

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ISABELLE MARÇAL SANTANA

Desafios para a efetivação do *Zero Waste* em uma indústria de produção de bebidas não
alcoólicas

Uberlândia
2025

ISABELLE MARÇAL SANTANA

Desafios para a efetivação do *Zero Waste* em uma indústria de produção de bebidas não alcoólicas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Instituto de Ciências Agrárias da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária

Orientador: Prof. Bruna Fernanda Faria
Oliveria

Uberlândia

2025

ISABELLE MARÇAL SANTANA

Desafios para a efetivação do *Zero Waste* em uma indústria de produção de bebidas não alcoólicas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária

Uberlândia, 10 de outubro de 2025

Banca Examinadora:

Prof. Bruna Fernanda Faria Oliveira – Orientadora (UFU)

Prof. Maria da Graça Vasconcelos – Examinador (UFU)

Prof. Marcio Henrique Bertazi – Examinador (UFU)

Dedico este trabalho a minha família, em
especial aos meus pais, irmã e esposo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, sabedoria e resiliência concedidas ao longo desta jornada.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio e exemplo de perseverança que sempre me motivaram a seguir em frente. À minha irmã, pela amizade e compreensão que tornaram os desafios mais leves. Ao meu marido, pelo companheirismo, paciência e incentivo diários, fundamentais para a concretização deste trabalho.

Agradeço também à minha orientadora, pela dedicação, disponibilidade e orientações valiosas que contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento deste estudo.

À Universidade Federal de Uberlândia e ao corpo docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, pela formação acadêmica e pelos conhecimentos transmitidos ao longo dessa trajetória.

Por fim, expresso minha gratidão aos colegas e amigos que ofereceram apoio, incentivo e compartilharam momentos de aprendizado e crescimento durante esta caminhada.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a adesão, implementação e desafios enfrentados por uma indústria do segmento de produção de bebidas não alcoólicas na efetivação do movimento *Zero Waste*. A pesquisa fundamentou-se em uma abordagem qualitativa e quantitativa, envolvendo o levantamento de dados sobre geração e destinação de resíduos, bem como o cálculo de indicadores de desempenho ambiental, como a Taxa de Desvio de Resíduos (TDR) e o Índice de Desperdício Zero (IDZ). Além disso, foram analisadas as certificações ambientais da empresa e sua relação com os princípios da *Zero Waste* e da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Os resultados demonstraram que a empresa apresenta elevada eficiência operacional, com TDR de 97,78% e IDZ de 90,88%, o que evidencia um sistema de gestão de resíduos consolidado e orientado à valorização de materiais recicláveis e reutilizáveis. No entanto, verificou-se que a filosofia do ZW ainda não é completamente consolidada, visto que as ações se concentram nas etapas finais do ciclo produtivo em detrimento da prevenção, *redesign* e inovação tecnológica. Essa limitação decorre de barreiras estruturais, culturais e tecnológicas, bem como da falta de integração dos colaboradores na gestão ambiental. Conclui-se que, embora o desempenho da empresa seja representativo de avanços significativos rumo ao *Zero Waste*, a integração efetiva dessa filosofia requer uma mudança de paradigma, com foco na eliminação da geração de resíduos e na transição para sistemas produtivos verdadeiramente circulares e regenerativos.

Palavras-chave: *Zero Waste*; Certificação Ambiental; Gestão de Resíduos; Indicadores Ambientais.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the adherence, implementation, and challenges faced by a non-alcoholic beverage industry in the realization of the Zero Waste movement. The research was based on a qualitative and quantitative approach, involving the collection of data on waste generation and disposal, as well as the calculation of environmental performance indicators such as the Waste Diversion Rate (WDR) and the Zero Waste Index (ZWI). In addition, the company's environmental certifications and their relationship with the principles of Zero Waste and the National Solid Waste Policy (PNRS) were analyzed. The results showed that the company demonstrates high operational efficiency, with a WDR of 97.78% and a ZWI of 90.88%, which evidences a consolidated waste management system oriented toward the valorization of recyclable and reusable materials. However, it was found that the Zero Waste philosophy is not yet fully consolidated, since actions are concentrated on the final stages of the production cycle to the detriment of prevention, redesign, and technological innovation. This limitation arises from structural, cultural, and technological barriers, as well as the lack of employee engagement in environmental management. It is concluded that, although the company's performance represents significant progress toward Zero Waste, the effective integration of this philosophy requires a paradigm shift, focusing on the elimination of waste generation and the transition to truly circular and regenerative production systems.

Keywords: Zero Waste; Environmental Certification; Waste Management; Environmental Indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma de classificação de resíduos sólidos.	18
Figura 2: Ordem de prioridade na gestão de resíduos sólidos conforme PNRS.	20
Figura 3: Hierarquia de Desperdício Zero.	23
Figura 4: Composição gravimétrica por tipo de destinação adotada em 2024.	35
Figura 5: Geração de resíduos por mês durante 2024.	36
Figura 6: Comparativo mensal entre a geração total de resíduos e a fração destinada a aterro industrial.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos resíduos sólidos conforme a origem de acordo com a PNRS. _____	19
Tabela 2: Valores de substituição do recurso de sistemas de gerenciamento de resíduos para o Índice de Resíduos Zero. _____	26
Tabela 3: Resultado da aplicação do formulário em relação a adesão ao ZW. _____	31
Tabela 4: Resultado da aplicação do formulário em relação a implementação do ZW. _____	32
Tabela 5: Resultado da aplicação do formulário em relação aos desafios do ZW. _____	33
Tabela 6: Levantamento quantitativo dos resíduos gerados em 2024. _____	34
Tabela 7: Indicadores estatísticos da geração de resíduos em 2024. _____	37
Tabela 8: Quantidade de resíduos destinados por tipo de tecnologia adotada. _____	39
Tabela 9: Quantidade de resíduos em Kg e fator de substituição para cálculo do IDZ. _____	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas Brasileira
ETE. Estação de Tratamento de Efluente
IDZ. Índice de Desperdício Zero
LGR. Lista Geral de Resíduos
PGRS. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PMEs. Pequenas e médias empresas
PNRS. Política Nacional de Resíduos Sólidos
POP. Poluentes Orgânicos Persistentes
SGA. Sistemas de Gestão Ambiental
TDR. Taxa de Desvio de Resíduos
ZW. Zero Waste
ZWI. Zero Waste Institute
ZWIA. Zero Waste International Alliance

EQUAÇÕES

Equação 1	30
Equação 2	30

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVOS.....	16
2.1.	Objetivo Geral.....	16
2.2.	Objetivos Específicos.....	16
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1.	Resíduos sólidos: conceitos, classificação e caracterização.....	17
3.2.	Política Nacional de Resíduos Sólidos	20
3.3.	Zero Waste.....	22
3.3.1.	Taxas de Desvio de Resíduos	25
3.3.2.	Índice de Desperdício Zero.....	25
4.	METODOLOGIA	28
4.1.	Aplicação do formulário	28
4.2.	Levantamento e análise de dados quantitativos.....	29
4.3.	Indicadores de desempenho ambiental.....	30
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1.	Formulário	31
5.1.1.	Adesão ao Zero Waste	31
5.1.2.	Implementação ao Zero Waste	32
5.1.3.	Desafios relacionados ao Zero Waste	33
5.2.	Levantamento quantitativo de resíduos sólidos	34
5.2.1.	Composição gravimétrica	35
5.2.2.	Análise da geração de resíduos.....	36
5.2.3.	Análise da geração de resíduos destinados a aterro industrial	38
5.3.	Taxa de Desvio de Resíduos	39
5.4.	Índice de Desperdício Zero	40
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
7.	REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

A transição dos seres humanos da vida nômade foi marcada pela adoção de práticas agrícolas e o estabelecimento em comunidades fixas que representou um marco significativo no desenvolvimento da civilização. Esse processo possibilitou uma maior concentração populacional e a intensificação das atividades humanas, levando à geração de resíduos como um subproduto inevitável. Ao longo do tempo, a produção de resíduos tornou-se progressivamente mais acentuada, acompanhando o crescimento demográfico, os avanços tecnológicos e o aumento das práticas de consumo (Bastos et al., 2024).

