TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDÚSTRIA DE CERVEJA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN LA INDUSTRIA DE LA CERVEZA: RETOS Y OPORTUNIDADES

EFFLUENT TREATMENT IN THE BEER INDUSTRY: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Guilherme Gomes de Sousa Magalhães[1]; Daniel Dias da Silva[2], Liliana Andréa dos Santos[3]; André Felipe de Melo Sales Santos[4]

DOI: https://doi.org/10.31692/IIICIAGRO.0205

RESUMO

A indústria de bebidas é uma das tipologias industriais mais importantes e que mais crescem no mercado nacional e internacional. Esse crescimento tem duas grandes consequências: o elevado consumo de água e geração de enormes quantidades de efluentes. A cervejas, particularmente, se destaca entre as bebidas mais consumidas no mundo desde a antiguidade. O mercado de cervejas, tem crescido ano a ano, sobretudo com a diversificação dos portifólios, ampliação dos mercados de cervejas especiais e gourmet, além das artesanais, que nas últimas décadas vêm crescendo em interesse de diversos públicos, mais exigentes. Os maiores produtores são a China, EUA e o Brasil, que possuem o desafio de gerenciar a geração de efluentes, tratando-os adequadamente, além de atuar em estratégias de reuso, redução de perdas, inovações tecnológicas e atendimento às legislações ambientais. Neste trabalho, foi realizada uma Pesquisa Exploratória, levando em consideração aspectos relacionados ao processo produtivo, ao mercado, a escala, às características do efluente e das alternativas de tratamentos possíveis, além da legislação ambiental aplicável. As características físico-químicas desse efluente indicam que os tratamentos biológicos são a melhor opção, devido a grande quantidade de matéria orgânica e sua elevada biodegradabilidade. Neste caso, destacam-se os tratamentos anaeróbios, devido os menores custos de instalação e manutenção, elevada eficiência, baixa geração de lodos e a possibilidade de valorização energética do metano. As tecnologias atuais proporcionam excelentes resultados em termos da qualidade do efluente tratado, eficiências de remoção de material orgânico, nutrientes e sólidos, atendendo as exigências da legislação ambiental. Entretanto, em termos das tecnologias, sua aplicação muitas vezes é limitada por fatores técnicos, operacionais e econômicos, que podem ter relação à escala, sendo estes fatores limitantes de sua viabilidade. O porte da indústria pode também interferir, sendo, as cervejarias artesanais, com menor porte, tecnologia e recursos, um ponto que deve ser observado, devido a atual proliferação e dispersão desses pequenos produtores no setor cervejeiro.

Palavras-chave: indústria de bebidas; tratamento biológico; efluente industrial, cervejaria; cerveja

[1] Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, guilhermegomesdesousa123@gmail.com
[2] Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, daniel.diass@ufrpe.br
[3] Doutor, Universidade Federal de Pernambuco, liliana.andrea.santos@gmail.com
[4] Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, andre.felipesantos@ufrpe.br

RESUMEN
La industria de bebidas es una de las tipologías industriales más importantes y de mayor crecimiento en el mercado nacional e internacional. Este crecimiento tiene dos grandes consecuencias: el alto consumo de agua y la generación de grandes cantidades de efluentes. Las cervezas, en particular, se destacan entre las bebidas más consumidas en el mundo desde la antigüedad. El mercado cervecero ha ido creciendo año tras año, especialmente con la diversificación de portafolios, ampliación de los mercados de cervezas especiales y gourmet, además de las cervezas artesanales, que en las últimas décadas han ido creciendo en el interés de diferentes públicos más exigentes. Los mayores productores son China, EE.UU. y Brasil, que enfrentan el desafío de gestionar la generación de efluentes, tratándolos adecuadamente, además de trabajar en estrategias de reutilización, reducción de pérdidas, innovaciones tecnológicas y cumplimiento de la legislación ambiental. En este trabajo se realizó una Investigación Exploratoria, teniendo en cuenta aspectos relacionados con el proceso de producción, el mercado, la escala, las características del efluente y las posibles alternativas de tratamiento, además de la legislación ambiental aplicable. Las características fisicoquímicas de este efluente indican que los tratamientos biológicos son la mejor opción, debido a la gran cantidad de materia orgánica y su alta biodegradabilidad. En este caso destacan los tratamientos anaerobios, por los menores costes de instalación y mantenimiento, alta eficiencia, baja generación de lodos y posibilidad de valorización energética del metano. Las tecnologías actuales brindan excelentes resultados en cuanto a la calidad del efluente tratado, eficiencias en la remoción de materia orgánica, nutrientes y sólidos, cumpliendo con los requisitos de la legislación ambiental. Sin embargo, en términos de tecnologías, su aplicación suele estar limitada por factores técnicos, operativos y económicos, que pueden estar relacionados con la escala, y estos factores limitan su viabilidad. El tamaño de la industria también puede interferir, siendo cervecerías artesanales, de menor tamaño, tecnología y recursos, punto que debe ser observado, debido a la actual proliferación y dispersión de estos pequeños productores en el sector cervecero.
Palabras clave: industria de bebidas; tratamiento biológico; efluentes industriales, cervecería; cerveza

ABSTRACT
The beverage industry is one of the most important and fastest growing industrial typologies in the national and international market. This growth has two major consequences: the high consumption of water and the generation of huge amounts of effluents. Beers, in particular, stand out among the most consumed beverages in the world since antiquity. The beer market has grown year after year, especially with the diversification of portfolios, expansion of the markets for specialty and gourmet beers, in addition to craft beers, which in recent decades have been growing in the interest of different, more demanding audiences. The largest producers are China, the USA and Brazil, which face the challenge of managing the generation of effluents, treating them properly, in addition to working on strategies for reuse, reduction of losses, technological innovations and compliance with environmental legislation. In this work, an Exploratory Research was carried out, taking into account aspects related to the production process, the market, the scale, the characteristics of the effluent and the possible treatment alternatives, in addition to the applicable environmental legislation. The physicochemical characteristics of this effluent indicate that biological treatments are the best option, due to the large amount of organic matter and its high biodegradability. In this case, anaerobic treatments stand out, due to the lower installation and maintenance costs, high efficiency, low sludge generation and the possibility of energy recovery from methane. Current technologies provide excellent results in terms of the quality of the treated effluent, efficiencies in the removal of organic material, nutrients and solids, meeting the requirements of environmental legislation. However, in terms of technologies, its application is often limited by technical, operational and economic factors, which may be related to scale, and these factors limit its viability. The size of the industry can also interfere, being craft breweries, with smaller size, technology and resources, a point that must be observed, due to the current proliferation and dispersion of these small producers in the brewing sector.
Keywords: beverage industry; biological treatment; industrial effluent, brewery; beer

