



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS MARECHAL DEODORO
ESPECIALIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

LARISSA RODRIGUES MACÁRIO

**IMPACTO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CERVEJAS ARTESANAIS E A
NECESSIDADE DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA ABORDAGEM
SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA**

MARECHAL DEODORO

2024

LARISSA RODRIGUES MACÁRIO

**IMPACTO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CERVEJAS ARTESANAIS E A
NECESSIDADE DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA ABORDAGEM
SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Educação e Meio Ambiente do Instituto Federal de Alagoas, Campus Marechal Deodoro, como requisito parcial para obtenção de grau.

Orientador: Prof. MSc. Thiago Angelin Lemos Bianchetti.

MARECHAL DEODORO

2024



**Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Marechal Deodoro
Biblioteca Dorival Apratto**

M115i

Macário, Larissa Rodrigues.

Impacto ambiental da produção de cervejas artesanais e a necessidade de tratamento de efluentes : uma abordagem sustentável na indústria cervejira / Larissa Rodrigues Macário. - 2024

29 f.

820 kilobytes (PDF)

Inclui bibliografia.

Trabalho de Conclusão de Curso - Artigo científico - (Especialização em Educação e Meio Ambiente) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, Marechal Deodoro, 2024.

1. Cervejaria. 2. Monitoramento da água. 3. Cerveja artesanal.
I. Título.

CDD: 641.2

**Maria Jôse Nascimento Leite Machado
Bibliotecária – CRB 4/2125**


Larissa Rodrigues Macário

**IMPACTO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CERVEJAS ARTESANAIS E A
NECESSIDADE DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA ABORDAGEM
SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA**


Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Educação e Meio Ambiente, do Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, como requisito para a obtenção da certificação de Especialista.

Aprovada em: Marechal Deodoro, 19 de março de 2024.


AVALIADOR(A)

Documento assinado digitalmente
 **THIAGO ANGELIN LEMOS BIANCHETTI**
Data: 19/04/2024 13:07:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. MSc. Thiago Angelin Lemos Bianchetti (Orientador)
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Documento assinado digitalmente
 **FELIPE SANTOS ALMEIDA**
Data: 18/04/2024 22:14:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. MSc. Felipe Santos Almeida
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Documento assinado digitalmente
 **MAURO GOMES DA SILVA**
Data: 19/04/2024 14:15:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Mauro Gomes da Silva
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

IMPACTO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CERVEJAS ARTESANAIS E A NECESSIDADE DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

Larissa Rodrigues Macário¹

No Brasil, o mercado de cervejas está sendo moldado pela crescente preferência pelas cervejas artesanais, o que está estimulando o crescimento das microcervejarias. No entanto, esse aumento na produção está acompanhado por um aumento na geração de efluentes que contêm uma quantidade significativa de matéria orgânica. Para atender aos requisitos legais e evitar possíveis danos ambientais, torna-se essencial o tratamento adequado desses efluentes. Devido à presença de uma grande carga orgânica nesses corpos hídricos, torna-se necessário a adoção de medidas de tratamento para mitigar os efeitos adversos das emissões, permitindo também a reutilização dessas águas dentro do contexto industrial. O presente estudo tem como foco a pesquisa sobre o sistema de tratamento de efluentes na indústria cervejeira artesanal e sua aplicabilidade como prática de desenvolvimento. Objeto da Pesquisa: sistema de tratamento de efluentes na indústria cervejeira artesanal e sua aplicabilidade no desenvolvimento sustentável. Por meio de uma revisão da literatura, foram investigadas as características das águas residuais geradas nesse setor. Os resultados ressaltaram a imprescindibilidade de um sistema de tratamento de efluentes em todas as estratégias para alcançar resultados mais satisfatórios, bem como para cumprir as normas de emissão estipuladas pela legislação e a prática sustentável na indústria.

Palavras-chave: cervejaria; monitoramento da água; cerveja artesanal.

In Brazil, the beer market is being shaped by the growing preference for craft beers, which is driving the growth of microbreweries. However, this increase in production is accompanied by a rise in the generation of effluents containing a significant amount of organic matter. To meet legal requirements and avoid potential environmental damage, proper treatment of these effluents becomes essential. Due to the presence of a large organic load in these water bodies, the adoption of treatment measures to mitigate the adverse effects of emissions becomes necessary, allowing for the reuse of these waters within the industrial context. The present study focuses on researching the effluent treatment system in the craft beer industry and its applicability as a development practice. Research Object: effluent treatment system in the craft beer industry and its applicability in sustainable development. Through a literature review, the characteristics of the wastewater generated in this sector were investigated. The results highlighted the indispensability of an effluent treatment system in all strategies to achieve more satisfactory results, as well as to comply with emission standards stipulated by legislation and sustainable practice in the industry.

Keywords: brewery; water monitoring; craft beer.

¹ Mestra em Engenharia Química pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Estudante da Especialização *Lato Sensu* em Educação e Meio Ambiente – Ifal MD – Marechal Deodoro. *E-mail:* <larirodrigues053@gmail.com>.

1. INTRODUÇÃO

A introdução da cerveja no Brasil remonta a 1808, quando foi introduzida pelos portugueses. Desde então, seu processo de fabricação sofreu diversas adaptações, mantendo, no entanto, os preceitos estabelecidos pela Lei Alemã de Pureza da Cerveja de 1516, que prescreve o uso exclusivo de ingredientes como água, lúpulo, cevada e fermento, (a levedura de cerveja não era conhecida à época), mas hoje é aceita dentro dos parâmetros da lei. Em consonância com as tendências do mercado, o segmento de cervejas artesanais emergiu como resposta à demanda de consumidores por produtos que ofereçam uma variedade de sabores, aromas e texturas únicos (Santos, 2004; Gerhäuser, 2005; Cruz, 2016).

O setor de bens de consumo, que engloba tanto as grandes cervejarias quanto as microcervejarias artesanais, tem apresentado uma trajetória de crescimento constante. A taxa média anual de estabelecimentos cervejeiros recém-criados registrou um aumento de 14,4% ao longo das últimas duas décadas, acelerando para 26,6% nos últimos dez anos e alcançando 36,4% nos últimos cinco anos. Embora as regiões Sul e Sudeste concentrem a maior parte das cervejarias, representando mais de 80% dos estabelecimentos do país, observa-se um notável crescimento nos estados do Nordeste nos últimos anos (MAPA, 2020).