A Revolução Industrial representou uma transformação drástica nos processos produtivos, caracterizada pela transição do modelo artesanal para o mecanizado. O desenvolvimento de máquinas, associado ao uso da energia a vapor e, posteriormente, da energia elétrica, possibilitou avanços significativos nos métodos de fabricação, tornando-os mais rápidos, eficientes e econômicos. Diante desse novo paradigma e para sustentar a demanda crescente, consolidou um sistema baseado na produção acelerada e na exploração intensiva dos recursos naturais. As consequências foram diversas e abrangentes, incluindo a poluição ambiental em suas múltiplas formas, como contaminação do solo, água e ar, além do aumento expressivo na geração de resíduos, reflexo da exploração desenfreada para abastecer as indústrias e do consumo expressivo (Hempe; Orlando; Noguera, 2012).

O padrão de exploração consolidado é fundamentado na premissa de que a manutenção da produção é indispensável para sustentar o crescimento econômico. Este modelo produtivo caracteriza-se como economia linear, a qual inicia-se na exploração intensiva de recursos naturais para subsídios à produção de bens e materiais para saciar o consumismo excessivo, que baseia na produção de bens não duráveis e considera os recursos naturais como inesgotáveis (Gomes Cardoso et al., 2023). Nesse cenário, de acordo com Rico (2019) o crescimento populacional, o aumento do consumo, o avanço da industrialização e o processo contínuo de urbanização configuram fatores determinantes que têm contribuído significativamente para o aumento expressivo da geração de resíduos.

O debate sobre questões ambientais apresenta dois marcos distintos. O primeiro, que se estende do início do século XX até 1972, foi caracterizado por discussões sobre problemas ambientais, geralmente desvinculadas da exploração dos recursos naturais. O segundo, teve início em Estocolmo em 1972, cunhado pela Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano quando os impactos ambientais passaram a ser diretamente associados ao modelo de desenvolvimento econômico, consolidando uma visão mais integrada entre crescimento econômico e sustentabilidade (Ramos, 2017).

Também denominada Conferência de Estocolmo, este evento representou um marco histórico para debates sobre preservação e mitigação de impactos ambientais. Conforme destacado por Gurski, Gonzaga e Tendolini (2012), sua realização foi motivada por quatro fatores principais: o avanço da cooperação científica, que intensificou as preocupações relacionadas às mudanças climáticas e à quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis; o aumento da visibilidade de questões ambientais; o crescimento econômico acelerado e suas implicações; e a identificação de inúmeros outros problemas ambientais que demandavam soluções por meio de esforços conjuntos.

A partir desse momento, houve o reconhecimento formal dos problemas ambientais e da necessidade de ações concretas para mitigá-los, o que possibilitou a aproximação entre os direitos humanos e a proteção ambiental, dando origem ao direito ambiental. O tema ambiental ganhou destaque nas discussões políticas a partir da Declaração de Estocolmo que foi elaborada com o objetivo de orientar o desenvolvimento

de futuras políticas públicas e o Plano de Ação para o Meio Ambiente que foi apresentado 109 recomendações destinadas a promover a qualidade de vida humana e a integração harmoniosa com o meio ambiente (Gurski, Gonzaga, Tendolini, 2012).

Ainda em 1972, o Clube de Roma publicou o livro *Os Limites do Crescimento*, uma obra pioneira que utilizou modelos matemáticos para demonstrar cientificamente a incapacidade do planeta de sustentar os níveis de degradação ambiental resultantes do modelo de exploração. O estudo ressaltou a insustentabilidade do crescimento econômico ilimitado em um planeta com recursos finitos, alertando para as graves consequências ambientais, sociais e econômicas (Van Bellen, Petrassi, 2016).

De acordo com Deus; Battistelle; Silva, (2015), o debate sobre resíduos sólidos ganhou relevância no cenário internacional e foi amplamente discutido em eventos como a Conferência de Estocolmo (1972), a Eco-92 e a Conferência de Tbilisi (1997). Essas discussões trouxeram novas diretrizes para a gestão sustentável de resíduos sólidos, promovendo uma transformação significativa nas práticas adotadas por governos, sociedade e setor industrial. Entre as prioridades estabelecidas, destacam-se a redução de resíduos na origem, a diminuição do volume destinado ao solo, o incentivo à coleta seletiva, à reciclagem e ao reaproveitamento (Jacobi; Besen, 2011b).

A geração e o descarte inadequado de resíduos sólidos resultam em diversos impactos negativos, abrangendo contaminação do solo, da água e do ar, além de favorecer a proliferação de vetores de doenças e a introdução de poluentes na cadeia alimentar. Outros efeitos incluem a poluição visual e alteração da paisagem natural, bem como o desequilíbrio dos ecossistemas. Esses problemas acarretam consequências sociais, econômicas e ambientais, destacando a necessidade de implementar práticas de gestão mais sustentáveis e integradas (Kinasz, Morais, 2018).

De acordo a Constituição Federal de 1988:

“Art. 225. – Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Neste contexto, o incentivo a práticas sustentáveis no gerenciamento de resíduos é fundamental para garantir a preservação do meio ambiente, principalmente em relação a redução da quantidade de resíduos gerados. Rico (2019) indica que a hierarquia na gestão de resíduos prioriza a ordem de, primeiramente, não geração, seguido da redução na geração, reutilização e por fim o reaproveitamento dos resíduos.

Com base nesses fundamentos, surgiu a filosofia *Zero Waste*, que serve como uma diretriz prática para a definição de caminhos tecnológicos sustentáveis que ultrapassam apenas as rotas de destinação final e considera todo o ciclo produtivo. Essa abordagem estabelece parâmetros para a avaliação comparativa de diferentes alternativas técnicas de destinação final de resíduos, integrando, de forma ampliada, critérios que consideram os aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Murray (2012, p. 19) afirma que “o termo “*zero waste*” tem origem recente. Nos últimos vinte anos ele tem sido adotado de modo crescente como uma meta para minimizar o desperdício comercial.”.

Navodita Bhatnagar (2019, p.3) define:

Lixo zero é essencialmente uma abordagem holística que considera todo o ciclo de vida do produto, desde a extração de recursos naturais até seu descarte.

O conceito de Resíduo Zero tem ganhado relevância ao propor uma abordagem holística para a gestão de resíduos. Essa filosofia propõe a eliminação máxima da geração de resíduos, priorizando a redução, o reaproveitamento e a reciclagem, com o objetivo de minimizar a destinação final. Além disso, busca transformar os resíduos em recursos, aproximando a gestão de resíduos sólidos de práticas mais sustentáveis, que envolvem todos os setores da sociedade, desde os consumidores até as indústrias e os governos. Ao promover a integração de soluções inovadoras e colaborativas, o modelo de Resíduo Zero visa não apenas reduzir os impactos ambientais, mas também incentivar a criação de uma economia circular, onde os materiais são continuamente reutilizados e os desperdícios são minimizados (Navodita Bhatnagar, 2019)

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar os desafios enfrentados por uma indústria de produção de bebidas não alcoólicas na efetivação da filosofia *Zero Waste*. Para isso, foi aplicado um formulário direcionado à avaliação das práticas de gestão de resíduos sólidos e realizados cálculos de indicadores ambientais, de modo que a análise integrada desses aspectos possibilite mensurar o desempenho ambiental da empresa.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar a adesão, implementação e desafios enfrentados por uma indústria de produção de bebidas não alcoólicas na efetivação do movimento *Zero Waste*, por meio da avaliação das práticas de gestão de resíduos sólidos e de indicadores ambientais.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar o nível de comprometimento da empresa com o movimento *Zero Waste*, considerando certificações ambientais, metas e filosofia institucional;
- Avaliar as práticas de destinação adotadas pela empresa, verificando a conformidade com a hierarquia política *Zero Waste* e da Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- Diagnosticar os principais desafios que dificultam a consolidação do *Zero Waste* no contexto industrial;
- Mensurar os índices de desempenho ambiental por meio da Taxa de Desvio de Resíduos e do Índice de Desperdício Zero;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Resíduos sólidos: conceitos, classificação e caracterização

Historicamente, a sociedade tem denominado como "lixo" os materiais considerados inúteis e descartados após suas atividades. Branco (1996) apud Pereira; Curi (2013) afirma que a origem etimológica do termo remonta ao latim *lix*, que significa "cinzas", uma associação referente aos hábitos das primeiras comunidades, onde a maior parte dos resíduos consistia em cinzas, enquanto os restos orgânicos eram reaproveitados como alimento para animais ou transformados em adubo.