1. INTRODUÇÃO

As bebidas tiveram e têm um papel importante na história da humanidade. Desde os tempos mais remotos da antiguidade, beber esteve associado à fartura, às festividades, às comemorações e à eventos importantes, sejam eles de natureza profana ou sacra. Inicialmente descobertas e produzidas de forma empírica e rudimentar, as primeiras bebidas que foram desenvolvidas foram a cerveja e o vinho, por processos fermentativos. Com a Revolução Industrial e com o desenvolvimento de várias tecnologias de processos e operações unitárias, com destaque para a destilação, uma série de outras bebidas foram desenvolvidas e introduzidas no mercado consumidor, crescente e ávido por novidades. Bebidas como as aguardentes, vodcas, whisky, runs e gins hoje são comuns em todos os mercados do mundo e consumidos em larga escala. Alguns hábitos modernos forçados por uma vida mais prática e dinâmica em grandes cidades e também do desenvolvimento de novos materiais (vidros, plásticos, tetrapak, etc.) facilitaram a criação de embalagens mais práticas, leves e resistentes de forma que bebidas não-alcoólicas como sucos, leite e derivados, águas saborizadas fossem também comercializadas e incorporadas na cultura do consumo. Dentre as bebidas alcoólicas a cerveja possui um destaque especial, tendo em vista ser a mais consumida e produzida, sendo ainda uma unanimidade na liderança do consumo na maioria dos países, mesmo aqueles não a produzem significativamente. Nas últimas duas décadas mercados emergentes de cervejas especiais, gourmet, denominadas por vezes artesanais vêm crescendo aliado a ampliação de um público consumidor mais exigente e que busca um produto com diferenciais organolépticos. A produção em escala industrial atual tanto de bebidas (fermentadas, destiladas, alcoólicas ou não-alcoólicas), favoreceu o aumento do consumo e a consequente geração de subprodutos: efluentes, resíduos sólidos e emissões atmosféricas.

Neste sentido, este trabalho visa dar uma contribuição a este tema partindo de aspectos do processo, do mercado e da escala da indústria, das características do efluente e dos tratamentos existentes, além da legislação aplicável. O foco serão os desafios e oportunidades dentro da dinâmica desse mercado crescente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. MATÉRIAS-PRIMAS DA PRODUÇÃO DE CERVEJA

A cerveja vem do processo de fermentação do mosto, a receita conhecida e mais usada nos dias atuais é a *Reinheitsgebot*, a “Lei da Pureza Alemã” de 1516, a qual define os

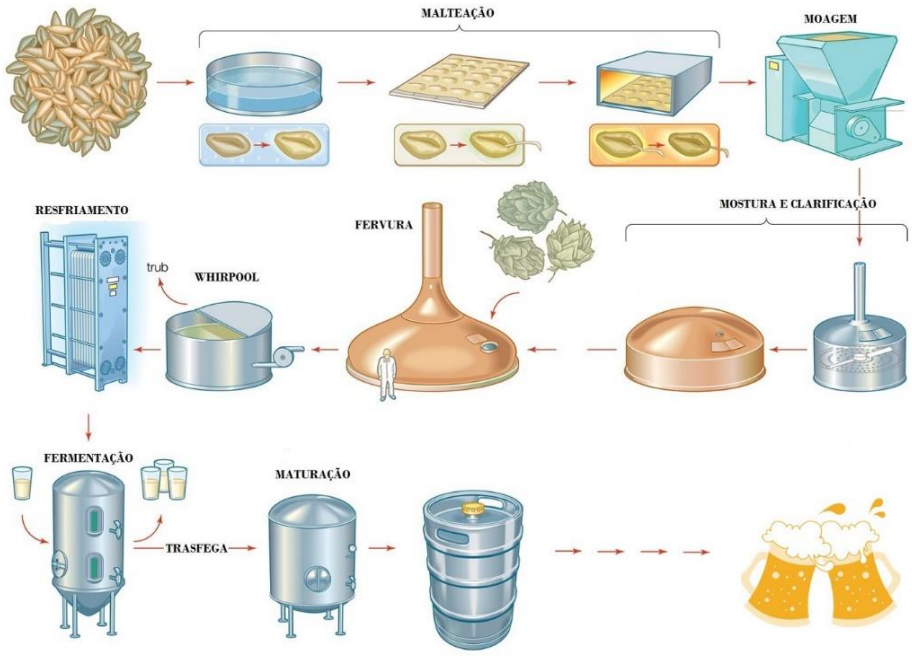
ingredientes para a produção da cerveja à moda alemã. Os ingredientes fundamentais são: água, malte e o lúpulo. As leveduras forma posteriormente introduzidas como parte importante do processo produtivo. A partir destes ingredientes vários tipos de cervejas podem ser produzidos, variando-se as quantidades e a qualidade desses ingredientes, além do modo como é produzida. Dentre os ingredientes a água representa 90% da matéria prima. O malte fornece o amido, substrato para as leveduras na fase de fermentação, existindo vários tipos, que potencializam o processo enzimático fornecendo certas características à cerveja. O lúpulo é o responsável pelo sabor amargo da cerveja, agindo também como conservante natural. As leveduras ou fermentos, apesar de não fazerem parte da receita *Reinheitsgebot*, são micro-organismos que realizam o processo de fermentação, consumindo os açúcares do mosto, produzindo álcool (etanol) e o gás carbônico (CO_2). Determinando o teor de álcool da bebida, esses microrganismos dependem de certas condições ideais, como temperatura, pH, brix, que ditam a velocidade da reação. Essas leveduras são divididas em dois grupos: as *"Lagers"* (baixa fermentação), que se concentram no fundo do fermentador ao fim do processo (temperatura ideal de 9 a 13°C) e as *"Ale"* (alta fermentação) que serão concentradas na parte superior do fermentador (temperatura ideal de 18 a 24°C).

