lagoa, bombas dosadoras e o sistema de flotação.

#### 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9800**: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro. 1987.

BADO, C.; PERCIO, J. E.; LINDINO, C. A. A demanda química de oxigênio: questionamentos. *Revista analytica*, Paraná, n. 62. 2013.

BERENHAUSER, A. H. T. Fabricação de cervejas e refrigerantes: Tratamento de Efluentes. Disponível em: <[http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id\\_arq=5373](http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=5373)>. Acessado em: 31 de agosto de 2019.

BIRON, C. et al. Melhorias em estação de tratamento de águas de indústria beneficiadora de arroz. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobe-q2014/1876-17075-149711.pdf>>. Acessado em: 12 de agosto de 2019.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. Cervejas e refrigerantes. São Paulo: CETESB, 2005. 58 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Resolução no 430, de 13 de maio de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 de maio de 2011. n. 92, de 16, p. 89.

DAMASCENO, D. S. et al. Minimização de Custos com Aeração em Sistemas de Lodo Ativado. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO – CONNEPI, 7., 2012, Palmas. *Anais...*Palma, 2012.

FARRUGIA, B. Conheça como funciona uma estação de tratamento de efluentes. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/5801-noticias>>. Acessado em: 15 de novembro de 2019.

FERREIRA, F. D.; CARIOLA, M. Eficiência de lodo ativado em fluxo contínuo para tratamento de esgoto. *Scientific Electronic Library Online*. Curitiba, v. 6, n. 2, p. 259-279, 2008.

FOELKEL, C. Aplicações da Biotecnologia em Processos Ambientais da Fabricação de Celulose Kraft e de Papel de Eucalipto: Processos Aeróbicos por Lodos Ativados para Tratamento de Efluentes. Disponível em: <[http://eucalyptus.com.br/eucalyptos/PT34\\_Lodos\\_Ativad os.pdf](http://eucalyptus.com.br/eucalyptos/PT34_Lodos_Ativad os.pdf)>. Acessado em: 15 de janeiro de 2019.

- Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM. Orientações básicas para operação de tratamento de esgoto. Belo Horizonte: FEAM, 2015. 48 p.
- Fundação Nacional da Saúde. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAs. Fundação. FUNASA, 2014. 112p.
- GIORDANO, G. Tratamento e Controle de Efluentes Industriais. Disponível em: <encurtador.com.br/boP09>. Acessado em: 12 de junho de 2019.
- LEÃO, V. G. Água tratada: formação de trihalometanos pelo uso do cloro e os riscos potenciais à saúde pública em cidades da mesorregião. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado e Ciência da Saúde) – Universidade de Brasília. Brasília. 2008.
- LIMA, N. R. Curso de atualização para operadores de Estação de Tratamento de Efluentes. Acessado em: <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/84\_Apostila%20Curso%20Operadores%20de%20ETE.pdf>. Acessado em: 07 de agosto de 2019.
- MELO, K. A. Operação de Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos Processo físico-químico. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/sms/files/file/2013\_09\_28\_Apostila\_ETE\_Ribeir%C3%A3o\_Preto\_site.pdf>. Acessado em: 23 de agosto de 2019.
- NASCIMENTO FILHO, N. G. Dicloroisocianurato de sódio, derivado clorado de origem orgânica uma solução economicamente viável para o processo de desinfecção de água potável. Estudo de caso na usa - sistema integrado paraguassu milagres. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/I-090.pdf>. Acessado em: 18 de dezembro 2019.
- OLIVEIRA, G. S. S.; ARAÚJO C.V. M.; FERNANDES, J. G. S. Microbiologia de sistema de lodos ativados e sua relação com o tratamento de efluentes industriais: a experiência da Cetrel. *Scientific Electronic Library Online*. Camaçari, v. 14, n. 2, p. 183-192, 2009.
- OLIVEIRA, I, S.; SUSTAFA, G. S. Gerenciamento e tratamento de efluentes líquidos da produção de iogurtes com dimensionamento de uma estação de tratamento de efluentes. *Revistas Unifacs*. Salvador, v. 1, n. 1, p. 60-78, 2015.
- PARENTE, A. H.; SILVA, E. A. B. Redução de efluentes líquidos na indústria alimentícia. *Maxwell* PUC-Rio, Rio de Janeiro, v. 1, n.1, jul./dez. 2002. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/4205/4205.PDF>. Acessado em: 20 de agosto de 2019.
- PESTANA, M.; GANGHIS, M. Tratamento de Efluentes. Disponível em: <http://www.ifba.edu.br/professores/diogenesgahis/TE\_Tratamento%20de%20Efluentes/Apostila%20Tratamento%20de%20Efluentes.doc>. Acessado em: 28 de agosto de 2019.
- SILVA, A. P. B.; KIELING, A.G. A inclusão de fatores de saúde e segurança na concepção de um projeto de ETE. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5426/Ana+Paula+Bauerfeld+da+Silva\_.pdf;jsessionid=8F3D81CE3929FE5766E9B448E19833E?sequence=1. Acessado 7 de agosto de 2019.
- SPLABOR Equipamentos para Laboratório. Aparelho Jar-Test e Ensaio de Flocculação. Disponível em: <http://www.splabor.com.br/blog/jar-test-2/aparelho-jar-test-e-o-ensaio-de-floculacao-saiba-mais/>. Acessado em: 21 de novembro de 2019.
- Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Brasileira – UNILAB. Manual de Operação – ETE. Redenção: Rede Ambiental, 2012. 22 p.