O termo resíduo sólido surgiu em meados do século XX com o objetivo de modernizar e tornar técnica a designação tradicional de "lixo" (Pereira; Curi, 2013).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas Brasileira (ABNT) define resíduo sólido como:

(...) material, substância, objeto ou bem descartado, resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, no estado sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou que exijam, para isso, soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (ABNT, 2024).

Popularmente a definição de lixo e resíduo sólido define-se a qualquer material considerado inútil e sem valor agregado gerado a partir das atividades humanas (Mota et al., 2009). Os termos lixo e resíduos sólidos são frequentemente utilizados como sinônimos, porém, em contextos técnicos e científicos, apresentam distinções relevantes.

Mucelin; Bellini, (2008) apud Ferreira (1999) define lixo como “aquilo que se varre da casa, do jardim, da rua e se joga fora; entulho. Tudo o que não presta e se joga fora. Sujidade, sujeira, imundície. Coisa ou coisas inúteis, velhas, sem valor” e Jardim e Wells (1995, p. 23) definem lixo como “[...] os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis”.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos define ainda “...resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;”.

Dessa forma, os resíduos sólidos diferenciam-se de lixo, pois a este último é associada a ideia de algo sem valor, indesejável e descartável. Por outro lado, os resíduos sólidos são reconhecidos como materiais com potencial econômico, que podem ser reaproveitados ou reprocessados (Demajorovic, 1995).

Nesse contexto, é pertinente incluir a definição apresentada pela PNRS para o termo "rejeito":

Resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

A designação popular de "lixo" refere-se a resíduos sólidos, em sua maioria, e rejeitos, sendo estes apenas uma pequena fração. Grande parte dos materiais descartados pode ser reaproveitada, seja por meio de reuso ou processamento, enquanto uma parcela

reduzida realmente se configura como rejeito, por não oferecer alternativas viáveis de tratamento ou recuperação (Assad, 2016).

Para garantir a execução eficaz no gerenciamento de resíduos, e consequentemente definir melhores rotas de aproveitamento ou disposição final, primeiramente é necessário ter conhecimento acerca dos materiais constituintes e sua respectiva classificação.

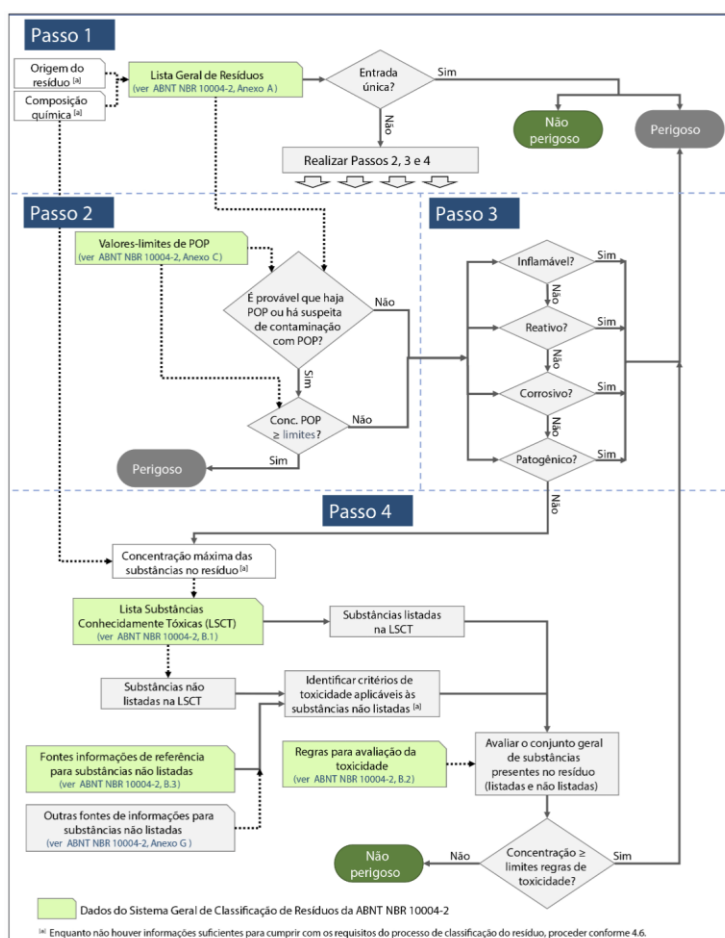
A ABNT 10.004 afirma que a classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características. Contudo, esse processo classificatório apresenta complexidades, de modo que, em determinadas situações, a categorização de certos materiais se torna difícil ou imprecisa (ABNT, 2004).

O processo de classificação dos resíduos de acordo com ABNT (2024), é simplificado nas etapas:

1. Enquadramento do resíduo conforme Lista Geral de Resíduos (LGR);
2. Avaliação da presença de Poluentes Orgânicos Persistentes (POP) no resíduo;
3. Avaliação das propriedades físico-químicas e infectocontagiosas (inflamabilidade, reatividade, corrosividade e patogenicidade); e
4. Avaliação da toxicidade do resíduo.

O fluxograma apresentado na figura 1 fornece subsídio quanto a classificação de resíduos sólidos pautado no risco gerado a saúde pública e ao meio ambiente.

Figura 1: Fluxograma de classificação de resíduos sólidos.



Fonte: ABNT, 2024.

Conforme estabelecido pela ABNT e PNRS, os resíduos são classificados em dois grupos principais com base em seu potencial de periculosidade: os resíduos perigosos, agrupados na Classe I, e os resíduos não perigosos – Classe II.

De acordo com a PNRS, são:

- Resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental.
- Resíduos não perigosos: aqueles não apresentam periculosidade.

No Art. 13 da PNRS, é apresentada a classificação dos resíduos de acordo com a sua origem. Esta classificação busca organizar os diferentes tipos de resíduos gerados, a fim de facilitar a gestão e destinação adequada. A origem dos resíduos pode ser dividida nas seguintes categorias:

Tabela 1: Classificação dos resíduos sólidos conforme a origem de acordo com a PNRS.

Categoria	Descrição
Resíduos domiciliares	Originários de atividades domésticas em residências urbanas.
Resíduos de limpeza urbana	Originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.
Resíduos sólidos urbanos	Originários de resíduos domiciliares associado a resíduos gerais gerados no meio urbano.
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Provenientes de estabelecimentos comerciais, como lojas, restaurantes, escritórios, entre outros. Eles geralmente consistem em materiais semelhantes aos residenciais, mas em maior quantidade e com características específicas, a depender do tipo de comércio.
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Gerados no processo de serviços públicos e saneamento básico.
Resíduos industriais	Gerados nos processos produtivos e instalações industriais.
Resíduos de serviços de saúde	Gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS.
Resíduos da construção civil	Gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.

Resíduos agrossilvopastoris	Gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades.
Resíduos de serviços de transportes	Originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira.
Resíduos de mineração	Gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Fonte: Adaptado de PNRS, 2010.

Essa classificação tem o objetivo de melhorar a gestão dos resíduos, promover a reciclagem e a reutilização, e garantir a proteção do meio ambiente e da saúde pública, conforme os princípios e diretrizes estabelecidos pela PNRS.

3.2. Política Nacional de Resíduos Sólidos

O descarte inadequado de resíduos sólidos gera impactos abrangentes e não se restringe apenas ao âmbito ambiental, mas afeta também questões sociais e econômicas. Esse cenário revela a necessidade urgente de transformação no gerenciamento de resíduos sólidos.

