RIEcim
Revista Interdisciplinar de Ensino de Ciências e Matemática

ANÁLISE DE RESÍDUOS EM UMA CERVEJARIA EM TIMOR-LESTE: IMPACTOS AMBIENTAIS E GESTÃO SUSTENTÁVEL

ANÁLISIS DE RESIDUOS EN UNA FÁBRICA DE CERVEZA EN TIMOR ORIENTAL: IMPACTOS AMBIENTALES Y GESTIÓN SOSTENIBLE

WASTE ANALYSIS IN A BREWERY IN TIMOR-LESTE: ENVIRONMENTAL IMPACTS AND SUSTAINABLE MANAGEMENT

Elisabet Andrijani Tarwanti[1]
Maria Helena Tabuaço Rego Martins Peres[2]
Rui Pedro Moreira de Magalhães[3]

RESUMO

Os resíduos de qualquer fábrica, incluindo os de uma cervejaria, devem ser tratados de forma adequada e responsável. Assim, este artigo tem como objetivo analisar os impactos e a gestão sustentável de efluentes em uma cervejaria em Timor-Leste. Para isso, organizamos este trabalho em 3 (três) momentos: 1. Os resíduos associados à indústria de cerveja em Timor-Leste. 2. Os resíduos associados à indústria de cerveja: impactos ambientais e gestão sustentável. 3. Conclusão. Neste trabalho apontamos que atualmente não existe um local destinado ao processamento adequado de todos os tipos de resíduos, resultando no descarte indiscriminado no solo e representa uma ameaça ao meio ambiente. Baseado nos resultados obtidos nesta pesquisa, o teste de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) apresenta valores muito elevados que pode ser consequência de poluentes orgânicos, provenientes de escoamentos agrícolas ou resíduos industriais que entram no ambiente aquático. Este aumento do DBO impacta negativamente os ecossistemas aquáticos e a qualidade da água provocando a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido, mudanças na estrutura do ecossistema, perda de biodiversidade e mudanças nos ciclos de nutrientes, reduzindo a qualidade do habitat para as diferentes espécies do ecossistema. Consideramos importante buscar estratégias para a gestão sustentável dos resíduos associados à indústria de cerveja, assim destacamos a importância de práticas ambientalmente conscientes e a implementação de medidas eficazes para minimizar os impactos ambientais e promover o desenvolvimento sustentável em Timor-Leste.

Palavras-chave: Poluição; Educação ambiental; Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Waste from any factory, including a brewery, must be treated properly and responsibly. Therefore, this article aims to analyze the impacts and sustainable management of effluents in a brewery in Timor-Leste.

[1] Docente permanente do departamento do Ensino de Biologia, Universidade Nacional Timor Lorosa'e. E-mail: elisabet.tarwanti@untl.edu.tl. ORCID: https://orcid.org/0009-0000-3410-7933.
[2] Doutora em Biologia. Professora da Universidade do Porto (UP), Portugal. E-mail: pereshelena@fc.up.pt. ORCID: http://orcid.org/0000-0002-2568-8361.
[3] Doutor em Biologia. Pesquisador no Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR) da Universidade do Porto - Portugal. E-mail: rmagalhaes@ciimar.up.pt ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9460-6369.

To this end, we have organized this work into three parts: 1. Waste associated with the brewing industry in Timor-Leste. 2. Waste associated with the brewing industry: environmental impacts and sustainable management. 3. Conclusion. In this work, we point out that currently there is no designated site for the proper processing of all types of waste, resulting in indiscriminate disposal in the soil and representing a threat to the environment. Based on the results obtained in this research, the Biological Oxygen Demand (BOD) test shows very high values, which may be a consequence of organic pollutants from agricultural runoff or industrial waste entering the aquatic environment. This increase in BOD negatively impacts aquatic ecosystems and water quality, causing a decrease in dissolved oxygen levels, changes in ecosystem structure, loss of biodiversity, and alterations in nutrient cycles, reducing habitat quality for different species within the ecosystem. We consider it important to seek strategies for the sustainable management of waste associated with the brewing industry, thus highlighting the importance of environmentally conscious practices and the implementation of effective measures to minimize environmental impacts and promote sustainable development in Timor-Leste.

Keywords: Pollution; Environmental education; Sustainable development.