2.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA

O processo produtivo tem como objetivo transformar o amido em mosto, passando por várias etapas. Na maltagem, há separação dos grãos que fornecerão o amido (cevada, trigo e milho), que após secagem, é chamado de malte. Na brasagem o amido dos grãos e convertido em mosto, a partir do processo de sacarificação. Após essa etapa ocorre o "*mashout"*, elevando a temperatura do mosto para 75°C, desativando assim as enzimas, quando o mosto é levado para drenagem e fervura, e é esterilizado, podendo ser clarificado e levado ao resfriamento e oxigenação. Na sequência, ocorre a fermentação do mosto, em ambiente anaeróbio. Os açúcares e carboidratos do malte, na presença de leveduras e/ou bactérias, irão produzir tanto álcool (C_2H_5OH) quanto dióxido de carbono (CO_2). O tempo da fermentação deve ter seu controle de acordo com o teor alcoólico desejado. Após a primeira fermentação é feito o condicionamento ou o envelhecimento da cerveja, que dependerá do tipo, do tempo de maturação (que pode levar de semanas a anos). Depois de todos os processos realizados, a cerveja é engarrafada e levada aos mercados consumidores.

Na Figura 01 apresenta-se um diagrama esquemático das etapas de fabricação da cerveja. O processo descrito é genérico, havendo grandes variações de tecnologias, equipamentos e processos adicionais a depender dos tipos de cervejas produzidos.

Figura 01: Processo de fabricação da cerveja



Fonte: Monali Bassoli (2017)

2.3. PRODUÇÃO E CONSUMO DE CERVEJA

As bebidas, independentemente se alcoólicas ou não, são comumente presentes em nossa rotina e na grande maioria de eventos sociais e culturais da humanidade. A indústria cervejeira uma das que mais cresce no Brasil e no Mundo. Estima-se que no Brasil, 61% das bebidas alcoólicas consumidas são fermentadas, sendo a principal, a cerveja. Na Tabela 01, são apresentadas as bebidas alcoólicas mais consumidas no Brasil.

O ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA), indicou que, até o ano de 2020, 1383 cervejarias estavam registradas no país, com 204 sendo registradas apenas em 2020, segundo o Anuário de 2020 da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CERVBRASIL). O impacto que a indústria causa, tem relação direta com a dimensão econômica da indústria e seu potencial de crescimento. A cerveja é a mais consumida entre as bebidas alcoólicas e, numa perspectiva mais geral, é a 3° bebidas mais consumidas ficando atrás apenas do café e do chá.

Tabela 01: Bebidas mais consumidas no Brasil

Posição	Bebida
1º	Cerveja
2º	Cachaça
3º	Vinho
4º	Bebidas Mistas
5º	Vodca
6º	Conhaque
7º	Whisky
8º	Rum

Fonte: Fabiano Azevedo (2019)

A produção de bebidas teve um grande crescimento entre os anos de 2017 e 2019, sendo o crescimento de 2020 a 2021 pouco expressivo (Tabela 02).

Tabela 02: Evolução da produção da indústria de bebidas alcoólicas no Brasil (2017-2021)

Classe CNAE	2017	2018	2019	2020	2021
			(10^3.l)		
Fabricação de Aguardentes e outras bebidas destiladas	1.293.640	1.617.130	2.502.561	2.510.069	2.502.538
Fabricação de Vinho	630.744	621.287	652.420	654.377	652.414
Fabricação de Malte, Cervejas e Chopes	13.714.714	15.319.532	17.269.543	17.321.352	17.269.388
Total	15.639.098	17.557.949	20.424.524	20.485.798	20.424.340

Fonte: IBGE (2022)

Na Tabela 03, são apresentados os 5 maiores produtores globais de cerveja no mundo entre os anos de 2019 e 2020. Observa-se que são países com grandes populações e áreas geográficas de tamanho relevante, sendo a Alemanha a única que não figura entre os 20 maiores países do mundo. A China é a maior produtora, seguida pelos EUA e Brasil, países com grandes populações, sendo os três responsáveis por 38,64% da produção global. Houve uma ligeira queda na produção total mundial em 2020 (1.819. 10^6 hl) comparando à 2019 (1.912. 10^6 hl), de cerca de 4,8%, provavelmente influenciado pela crise econômica mundial decorrente da pandemia global do Covid-19, que começou no final do ano de 2019, como fator principal.

Contrariamente à tendência global, o Brasil teve um aumento significativo da produção de cerca de 4,9% (2020 a 2021) atingindo cerca de 151. 106 hl.

Tabela 03: Cinco maiores produtores de cerveja no mundo

País	Produção em 2019 (10^6. hl)	Produção em 2020 (10^6. hl)
China	376	341
EUA	210	211
Brasil	144	151
México	124	127
Alemanha	91	87
Total dos 5 países	945 (49,4%)	917 (50,4%)
Total global	1.912 (100%)	1.819 (100%)

Fonte: BarthHaas Report Hops (2020/21)

O crescimento desse setor tem levado à fusão de grandes indústrias de âmbito nacional e internacional. As maiores indústrias de cervejas do mundo, ranqueadas por produção em 2020, pela BarthHass, são apresentadas na Tabela 04. A maior delas a Belga, AB InBev, resultado a fusão da Belga Interbrew e da Brasileira Ambev, com 57,3% do mercado brasileiro em 2021. Das 10 maiores produtoras de cerveja no mundo 3 são chinesas. A única brasileira da lista das 40 maiores da BarthHaas é o Grupo Petrópolis, que aparece na 11° posição. O país com maior número de empresas na lista é a Alemanha, com 8, e que, mesmo sem estarem entre as maiores individualmente, juntas somaram, em 2020, de cerca 51,9 milhões de hectolitros, ou 2,9% da produção total do ano.

Tabela 04: Maiores cervejarias do mundo

Posição	Cervejaria	País (sede)	Produção em 2020 (10^6. hl)	% Global
1°	AB InBev	Bélgica	467,4	25,7%
2°	Heineken	Holanda	221,6	12,2%
3°	Carlsberg	Dinamarca	110,1	6,1%
4°	China Res. Snow Breweries	China	106,9	5,9%
5°	Molson Coors	EUA/Canada	84,5	4,6%
6°	Tsingtao Brewery Group	China	80,0	4,4%
7°	Asahi Group	Japão	56,3	3,1%
8°	BGI / Groupe Castel	França	36,7	2,0%
9°	Efes Group	Turquia	36,2	2,0%
10°	Yanjing	China	35,3	1,9%
Soma das 10 maiores	-	-	1235,0	67,9%
Total	-	-	1819,6	100%

Fonte: BarthHaas Report Hops (2021)

Na Tabela 05, apresenta-se o ranqueamento dos maiores países consumidores de cerveja nos anos de 2019 e 2020. Na Tabela 06, apresenta-se o consumo per capita por países e sua relação com o consumo total absoluto (2019 e 2020).