No Brasil, um avanço importante foi alcançado com a instituição da Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A PNRS estabelece princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos para orientar a gestão integrada e o manejo adequado dos resíduos sólidos em níveis federal, estadual e municipal. Visa promover a responsabilidade compartilhada entre a sociedade e o poder público, incentivando a participação ativa de todos os setores na gestão dos resíduos. Além disso, a PNRS contempla instrumentos econômicos que podem ser aplicados para fomentar práticas mais sustentáveis e eficientes na redução, reutilização e reciclagem de resíduos (Brasil, 2010).

A legislação supracitada prioriza a não geração e a redução na geração de resíduos. Em seguida, destacam-se a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e, por último, a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Figura 2: Ordem de prioridade na gestão de resíduos sólidos conforme PNRS.



Fonte: Adaptado de BRASIL (2010).

A não geração e a redução de resíduos sólidos são estratégias prioritárias, uma vez que abordam o problema na sua origem. Ao eliminar ou minimizar a geração de resíduos, torna-se desnecessária a implementação das etapas subsequentes do processo de gerenciamento. Entretanto, quando gerado o resíduo, a redução é prioritária pois minimiza os impactos que possam ser causados.

A reutilização configura-se como a alternativa sequente, que conforme definido pela PNRS é um "processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos...". Isto deve-se ao fato de que com a reutilização pode ser que não haja consumo energético significativo nem alteração as propriedades originais do material, restringindo-se apenas a atribuição de novas funcionalidades ao resíduo.

A reciclagem constitui uma etapa subsequente no gerenciamento de resíduos sólidos, pois envolve o processamento dos materiais descartados, exigindo maior incentivo econômico e tecnológico. Esse processo caracteriza-se pela transformação e alteração das propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas dos resíduos, com o objetivo de convertê-los em insumos ou novos produtos.

O tratamento de resíduos sólidos, por sua vez, ocupa uma posição posterior na hierarquia e visa minimizar os impactos ambientais e sanitários dos resíduos remanescentes, por meio de processos que reduzem sua periculosidade ou volume antes da disposição final. Por fim, a disposição final ambientalmente adequada é orientada para rejeitos que devem ser encaminhados a aterro sanitário.

No Capítulo II da PNRS, são estabelecidos os seus princípios e os objetivos. O artigo 6º define o primeiro princípio, relacionado à prevenção e à precaução, que apesar da similaridade, estes se complementam. A prevenção refere-se à adoção de medidas para evitar, minimizar ou mitigar impactos negativos que já possuem comprovação técnico-científica de sua ocorrência. Por outro lado, a precaução diz respeito à antecipação de medidas para evitar danos, mesmo na ausência de evidências científicas conclusivas que comprovem sua ocorrência (Marotti, 2017; Colombo, 2005).

A ordem prioritária na gestão de resíduos está intrinsicamente vinculada ao princípio da prevenção e da precaução. A não geração e redução do volume de resíduos sólidos implicam diretamente na prevenção da degradação ambiental, uma vez que diminui a demanda por novos produtos e mitiga os impactos negativos associados ao processo produtivo, à reciclagem, ao tratamento ou recuperação energética, e à disposição final inadequada dos resíduos gerados. Esta abordagem está em consonância à necessidade de antecipar e minimizar os danos ambientais, refletindo os princípios preventivos e precaucionário estabelecidos.

Jacobi; Besen (2011) afirma que o principal desafio relacionado aos resíduos sólidos reside na geração excessiva e na dificuldade de garantir uma disposição ambientalmente adequada, agravada pelo gerenciamento inadequado. Para mitigar esta problemática, a PNRS institui a elaboração dos Planos de Resíduos Sólidos que deve ser executado obrigatoriamente por geradores com potencial poluidor e que geram volumes significativos de resíduos sólidos (Queiroz, 2018).

Esse instrumento promove o planejamento e a execução estruturada do gerenciamento de resíduos sólidos, sendo elaborado em diferentes escalas: nacional, estadual, microrregional, metropolitana, intermunicipal e municipal. O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), por sua vez, é direcionado especificamente a instituições as quais geram resíduos com características que diferem de resíduos domiciliares (Brasil, 2010).

O PGRS é um documento técnico orientado ao manejo dos resíduos gerados por um empreendimento ou atividade. Esse plano deve incluir informações essenciais, como

a caracterização do empreendimento ou atividade, um diagnóstico detalhado dos resíduos gerados ou administrados, a identificação de soluções ambientalmente viáveis, ações preventivas e corretivas para situações de gestão inadequada ou acidentes, além de metas e procedimentos voltados para a redução na geração de resíduos sólidos (Queiroz, 2018).

3.3. Zero Waste

O avanço da humanidade pautado no crescimento econômico e no desenvolvimento tecnológico traz consigo a facilidade de acesso da população a aquisição de novos produtos que corrobora com o aumento de práticas consumistas. Assim, à medida que a obtenção de bens materiais se torna mais fácil, consequentemente, há geração de grandes volumes de resíduos sólidos, que representa um desafio crescente para a gestão e o manejo sustentável.

Com a crescente conscientização sobre os impactos ambientais das práticas tradicionais de descarte de resíduos, surge a necessidade de adotar abordagens mais sustentáveis. Estudos de métodos alternativos surgem para substituir a simples prática de eliminar os materiais descartados em aterros sanitários, lixões ou por meio da incineração, com foco para gestão eficiente dos resíduos (Sousa, et al, 2023).

O conceito de ZW surge como uma alternativa para mitigar os impactos causados pelo modelo de desenvolvimento econômico convencional. Sua proposta visa substituir a abordagem linear de consumo e descarte de recursos naturais e materiais por uma lógica mais sustentável, que se aproxima dos processos cíclicos da natureza, priorizando além da redução, reutilização e reciclagem de resíduos, a análise de todo processo produtivo (Rittl, 2020).

Esta abordagem filosófica contemporânea, voltada para a implementação de metodologias que buscam mitigar e reduzir a geração de resíduos é comumente associada ao conceito de economia circular.

A Economia Circular propõe, em linhas gerais, a reinserção dos materiais no ciclo produtivo, visando minimizar a deposição no ambiente e consequentemente evitando a geração de impactos ambientais negativos (FOSTER et al., 2016, p. 1).

A economia circular busca maximizar a eficiência no uso dos recursos naturais, com conceito de prolongar o ciclo de vida dos materiais, reutilizando, reciclando e reintegrando-os aos processos produtivos, minimizando a extração de novos recursos e reduzindo impactos ambientais. Seadon, (2010) argumenta que uma visão reducionista não é suficiente para lidar com os desafios ambientais, tornando-se necessário adotar mecanismos de recirculação, priorizar processos eficientes, promover a adaptabilidade e reduzir a geração de resíduos.

ZW foi introduzido publicamente em 1972 pelo químico PhD Paul Palmer que pretendia atribuir novos usos aos resíduos excedentes produzidos em laboratórios, propondo que os materiais fossem reaproveitados por outras instituições. No entanto, constatou-se posteriormente que o aspecto central da solução não era o reaproveitamento, mas sim a redução da quantidade de resíduos gerados. Em consonância aos princípios de produção limpa, os estudos foram direcionados para a eliminação da geração de resíduos, que deu origem a *Zero Waste Institute* (ZWI), uma organização com objetivo de minimizar o desperdício a partir do redesenho dos processos produtivos de forma que as etapas de reutilização e reciclagem se tornem desnecessárias (Salvaro, 2019; Standler, 2017).

Entre 1998 e 2002, o termo ZW ganhou destaque e se difundiu amplamente entre diversas comunidades, impulsionando a criação e implementação de políticas voltadas ao seu desenvolvimento (Standler, 2017).