RESUMEN

Los residuos de cualquier fábrica, incluyendo una cervecería, deben ser tratados de manera adecuada y responsable. Por lo tanto, este artículo tiene como objetivo analizar los impactos y la gestión sostenible de los efluentes en una cervecería en Timor-Leste. Para ello, hemos organizado este trabajo en tres partes: 1. Residuos asociados a la industria cervecera en Timor-Leste. 2. Residuos asociados a la industria cervecera: impactos ambientales y gestión sostenible. 3. Conclusión. En este trabajo, señalamos que actualmente no existe un sitio designado para el procesamiento adecuado de todos los tipos de residuos, lo que resulta en su disposición indiscriminada en el suelo y representa una amenaza para el medio ambiente. Con base en los resultados obtenidos en esta investigación, la prueba de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) muestra valores muy altos, lo que puede ser consecuencia de contaminantes orgánicos provenientes de la escorrentía agrícola o residuos industriales que ingresan al medio acuático. Este aumento en la DBO impacta negativamente los ecosistemas acuáticos y la calidad del agua, causando una disminución en los niveles de oxígeno disuelto, cambios en la estructura del ecosistema, pérdida de biodiversidad y alteraciones en los ciclos de nutrientes, reduciendo la calidad del hábitat para diferentes especies dentro del ecosistema. Consideramos importante buscar estrategias para la gestión sostenible de los residuos asociados a la industria cervecera, destacando así la importancia de las prácticas respetuosas con el medio ambiente y la implementación de medidas eficaces para minimizar los impactos ambientales y promover el desarrollo sostenible en Timor-Leste.

Palabras clave: Contaminación; Educación ambiental; Desarrollo sostenible.

1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas obrigatoriamente geram resíduos. Ainda que pequenas quantidades possam ser decompostas pela natureza sem causar problemas significativos, o acúmulo em grande escala pode comprometer o equilíbrio ambiental. Os resíduos, resultantes de negócios ou diversas atividades, podem conter materiais perigosos, tóxicos e outros componentes que representam ameaças para o meio ambiente, a saúde humana e à sobrevivência dos seres vivos. Entre os materiais comuns encontrados nos resíduos estão compostos orgânicos biodegradáveis, substâncias voláteis, compostos de difícil

decomposição, metais pesados tóxicos, sólidos em suspensão, nutrientes, microrganismos patogênicos e parasitas.

Os resíduos líquidos, quando lançados no meio ambiente sem tratamento adequado, suscitam sérias preocupações ambientais. As águas residuais provenientes de atividades domésticas e industriais, requerem tratamento adequado antes do descarte, de modo a garantir que atendam aos padrões de qualidade da água. Considerando a composição e natureza dos resíduos, é essencial que sejam devidamente manipulados para evitar que se tornem fonte de poluição.

Os objetivos das políticas e disposições relacionadas ao tratamento de resíduos líquidos incluem: prevenir a contaminação das águas superficiais, proteger a biota do solo e dos ambientes aquáticos, evitar a proliferação de doenças e vetores como mosquitos, baratas e moscas, além de prevenir a degradação da paisagem e a emissão de odores desagradáveis.

Os resíduos são agrupados, de acordo com sua forma, em quatro categorias: líquidos, sólidos, gasosos e sonoros. No contexto dos resíduos líquidos, estes são classificados em quatro grupos distintos:

1. Resíduos líquidos domésticos: provenientes de habitações, edifícios e escritórios, como água com sabão, águas de lavagem de roupas com detergente e águas residuais fecais.
2. Resíduos líquidos industriais: originados de descargas de processos industriais, incluindo resíduos da indústria têxtil, águas residuais da indústria alimentícia e sobras de processamentos de carnes, frutas e legumes.
3. Infiltração ou transbordamento: resíduos líquidos provenientes de diversas fontes que entram no canal de eliminação de resíduos por infiltração no solo ou transbordamento superficial, como águas de telhados, edifícios comerciais e industriais, além de áreas agrícolas ou de plantações.
4. Águas pluviais: resíduos líquidos provenientes do escoamento da chuva sobre a superfície do solo, podendo transportar partículas de resíduos sólidos ou líquidos.

Essa classificação evidencia a diversidade e as diferentes origens dos resíduos líquidos, sendo essencial compreendê-los para a implementação de práticas eficazes de tratamento e gestão ambiental sustentável.

A realização desta pesquisa sobre resíduos em uma cervejaria em Timor-Leste se justifica ao governo timorense assinar um acordo de investimento com a Heineken Asia Pacific para a construção de uma fábrica em Díli, voltada a produção de cerveja, refrigerantes e

água. O projeto, inaugurado em 2017, representa um investimento significativo e tem potencial para gerar empregos diretos e indiretos no país.

A cervejaria analisada é uma das principais do mundo, com filiais espalhadas por todo o globo. Como a cervejaria é uma grande fábrica com escala internacional e produz emgrande quantidade, já possui uma etapa de produção padronizada a nível global. Assim como qualquer fábrica de cerveja, após a produção chegar ao estágio final, há geração de resíduos resultantes do processo produtivo. Os resíduos de qualquer fábrica, incluindo os de uma cervejaria, devem ser tratados de forma adequada e responsável. Portanto, como uma grande cervejaria, a fabrica já utiliza métodos de tratamento de resíduos baseados em normas internacionais. Assim, a questão desta investigação é: Como os efluentes da cervejaria em Timor-Leste podem afetar o meio ambiente?