Tabela 05: Ranqueamento dos 10 maiores consumidores do mundo

Posição (2020)	Posição (2019)	País	Consumo (2020) (10^5. hl)	Consumo (2019) (10^5. hl)
1°	1°	China	3.608,8	3,921,8
2°	2°	EUA	2.410,5	2.392,0
3°	3°	Brasil	1.384,7	1.328,3
4°	5°	Rússia	864,6	830,6
5°	4°	México	828,7	932,4
6°	6°	Alemanha	774,6	816,0
7°	7°	Japão	441,6	486,9
8°	9°	Reino Unido	408,8	471,2
9°	8°	Vietnam	384,5	475,5
10°	10°	Espanha	381,5	422,9

Fonte: Kirin Holdings (2020)

Tabela 06: Ranqueamento do consumo *per capita* de cerveja e consumo total de cerveja por país

Posição (2020)	Posição (2019)	País	Consumo *per capita* (Litros/pessoa.ano) (2020)	Consumo total (2020) (10^5. hl)
1°	1°	República Tcheca	181,9	194,6
2°	2°	Áustria	96,8	87,2
3°	4°	Polônia	96,1	363,3
4°	5°	Romênia	95,2	182,8
5°	3°	Alemanha	92,4	774,6
6°	12°	Estônia	86,4	11,2
7°	6°	Namíbia	84,8	21,2
8°	18°	Lituânia	84,8	22,7
9°	11°	Eslováquia	81,7	44,9
10°	7°	Irlanda	81,6	44,0
17°	22°	EUA	72,8	2.410,5
23°	29°	Brasil	65,1	1.384,7
29°	32°	Rússia	65,1	864,6

Fonte: Kirin Holdings (2020)

Os países que mais consomem são aqueles que também mais produzem cerveja, ou seja: a China, EUA e o Brasil. O ranqueamento do consumo *per capita*, mostra que a Europa em geral, consome-se por cidadão mais cerveja, apesar que quando se avalia o consumo e produção total, esses países encontram-se em posições mais baixas. Destaca-se a República Tcheca, com o maior consumidor *per capita*, apesar desta não aparecer entre os maiores consumidores e produtores globais. O grande volume de produção dessas indústrias dá um indicativo dos enormes volumes gerados de efluentes.

2.4. CERVEJAS ARTESANAIS

A produção das cervejarias artesanais é de aproximadamente 1% do total da produção nacional de cervejas. Atualmente, com o crescente interesse num mercado mais gourmet, geralmente associados à consumidores mais exigentes na busca de bebidas diferenciadas e cada vez mais complexas, esse mercado vem mostrando um crescente impacto econômico com reflexos no próprio setor de produção em escala. As grandes cervejarias também estão investindo nestes nichos emergentes, percebendo esses movimentos do mercado e o surgimento de um consumidor mais atento à qualidade e disposto a pagar mais por um produto com diferenciais organolépticos.

As cervejas artesanais costumam ter uma variedade de cores, odores e sabores, e são produzidas, geralmente, em menor escala, muitas vezes de forma mais rústica, com menos tecnologia agregada e controles de qualidade. São bastante comuns nos EUA, e vem ganhado seguidores no Brasil nas últimas duas décadas, sendo que o objetivo dos produtores é produzir, mesmo que em pequenas quantidades, bebidas especiais, com características únicas, acrescentando na fórmula base da cerveja outros ingredientes, como ervas aromáticas, frutos, raízes, açúcares e um infinidade de outros ingredientes. Essa variação na sua composição é o que torna essas cervejas únicas, fazendo com que tenham um alto valor agregado. Esse nicho do mercado não é exclusivo para dos pequenos negócios, as grandes empresas do setor no Brasil têm demonstrado também um interesse crescente. Na Tabela 07 apresenta-se o ranking produção de cervejas artesanais no mundo, sendo que o Brasil não aparece entre os 10 maiores produtores. A maior parte das cervejarias artesanais, e da produção se concentra na América do Norte e Europa, são mais de 10.000 cervejarias artesanais no mundo, das quais 86% estão nos EUA e Europa.

Tabela 07: Ranking produção de cervejas artesanais no mundo

País	Posição
EUA	1º
Reino Unido	2º
Alemanha	3º
Itália	4º
Espanha	5º
França	6º
Canada	7º
Holanda	8º
Suíça	9º
Austrália	10º

Fonte: Rachel Arthur (2017)

Entretanto, a questão de escala menor pode trazer problemas ambientais. Sendo, geralmente produzidas em regiões mais afastadas e/ou por indústrias de pequeno porte, muitas vezes o tratamento dos efluentes não é o mais adequado ou não é realizado de forma eficiente, levando a problemas de impactos em corpos receptores hídricos locais, muitas vezes sem capacidade de assimilar tais impactos de cargas orgânicas. Em muitos casos, o tratamento de efluente nem existe ou é completamente negligenciado. A falta de conhecimento e de gestão adequada, pode gerar problemas maiores para a região, pois se comparado com as grandes indústrias, com milhares de hectolitros de efluente gerados, os pequenos produtores têm menos incentivos para aplicar um tratamento adequado. Dessa forma, a produção industrial das cervejas convencionais apresenta um problema do impacto em função da escala, já as pequenas cervejarias artesanais apresentam principalmente dificuldade de controle pelo poder público devido à grande dispersão dos empreendimentos de pequeno/médio porte e pela falta de gestão interna dos efluentes, ambas podendo representar impactos regionais bastante significativos.

2.5. EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE CERVEJA

A grande produção global da cerveja, cria dois principais problemas, que impactam o ambiente e a sociedade: o grande consumo de água de alta qualidade (impactando os aquíferos) e a consequente geração de efluentes (impactando nos corpos hídricos superficiais). Para cada litro de cerveja produzido, segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), a média de geração de efluentes pode chegar até 12 litros (SANTOS, 2005).