O significativo crescimento na produção e consumo de cervejas artesanais no Brasil tem exercido um impacto positivo na economia e proporcionado vantagens para a população. Entretanto, esse aumento também suscita preocupações relacionadas ao tratamento dos resíduos gerados pelas microcervejarias, como uso de recursos naturais, impacto ambiental da produção de insumos, emissões de gases de efeito estufa, impacto na saúde pública, concorrência com produtores tradicionais. O efluente resultante do processo de fabricação dessas cervejas é notadamente caracterizado por uma alta concentração de matéria orgânica, atribuível à presença de ingredientes de origem vegetal (MAPA, 2020).

A Resolução nº 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estipula que as indústrias de bebidas devem submeter seus efluentes a tratamento antes de serem descartados. Esta resolução estabelece as condições, padrões, normas e diretrizes que devem ser observados para assegurar a disposição adequada de resíduos em corpos hídricos receptores (CONAMA, 2011).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo investigar o sistema de tratamento de efluentes na indústria cervejeira artesanal brasileira e sua aplicabilidade no desenvolvimento sustentável. Os objetivos específicos incluem a análise das características dos efluentes gerados, a avaliação das técnicas de tratamento disponíveis e a proposição de medidas para mitigar os impactos ambientais causados pela produção de cerveja artesanal. A metodologia envolverá uma revisão da literatura para identificar as práticas existentes, seguida de uma análise crítica e sugestões para melhorias. Hipóteses a serem consideradas incluem a eficácia de diferentes métodos de tratamento de efluentes na redução da carga orgânica e a viabilidade econômica de implementação dessas tecnologias pelas microcervejarias. A conclusão do estudo pretende fornecer insights sobre o potencial de adoção de práticas sustentáveis na indústria cervejeira artesanal brasileira e destacar a importância do tratamento adequado de efluentes para garantir a preservação do meio ambiente.

2. ÁGUA COMO A PRINCIPAL MATÉRIA-PRIMA DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

Desde 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas reconhece a água potável e o saneamento básico como direitos humanos fundamentais. Esses direitos são respaldados por documentos internacionais, como a Declaração Universal dos Direitos Humanos das Nações Unidas e tratados internacionais específicos, bem como por legislações nacionais e constituições que os reconhecem e garantem. No âmbito nacional, o Ministério da Saúde estabelece e orienta os padrões de análise e monitoramento da qualidade da água, seguindo as diretrizes estabelecidas pela Portaria GM/MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que define os métodos e regulamentos para o controle e vigilância da água destinada ao consumo humano, visando proteger a saúde pública, conforme indicado na própria Portaria (BRASIL, 2011).

Na esfera socioeconômica, os custos envolvidos no abastecimento, armazenamento e distribuição de água à população são considerados altos. Pesquisas focadas na expansão, aprimoramento e atualização das técnicas de tratamento e monitoramento da água desempenham um papel de grande importância para alcançar maior eficiência nesse contexto. O monitoramento da qualidade da água surgiu para garantir a proteção do acesso a diversos usos desse recurso hídrico, influenciando diretamente a gestão dos recursos e suas soluções. Por meio desse monitoramento, são

preservadas as características físicas, químicas e biológicas da água, com o objetivo de avaliar sua qualidade e evolução para diferentes usos, além de identificar os principais problemas associados (Lira et al., 2014; Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETA, 2014).

2.1 PADRÃO DE QUALIDADE

Conforme a Portaria Nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Brasil, 2017), é determinado que a água utilizada para consumo, produção e elaboração de alimentos deve ser clorada e atender aos requisitos mínimos de potabilidade. Dada a variedade de usos da água e suas necessidades específicas em termos de composição e pureza, é essencial assegurar sua qualidade através de requisitos adequados. É fundamental que a água esteja livre de microrganismos patogênicos, produtos químicos e outras características que possam impactar a sua qualidade (Trata Brasil, 2023).

A análise física da água inclui a avaliação de propriedades detectáveis, como cor, turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos, odor e sabor. A análise química, por sua vez, permite a obtenção das colheitas de substâncias minerais e orgânicas que afetam a qualidade da água, como pH, dureza, alcalinidade, nitrato, fosfato, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO). Por fim, uma análise microbiológica identifica a presença de bactérias e outros microrganismos, incluindo contaminação fecal e presença de microrganismos patogênicos (Filho et al., 2013).

O controle adequado desse processo não apenas preserva o sabor e a frescura da cerveja, mas também ajuda a prevenir a contaminação da água e dos afluentes no pós-produção. Além disso, a correção ideal do pH da água, parte essencial do processo de fabricação da cerveja, requer a cooperação entre diferentes partes interessadas para garantir que a água atenda aos padrões necessários para cada estilo de cerveja. (Medeiros, 2010).

A água utilizada na produção de cerveja e os produtos químicos usados para corrigir o pH podem se tornar efluentes contaminados e contaminadores se não forem tratados adequadamente. Gerenciar esses afluentes para garantir que não causem impactos negativos no meio ambiente é uma consideração importante para os produtores de cerveja (Andrade, 2019).

Essas relações ilustram de que maneira os aspectos do processo de fabricação de cerveja, tais como oxidação e pH da água, não apenas afetam a qualidade da cerveja, mas também

têm implicações no tratamento de afluentes no pós-produção para minimizar impactos ambientais (Andrade, 2019).

2.1.1 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido na água é crucial para a sobrevivência de organismos aquáticos e para manter a qualidade da água. Na produção de cerveja, o oxigênio dissolvido desempenha um papel essencial na fermentação, contribuindo para o crescimento saudável das leveduras e influenciando diretamente as características sensoriais da bebida final. Níveis baixos de oxigênio extraído em águas mostram uma quantidade elevada de matéria orgânica presente. A redução da quantidade de oxigênio reflete a emissão de substâncias lançadas na água. Em comparação, as águas limpas geralmente apresentam altos níveis de emissões de oxigênio, chegando a valores abaixo da concentração de saturação (Fuzinato, 2009; Libânio, 2010).

2.1.2 Cor

A coloração da água é um indicador importante de sua qualidade, refletindo a presença de substâncias dissolvidas e suspensas. Na produção de cerveja, a água com coloração indesejada pode afetar negativamente a aparência e o sabor da bebida final, exigindo processos adicionais de tratamento para garantir a sua pureza e contribuir para a consistência e qualidade do produto (Sperling, 2005).

2.1.3 Turbidez

A cor da água refere-se à absorção de luz visível por substâncias dissolvidas, enquanto a turbidez é causada pela presença de partículas em suspensão que dispersam a luz. A cor é medida em unidades de absorbância, enquanto a turbidez reflete a quantidade de partículas em suspensão na água.