Mediante essa pergunta central, este artigo elabora como objetivo geral analisar como os efluentes da cervejaria em Timor-Leste podem afetar o meio ambiente. Para isso, organizamos este trabalho em 3 (três) momentos:

1. Os resíduos associados à indústria de cerveja em Timor-Leste.
2. Os resíduos associados à indústria de cerveja: impactos ambientais e gestão sustentável.
3. Conclusão

2. OS RESÍDUOS ASSOCIADOS À INDÚSTRIA DE CERVEJA EM TIMOR-LESTE

Em Timor-Leste, a gestão de resíduos enfrenta desafios significativos, uma vez que atualmente não existe um local destinado ao processamento adequado de todos os tipos de resíduos, resultando no descarte indiscriminado no solo e representa uma ameaça ao meio ambiente. A falta de infraestrutura adequada para o manejo e o tratamento desses resíduos pode ocasionar consequências prejudiciais ambientais graves.

A poluição, entendida como qualquer alteração prejudicial no ambiente, pode ocorrer em ecossistemas naturais, agrícolas ou em sistemas vivos, em uma escala micro (Moreira, 2021). De modo geral, existem vários tipos de poluição ambiental, como poluição do ar, do solo e da água. A poluição da água, em particular, refere-se à introdução de partículas estranhas que podem ser prejudiciais à fauna, à flora e às populações humanas que vivem próximas ou dependem dessa água (Carapeto, 1999).

Ao abordar a poluição da água, é essencial considerar a qualidade da água. A qualidade da água é definida pela variação de seus parâmetros intrínsecos, sendo variável no tempo e no

espaço. Minimizar a poluição da água requer a manutenção e o monitoramento rigoroso de sua qualidade, possibilitando seu manejo adequado e, se necessário, sua remediação. Essa necessidade surge especialmente em virtude das interferências humanas sobre os sistemas aquáticos (Chapman et al., 2022).

Os resíduos líquidos são águas residuais resultantes de atividades humanas, contendo poluentes prejudiciais a curto e longo prazo. Distinguem-se entre domésticos e industriais, esses resíduos carregam poluentes orgânicos e inorgânicos, predominantemente encontrados nas formas dissolvida ou suspensa. A presença desses poluentes representauma séria ameaça à sustentabilidade ambiental, sendo tóxicos para a biota aquática e influenciando as propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente aquático. Em resumo, as alterações nas propriedades da água devido aos poluentes podem resultar na degradação da qualidade da água, impactando negativamente a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos. Resíduo é uma substância resultante de processos produtivos, tanto industriais quanto domésticos, sendo classificados em 4 tipos com base em suas características: 1. Resíduos líquidos; 2. Resíduos sólidos; 3. Resíduos gasosos e; 4. Resíduos de partículas.

Os resíduos da cervejaria apresentam-se em dois tipos: sólidos e líquidos.

a. Resíduo solido: O resíduo sólido de cervejaria é rico em fibras e apresenta um bom teor proteico, podendo ser utilizado na alimentação de gado. Segundo Zootec (2010) a quantidade de proteína bruta deste tipo de resíduos varia de 17% a 30%.

b. Resíduo líquido: O resíduo líquido da cervejaria, geralmente despejado em cursos d'água, pode causardescoloração, odor, e deterioração dos parâmetros físico-químicos da água.

A cervejaria, reconhecida por sua presença internacional, havia iniciado o seu funcionamento na Ásia em 1929, mas apenas em 2017, empreendeu este projeto em Timor-Leste, criando a primeira unidade fabril internacional no país. Este projeto marca um investimento estimado de 38 milhões de dólares (aproximadamente 31 milhões de euros) e prevê a produção de várias marcas internacionais de cerveja, como *Bintang, Tiger* e *ABC*, além de uma variedade de bebidas não alcoólicas.

A inauguração da fábrica representa um marco importante para o desenvolvimento econômico de Timor-Leste, impulsionando investimentos estrangeiros e criando oportunidades de emprego. No entanto, a gestão responsável dos resíduos gerados pela indústria, especialmente no contexto da produção de cerveja, é crucial para mitigar impactos negativos no meio ambiente e na qualidade da água.