Esses números podem ser menores em função de vários aspectos da tecnologia empregada na fabricação, no processo, do tipo de cerveja produzida, da escala, entre outros fatores. As bebidas alcoólicas têm processos relativamente semelhantes, o que faz com que os efluentes gerados nas indústrias sejam igualmente semelhantes, em qualidade assim como das alternativas de tratamento que podem ser melhor utilizados no seu tratamento. Os efluentes das indústrias de cerveja são ricos em matéria orgânica e nutrientes o que favorece seu tratamento biológico (aeróbio/anaeróbio). Na Tabela 08 são apresentados alguns dos parâmetros mais comuns para a caracterização do efluente de cervejaria, segundo Enitan et al. (2015).

Tabela 08: Características físico-químicas de efluente bruto de cervejaria

Parâmetros	Faixa	Valor médio
Temperatura (°C)	24 - 30,5	27,90 ± 2,23
pH	4,6 - 7,3	6,0 ± 1,44
DQO total (mg/L)	1096,41 - 8926,08	5340,97 ± 2265
DQO solúvel (mg/L)	1178,64 - 5847,74	3902,28 ± 1644
DBO (mg/L)	1609 – 3980	3215,27 ± 870,92
DQO/DBO (1)	0,7 - 2,2	1,7
Sólidos totais	1289 - 12248	5698,11 ± 2749,06
Sólidos voláteis	1832 – 4634	3257,33 ± 1074,34
Sólidos suspensos totais	530 – 3728	1826,74 ± 972,46
Sólidos suspensos voláteis	804 -1278	1090,86 ± 182,74
Proteínas brutas	61,67 - 754,42	273,47 ± 233,63
Ortofosfatos	7,51 - 74,10	23,71 ± 21,88
Nitrogênio total	0 - 5,36	1,81 ± 1,66
$N\text{-}NH_3$	0,48 - 13,05	8,62 ± 10,40
Nitrato	1,14 -11,55	4,30 ± 3,41
Nitrito	0 - 0,24	0,37 ± 018
Potencial oxi-redox	(-27,1) - (-84,9)	-47,80
Condutividade elétrica	1.044 - 1.622	1,52
Alcalinidade total	500 - 10000	2450,33 ± 3034,19

(1) Faixas calculadas a partir dos dados máximos, mínimos e médios da fonte consultada.

Fonte: ENITAN et al. (2015)

A elevada carga orgânica volumétrica (COV) (relação concentração x volume) neste efluente, é devido ao seu conteúdo orgânico (DQO, DBO, COT), sólidos em suspensão totais

(SST) e nutrientes (N, P), o que faz com que o despejo indevido em corpos receptores superficiais, pode causar a deterioração do ambiente, tais como: proliferação de algas (eutrofização), interferências na microbiota e na dinâmica do ecossistema aquático, o não cumprimento da leis ambientais, acarreta, além de problemas ambientais em problemas para a empresa culpada, como pagamento de multas, dependendo dos impactos causados sobre os corpos receptores.

2.6. TRATAMENTO DOS EFLUENTES

A grande quantidade de matéria orgânica presente nos efluentes da indústria de cervejas e sua alta biodegradabilidade (relação DQO/DBO<3,5, vide Tabela 08) faz com que os tratamentos biológicos, se mostrem mais atrativos, eficientes e baratos. Esses tipos de tratamento biológico, utilizam micro-organismos decompositores, que fazem o trabalho de degradar a matéria orgânica sob condições ambientais (T, pH, alcalinidade, etc.) e de processo (aeração, agitação, aquecimento, etc.) específicas. Na Tabela 09, apresenta-se a indicação do tipo de tratamento e da biodegradabilidade em função relação DQO/DBO de um efluente.

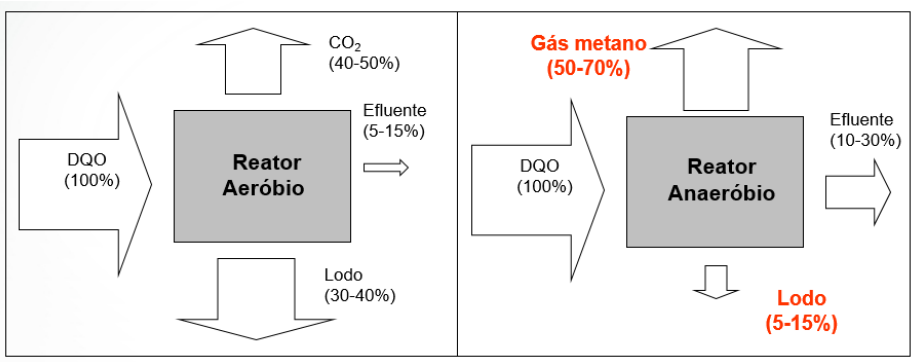
Tabela 09: Indicação do tipo de tratamento e da biodegradabilidade em função relação DQO/DBO de efluentes

Relação DQO/DBO	Biodegradabilidade	Indicação para tipo de tratamento
<2,5	Fração biodegradável elevada	Tratamento biológico indicado
2,5 a 3,5	Fração biodegradável mediana	Estudos de tratabilidade são indicados para avaliar a possibilidade de tratamento biológico ou físico-químico
>3,5	Fração biodegradável baixa	Tratamento físico-químico indicado

Fonte: Adaptado de VON SPERLING (2005)

O tratamento biológico pode ser dividido em dois tipos principais, o aeróbio e anaeróbio. No diagrama da Figura 2 apresenta-se o balanço material da DQO, representando a partição entre as fases sólida (Lodo), líquida (efluente tratado) e gasosa (CO_2/CH_4) do conteúdo de carbono afluente em sistemas aeróbios e anaeróbios. Percebe-se que nos sistemas anaeróbios uma parcela mais significativa do carbono é transferida para a fase gasosa (50-70%) em comparação aos sistemas aeróbios (40-50%), sendo que o conteúdo da fase gasosa nos sistemas anaeróbios é rico em metano (CH_4) que pode ser aproveitado energeticamente. Outra vantagem é a baixa produção de lodo dos sistemas anaeróbios em relação aos anaeróbios.