Em 2009, a organização *Zero Waste International Alliance* (ZWIA) definiu ZW como:

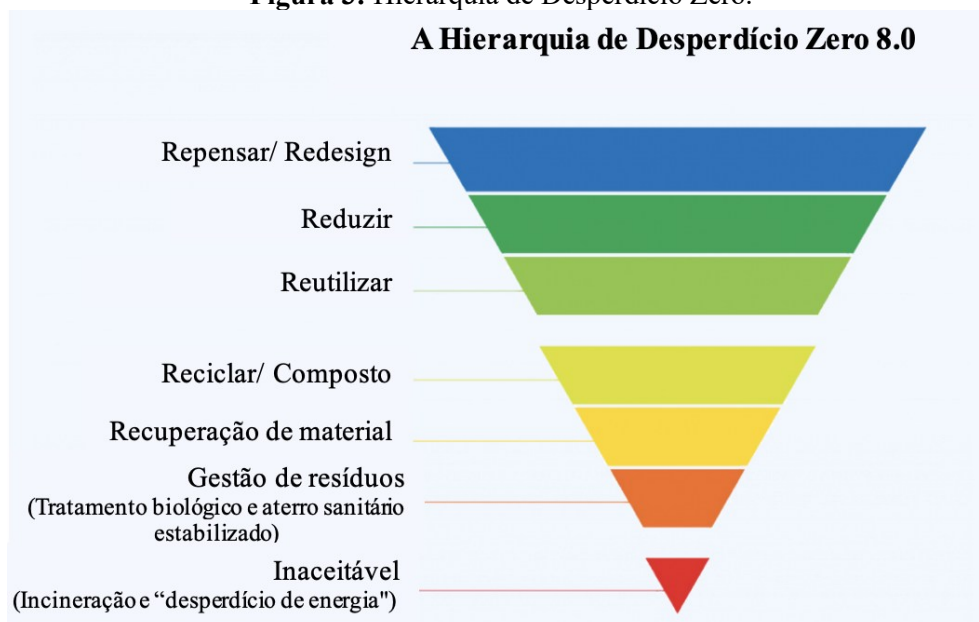
Lixo Zero é uma meta ética, econômica, eficiente e visionária para guiar as pessoas a mudar seus modos de vidas e práticas de forma a incentivar os ciclos naturais sustentáveis, onde todos os materiais são projetados para permitir sua recuperação e uso pós-consumo. Lixo Zero significa projeto de produto e gerenciamento de processos para evitar e eliminar sistematicamente o volume e a toxicidade dos resíduos e materiais, conservar e recuperar todos os recursos e não aterrar ou incinerá-los. Ao implementar o Lixo Zero, todos os descartes para a terra, água e ar são evitados, visto serem uma ameaça à saúde planetária, animal ou vegetal (ZWIA, 2009 apud LUZ et al. 2019).

Em 2018, houve a introdução do termo “Desperdício Zero”:

Desperdício Zero: A conservação de todos os recursos por meio da produção, consumo, reutilização e recuperação responsáveis de produtos, embalagens e materiais sem queima e sem descargas na terra, água ou ar que ameacem o meio ambiente ou a saúde humana (ZWIA, 2018, n.p).

A ZWIA desenvolveu a Hierarquia de Resíduos Zero com intuito de aprofundar nos 3R's (reduzir, reutilizar, reciclar) e fornecer diretrizes sistematizadas para orientar e apoiar indivíduos e organizações na adoção e implementação dos princípios da filosofia Lixo Zero de forma eficaz e alinhada com práticas sustentáveis (ZWIA, 2022).

Figura 3: Hierarquia de Desperdício Zero.



Fonte: Adaptado de ZWIA.

Pesquisadores destacam que, embora a hierarquia de resíduos forneça diretrizes úteis, ela é aplicada limitada a políticas de gerenciamento de resíduos. O problema central é o utilizá-la direcionada principalmente para o gerenciamento dos resíduos gerados e não

na prevenção, a fim de possibilitar a implementação de políticas preventivas eficazes. Ao focar na gestão dos resíduos, e não na eliminação da geração desde a origem, a hierarquia enfraquece os esforços para transformar os processos produtivos e de consumo (Pietzsch; Ribeiro; De Medeiros, 2017; Van Ewijk; Stegemann, 2016).

Greyson, (2007) ressalta a importância de minimizar a geração de resíduos e argumenta sobre a prevenção ser priorizada, seguida das etapas de redução e reciclagem. Segundo o autor, focar na eliminação de resíduos desde a origem é mais eficaz do que lidar com seus impactos após a produção, pois evita o desperdício de recursos e reduz a dependência de processos que, apesar de mitigarem os danos ambientais, não resolvem o problema principal.

A filosofia ZW adota uma abordagem holística para a gestão de resíduos, transcendente à simples coleta seletiva e à reciclagem de alguns materiais principais. Essa concepção estratégica tem como objetivo a eliminação máxima possível da necessidade de disposição final, priorizando o manejo adequado dos resíduos. O princípio fundamental consiste em prevenir a geração de resíduos e, quando inevitável, assegurar a recuperação de seu valor econômico e ambiental, promovendo sua reinserção no ciclo produtivo e minimizando a demanda por matéria-prima virgem.

Na ideologia do sistema ZW, o desperdício zero baseia-se no princípio de que os resíduos devem ser percebidos como recursos em potencial, ou seja, as práticas orientadas por essa abordagem valorizam os resíduos como ativos a serem aproveitados, ao contrário de problemas a serem solucionados. Esse conceito incentiva a reintegração de materiais nos ciclos produtivos, promovendo um sistema mais eficiente e sustentável, onde o desperdício deixa de ser um fim e passa a ser uma oportunidade de reaproveitamento (Pietzsch; Ribeiro; De Medeiros, 2017).

O escopo de desperdício zero envolve um conjunto de estratégias voltadas para a minimização da geração de resíduos e a maximização do reaproveitamento de recursos ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos, desde a extração de recursos naturais, o projeto e a produção, gerenciamento de resíduos, a avaliação do desempenho das políticas de gestão e implementação e execução de estruturas regulatórias. Essas estratégias incluem, entre outras, a reestruturação dos processos produtivos e de distribuição, com foco no design de produtos que evitem o desperdício desde a sua concepção (Zaman, 2015; Zaman; Lehmann, 2013).

Fran Biazini apud Silva, (2023, p. 25) afirma:

As empresas estão saindo do conceito de economia linear, que é aquela que extrai, produz, consome e joga fora, para o conceito de economia circular, onde o jogar fora vira um retorno do que sobra nas matérias primas e do resíduo, como matéria prima em outro ciclo ou no mesmo ciclo de produção.

A adoção das práticas de ZW não implica a completa eliminação de resíduos sólidos, uma vez que ainda haverá uma pequena fração de rejeitos que precisará ser destinada a tecnologias ambientalmente adequadas. Contudo, o principal objetivo está em reavaliar todo o ciclo de vida dos materiais, buscando maximizar a eficiência e utilização. A abordagem ZW abrange todas as etapas do ciclo de vida de um produto, desde o processo de fabricação, com a adoção de designs mais sustentáveis e a redução da combinação de diferentes materiais para viabilizar a reciclagem, até a etapa de descarte (Pietzsch, 2016).

3.3.1. Taxas de Desvio de Resíduos

As métricas para avaliação do desempenho dos sistemas de gestão de resíduos sólidos são indispensáveis ao se tratar de sustentabilidade e ZW. Dentre os variados indicadores utilizados, como a geração per capita, a taxa de coleta e a taxa de reciclagem, destaca-se a Taxa de Desvio de Resíduos (TDR), a qual é utilizada principalmente como ferramenta para avaliar a capacidade do sistema de compensar o uso de matéria-prima (Siwawa, 2025).

A Taxa de Desvio de Resíduos é utilizada como indicador quantitativo para mensurar a eficiência na gestão de resíduos, a qual representa a porcentagem de resíduos desviados de aterros sanitários e incineração e destinados a tecnologias como reciclagem, compostagem, reutilização ou recuperação energética. Assim, é representado o comprometimento com as práticas ZW, permitindo acompanhar e prolongar o ciclo de vida dos materiais, desde a extração, produto para consumo, geração de resíduos e reinserção na cadeia como insumo (Zaman, 2014).