A cervejaria reconhecida por sua emblemática garrafa verde e estrela vermelha, acumula mais de 140 anos de sucesso e está presente em 192 países. Fundada na Holanda em 1864 por Gerhard Adrián Heineken, inicialmente produzia cervejas escuras comuns, consumidas pela classe trabalhadora, contrariando a intenção original do criador (Marco; Souza; Cosci, 2019).

Em 1873, a cervejaria como era chamada na época, foi oficialmente lançada nos Países Baixos. Ao longo dos anos, tornou-se um sucesso na Europa, expandindo seu mercado para a Ásia e os Estados Unidos na década de 1930, sob o comando de Henry Pierre Heineken, filho de Gerhard (Marco; Souza; Cosci, 2019). Desde então, a marca cresceu continuamente, passando por transformações na década de 1960, incluindo o lançamentode uma nova garrafa e o primeiro anúncio comercial de televisão, consolidando sua presença no mercado (Marco, *et al.*, 2019). Segundo Marco, Souza e Cosci (2019), essa marca ganhou fama, principalmente, devido à sua icônica estrela vermelha e à garrafa verde, elementos que tornam o produto facilmente reconhecível pelo público. Pode-se até dizer que o símbolo utilizado no rótulo possui um significado antigo e misterioso, semelhante a um amuleto usado por cervejeiros na Idade Média. Cada ponta da estrela representa um elemento: terra, fogo, ar, água, sendo o quinto ponto um símbolo de poder sobrenatural.

O Governo de Timor-Leste formalizou, em 8 de janeiro de 2015, no Ministério dos Negócios Estrangeiros e Cooperação, um acordo de investimento com a Heineken Asia Pacific. A cervejaria planeja iniciar a construção de uma fábrica em Díli ainda nesse ano, destinada à produção de diversas bebidas, como cerveja, refrigerantes e água. Previsto para começar a operar dentro de dois anos, o projeto tem a expectativa de criar 200 empregos diretos e 800 indiretos. Em comunicado à imprensa após a cerimônia de assinatura, Roland Primes, Administrador Executivo da cervejaria Heineken Asia Pacifica, destacou o excelente ambiente para o investimento estrangeiro em Timor-Leste. Ele elogiou o processo de negociação com o Governo e citou incentivos fiscais e contratos de leasing de longo prazo como fatores positivos na decisão de investimento da cervejaria, que é a terceira maior produtora de cerveja do mundo (Porta-voz V GovernoTimor-Leste, 2015).

A cerveja, uma bebida não destilada, é obtida por meio da fermentação alcoólica do mosto de cereal maltado, geralmente malte de cevada (Amaro-Junior, Vieira; Ferreira, 2009). O teor alcoólico varia consideravelmente, indo de 0,05% em cervejas sem álcool a 14,9% de álcool por volume (Amaro-Junior, Vieira; Ferreira, 2009). A fabricação de uma cerveja

envolve o uso de quatro ingredientes essenciais, com a possibilidade de acréscimo de outros em alguns estilos/escolas. Os quatro ingredientesbásicos são: a. Água; b. Malte; c. Lúpulo e; d. Fermento.

a. Água

A água, que representa mais de 90% do volume da cerveja, deve ser livre de impurezas, filtrada e sem cloro, sabor e odor. Embora seja comum afirmar que a qualidade da água de determinada região impacta a cerveja, essa afirmação não é mais verdadeira, devido a tecnologia atual, que permite o controle preciso das características da água, como grau de dureza e pH, que deve ser ácido. Dessa forma, é possível utilizar água de poço, mineral, de mina ou de qualquer outra fonte, desde que seja tratada adequadamente de acordo com o estilo de cerveja desejado. Cada tipo de cerveja demanda uma água específica; por exemplo, as Plístenes necessitam de água mole, com poucos sais minerais.

b. Malte

A cevada desempenha um papel fundamental na produção de cerveja. Após a colheita,ela é encaminhada para uma maltaria, onde passa por um processo de transformação em malte de cevada, rico em amido e enzimas. Esse processo envolve o umedecimento da cevada com água, seguido pela germinação sob condições controladas, visando alcançar mudanças físicas e químicas desejadas, com uma perda mínima de energia durante o processo de respiração. O grão maltado gera enzimas responsáveis por converter o amido dos grãos em açúcares fermentáveis. Diferentes tempos e temperaturas são aplicados para obter diversas tonalidades de malte a partir do mesmo grão. Após a germinação, o grão passa por um processo de secagem com variações de tempo e temperatura. O nível de germinação, a temperatura e o tempo de secagem têm impacto direto no grau de torrefação e caramelização do malte. Após essa fase, o grão maltado está pronto para ser utilizado na produção de cerveja.