Figura 02: Comparação do balanço material da DQO em sistemas aeróbios e anaeróbios



Fonte: CHERNICHARO (1997)

O tratamento aeróbio, como o próprio nome sugere, utiliza micro-organismos que degradam a matéria orgânica por oxidação em ambientes, onde há oxigênio disponível (naturalmente ou forçadamente), sendo um tipo de tratamento mais facilmente aplicável a grandes sistemas ou grandes indústrias. Os sistemas mais comuns são: as lagoas aeradas, os filtros biológicos e os lodos ativados. Esse tipo de tratamento, é bastante recomendável para indústrias cervejeiras, atingindo remoções de DBO muitas vezes acima de 95%, com baixa emissão de odor e alta capacidade de remover compostos mais recalcitrantes, porém com um custo significativamente maior, necessitando também de uma área maior em relação aos sistemas anaeróbios.

No tratamento anaeróbio, a degradação da matéria orgânica do efluente se dá também pela ação de micro-organismos, mas em ausência de oxigênio, onde a matéria é degradada e transformada em CO_2 (menor quantidade se comparado ao tratamento aeróbio), CH_4 (metano), água e lodo (menor quantidade se comparado ao tratamento aeróbio). Esse tipo de tratamento é comumente aplicado para indústrias de menor ou maior porte devido as vantagens de seu custo x benefício, bem menor em relação aos sistemas aeróbios. Também é mais atrativo pela geração de subprodutos de maior valor agregado que podem ser aplicados na própria indústria.

Os tipos de sistemas de tratamento mais comuns são: os reatores (biodigestores, UASB, IC, EGSB), lagoas anaeróbias e filtro anaeróbio, possuindo como grandes vantagens o baixo custo de implementação e manutenção, baixa mecanização, baixa produção de lodo e produção do biogás, que pode ser utilizado como fonte de calor e energia. Duas frações, subprodutos do processo anaeróbio são muito importantes: o lodo e o biogás. Entretanto, o fator principal, que torna o tratamento anaeróbio mais atrativo é a elevada produção de biogás, já que boa parte da

matéria orgânica é convertida em CH_4 e CO_2, o biogás é especialmente interessante para as indústrias cervejeiras pela capacidade de minimizar alguns custos, através da produção de energia elétrica ou geração de calor. A composição do biogás gerado nos reatores anaeróbios, tem cerca de 50% a 75% de metano e 25% a 50% de dióxido de carbono, além de traços de outras substâncias como hidrogênio, sulfetos e amônia. Cada 1 m³ de biogás possui poder calorífico (PCI) de 5.000 a 7.000 kcal/m³ e é equivalente à 0,66 litros de diesel ou 0,7 litros de gasolina (BARROS 2021). Outra possibilidade é a combinação de tratamentos anaeróbio, seguido de pós-tratamento aeróbio, agregando vantagens e desvantagens desses sistemas.

2.7.LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

O Brasil possui extensa legislação ambiental aplicável ao tratamento de efluentes em nível municipal, estadual e federal. Cada unidade da Federação pode ter suas próprias normativas mais restritivas em relação às Leis Federais, mas não menores que estas. As principais legislações que as indústrias de cerveja devem atender são 02 Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA): a Resolução Conama nº 357/05 (CONAMA, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências e a Resolução Conama nº 430/11 (CONAMA, 2011), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357/05.

3. METODOLOGIA

Esta etapa se caracterizou como uma Pesquisa Exploratória qualitativa onde foram avaliados dois conjuntos de ideias: os desafios e as oportunidades para o assunto em tese. A análise desses dois conjuntos foi feita à luz de aspectos do processo, do mercado, da escala da indústria, das características do efluente e dos tratamentos de efluentes existentes, além da legislação aplicável. A Pesquisa Exploratória é aquela que busca por meio dos seus métodos e critérios, uma proximidade da realidade do objeto estudado. Segundo Mattar (2001), os métodos utilizados pela pesquisa exploratória são amplos e versáteis. Os métodos empregados compreendem: levantamentos em fontes secundárias, levantamentos de experiências, estudos de casos selecionados e observação informal.

Para Zikmund (2000), os estudos exploratórios, geralmente, são úteis para diagnosticar situações, explorar alternativas ou descobrir novas ideias. Para realização esta pesquisa foi realizada levantamentos bibliográficos em bases de dados científicas (CapesCAFe, Google, Google Acadêmico), documentação técnica da área, e dados estatísticos sobre o mercado e legislação pertinente, trazendo informações pertinentes para o desenvolvimento da ideia central do artigo, o tratamento e seus desafios e oportunidades.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 10, são apresentados os resultados compilados da Pesquisa Exploratória com os principais desafios e oportunidades observados.

Tabela 10: Desafios e oportunidades observados na Pesquisa Exploratória

	Desafios	**Oportunidades**
Processo Produtivo	- Tornar os processos mais eficientes e limpos, gerando menos efluentes, menos resíduos, emissões, com menor gasto energético; - Falta de políticas públicas de incentivo a inovação e sustentabilidade	- Desenvolvimento e incorporação de tecnologias e inovações; - Investimentos em inovação tecnológica no desenvolvimento de processos;
Mercado	- Crescimento do mercado; - Crescimento da concorrência; - Consumidor mais exigente; - Desenvolvimento de novos produtos (cervejas artesanais, sem álcool, sem glúten);	- Mercados emergentes (cervejarias artesanais, especiais, gourmet); - Investimentos em inovação tecnológica no desenvolvimento de novos produtos;
Escala da indústria	- Tendência de ampliação de escala e da fusão de grandes indústrias e marcas; - Garantir sustentabilidade a pequenos produtores;	- Crescimento da produção em escalas artesanais; - Tendência a produção dispersa: incentivando negócios regionais com incorporação de tecnologias e profissionais mais qualificados;
Características do efluente	- Reduzir carga poluidora (vazão x concentração) com processos mais limpos; - Reduzir perdas de produção; - Ampliar o reuso de efluente;	- Desenvolvimento de processos mais limpos e com menos geração de subprodutos; - Investimentos em inovação tecnológica no desenvolvimento de processos que gerem efluentes com menor carga;
Tratamentos de efluentes	- Desenvolvimento de tratamentos de efluentes mais eficientes, limpos e com menos geração de subprodutos; - Tornar as tecnologias mais baratas para produtores menores;	- Investimentos em inovação tecnológica no desenvolvimento de tratamentos de efluentes mais eficientes e com menos geração de subprodutos (gases, lodos) e menor uso de energia e insumos químicos;
Legislação aplicável	-Legislações cada vez mais exigentes; -Dificuldade de cumprimento de aspectos legais;	-Ampliação da aplicação da legislação para industriais de menor porte; - Novas legislações adaptadas à realidade dos novos empreendimentos;