A TDR é determinada conforme a geração e descarte de resíduos, o método baseia nos princípios: medição baseado em geração e descarte. A partir da geração de resíduos, a medição pode ser realizada a partir da quantidade total de resíduos gerados, a qual é calculada a partir da quantidade de resíduos desviados de aterro sanitário e incineração (Zaman; Lehmann, 2013).

3.3.2. Índice de Desperdício Zero

Paralelo à política de ZW que visa minimizar o desperdício de recursos naturais, o Índice de Desperdício Zero é utilizado como método estratégico para mensurar a compensação de uso de matéria virgem por material reciclado, permitindo assim avaliar a capacidade de substituição de recursos naturais a partir do gerenciamento de resíduos (Siwawa, 2025).

Diferentemente da Taxa de Desvio de Resíduos, o Índice de Desperdício Zero é uma abordagem para avaliação da quantidade de resíduos desviados de aterro e o valor ambiental agregado conforme destinação adotada.

O valor ambiental por cada tipo de desvio é analisado com base no ciclo de vida dos materiais, utilizando parâmetros como emissões de gases de efeito estufa, consumo de energia, uso de água e outros impactos ambientais associados (Zaman; Lehmann, 2013).

O fator de substituição refere-se à quantidade de um produto que é substituído pelo uso de materiais reciclados, parâmetro ao qual quantifica o impacto positivo da reciclagem, considerando que os materiais reciclados podem substituir parcialmente os materiais virgens na produção, reduzindo a extração de recursos naturais e os impactos ambientais associados (Merrild; Larsen; Christensen, 2012).

Especificamente, na análise de ciclo de vida de resíduos, o fator de substituição considera duas componentes principais: a perda de material durante o processo de reciclagem e a redução de qualidade do material reciclado. Assim, é estimado o quanto de um produto equivalente é efetivamente substituído por materiais reciclados.

Assim, o Índice de Desperdício Zero permite uma avaliação mais ampla e estratégica da eficiência dos sistemas de gestão de resíduos, destacando não apenas o quanto se desvia, mas também determina o quanto ela contribui para a diminuição do uso de recursos renováveis e para a redução dos impactos ambientais associados à produção de materiais virgens

O valor de substituição varia de acordo com o tipo de resíduo e os sistemas de gerenciamento adotados, os quais são especificados na tabela abaixo (tabela 2).

Tabela 2: Valores de substituição do recurso de sistemas de gerenciamento de resíduos para o Índice de Resíduos Zero.

Sistemas de gestão de resíduos	Categoria de resíduos	Eficiência de substituição de material virgem (toneladas)	Eficiência de substituição de energia (GJLHV/tonelada)	Redução de emissões de GEE (CO ₂ e/tonelada)	Economia de água (kl/tonelada)
Reciclagem	Papel	0,84–1,00	6,33–10,76	0,60–3,20	2.91
	Vidro	0.90–1.00	6,07–6,85	0.18–0.62	2.30
	Metal	0,79–0,96	36,09–191,42	1,40–17,8	5,97–181,77
	Plástico	0,90–0,97	38,81–64,08	0.95–1,88	-11,37
	Misto	0.25–0.45	5,00–15.0	1.15	2,0–10
Compostagem	Orgânico	0.60–0.65	0.18–0.47	0.25–0.75	0.44
Aterro sanitário	MWa misto	0.00	0,00–0,84b	(-)0,42–1,2	0.00

Fonte: Zaman, (2014).

Apesar do sistema de coprocessamento não estar especificado na tabela 2, esta é uma tecnologia amplamente consolidada, principalmente na indústria cimenteira, a qual utiliza resíduos classificados como perigosos ou com características que inviabilizam os tratamentos convencionais sem gerar passivos ambientais devido a combustão controlada. A principal contribuição ambiental relacionada a substituição de recursos naturais energéticos e minerais refere-se ao realizar a incorporação das cinzas resultante da queima dos resíduos para substituição de matéria-virgem para produção de cimento (Rocha; De Freitas Cunha Lins; Do Espírito Santo, 2011).

Em estudo coordenado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), afirma que o fator de substituição térmica realizado em 2023 no Brasil através do uso de combustíveis alternativos a partir de resíduos perigoso foi de 32% (ABCP, 2024). A taxa de substituição térmica representa a fração da energia total fornecida por resíduos, em substituição de combustíveis fósseis tradicionais, assim é indicado que 32% da energia térmica usada no processo foi proveniente de resíduos.

A taxa de substituição de matéria prima por cinzas de coprocessamento na produção de cimento no Brasil é relativamente baixa, com uma estimativa de cerca de 2,0% a 2,5% de substituição da composição do clínquer¹ até 2050 (IPEA, 2019). Dessa forma, será considerada apenas a taxa de substituição térmica como fator de substituição para resíduos destinados a coprocessamento.

¹ O clínquer é um dos principais produtos utilizados na fabricação de diversos tipos de cimento, é obtido a partir da queima controlada de uma mistura de calcário e argila em temperaturas que variam entre 1.400 °C e 1.500 °C, originando compostos minerais como os silicatos e aluminatos de cálcio, responsáveis pelas propriedades aglutinantes do cimento. A produção de clínquer constitui a etapa mais intensiva em energia e emissões de CO₂ na cadeia cimenteira, sendo foco de pesquisas e inovações voltadas à substituição parcial por materiais cimentícios suplementares, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais. (ABCP, 2018).

3.4. Certificações ambientais

As certificações ambientais configuram-se como instrumentos de legitimação institucional e de padronização de práticas empresariais no campo da sustentabilidade. A ISO 14001, voltada à estruturação de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), e de selos como *Forest Stewardship Council* (FSC) e *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), são mecanismos que atuam como sinalizações externas de comprometimento socioambiental (Ferron et al., 2012). Sua relação com o movimento ZW é indireta, na medida em que algumas de suas diretrizes convergem com princípios de economia circular e na redução da geração de resíduos. No entanto, há diferenças expressivas entre a filosofia ZW e o caráter mercadológico das certificações ambientais.

A norma ISO 14.001 estabelece os requisitos para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), com o objetivo de aprimorar o desempenho ambiental das organizações. Destina-se a entidades que buscam gerenciar suas responsabilidades ambientais de maneira sistemática, promovendo a melhoria contínua e contribuindo para a sustentabilidade.

A certificação LEED Zero Waste exige que os projetos implementem uma política formal de desperdício zero, garantindo que, nos últimos 12 meses, ao menos 90% dos resíduos sejam desviados de aterros sanitários, incineração e do meio ambiente. Para isso, os materiais devem ser reduzidos, reutilizados, reciclados, compostados e/ou recuperados para uso produtivo na natureza ou na economia (Silveria, 2024).

A literatura evidencia que a principal motivação empresarial para a adoção de certificações não está, necessariamente, na transformação profunda das práticas produtivas, mas na resposta a pressões externas e na busca por vantagem competitiva (VIEIRA et al., 2021). Em termos críticos, pode-se afirmar que a adesão tende a ser mais impulsionada por exigências de mercado do que por convicção em princípios ambientais. Nesse sentido, certificações podem reforçar uma lógica de “compliance” ambiental, que legitima processos produtivos sem necessariamente transformá-los (Oya et al., 2018).

Como benefícios, destacam-se melhorias em eficiência operacional e aumento de oportunidades comerciais. Todavia, esses ganhos são mais expressivos em grandes corporações, capazes de absorver custos e explorar o valor simbólico do selo em escala global. Para pequenas e médias empresas (PMEs), o custo de auditorias, treinamentos e adaptação de processos torna-se desproporcional, o que resulta em barreiras de acesso e até em exclusão de cadeias de fornecimento mais exigentes (Baumbach et al., 2012). Essa assimetria reforça desigualdades competitivas, na medida em que grandes empresas consolidam sua posição por meio das certificações, enquanto PMEs enfrentam restrições financeiras e técnicas que limitam sua adesão.