c. Lúpulo

O lúpulo empregado na produção de cerveja é, na verdade, a flor da planta *Humulus lupulus*. Essa planta é dioica, o que significa que possui sexos separados,sendo que apenas as flores da planta fêmea são utilizadas como ingredientes na fabricação da bebida. Nas flores, encontram-se glândulas amareladas entre as pétalas, chamadas lupulinas, que produzem resinas e óleos responsáveis pelo aroma e amargor conferidos à cerveja. O amargor, essencial para equilibrar a doçura do malte, é medidopela Escala Internacional de Unidades de Amargor. O lúpulo contribui

com aromas e sabores cítricos e florais à cerveja. Além disso, essa flor possui propriedades antibióticasque favorecem a atividade da levedura de cerveja contra microrganismos indesejáveis, além de auxiliar na retenção da espuma da bebida. A acidez do lúpulo atua também como conservante natural da cerveja. Devido a todas essas características, a maior parte do lúpulo comercialmente utilizado destina-se à produção de cerveja.

d. Levedura ou Fermento

A levedura desempenha um papel crucial na fermentação da cerveja, metabolizando os açúcares extraídos dos grãos para produzir álcool e dióxido de carbono, transformando, assim, o mosto em cerveja. Além de sua função fermentativa, a levedura também influencia o caráter e o sabor da cerveja. Um dos tipos mais comuns de levedura utilizados na produção de cerveja é a *Saccharomyces cerevisiae*. Além dela, são empregadas as leveduras *Brettanomyces*, utilizadas na fermentação das *Lambics*, e *Torulaspora delbrueckii*, usada na fermentação da *Weissbier da Baviera*. Antes de compreender- se a ação da levedura na fermentação, o processo era realizado com leveduras selvagens encontradas ao ar livre. Algumas variedades de cerveja, como as *Lambics*, continuam a seguir esse método até hoje, embora a fermentação moderna incorpore culturas de levedura puras.

O tratamento da cerveja envolve diferentes processos de fermentação, que podem ser tradicionais ou contínuos, divididos em quatro fases: a. mistura (preparo do mosto), b. fervura, c. fermentação e; d. maturação.

a) Mistura: O processo de preparação do mosto inclui a desintegração dos cereais ou matérias-primas, a maceração e a extração dos conteúdos dos grãos, a separação dos materiais sólidos da fase líquida (filtração), o aquecimento do mosto com o lúpulo (cocção), o resfriamento do mosto e a eliminação dos materiais que conferem turgidez ao produto (Amaro-Junior, Vieira; Ferreira, 2009).
b) b. Fervura do mosto: A fervura do mosto a 100ºC com o lúpulo estabiliza sua composição, inativando as amílases e protéases, causando coagulação das proteínas, que se precipitam em flocos. O processo leva cerca de 2 horas. Outros efeitos da fervura no mosto incluem aromatização, concentração, esterilização e caramelização de alguns açúcares (Amaro-Junior, Vieira; Ferreira, 2009).
c) c. Fermentação: Nesta etapa, ocorre a biotransformação do mosto doce na bebida que conhecemos como cerveja. Sendo uma fase que depende da atuação de organismos vivos, a

fermentação corresponde a um ponto crucial no processamento de cerveja (Amaro-Junior, Vieira; Ferreira, 2009).

d) Maturação: Durante este período, ocorre uma fermentação complementar lenta na cerveja 'verde', resultando em modificações de aroma e sabor, além de alterações em seu sistema coloidal, proporcionando a clarificação por precipitação de proteínas, leveduras e sólidos solúveis (Amaro-Junior, Vieira; Ferreira, 2009).

3. OS RESÍDUOS ASSOCIADOS À INDÚSTRIA DE CERVEJA: IMPACTOS AMBIENTAIS E GESTÃO SUSTENTÁVEL

A poluição da água decorrente de resíduos industriais de cervejarias pode ter um impacto visual negativo, mas, sobretudo, degrada diversos parâmetros químicos da água. Para avaliar o nível de poluição da água, podem ser utilizados testes como COD (Demanda Química de Oxigênio), DBO (Demanda Biológica de Oxigênio), OD (Oxigênio Dissolvido) e pH. A influência dos poluentes orgânicos na qualidade da água é expressa em termos de DBO (Demanda Biológica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), ambos dependentes do oxigênio dissolvido (OD) e pH (Waziri, 2010).

a. Demanda Biológica de Oxigênio (DBO): A DBO representa a quantidade de oxigênio necessária para que os microrganismos decomponham a matéria orgânica presente na água. A decomposição da matéria orgânica fornece alimento e energia aos organismos nos processos de oxidação (Dogan, 2009).

b. Oxigênio Dissolvido (OD): O OD é a quantidade de oxigênio presente na água, medida em miligramas por litro. Níveis mais altos de oxigênio dissolvido indicam um grau relativamente baixo de contaminação. A presença adequada de oxigênio é crucial para os organismos aquáticos. Concentrações baixas sugerem a presença de alto teor de contaminantes orgânicos, tornando a medição de OD uma referência importante na determinação da qualidade das águas residuais (Dogan, 2009).

c. pH (Potencial de Hidrogênio): O pH é uma medida da acidez de uma solução. Num contexto de aumento da poluição ambiental em escala global, é fundamental monitorizar a acidez da água. Isso é especialmente crucial quando a água é utilizada como matéria-prima para consumo humano. Em contextos industriais, a implementação de um sistema de medição de pH é essencial para atender às necessidades específicas.