A turbidez é uma medida que quantifica a interferência da luz na água, originada em uma aparência turva. A presença de sólidos em suspensão é o principal responsável por esse fenômeno. A turbidez pode ser natural, originada por partículas de rochas, silte, argila e microrganismos, ou de origem antrópica, relacionada a resíduos domésticos, industriais e processos erosivos. A turbidez natural normalmente não representa riscos

alcançados à saúde, exceto pelo aspecto estético. No entanto, quando associados a compostos tóxicos e patogênicos, podem apresentar efeitos adversos à saúde. A presença de turbidez reduz a penetração de luz na água, inibindo o processo de fotossíntese em corpos d'água, e é geralmente medida em unidades de turbidez (Sperling, 2005).

2.1.4 Sólidos Totais

Os sólidos presentes na água podem ser classificados em sólidos dissolvidos fixos e voláteis e em suspensão sedimentáveis e não sedimentáveis. Os sólidos dissolvidos voláteis são aqueles que possuem a capacidade de se tornarem voláteis em determinadas temperaturas, com diferentes temperaturas de volatilização para suas moléculas. Já os sólidos dissolvidos fixos representam a porção não volatilizada. A origem desses sólidos na água é proveniente de processos como erosão, escoamento superficial do solo e contribuição de efluentes. Adicionalmente, para avaliar a qualidade da água, é necessário investigar parâmetros químicos, incluindo poluentes inorgânicos, com ênfase especial nos metais pesados (CETESB, 2018; Sperling, 2007).

2.1.5 pH

O pH é fundamental na produção de cerveja, pois influencia diretamente na atividade das enzimas durante a brassagem, afetando a eficiência da conversão de amido em açúcares fermentáveis. Além disso, o pH impacta na fermentação, influenciando o crescimento e a atividade das leveduras, bem como nas características sensoriais e estabilidade da cerveja final. Portanto, monitorar e controlar o pH é essencial para garantir a consistência e qualidade da cerveja. O pH na água é uma representação da concentração de íons H^+ , que determina se o meio é ácido, neutro ou alcalino. Essa medida abrange uma faixa de 0 a 14, e seus componentes se encontram na forma de sólidos e gases dissolvidos. O pH é um parâmetro operacional essencial para identificar a condição ácida ou alcalina da água (Sperling, 2005).

2.1.6 Nitrogênio

O nitrogênio é essencial para o crescimento das leveduras e influencia diretamente o perfil sensorial, contribuindo para a textura, sabor e aroma da cerveja. Além disso, o

controle adequado do teor de nitrogênio ajuda a garantir a consistência e a qualidade do produto final. O nitrogênio é encontrado nos ambientes aquáticos tanto na forma reduzida, como a amônia (NH_3), quanto na forma oxidada, como nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-). A prevalência de uma forma específica de nitrogênio na água é um indicador do nível de poluição, sendo que a presença de compostos oxidados (especialmente nitrato) está relacionada ao consumo de longa duração, enquanto a presença da forma reduzida (amônia) está associada à combustão recente. A fonte natural de água advém do efluente atmosférico, que é absorvida por algas e bactérias, utilizada na síntese de proteínas, transformada na formação de amônia, que posteriormente é transformada em nitrito em um processo conhecido como nitrificação, culminando finalmente em sua conversão em nitrato, que é absorvido pelas plantas. Portanto, os baixos teores de nitrogênio permanecem nos ecossistemas (CETESB, 2018; Esteves, 1998, Manahan, 2001).

2.1.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é importante para a produção de cerveja pois indica a quantidade de matéria orgânica presente na água, a qual pode afetar a qualidade e o sabor da cerveja. Altos níveis de DBO na água utilizada no processo cervejeiro podem resultar em aromas e sabores indesejados na cerveja final. Portanto, monitorar e controlar a DBO é essencial para garantir a consistência e qualidade da cerveja produzida, representando a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar/oxidar a matéria orgânica por meio da transformação bioquímica. Esse processo é tratado por bactérias aeróbias, que convertem uma matéria orgânica em uma forma inorgânica estável. Sendo uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica, ou carbono orgânico biodegradável, presente na água. É determinado pelo consumo de oxigênio em um período de tempo específico, geralmente 5 dias, e uma temperatura de incubação de 20 °C (CETESB, 2018; Sperling, 2007).

2.1.8 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO mensura a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica através de um agente químico. Em comparação com a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a DQO mostra-se maior para a mesma amostra. Ambas as medidas, DQO e DBO, são indicadores cruciais da matéria orgânica presente na água, desempenhando um papel relevante na avaliação da qualidade da mesma. A DBO reflete

a quantidade de oxigênio essencial fornecida às bactérias para consumir a matéria orgânica presente no líquido, enquanto a DQO demonstra o oxigênio necessário para a provisão da matéria orgânica utilizando um agente químico (Libânio, 2010; Sperling, 2014).

3. CORRELAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA

No tratamento de água, a correlação se refere à interligação entre variáveis como características da água e variáveis operacionais. Ela é essencial para compreender como esses fatores afetam o processo de tratamento e a qualidade da água.

3.1 PRÉ-CLORAÇÃO

A pré-cloração é a fase inicial do tratamento de água em sistemas de abastecimento público. Consiste na adição controlada de cloro ou compostos clorados à água bruta coletada de fontes naturais, como rios, lagos ou aquíferos, antes de qualquer outro processo de tratamento. Seu principal objetivo é desinfetar a água, eliminando micro-organismos patogênicos, incluindo bactérias, vírus e protozoários, que podem representar riscos à saúde humana. Tem o propósito que desempenha um papel crucial no tratamento como: a desinfecção; remoção de odores e sabores; oxidação de ferro e manganês; controle de algas e bactérias e a proteção do sistema de distribuição (BABESP, 2023).

A cloração da água é essencial para desinfetar a água utilizada na produção de cerveja, garantindo a segurança microbiológica do líquido. No entanto, é importante considerar os efeitos colaterais dessa prática, especialmente em relação à formação de clorofenóis. Os clorofenóis são compostos que podem surgir como resultado da interação entre o cloro e compostos orgânicos presentes na água, como matéria orgânica natural ou resíduos de plantas. Esses compostos são frequentemente associados a off flavors, ou defeitos de sabor, na cerveja, o que pode comprometer sua qualidade e aceitação pelos consumidores (Oliver, 2012).