Fonte: Autores (2022)

4.1.DOS DESAFIOS

Como observado os desafios do setor são amplos e correlacionados entre si em termos de causa e efeito. Por exemplo, processos produtivos mais antigos geram mais efluentes e perdas de produção, assim como sistemas de tratamento mais simples podem levar a não atendimento de parâmetros ambientais mais exigentes. Desta forma deve haver uma análise individual para cada empreendimento e em função da sua escala. A solução de um problema favorecerá a resolução de outros em blocos. Uma questão resolvida pode interferir positivamente em outros fatores agindo sinergicamente e em cadeia. Também neste sentido, cada empresa possui uma realidade e deve elencar seus pontos fortes e fracos, afim de priorizar metas que possam ser mais efetivas em conjunto e reverter em ganhos econômicos e socioambientais para o empreendimento. Os efluentes de cervejaria são de fácil biodegradação, sendo os processos anaeróbios ou anaeróbio/aeróbio mais recomendáveis por fatores econômicos e energéticos. Tecnologia para o tratamento adequado existe e deve ser avaliada em cada caso pelo seu custo x benefício. O mercado de cervejarias vem ampliando ano a ano e deve ser acompanhado dos controles ambientais legais e da aplicação da legislação ambiental, cada vez mais exigente. As Resoluções Conama nº 357/05 e 430/11, apesar de restritivas, são bastante claras quantos aos parâmetros que deve atingir. Há tecnologia para esse atingimento e capacidade técnica instalada no pais para sua boa aplicação. Entretanto, a proliferação de cervejarias de menor porte pode representar um risco ambiental quanto à efetividade de aplicação das tecnologias de tratamento de efluentes, bem como do atingimento dos parâmetros ambientais legais, requerendo uma atenção especial do poder público e da fiscalização ambiental para atendimento desses requisitos legais necessários.

4.2. DAS OPORTUNIDADES

Observando as oportunidades elencadas em conjunto, muitas delas possuem em comum o fato de estarem ligadas à fatores de inovação, pesquisa e desenvolvimento, investimento financeiro e na formação de recursos humanos e, sobretudo na quebra de paradigmas. O efeito sinergético também é notável, visto que a implantação de uma inovação num empreendimento poderá interferir em vários outros simultaneamente. Grandes oportunidades no setor têm relação ao próprio mercado crescente, diversificado e que se encontra mais exigente e busca produtos diferenciados em sabor e qualidade.

Alterações sinergéticas no processo produtivo e alterações de sistemas de tratamento efluentes mais modernos levam a melhoria da qualidade do efluente favorecendo o reuso de água ou aproveitamento energético de subprodutos (biogás e lodos). Melhorias na gestão, manejo e controle de perdas (resíduos, água, insumos e energia) além dos sistemas de qualidade são oportunidades que agregam a todo o processo produto e em todas escalas desde os pequenos até os grandes empreendimentos.

Neste sentido, a redução de perdas de água, insumos e produtos acabados favorece à sustentabilidade do empreendimento e inclusive aspectos mercadológicos como associados ao marketing ambiental e ganhos advindo deste. Talvez as maiores oportunidades estejam ligadas a quebra de paradigmas no setor, visto que investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação geralmente não são priorizados e poderiam efetivamente incentivar grandes mudanças no setor com ganhos a sociedade e a este ciclo produtivo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescente consumo de bebidas alcoólicas à, se destacar a cerveja, leva à necessidade de soluções que tornem o setor mais sustentável em termos de consumo de água e geração de efluentes. Os desafios encontram entraves tecnológicos e necessidades de tornar os processos mais limpos. As oportunidades relacionam-se preponderantemente à investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação. As mudanças no setor devem entender a dinâmica do mercado e adaptar soluções para o tratamento dos seus efluentes aliados à sua realidade, levando em consideração aspectos econômicos, ambientais e legais. Essa mudança de percepções trará avanços à sociedade, reduzindo problemas socioambientais, de segurança sanitária e alimentar, reduzindo gastos públicos, problemas jurídicos para os empreendimentos e promovendo a sustentabilidade com uma visão mais realista para o setor.

6. REFERÊNCIAS

ALLTECH. **How Many Craft Breweries are there in the World?** 2015. Disponível em: https://www.alltech.com/blog/how-many-craft-breweries-are-there-world-0. Acesso em: 25 jun. 2022.

ÁLVARO BODAS. Vc S/A. **Cerveja Artesanal tem mercado quente para empreendedor e carreiras em alta**. 2020. Disponível em: Cerveja artesanal tem mercado quente para empreender e carreiras em alta Leia mais em: https://vocesa.abril.com.br/empreendedorismo/mercado-de-cervejas-artesanais/. 25 jun. 2022.

ARTHUR, Rachel. **Https://www.beveragedaily.com/Article/2017/03/20/Top-10-craft-beer-producing-countries**. 2017. Disponível em: https://www.beveragedaily.com/Article/2017/03/20/Top-10-craft-beer-producing-countries. Acesso em: 25 jun. 2022.

BASSOLI, Monali. **"Descomplicando a Cerveja" — 03 - Conheça o processo de fabricação da cerveja**. 2017. Disponível em: https://cinemaecerveja.com.br/descomplicando-a-cerveja-03-conheça-o-processo-de-fabricação-da-cerveja-4d47b0881c9b. Acesso em: 25 jun. 2022.

BARROS, T.D. Embrapa. **Biogás**. 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-ecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/ biogas. Acesso em: 10 jul. 2022.

CARLOS FELIPE FREITAS (Brasil). Catalisi. **Faturamento de cervejas premium cresceu 85% nos últimos anos no Brasil**. 2021. Disponível em: https://catalisi.com.br/vendas-de-cerveja-brasil-em-2021/. Acesso em: 24 jun. 2022.

CARLOS FELIPE FREITAS (Brasil). Catalisi. **Vendas de cerveja alcançam 14,3 bilhões de litros no Brasil em 2021**. 2022. Disponível em: https://catalisi.com.br/vendas-de-cerveja-brasil-em-2021//. Acesso em: 24 jun. 2022.