Os parâmetros mencionados fornecem informações essenciais para avaliar a qualidade da água, identificar possíveis impactos ambientais e garantir que a água atenda aos padrões necessários para diversos usos, desde consumo humano até processos industriais.

Este artigo trata-se uma pesquisa mais ampla, assim focaremos neste texto científico os resultados referentes ao Teste da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). O estudo foi conduzido através da coleta de amostras de efluentes da cervejaria que foram recolhidos a diferentes distâncias do esgoto da fábrica. É verdade que a cervejaria sendo uma das maiores cervejarias do mundo e compresença em numerosos países, provavelmente possui sistemas de tratamento de esgoto adequados em muitas de suas instalações.

No entanto, é importante considerar que mesmo empresas de renome internacional podem enfrentar desafios em relação ao tratamento de resíduos em todas as suas filiais. Questões como regulamentações locais, infraestrutura inadequada ou até mesmo práticas operacionais podem afetar a eficácia dos sistemas de tratamento de esgoto. Portanto, estudos sobre o descarte de resíduos em instalações específicas devem ser realizados para garantir a conformidade ambiental e identificar áreas que necessitam demelhorias.

As etapas deste estudo consistem no levantamento da localização, determinação do local de amostragem, amostragem, análise de amostras em laboratório e análise de dados. A análise laboratorial foi conduzida no Laboratório Florestas e Meio Ambiente, localizado na Província de Bali, Indonésia, durante o período de 30 de novembro de 2023 a 12 de dezembro de 2024.

Um levantamento do local de amostragem foi conduzido para identificar os pontos onde os resíduos da cervejaria Heineken estavam a ser descartados, como isso afetava o ambiente circundante, e onde deviam ser recolhidas as amostras analisadas neste estudo. A amostragem foi realizada em três pontos distintos devido às condições climáticas naquela época em Timor-Leste, onde predominava um clima quente e seco.

Como resultado, o rio onde os resíduos da Heineken eram despejados estava seco, e o curso de água apenas estava disponível a uma distância de aproximadamente 300 metros. O principal objetivo do armazenamento dessas amostras é preservar o número de microrganismos contidos nelas, mantendo-as tão fiéis quanto possível ao momento da amostragem. Isso é feito para evitar redução ou duplicação da quantidade de microrganismos até que as amostras estejam prontas para análise no laboratório.

O armazenamento adequado das amostras ajuda a garantir resultados precisos e confiáveis durante o processo de análise. Para o armazenamento das amostras no laboratório, é recomendado o uso de gelo secopara manter temperaturas frias, sem gerar gotículas de água que possam contaminar as amostras. O gelo seco é uma opção ideal porque evita a formação de água líquida, mantendo as amostras refrigeradas de forma eficaz durante o transporte earmazenamento, sem comprometer a sua integridade ou qualidade.

Tabela 1 - Locais de amostragem.

No	Distancia dos pontos de amostragem ao esgoto (m)	Quantidade de efluente recolhido (ml)
1	0 metros	1500
2	150 metros	1500
3	300 metros	1500

Fonte: Elaborado pelos autores.

O nível de DBO no mar varia consoante o estado de poluição das águas. O teste de DBO mede a quantidade de oxigênio dissolvido necessária aos microrganismos para decompor completamente a matéria orgânica na água. Valores elevados de DBO indicam a presença de mais matéria orgânica que requer decomposição. O valor da DBO expressa a quantidade de oxigênio, mas, para simplificar, pode ser interpretado como visão geral da quantidade de componentes orgânicos biodegradáveis presentes nas águas (Maddah, 2022).

A medição dos níveis de DBO continua a ser utilizada atualmente pelas seguintes razões: é importante para estimar a quantidade aproximada de oxigênio necessária para decompor a matéria orgânica presente, determinar o tamanho das instalações das unidades de tratamento de efluentes, avaliar a eficiência de um processo de tratamento de efluentes e verificar a sua conformidade com os limites permitidos para descarte de águas residuais. Com base no SNI, o nível de DBO permitido para cervejarias (o mais alto) é de 40 mg / L.