Portanto, enquanto a cloração da água desempenha um papel crucial no tratamento de água para uso na produção de cerveja, é importante que os produtores estejam cientes dos potenciais efeitos adversos, como os riscos potenciais como a formação de clorofenóis, e adotem medidas adequadas para minimizar esses efeitos, como o uso de

tecnologias de descloração ou o tratamento específico da água para remover compostos orgânicos antes do processo de fabricação da cerveja. E o problema afim de, garantir a segurança microbiológica da água sem comprometer a qualidade sensorial da cerveja é um desafio importante para os produtores de cerveja artesanal (Oliver, 2012).

3.2 PRÉ-ALCALINIZAÇÃO

A etapa de pré-alkalinização desempenha um papel fundamental no tratamento de água, ajustando seu pH para torná-la menos corrosiva e facilitar os processos de coagulação e floculação subsequentes. Uma solução alcalina, geralmente composta por hidróxido de cálcio (cal hidratada) ou hidróxido de sódio (soda cáustica), é adicionada à água bruta com o objetivo de elevar seu pH, reduzindo sua corrosividade e promovendo a formação adequada de flocos durante os estágios seguintes (SABESP, 2023).

3.3 COAGULAÇÃO

A etapa de coagulação, inserida no âmbito do tratamento de água, reveste-se de importância significativa e se situa após a pré-alkalinização, antecedendo a fase de floculação. Seu propósito fundamental é a eliminação de partículas e impurezas suspensas na água, partículas estas que apresentam dimensões tão diminutas que não podem ser eliminadas apenas por meios de sedimentação. Durante a coagulação, produtos químicos coagulantes, tipicamente compostos por sulfato de alumínio ou cloreto férrico, são adicionados à água tratada. Esses coagulantes desempenham um papel central ao promover a aglutinação das partículas finas presentes na água, levando à formação de aglomerados maiores denominados flocos. A formação dos flocos resulta da neutralização das cargas elétricas nas partículas, o que provoca sua atração e união mútua (BRK, 2023).

3.4 FLOCULAÇÃO

A floculação, situada entre a coagulação e a sedimentação, desempenha um papel fundamental no tratamento de água. Sua principal função é promover a união dos flocos gerados durante a coagulação, resultando na formação de flocos maiores e mais pesados. Durante a coagulação, produtos químicos coagulantes são introduzidos na água para

aglomerar partículas em suspensão em flocos de pequeno tamanho e baixa densidade. A floculação ocorre em tanques com agitação controlada, permitindo a colisão, adesão e crescimento dos flocos. Esses flocos maiores desempenham um papel crucial na remoção eficiente de impurezas e sedimentam rapidamente durante a próxima fase de sedimentação (Pacheco, 2010).

3.5 DECANTAÇÃO

A decantação é uma etapa crucial no tratamento de água, nessa fase, flocos formados durante a coagulação e floculação sedimentam em tanques especiais, separando-se da água tratada. A água repousa em grandes tanques, permitindo que os flocos, agora maiores e mais pesados, afundam devido à gravidade. Isso captura e remove partículas, impurezas e matéria orgânica da água. Após a decantação, a água clarificada é retirada da parte superior dos tanques, e os flocos sedimentados, chamados de lodo de decantação, são tratados separadamente, frequentemente passando por desidratação e disposição apropriada (SABESP, 2023; BRK, 2023).

3.6 FILTRAÇÃO

A filtração é uma etapa crítica no tratamento de água, na qual a água clarificada passa por materiais filtrantes como areia, cascalho e carvão ativado. Isso remove partículas finas e impurezas, retendo-as fisicamente à medida que a água atravessa os materiais filtrantes. Essa ação resulta em água mais limpa e clara, efetivamente removendo sólidos, sedimentos, microrganismos e poluentes orgânicos. Após a filtração, a água é considerada tratada e pronta para distribuição segura (SABESP, 2023; BRK, 2023).

3.7 PÓS-ALCALINIZAÇÃO

Nessa etapa ocorre uma solução alcalina, frequentemente contendo hidróxido de cálcio ou hidróxido de sódio, é introduzida na água tratada antes da distribuição. Seu principal objetivo é aumentar o pH da água, tornando-a menos corrosiva e protegendo as tubulações contra danos. Isso também ajuda a evitar a dissolução de metais nocivos, como o chumbo, e melhora o sabor da água, mantendo o pH estável dentro dos limites adequados (SABESP, 2023; BRK, 2023).

3.8 DESINFECÇÃO

A desinfecção é uma etapa crítica no tratamento de água, na qual agentes desinfetantes, como o cloro, são introduzidos para eliminar micro-organismos patogênicos, como bactérias, vírus e protozoários que podem causar doenças. O agente desinfetante mais comum usado é o cloro, na forma de cloro gasoso, hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio. O cloro é eficaz na destruição de patógenos e na prevenção da disseminação de doenças transmitidas pela água. Outros desinfetantes, como ozônio e dióxido de cloro, podem ser aplicados conforme necessário. A desinfecção é fundamental para garantir que a água tratada seja segura para consumo humano (SABESP, 2023; BRK, 2023).

3.9 FLUORETAÇÃO

A fluoretação é uma fase essencial do tratamento de água, envolvendo a adição controlada de compostos de flúor, como o fluoreto de sódio, à água tratada. Seu objetivo principal é ajustar a concentração de flúor para níveis ótimos, beneficiando a saúde bucal ao prevenir cáries dentárias em seres humanos. Essa prática de saúde pública é amplamente reconhecida por sua eficácia na redução de cáries, especialmente em áreas com limitado acesso à odontologia. A quantidade de flúor adicionada é cuidadosamente monitorada para evitar excessos que possam levar à fluorose dentária, uma condição associada ao consumo em excesso de flúor (SABESP, 2023; BRK, 2023).

4. PARÂMETROS NECESSÁRIOS PARA A INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ANÁLISES DA ÁGUA

A adaptação de sistemas destinados ao tratamento e análise da água demanda a consideração de uma ampla gama de parâmetros e variáveis, visando assegurar a eficácia e a excelência do processo de tratamento. Nesse contexto, alguns dos parâmetros essenciais que merecem atenção incluem as Características da Água Bruta; a Qualidade da Água Almejada; os Parâmetros de Tratamento; o Monitoramento em Tempo Real; bem como as Análises Laboratoriais, entre outros elementos. A conjugação eficaz desses parâmetros e sistemas de análise da água assume uma relevância inquestionável, visto que tal integração é indispensável para a disponibilização de água tratada de maneira

segura e de alta qualidade aos consumidores, ao mesmo tempo em que garante a conformidade com os requisitos regulamentares relativos ao meio ambiente e à saúde pública.