Outra fragilidade é o uso predominante de percentuais como parâmetro de avaliação de conformidade, que tende a simplificar realidades complexas, omitindo aspectos estruturais como mudanças culturais organizacionais ou alterações profundas em modelos de negócio (Ferron et al., 2012). O simples ato de certificar-se não garante, por si só, melhoria ambiental robustas, a situação se agrava pela ausência de metodologias padronizadas de avaliação, o que leva a resultados reportados em termos de percentuais de conformidade pouco comparáveis (Baumbach et al., 2012).

No contexto do *Zero Waste*, essa limitação é particularmente relevante. O movimento ZW se orienta pela lógica da não geração de resíduos, priorizando a desmaterialização, o *redesign* de processos e a substituição de modelos lineares de produção por sistemas efetivamente circulares. Em contraste, certificações ambientais tendem a atuar focado na mitigação de impactos e no cumprimento de requisitos mínimos de gestão ambiental. Assim, ao contrário de adaptar os processos produtivos vigente, as

certificações acabam operando dentro do próprio processo, conciliando práticas que permanecem lineares. Isso abre espaço para críticas de *greenwashing*, na medida em que empresas podem se valer do selo como ferramenta de marketing sem necessariamente internalizar os princípios transformadores do ZW.

4. METODOLOGIA

A investigação foi conduzida a partir de um delineamento metodológico misto, integrando métodos qualitativos e quantitativos, com o propósito de analisar de forma ampla e crítica a adesão, implementação e desafios do modelo *Zero Waste* em uma indústria de produção de bebidas não alcoólicas. Essa abordagem justifica-se pela complexidade do objeto de estudo, que envolve tanto aspectos subjetivos — associados às percepções organizacionais e às práticas culturais — quanto objetivos, expressos nos dados numéricos de geração e destinação de resíduos. O uso combinado de métodos qualitativos e quantitativos é apontado na literatura como estratégia essencial em pesquisas sobre sustentabilidade e economia circular, pois permite compreender simultaneamente dimensões sociais e técnicas da gestão ambiental (Tashakkori; Teddlie, 2010).

A pesquisa qualitativa, segundo Minayo (2012), busca apreender o universo dos significados, dos motivos e das crenças que orientam as práticas sociais, aspectos que não podem ser reduzidos a variáveis numéricas. Nesse sentido, a abordagem qualitativa permite compreender como a empresa se posiciona frente à filosofia *Zero Waste*, revelando não apenas indicadores formais, mas também fragilidades e desafios vinculados à sua cultura organizacional e ao engajamento de seus colaboradores. A pesquisa quantitativa, por sua vez, ancora-se na análise sistemática de dados mensuráveis, permitindo avaliar a magnitude e a variação dos resíduos gerados, bem como a efetividade das rotas de destinação adotadas. Como afirmam Creswell e Creswell (2018), a combinação entre qualitativo e quantitativo amplia a validade científica, pois integra objetividade e profundidade interpretativa.

4.1. Aplicação do formulário

O formulário foi elaborado e disponibilizado na plataforma Google Forms, sendo direcionado ao gestor de Meio Ambiente da empresa, responsável por responder às questões referentes às práticas de gestão de resíduos sólidos adotadas.

Na etapa qualitativa, elaborou-se um formulário estruturado em três aspectos centrais. A elaboração desse instrumento foi fundamentada nas diretrizes da *Zero Waste International Alliance* e nos requisitos estabelecidos para a certificação LEED *Zero Waste*, visto que a instituição já possui a certificação.

O primeiro aspecto, relativo à adesão ao *Zero Waste*, teve como objetivo avaliar o grau de comprometimento da empresa com práticas sustentáveis, considerando certificações ambientais, definição de metas e filosofia organizacional, aspecto ao qual é relevante devido a adesão formal a normas e certificações representar tanto um posicionamento estratégico de mercado quanto um reflexo de responsabilidade socioambiental. Estudos demonstram que muitas empresas buscam selos ambientais para fortalecer sua imagem institucional, mas nem sempre promovem mudanças estruturais em seus processos produtivos (Oya et al., 2018).

O segundo aspecto concentrou-se na implementação das práticas de gestão de resíduos, verificando quais métodos de destinação são utilizados, o percentual de rejeitos encaminhados a aterros e o monitoramento das metas estabelecidas. Essa etapa é

essencial, pois evidencia como as práticas da empresa estão alinhadas à hierarquia da PNRS e às diretrizes do *Zero Waste*, ou se permanecem dependentes de rotas convencionais. Como destacam Teixeira e Souza (2016), mesmo em organizações certificadas, a gestão de resíduos frequentemente se limita ao cumprimento de requisitos mínimos, sem avançar para medidas estruturais de redesign e prevenção na fonte.

O terceiro aspecto buscou identificar os desafios enfrentados para a consolidação do ZW, com foco em limitações tecnológicas, econômicas, normativas e culturais. A análise permite compreender elementos críticos que ainda restringem a efetividade da gestão e que configuram barreiras comuns ao setor produtivo.

Ressalta-se, contudo, que o formulário foi preenchido pela própria empresa, o que implica a possibilidade de vieses institucionais.

4.2. Levantamento e análise de dados quantitativos

A etapa quantitativa da pesquisa fundamentou-se em dados secundários disponibilizados pela empresa, referentes à geração de resíduos sólidos do ano de 2024. Essas informações foram encaminhadas exclusivamente para a realização deste estudo, por meio de planilhas contendo os registros de geração e destinação dos resíduos, não sendo, portanto, dados de acesso público.

Os registros contemplaram o tipo de resíduo, a quantidade gerada em quilogramas e a destinação final adotada. O levantamento quantitativo permitiu dimensionar a magnitude da geração de resíduos e compreender a diversidade de materiais descartados. Essa etapa é fundamental para subsidiar estratégias de redução e aproveitamento, sendo considerada um diagnóstico inicial da gestão.

A composição gravimétrica possibilitou analisar a proporção de resíduos destinada a cada tecnologia, identificando a predominância de rotas compatíveis com o *Zero Waste* ou a dependência de aterros, metodologia a qual é amplamente utilizada em estudos sobre sustentabilidade para avaliar a efetividade das práticas de valorização. A composição gravimétrica foi realizada com o objetivo de mensurar a participação relativa de cada tipo de destinação em relação ao montante total de resíduos gerados, permitindo avaliar a eficiência do sistema de segregação e verificar o equilíbrio entre rotas de valorização, como reciclagem e reutilização, e rotas convencionais, como o envio a aterros industriais.

A análise temporal da geração de resíduos buscou examinar a variação mensal dos volumes descartados, de modo a identificar possíveis padrões sazonais ou oscilações produtivas, fundamental para identificar como pressionam os sistemas de gestão e aumentam o risco de falhas na segregação e no reaproveitamento em períodos de maior demanda. Assim, compreender a dinâmica temporal auxilia no planejamento de estratégias de gestão que considerem períodos de maior vulnerabilidade.

Por fim, a análise dos resíduos destinados a aterro industrial revelou a fração residual que não pôde ser absorvida por outras rotas de valorização. Embora representem percentual reduzido, esses rejeitos são críticos, pois incluem fluxos de difícil reaproveitamento, como resíduos sanitários e contaminados. Pesquisas demonstram que esse tipo de resíduo constitui um dos principais entraves para a consolidação de políticas de *Zero Waste* em escala industrial (Gao et al., 2020).

4.3. Indicadores de Desempenho Ambiental

A Taxa de Desvio de Resíduos e o Índice de Desperdício Zero foram empregados como indicadores de desempenho ambiental, com o objetivo de mensurar a eficiência do sistema de gestão de resíduos da empresa estudada.

A Taxa de Desvio de Resíduos constitui um indicador quantitativo que expressa a proporção de resíduos desviados de aterros e incineração em direção a rotas de valorização, como reciclagem, reutilização, compostagem ou coprocessamento. A TDR foi calculada conforme a Equação (1):

$$TDR = \frac{\text{Resíduos recicláveis}}{\text{Rejeitos} + \text{Resíduos recicláveis}} \times 100$$

Equação 1

Onde:

- Resíduos recicláveis: resíduos que são reutilizados e reciclados; e
- Rejeitos: resíduos dispostos em aterro sanitário ou incineração.