Neste trabalho, o nível mais baixo de DBO foi encontrado a uma distância de 150 metros da saída do efluente e (1129,03 mg/l) e o nível mais alto de DBO está a uma distância de 300 metros (1814 mg/l) da saída (tabela 5 e figura 4). Este resultado denota que o DBO na água do mar ao redor da cervejaria Heineken ultrapassa os 40 mg/L recomendados pelo SNI e será prejudicial ao meio ambiente. Como o valor da DBO é elevado, de acordo com as normas de qualidade ambiental, existem indícios de poluiçãopor matéria orgânica (Vigiak, *et al*. 2019).

Tabela 2 - Resultados do teste de DBO (mg/l).

N.	Distância dos pontos de amostragemao esgoto (m)	DBO mg/l	Valores de referência com base no SNI
1	0 metros	1512,10	40 mg/l
2	150 metros	1129,03	
3	300 metros	1814,52	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resíduos de qualquer fábrica, incluindo os de uma cervejaria, devem ser tratados de forma adequada e responsável. Assim, a questão desta investigação é: Como os efluentes da cervejaria em Timor-Leste podem afetar o meio ambiente?

Em Timor-Leste, a gestão de resíduos enfrenta desafios significativos, uma vez que atualmente não existe um local destinado ao processamento adequado de todos os tipos de resíduos, resultando no descarte indiscriminado no solo e representa uma ameaça ao meio ambiente. Baseado nos resultados obtidos, o teste do DBO apresenta valores muito elevados que pode ser consequência de poluentes orgânicos, provenientes de escoamentos agrícolas ou resíduos industriais que entram no ambiente aquático. Este aumento do DBO impacta negativamente os ecossistemas aquáticos e a qualidade da água provocando a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido, mudanças na estrutura do ecossistema, perda de biodiversidade e mudanças nos ciclos de nutrientes, reduzindo a qualidade do habitat para as diferentes espécies do ecossistema.

Para construir uma gestão ambiental, destacamos que ao implementar etapas de tratamento de resíduos primário, secundário e terciário em etapas, a qualidade da água pode ser melhorada através da redução da turbidez, aumentando o OD e reduzindo a DBO. Isto é importante para manter a saúde do meio ambiente e dos ecossistemas aquáticos.

Para diminuir os impactos negativos dos altos valores de DBO no mar perto de fábrica da cervejaria, a empresa deve melhorar o tratamento dos seus efluentes para diminuir a turbidez, a concentração de DBO e aumentar o DO antes de ser descartado no meio ambiente. este tratamento tem 3 etapas, são:

a. Tratamento primário: envolve a remoção física de sólidos grandes e detritos das águas residuais através de processos como a peneiração e a sedimentação. A Heineken de- veria utilizar uma filtração mecânica mais eficiente com a inclusão de filtros de areia que podem filtrar partículas que causam turbidez nos seus efluentes. Para além disso, pode usar coagulação ou floculação, ou seja, a

adição de produtos químicos coagulantes ativos (como sulfato de alumínio ou cloreto férrico) que ajudará a aglomerar partículas pequenas em partículas maiores para que sedimentem rapidamente e sejam removidasde modo eficiente. Embora o tratamento primário não reduza significativamente a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), ele ajuda na remoção de materiais que poderiam interferir com os processos de tratamento subsequentes.

b. A empresa pode incluir um tratamento secundário (tratamento Biológico): este é o método mais comum para reduzir os níveis de DBO e aumentar o teor em OD. Utiliza microrganismos (bactérias, algas ou fungos) para decompor a matéria orgânica (amónia, nitritos e nitratos) presente nas águas residuais podem reduzir a quantidade de matéria orgânica, diminuindo a turvação e o DBO nos resíduos líquidos da cervejaria.

c. A cervejaria pode efetuar o polimento final dos seus efluentes utilizando um tratamento terciário que consiste em etapas avançadas para remover nutrientes como o fósforo e metais pesados, utilizando por exemplo carvão ativado, que não são completamente removidos no tratamento primário e secundário.