4.1 ÁGUA NA INDÚSTRIA

A indústria de produção de cerveja, devido à natureza de suas operações, enfrenta desafios relacionados ao tratamento de efluentes, visando a purificação da água. Esta água muitas vezes pode conter impurezas e contaminantes. Para abordar essa questão, a aplicação de sistemas biológicos de tratamento, juntamente com a incorporação de decantadores e métodos de desinfecção, tem se revelado uma abordagem altamente eficaz. Essa estratégia é aplicada de forma integral em todo o processo, resultando em um aumento da eficiência global (Rodrigues, 2005).

Devido à importância da água na produção de cerveja, muitas cervejarias estão cada vez mais conscientes de questões de sustentabilidade e uso eficiente da água. Isso inclui práticas como reciclagem de água, tratamento de efluentes e ações para minimizar o desperdício de água durante o processo de produção (Enitan et al., 2015).

4.2 REUSO DA ÁGUA

Em decorrência dos impactos das mudanças climáticas e do aumento da poluição, aliados a práticas inadequadas de descarte de efluentes no ambiente, observa-se uma crescente demanda por água, tanto no contexto industrial como nas atividades cotidianas da população. Diante desse cenário, o abastecimento de água, principalmente no setor industrial, enfrenta desafios significativos, requerendo uma redução substancial no consumo desse recurso. No entanto, essa realidade tem motivado a adoção de medidas responsáveis e ambientalmente sustentáveis, impulsionando a criação de novas instalações industriais e o incentivo ao reuso da água. O pensamento voltado para a sustentabilidade econômica é o ponto de partida fundamental para enfrentar essa questão. Assim, para que uma indústria desenvolva um planejamento eficaz, torna-se imprescindível priorizar o uso responsável dos recursos hídricos e implementar estratégias abrangentes de gestão, abrangendo todas as etapas, desde o tratamento inicial da água até sua reutilização. Isso não apenas resulta em benefícios financeiros, mas

também contribui para a redução do consumo de água e a preservação dos recursos hídricos (Mierzwa, 2008).

4.3 CUSTO

O uso de água reciclada apresenta uma vantagem fundamental ao preservar a água potável para suprir as necessidades humanas de abastecimento. Além disso, o reuso contribui para a eliminação do lançamento de esgoto não tratado em corpos d'água, uma vez que esse esgoto é submetido a tratamento antes de ser reintroduzido no meio ambiente. Adicionalmente, essa abordagem proporciona benefícios econômicos tanto para a indústria quanto para as residências que a adotam. O Plano de Produção Mais Limpa (P+L), um conjunto de diretrizes desenvolvidas em colaboração com entidades ambientais, tem como objetivo promover práticas ambientalmente responsáveis na produção industrial. Essas práticas visam incentivar diversos setores da indústria a adotar tecnologias limpas, o que resulta em economia de matéria-prima, água e energia, bem como na promoção do reuso como uma alternativa sustentável. Para garantir o reuso com segurança, é fundamental estabelecer padrões abrangentes, englobando parâmetros físicos, químicos e microbiológicos (Almeida, 2011; CETESB, 2020).

4.4 BENEFÍCIOS DO REUSO

Especialistas no campo ressaltam que as aplicações de reuso de água na indústria e seus objetivos são altamente diversificados. Comumente, eles priorizam as atividades de maior consumo de água dentro da indústria. A maioria das indústrias não exige padrões de qualidade excepcionalmente elevados para a água que utilizam, desde que ela atenda aos requisitos mínimos de qualidade. No momento em que a água é descartada no meio ambiente, ela pode ser reutilizada de forma indireta em corpos d'água superficiais ou subterrâneos após ter passado por um ou mais processos industriais ou domésticos. Isso contribui para a redução da carga orgânica despejada e a torna adequada para uso futuro em outras atividades. A reutilização direta é geralmente o foco principal de pesquisa e resolução, envolvendo o uso de efluentes tratados em atividades como irrigação, processos industriais e até mesmo a recarga de aquíferos. Nesse cenário, a qualidade da água deve atender a critérios específicos, muitas vezes requerendo a aplicação de diversas técnicas e métodos adicionais de tratamento (Hespanhol, 2002; Mierzwa, 2008).

Dentre as múltiplas vantagens proporcionadas pelo reuso da água, uma das mais significativas consiste na mitigação do impacto gerado pelo descarte de esgoto não tratado nos corpos hídricos, como rios. Em diversos países ao redor do mundo, a adoção bem-sucedida de estratégias de reuso da água tem se destacado em diversas aplicações (Fiori, Fernandes, Pizzo, 2008).

4.5 DESCARTE

O descarte de água na indústria cervejeira diz respeito à liberação de água utilizada durante os procedimentos de fabricação de cerveja. Esse descarte pode incluir diversos resíduos e subprodutos resultantes das operações industriais, como sobras de grãos, leveduras, substâncias orgânicas e inorgânicas, além de produtos químicos empregados na limpeza e desinfecção dos equipamentos. Para abordar o descarte de água na indústria cervejeira, as empresas geralmente adotam práticas de tratamento de efluentes. A gestão responsável do descarte de água na indústria cervejeira desempenha um papel essencial na redução do impacto ambiental associado à produção de cerveja e na conformidade com as regulamentações legais relacionadas ao tratamento de efluentes industriais. Muitas cervejarias modernas estão empenhadas em implementar práticas sustentáveis, com o objetivo de minimizar seu impacto ambiental e garantir a utilização eficaz da água em seus processos de produção (Zwia, 2016).