COELHO, P. **Processo de produção da vodka (vodca)**. 2012. Disponível em: https://www.engquimicasantossp.com.br/2012/08/producao-da-vodka.html. Acesso em: 06 jun. 2022.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 357, 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 430, 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente. 2011.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias Volume 5: Reatores anaeróbios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 245 p., 1997.

DARLAN ALVARENGA (Brasil). G1. **Consumo de cerveja 'migra' para dentro de casa e volume de vendas no Brasil é o maior desde 2014**. 2021. Disponível em: https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/05/23/consumo-de-cerveja-migra-para-dentro-de-casa-e-volume-de-vendas-no-brasil-e-o-maior-desde-2014.ghtml. Acesso em: 25 jun. 2022.

ENITAN, Abimbola M. et al. Characterization of Brewery Wastewater Composition. 2015. Disponível em: https://openscholar.dut.ac.za/handle/10321/2992. Acesso em: 06 jun. 2022.

FABIANO AZEVEDO (Brasil). A Gazeta do Acre. **As 8 bebidas alcoólicas mais consumidas no Brasil**. 2019. Disponível em: https://agazetadoacre.com/2019/07/destaques-cotidiano/as-8-bebidas-alcoolicas-mais-consumidas-no-brasil/. Acesso em: 24 jun. 2022.

FERNANDO LUIZ E. VIANA (Brasil). Banco do Nordeste. **INDÚSTRIA DE BEBIDAS ALCOÓLICAS**. 2022. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1159/1/2022_CDS_216.pdf. Acesso em: 08 jun. 2022.

KIRIN ESTIMATE (Japão). Kirin Holdgins. Market data and Sales. 2021. Disponível em: https://www.kirinholdings.com/en/investors/library/databook/beer_country/. Acesso em: 08 jun. 2022.

LÍGIA SABA (Brasil). Diário do Estado. **As 10 bebidas mais consumidas no mundo**. 2021. Disponível em: https://diariodoestadogo.com.br/as-10-bebidas-mais-consumidas-no-mundo-110252/. Acesso em: 25 jun. 2022.

MARINA BARBOSA (Brasil). Poder 360. **Produção brasileira de cerveja sobe 2,9 pontos em 2020 e retoma patamar de 2014**. 2021. Disponível em: https://www.poder360.com.br/economia/producao-brasileira-de-cerveja-sobe-29-pontos-em-2020-e-retoma-patamar-de-2014/#:~:text=O%20número%20de%20fabricantes%20cresceu,da%20pandemia%20de%20covid-19.. Acesso em: 24 jun. 2022.

MARTINS, Ana Paula *et al*. **O mercado de cervejas artesanais**. 2020. Disponível em: https://simmmebnegocios.com.br/images/simmmebnegocios.com.br/noticias/OMercadoDeCervejasArtesanais.pdf. Acesso em: 25 jun. 2022.

M., S. SANTOS. CETESB. **CERVEJAS E REFRIGERANTES**. 2005. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/cervejas_refrigerantes.pdf. Acesso em: 24 jun. 2022.

MATTAR, F. N. Pesquisa de marketing. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

OLIVEIRA, C. R7. **Eisenbahn: conheça a origem da maior cervejaria artesanal do Brasil**. 2021. Disponível em: https://recordtv.r7.com/topchef-brasil-3/espaco-artesanal-eisenbahn/eisenbahn-conheca-a-origem-da-maior-cervejaria-artesanal-do-brasil-08102021. Acesso em: 25 jun. 2022.

PER KARLSSON. Bkwine Magazine. **The countries with the highest wine consumption per person in 2020**. 2020. Disponível em: https://www.bkwine.com/features/more/wine-consumption-per-person-2020/. Acesso em: 06 jun. 2022.

P&Q Engenharia JR. PRODUÇÃO DE CERVEJA: ETAPAS, CARACTERÍSTICAS E A QUÍMICA DA CERVEJA. 2021. Disponível em: https://peqengenhariajr.com.br/processo-de-producao-de-cerveja/. Acesso em: 24 jun. 2022.

ROSS, Thiago. **Como o Vinho é Feito: Conheça as 8 Etapas do Processo de Produção do Vinho**. 2016. Disponível em: https://vidaevinho.com/processo-de-producao-do-vinho-2/. Acesso em: 06 jun. 2022.

SACCHAROBEER. Dados atuais sobre o setor cervejeiro. 2020. Disponível em: https://saccharobeer.com/dados-do-setor-cervejeiro/#:~:text=Nesse%20setor%2C%20em%20relação%20às,vinhos%20e%20destilados%20(3%20%25)., Acesso em: 24 jun. 2022.

SÃO PAULO - BRASIL. Mateus Sales dos Santos e Flávio de Miranda Ribeiro. Cetesb. CERVEJAS E REFRIGERANTES. 2005. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br. Acesso em: 08 jun. 2022.

STEPHAN J. BARTH (Alemanha). Barthhaas Gmbh & Co. Kg (org.). BarthHaas Hops 2020/2021. 2021. Disponível em: https://www.barthhaas.com/fileadmin/user_upload/kampagnen/barthhaas_berich t/BarthHaas_Report_Hops_2020_21.pdf. Acesso em: 07 jun. 2022.

TAÍS LAPORTA (Brasil). G1. **Brasil é o 10º maior mercado de vodca, a bebida 'anfitriã' da Copa**. 2018. Disponível em: https://g1.globo.com/economia/noticia/brasil-e-o-10-maior-mercado-de-vodca-a-bebida-anfitria-da-copa.ghtml. Acesso em: 24 jun. 2022.

TORRES, L. **Cervejas Artesanais: Mercado Pós-Pandemia**. 2022. Disponível em: https://gepea.com.br/cervejas-artesanais/. Acesso em: 24 jun. 2022.
TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES: AERÓBIO X ANAERÓBIO. Disponível em: https://meuresiduo.com/categoria-1/tratamento-biologico-de-efluentes-aerobio-x-anaerobio/. Acesso em: 05 jun. 2022.

von SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Volume 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 3ª Ed. 2005

ZIKMUND, W. G. Business research methods. 5.ed. Fort Worth, TX: Dryden, 2000.