Consideramos importante buscar estratégias para a gestão sustentável dos resíduos associados à indústria de cerveja, assim destacamos a importância de práticas ambientalmente conscientes e a implementação de medidas eficazes para minimizar os impactos ambientais e promover o desenvolvimento sustentável em Timor-Leste.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos da análise dos resíduos líquidos que foram descarregados no meio ambiente pela cervejaria Heineken, Hera, Dili Timor-Leste poderesumir-se o seguinte:

1. Os resíduos da fábrica de cerveja Heineken, localizada em Hera, Dili, Timor-Leste, sendo despejados no mar aberto, podem ser considerados relativamente perigosos devido aos níveis elevados de DBO, turbidez e valores reduzidos de OD encontradosnos locais de amostragem.
2. Os resultados da investigação apresentada apontam para uma fraca qualidade da água do mar ao redor da cervejaria, sendo que cada uma dos parâmetros físico- químicos mencionados impacta negativamente o meio ambiente do seguinte modo: elevados níveis de DBO podem resultar na mortalidade de organismos marinhos, perturbações no equilíbrio dos ecossistemas, odores desagradáveis devido ao processo de decomposição de matéria orgânica e contribuir para uma explosão de algas que podem produzir toxinas nocivas para a vida aquática e humana;

altos níveis de turbidez que excedem os limites pré-determinados podem causar distúrbios estéticos, reduzir a eficácia da desinfeção da água ao impedir a eliminação de organismos patogénicos e inclusive estimular a sua propagação, aumentar a concentração de compostos azotados e contribuir para a produção de odores desagradáveis; concentrações muito baixas de OD na água indicam que a água tem fraca qualidade e se as condições forem consideradas de hipoxia há uma elevada probabilidade de se verificar mortalidade maciça da vida aquática.

Para a fábrica de cerveja em Timor-Leste, recomenda-se a revisão do tratamento de resíduos nas suas fábricas de acordo com o que foi descrito neste trabalho. Baseando no resultado da pesquisa em cima, precisa melhorar o tratamento de resíduos antes destes serem descarregados no mar, utilizando as três etapas de tratamento de efluentes que foram sugeridas na discussão deste trabalho. Para além disso há ainda alguns pontos que devem ser considerados pelo governo timorense e pela fábrica:

1. É recomendado que a cervejaria esteja atenta às mudanças ambientais que ocorrem nas águas que circulam a zona de cervejaria e que possam afetar a comunidade local.
2. O governo timorense deve realizar inspeções periódicas à cervejaria e aos seus efluentes e aplicar regulamentação sobre a os limites máximos de poluentes presentes nos efluentes da cervejaria e nas águas que rodeiam as fábricas de cerveja Heineken e que podem ser um risco para a comunidade local.
3. É necessário realizar outros estudos sobre a concentração de metais pesados nas águas e solo que rodeiam a fábrica de cervejaria Dili Timor-Leste para verificar se existe contaminação com estes poluentes.
4. Devido às limitações, o pesquisador realizou o teste apenas uma vez, recomenda- se que o próximo pesquisador que queira pesquisar a mesma pesquisa realize repetição da amostra possibilitando a análise estatística dos resultados.
5. Recomenda-se que futuros pesquisadores realizem pesquisas durante a estação chuvosa porque geralmente os pesquisadores só realizam pesquisas durante a estação seca.

REFERÊNCIAS

AMARO-JUNIOR, A. D. VIEIRA, A.; FERREIRA, T. P. Processo de Produção de Cerveja. *Revista Processos Químicos*, v. 3, n. 6, p. 61–71, 1 jul.2009.

CARAPETO, C. *Poluição das águas: causas e efeitos.* Universidade Aberta, Lisboa,Portugal, 1999.

CHAPMAN, D., SULLIVAN, T. The role of water quality monitoring in the sustainable use of ambient water. *One Eart*. http://doi.org/10.1016/j,oneear.2022.01.008. 2022.

DOGAN, E, et al. Modeling biological oxygen demand of the Melen River in Turkeyusing an artificial neural network technique. *Elseivier Journal of Environmental Management*, 90(2), 1229, Tukey. 2009.

MADDAH, H. Predicting Optimum Dilution Factors . For BOD Sampling and Disered dissolved Oxygen for Controlling Organic Contamination in Various Wastewater. *International Journal of Chemical Engineering*. http://doi.org/10.1155/2022/8637064. 2022.

MARCO, IZADORA.; SOUZA, JÚLIA.; COSCI, TÂNIA Estudo da Teoria da Gestalt em anúncios da Marca Heineken. *In Revista.* v. 10, n. 10, p. 100–114, 18 jan. 2019.

VIGIAK, O. For BOD Sampling and Disered dissolved Oxygen for Controlling Organic Contamination in Various Wastewater. *International Journal of Chemical Engineering*. http://doi.org/10.1016./j.scitotenv.2019.02.252.

WAZIRI, M., et al. Interrelationships between physicochemical water pollution indicators: A case study of River Yobe-Nigeria. *American Journal of Scientific andIndustrial Research*, 1(1), 7, Federal University Gashua, Nigeria, Central Africa. 2010.

HISTÓRICO
Submetido: 01 de novembro de 2025.
Aprovado: 24 de novembro de 2026.
Publicado: 24 de novembro de 2026.