5. SISTEMA DE TRATAMENTO DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

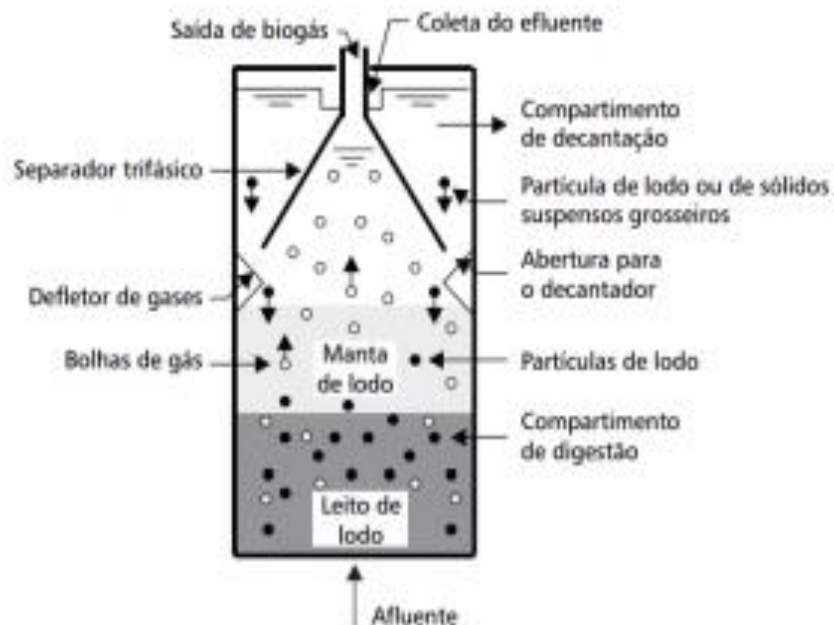
A adaptação de sistemas destinados ao tratamento e análise da água demanda a consideração de uma ampla gama de parâmetros e variáveis, visando assegurar a eficácia e a excelência do processo de tratamento. Nesse contexto, alguns dos parâmetros essenciais que merecem atenção incluem as Características da Água Bruta; a Qualidade da Água Almejada; os Parâmetros de Tratamento; o Monitoramento em Tempo Real; bem como as Análises Laboratoriais, entre outros elementos. A conjugação eficaz desses parâmetros e sistemas de análise da água assume uma relevância inquestionável, visto que tal integração é indispensável para a disponibilização de água tratada de maneira segura e de alta qualidade aos consumidores, ao mesmo tempo em que garante a conformidade com os requisitos regulamentares relativos ao meio ambiente e à saúde pública (Silva, Neto, 2014; Anbalagan, Sivakami, 2018).

Na indústria cervejeira, a geração de efluentes é significativa, abrangendo a água consumida em diversas etapas do processo, desde a produção de cerveja até operações de limpeza e fluido de aquecimento e resfriamento. A composição destes efluentes é influenciada pela variedade de cerveja produzida, insumos como fermento, aditivos, bagaços de malte, milho e, em alguns casos, trigo e aveia, bem como pela eficiência das operações de limpeza dos equipamentos. Isso resulta em efluentes altamente variáveis em termos de volume e características. Os efluentes da indústria cervejeira são notáveis por suas cargas orgânicas elevadas, podendo ser potencialmente poluentes. Apresentamos também teores elevados de sólidos em suspensão, fósforo e nitrogênio, o que podem dificultar certas tecnologias de tratamento, destacando a necessidade crucial de sistemas adequados. A utilização de reatores UASB² oferece vantagens, como custos mais baixos, geração reduzida de lodo em comparação com sistemas biológicos, aeróbios e requisitos de espaço reduzidos. Assim, essa abordagem representa uma alternativa viável, especialmente em países em desenvolvimento, como o Brasil (Campos et al., 2006; Guerreiro, 2006; Gaudencio, 2013).

Na Estação de Tratamento de Efluentes Industriais, sistemas de homogeneização são empregados para ajuste de pH. Os reatores UASB de lodo operam em paralelo, permitindo o controle da alimentação de vazão. Na entrada dos reatores anaeróbios, um coagulante orgânico é adicionado para facilitar a remoção de nutrientes, sendo o líquido resultante transferido para um decantador secundário. Um filtro composto por brita e carvão é utilizado para contenção de sólidos e remoção de impurezas antes do envio do líquido tratado para descarte. Este descarte é encaminhado para o adensador de lodo, sendo o lodo seco posteriormente destinado ao aterro. Durante o transporte pelo sistema de aeração, o efluente é continuamente direcionado para o decantador secundário, onde ocorre a separação entre o efluente tratado e o lodo sedimentado no fundo. A produção de lodo é significativamente superior à dos reatores anaeróbios. Essencialmente, o lodo é recirculado ao tanque de aeração para aumentar a concentração de microrganismos, promovendo a estabilização da matéria orgânica (Sperling, 2014).

² O Reator UASB é uma tecnologia de tratamento biológico de esgotos que se baseia na decomposição anaeróbia de material orgânico. Comumente é feito em uma coluna de escoamento ascendente, composta de uma zona de digestão, uma outra de sedimentação, e o dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido UTE.

Figura 1: Desenho esquemático de reator UASB



Fonte: PROSAB (1999).

Apesar das vantagens oferecidas por esses reatores, eles exigem um pós-tratamento para conformidade com padrões de reutilização e descarte. Isso resulta em uma eficiência reduzida na redução dos nutrientes presentes na água, tornando possíveis etapas adicionais como processos físico-químicos, biológicos, aeróbios e decantação secundária (Silva et al., 2007).

5.1 A ÁGUA NA PRODUÇÃO

A análise das condições de um corpo d'água e a realização do monitoramento são procedimentos essenciais para a identificação das fontes poluidoras e a avaliação de seus efeitos, proporcionando, simultaneamente, a verificação de conformidades e desconformidades de acordo com as diretrizes legais vigentes (Machado et al., 2019).

A água assume um papel preponderante como a principal matéria-prima na produção de cerveja, compreendendo aproximadamente 90% da composição dessa bebida. Seu impacto contínuo faz sentir a textura e o sabor da cerveja, desempenhando funções essenciais durante a fermentação, a introdução do lúpulo e a incorporação do mosto proveniente do malte. A pureza da água surge como fator fundamental, uma vez que a qualidade da cerveja é aprimorada na presença de águas mais puras. Juntamente

com o controle do pH, a água assume importância crucial, sendo o pH ácido o ideal para o processo cervejeiro. A água está intrinsecamente vinculada a todas as etapas do procedimento de fabricação da cerveja, abrangendo desde a filtragem até a limpeza de equipamentos (Gauto; Rosa, 2011).

A água empregada diretamente no processo de fabricação de cerveja necessita atender a padrões específicos, devendo ser contaminada, inodora, incolor, insípida, transparente, neutra e seguir as especificações definidas para a produção do produto. A presença e dissolução de sais e minerais desempenham um papel determinante no grau de dureza da água, sendo crucial que esta não sofra alterações para preservar as atividades enzimáticas e fermentadas durante o processo cervejeiro (Reinold, 1997).

5.2 RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO CERVEJEIRA

As implicações ambientais relacionadas ao ciclo produtivo da cerveja englobam fatores como o consumo de energia, utilização de água, descarte de efluentes líquidos, gestão de resíduos sólidos, fontes de matérias-primas e produtos intermediários. Além de emissões atmosféricas. De maneira complementar, destaca que, quando comparado a outros setores industriais, o consumo de recursos naturais constitui-se como o impacto mais proeminente nesta esfera (Olajire, 2012; Fakoya, van der Poll 2013).

Na indústria cervejeira, a produção de resíduos, como bagaço de malte, fermentos e lúpulo, atinge níveis relativamente elevados. Uma abordagem essencial consiste na concentração de esforços para reciclar esses produtos intermediários provenientes dos procedimentos de fabricação. Quando viável, a possibilidade de comercializar esses resíduos em mercados secundários representa uma estratégia eficaz para eliminar a necessidade de disposição. É crucial ressaltar, no entanto, que a comercialização desses resíduos não isenta a indústria cervejeira da responsabilidade pelos impactos ambientais comprometidos a esses subprodutos (Braun, 2010; Gupta et al., 2010; Olajire, 2012).

5.3 TRATAMENTO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

A questão da perda de água representa um desafio financeiro significativo para as cervejarias, uma vez que é necessário realizar o tratamento adequado antes do retorno dessa água ao meio ambiente. Estima-se que, para cada litro de cerveja produzido, sejam

necessários 10 litros de água, abrangendo todos os processos relacionados à produção e atividades gerais de limpeza. Nesse contexto, a proposta de reutilização da água no processo cervejeiro destaca-se ao enfatizar a melhoria do tratamento, a otimização do sistema de membranas utilizadas, a integração do sistema hídrico, com potencial para uma redução de 13% no volume de água descartada, juntamente com a capacitação dos funcionários em práticas de uso eficiente da água. Além disso, a água pode ser encaminhada para biodigestores que geram biogás e compostos orgânicos utilizados na produção de algas em lagoas rasas (Van Der Poll, 2013; Götz et al., 2014).

O tratamento da água na indústria cervejeira é uma etapa crucial para garantir não apenas a qualidade do produto final, mas também a conformidade com as normas ambientais. A eficácia do tratamento da água na indústria cervejeira desempenha um papel essencial não apenas na garantia da qualidade do produto, mas também na promoção de práticas sustentáveis, com o objetivo de minimizar o impacto ambiental. O gerenciamento responsável da água é fundamental para garantir a sustentabilidade a longo prazo no setor cervejeiro. Na indústria cervejeira, as características do efluente destinam-se ao tratamento variando de acordo com o processo produtivo e a tecnologia utilizada, destacando-se o tratamento biológico, especialmente devido à alta concentração de matéria orgânica presente nesse tipo de efluente líquido, derivado da produção de bebidas e dos insumos utilizados (Olajire, 2012).

6. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A garantia do direito ao acesso a um ambiente ecologicamente equilibrado, propício ao desenvolvimento com qualidade de vida, está imposta no Art. 225 da Constituição Federal Brasileira de 1988. Este artigo estabelece diretrizes que impõem ao poder público e à sociedade a responsabilidade de zelar pela defesa e preservação do meio ambiente, assegurando seu uso para as gerações presentes e futuras, orientando-se pelo princípio da sustentabilidade. A otimização da gestão dos recursos hídricos, por meio da integração de usos múltiplos e da alocação flexível da água para diversos usuários em conformidade com a legislação, destaca-se como uma estratégia altamente relevante para o desenvolvimento econômico e social. Essa abordagem não apenas melhora a qualidade de vida, mas também amplia a capacidade de abastecimento de água para usos diversos, impulsionando a economia (Tundisi, 2008; Brito, 2019).

A legislação ambiental relativa ao tratamento de efluentes no Brasil é extensa, abrangendo as esferas municipais, estaduais e federais. Cada unidade federativa pode estipular normas específicas, no entanto, estas não devem ser menos rigorosas do que as Leis Federais. As indústrias cervejeiras são especificamente afetadas por duas resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA): a Resolução Conama no 357/05 (CONAMA, 2005), que trata da classificação dos corpos de água, diretrizes ambientais para o seu enquadramento e disposições condições e padrões para o lançamento de efluentes, além de outras disposições; e a Resolução Conama no 430/11 (CONAMA, 2011), que versa sobre condições e padrões para o lançamento de efluentes, complementando e modificando a Resolução no 357/05.

7. CONCLUSÃO

Diante do panorama crescente das microcervejarias impulsionado pela crescente demanda por cervejas artesanais no Brasil, surge a urgente necessidade de enfrentar os desafios associados à geração de efluentes orgânicos. A implementação de sistemas de tratamento de efluentes na indústria cervejeira artesanal não apenas é fundamental para atender às exigências legais e evitar danos ambientais, mas também se revela como uma prática essencial para o desenvolvimento sustentável do setor. Os resultados desta pesquisa destacam a importância crítica de incorporar medidas de tratamento de efluentes em todas as estratégias da indústria cervejeira, visando não apenas garantir a conformidade com as normas de emissão, mas também promover uma prática ambientalmente responsável e sustentável. Além disso, a água, como componente fundamental na fabricação de cerveja, desempenha um papel significativo na qualidade e sabor da bebida. Portanto, a gestão responsável dos resíduos gerados no processo cervejeiro e a implementação de sistemas de tratamento eficazes são elementos importantes que exigem atenção especial, incluindo a conformidade com a legislação ambiental e a promoção da responsabilidade social na indústria cervejeira. Em resumo, o ciclo da água, desde a captação até o descarte final, não apenas reflete nosso compromisso com o meio ambiente, mas também impulsiona a eficiência operacional e fortalece a resiliência da indústria em um contexto global cada vez mais desafiador.

8. REFERÊNCIAS

ANBALAGAN, R.; SIVAKAMI, R. Bioaccumulation of Heavy Metals in Water and Algae of Mukkombu in the River Cauvery System, Tiruchirappalli District, Tamil Nadu, India. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 1067- 1072, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.129>.

ANDRADE, Heloisa. **Influência da água cervejeira sobre o perfil sensorial das cervejas artesanais de alta fermentação**. 2019. p. 20. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural do Semiárido, Pau dos Ferros, 2019.

BRASIL - **Portaria Nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos e de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília (DF):Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. Resolução **CONAMA n°357**, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

BRAUN, D. **Lei de reciclagem muda de hábitos de empresas e consumidores**. **PC World** 2010. Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2020/08/02/plano-de-residuos-aumentou-coleta-seletiva-mas-nao-mudou-padrao-de-consumo.htm>> Acessado em: 15/09/2023

BRITO, M. C. L. D.; AGUIAR, J.C. A cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão de recursos hídricos. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 9, n. 2, maio/ago. (p. 61-90). 2019.

BRK Ambiental – aposta em tecnologia para continuar garantindo acesso a saneamento em Palmas – TO. Disponível em: <https://www.brkambiental.com.br/conteudos/tocantins/peixe/brk-ambiental-aposta-em-tecnologia-para-continuar-garantindo-acesso-a-saneamento-em-palmas>. Acessado em: 26 Novem. 2023.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo** - Apêndice A - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Disponível: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguassubterraneas/>>. Acesso em: 21 out. 2023.

CONAMA. **RESOLUÇÃO – RE Nº 357**, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Disponível em: <[CONAMA. **RESOLUÇÃO – RE Nº 430**, DE 13 DE MAIO DE 2011. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>>. Acessado em: 27 Setem.2023.

CRUZ, Renan. Consumo e Formação de Mercado: **um estudo sobre as microcervejarias de Porto Alegre**. 2016. 87 f. Tese \(Mestrado Profissional\) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, RS, 2016.](https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-357-de-17-de-marco-de-2005/view#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20classifica%C3%A7%C3%A3o%20dos,efluentes%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAscias.>>. Acessado em: 27 Setem. 2023.</p></div><div data-bbox=)

ENITAN, Abimbola M. et al. **Characterization of Brewery Wastewater Composition**. 2015.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FAKOYA, M.B., VAN DER POLL, H.M., **Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa**. *Journal of Cleaner Production* 40 (2013), 136-140.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações**. p.970, 2008.

FUZINATTO, C. F. Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água.

Florianópolis: **Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental**; Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

GAUDENCIO, Bruno Orlando et al. **Avaliação do desempenho de dois reatores anaeróbios de leito fixo e fluxo ascendente alimentados com efluente de indústria cervejeira**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2013.

GAUTO, M. A; ROSA, G. R. **Processos e operações industriais da indústria química**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

GERHÄUSER, Clarissa. Constituintes da cerveja como potenciais agentes quimiopreventivos do câncer. **European Journal Of Cancer**. Heidelberg, p. 1941- 1954. set. 2005.

GÖTZ, G., GEIßEN, S-U., AHRENS, A., REIMANN, S. **Adjustment of the wastewater matrix for optimization of membrane systems applied for water reuse in breweries**. **Journal of Membrane Sciences**: 465, 68-77, 2014.

GUERREIRO. L. **Efluente em cervejaria**. Resposta técnica. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2006.

GUPTA, A. K.; AHMAD, I.; AHMAD, M. Genotoxicity of refinery waste assessed by some DNA damage tests. **Ecotoxicology & Environmental Safety**, in press, 2014.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reuso de água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol 7. Nº4. p. 75-95. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Campinas, SP: Átomo, 2010.

Lira, O. O.; Lira, G. A. S. T.; Lemos, A. O.; Brandão, B. Fundação Nacional de Saúde - **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em**

ETAS, Departamento de Saúde Ambiental (Desam) Coordenação de Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano (Cocag) 1ª edição – Brasília, 2014.

MACHADO, E. S. M. KNAPIK, H. G. BITENCOURT, C. C. A. Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água. **Eng Sanit Ambient**, v.24 n.2, 261-269. 2019. DOI: 10.1590/S1413-41522019181252.

MANAHAN, S. E. **Environmental chemistry**. 2. ed. Florida: Boca Raton, 2001.

MAPA. Instrução normativa estabelece padrão de qualidade e identidade para a cerveja. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/instrucao-normativa-estabelece-padrao-de-qualidade-e-identidade-para-cerveja>>. Acessado em: 11 Nov. 2023.

MEDEIROS, Claudio Dantas. **Efeito de variáveis de processo no tempo de fermentação da cerveja e na concentração das dicetonas vicinais totais (TVDK)**. 2010. 74 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

MIERZWA, J. C. HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos, 143 p.

OLAJIRE, A. A. The brewing industry and environmental challenges. **Journal of Cleaner Production**, p. 1-21, 2012.

OLIVER, G. A mesa do mestre-cervejeiro. São Paulo: Senac, 2012. The Oxford Companion to Beer. New York: Oxford University Press, 2012. PAPA ZIAN et al. Brewers Association Beer Style Guidelines. Boulder: **Brewers Publications**, 2021.

REINOLD, R. M. **Manual Prático de Cervejaria**. 1.ed., Aden: São Paulo, 1997.

RODRIGUES, Raquel dos Santos. As dimensões legais e institucionais do reuso de água no Brasil: **proposta de regulamentação do reuso no Brasil**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SANTOS, Sérgio de Paula. **Ateliê Editorial**. São Paulo: Cotia, 2004.

SILVA, M. L. P.; NETO, J. D. Avaliação Preliminar da Presença de Metais Traço, nas Águas do Riacho Mussuré e o Córrego de Mumbaba – João Pessoa – PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 04, p. 668-677, 2014.

SILVA, R. A.; PETTER, C. O.; SCHNEIDER, I. A. H. Avaliação da perda da coloração artificial de agatas. Rem: **Revista Escola de Minas**, v. 60, n. 3, p. 477-482, 2007.

SPERLING, Von; M. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias: **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2014a. v. 7.

SPERLING, Von; M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: **introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472 p.:il. – (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 1.

Trata Brasil Saneamento é Saúde, **Venha Conhecer as Etapas para o Tratamento de Água**, 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/o-que-e-saneamento/?utm_source=Google&utm_medium=Rede+de+Pesquisa&utm_campaign=O+que+%C3%A9+Saneamento&gclid=Cj0KCQiAsburBhCIARIsAExmsu512t-Z-GfAnD2aKp5zBdbPPe0CU2MIyoE6UyLrESoH-aDz9JF8PA4aAnuGEALw_wcB>. Acesso em: 20 out.2023.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: **problemas e soluções**. Estudos Avançados n. 22 (63), 2008. vol.22, n.63, pp.7-16. ISSN 0103-4014. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Blücher, 2010.

ZWIA - **ZERO WASTE INTERNATIONAL ALLIANCE**. Disponível em: <<https://zwia.org/>>. Acesso em 01 Dez 2023.