A Taxa de Desvio de Resíduos trata-se de um parâmetro quantitativo que mensura a proporção de resíduos desviados de aterros e incineração para rotas de valorização, como reciclagem, compostagem e reutilização (Zaman, 2014). Sua aplicação é importante por permitir uma avaliação direta da performance ambiental, fornecendo um valor percentual que reflete a capacidade da empresa de reduzir impactos associados à disposição final.

O Índice de Desperdício Zero foi empregado como segundo indicador, buscando suprir parte das limitações da TDR. Diferentemente do indicador quantitativo, o IDZ incorpora fatores de substituição, que representam a eficiência ambiental de cada rota de destinação em substituir recursos naturais virgens ou fontes energéticas convencionais. Essa métrica fornece uma avaliação mais abrangente, pois considera não apenas a quantidade de resíduos desviados, mas também sua efetiva contribuição ambiental. No entanto, sua aplicação exige parâmetros técnicos consistentes, sujeitos a variações conforme o contexto tecnológico e regional, o que representa uma limitação metodológica.

Índice de Desperdício Zero é calculado a partir da equação 2:

$$IDZ = \sum \frac{\text{Quantidade de resíduos gerenciados} \times \text{fator de substituição}}{\text{Quantidade geral de resíduos gerados}}$$

Equação 2

Onde,

- Quantidade de resíduos gerenciados: quantidade de resíduos enviados para reutilização, reciclagem, compostagem;
- Fator de substituição: valor baseado na eficiência de substituição de material virgem;

A partir dos dados disponibilizados e dos fatores de substituição apresentados na tabela 2, foram submetidos a equação 2 e calculado o Índice de Desperdício Zero.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Formulário

5.1.1. Adesão ao *Zero Waste*

A primeira etapa do formulário consistiu na avaliação do nível de adesão às práticas relacionadas à filosofia *Zero Waste*, cujos resultados encontram-se apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultado da aplicação do formulário em relação a adesão ao ZW.

Item	Resposta
A empresa é certificada ou possui selo relacionado a Gestão de Resíduos e “ <i>Zero resíduos</i> ”?	Sim, somos certificados pela ISSO 14.001 e LEED Platinum <i>Zero Waste</i> .
Quais são as principais motivações da empresa para buscar certificações ou adotar uma política de <i>Zero Waste</i> ?	Filosofia interna de responsabilidade ambiental.
A empresa possui metas definidas para a redução da geração de resíduos? Quais são as metas e como é monitorado (prazos, porcentagens ou quantidade)?	Sim. Meta de desvio de resíduos monitorado mensalmente através da porcentagem gerada pela reciclada. Para a certificação a taxa de desvio mínima é de 90%.

Fonte: Formulário de avaliação em relação ao *Zero Waste*, 2025.

O comprometimento com práticas ambientais é evidenciado a partir da obtenção de certificações relevantes, como a ISO 14.001 e a certificação LEED. Essas credenciais sinalizam a adoção de sistemas de gestão ambiental e o reconhecimento por padrões internacionais de sustentabilidade. No entanto, ainda que as certificações representem uma importante ferramenta institucional, a literatura aponta fragilidades comuns associadas ao uso desses selos. Frequentemente, são futilizados como um mecanismo de marketing, ao contrário de um meio de transformação estrutural nos processos produtivos (Oya et al., 2018).

Quanto às motivações, destaca-se que a principal razão para adotar políticas de gestão de resíduos e *Zero Waste* está alinhada à sua filosofia interna de responsabilidade ambiental, o que é evidenciado na busca por certificações e, consequentemente, no desenvolvimento sustentável da corporação.

No que se refere às metas, a empresa possui objetivos claros de redução da geração de resíduos, monitorando mensalmente a taxa de desvio por meio da porcentagem destinada à reciclagem. A meta mínima estabelecida é de 90% de desvio, requisito fundamental para a manutenção da certificação. Embora essa prática demonstre comprometimento, destaca-se que não há incentivo explícito para ultrapassar esse limite. Atingir o percentual mínimo exigido pela certificação pode levar a um comportamento de conformidade, em que a empresa busque apenas por manter a taxa exigida, sem avançar em estratégias mais inovadoras e estruturais de prevenção de resíduos. Além disso, o foco exclusivo no desvio para reciclagem reforça uma fragilidade já apontada anteriormente, causando o distanciamento em relação ao conceito amplo de *Zero Waste*.

5.1.2. Implementação ao *Zero Waste*

Na segunda etapa de análise, buscou-se compreender como é definido as metas de redução de resíduos, os métodos de destinação empregados e os tipos de rejeitos ainda enviados a aterros.

Tabela 4: Resultado da aplicação do formulário em relação a implementação do ZW.

Item	Resposta
Qual a porcentagem de resíduos é destinada à aterro?	Aproximadamente de 2 a 3%
Quais são os métodos de destinação de resíduos adotados pela empresa?	Reciclagem, reutilização, compostagem, aterro e coprocessamento.
Quais são os principais tipos de resíduos enviados para aterros? Descreva em detalhes.	Resíduo de sanitário, varrição, mistura de resíduos não aproveitados na indústria.

Fonte: Formulário de avaliação em relação ao *Zero Waste*, 2025.

A meta estabelecida é o desvio mínimo de 90% dos resíduos do aterro, monitorado mensalmente por meio do percentual destinado a tecnologias consideradas ambientalmente adequadas. Embora esse indicador demonstre comprometimento, ele também apresenta limitações, uma vez que não há incentivo para superar esse patamar. Certificações ambientais, como a ISO 14001, frequentemente induzem as empresas a manter a conformidade mínima exigida, ao contrário de promover mudanças efetivas nos processos produtivos (Teixeira; Souza, 2016). De modo semelhante, estudos destacam que empresas que vão além da conformidade mínima tendem a estar associadas a gestores e culturas organizacionais mais proativos em relação à sustentabilidade (Younis; Sundararaj; Singh, 2021).

Apenas 2% a 3% dos resíduos são destinados a aterro, apesar de ser um percentual reduzido, trata-se dos tipos de resíduos mais difíceis de manejar: rejeitos de sanitários, varrição e misturas não aproveitadas. A presença de rejeitos misturados destinados a aterros reflete dificuldades de segregação ou ausência de soluções tecnológicas mais avançadas, fragilidade já evidenciada em outros estudos sobre gestão de resíduos sólidos (Nunes; Bastos; Mello, 2014).

Os métodos de destinação adotados incluem reciclagem, reutilização, compostagem, aterro e coprocessamento. Essa diversidade de alternativas sugere um sistema de gestão estruturado e alinhado a práticas de sustentabilidade convencionais. No entanto, a ênfase na reciclagem e no tratamento de rejeitos, em detrimento de medidas preventivas de redução na fonte, reforça o distanciamento a ZW. Autores que analisam a transição para a economia circular, como Silva et al. (2022), destacam que práticas de *redesign* de processos, inovação em embalagens e minimização da geração de resíduos são centrais para o alcance do conceito de *Zero Waste*. Assim, embora a empresa alcance bons indicadores quantitativos, a abordagem ainda está distante de um alinhamento integral com os princípios da política de desperdício zero.

5.1.3. Desafios relacionados ao *Zero Waste*

Na terceira etapa da pesquisa, buscou-se identificar os principais desafios enfrentados pela empresa para avançar na implementação do conceito de *Zero Waste*.

Tabela 5: Resultado da aplicação do formulário em relação aos desafios do ZW.

Item	Resposta
Quais resíduos têm dificultado a implementação do "Zero Waste"?	Resíduos sanitários e perigosos/não aproveitados.
Quais as principais dificuldades para atingir o Zero Resíduos?	Cultura ambiental colaboradores e empresas na cidade para destinação.
Quais são os principais fatores que levam a empresa a optar pela destinação de resíduos para aterros?	Não possui tecnologia viável para destinação.

Fonte: Formulário de avaliação em relação ao *Zero Waste*, 2025.

Os principais obstáculos para o alcance da meta de desvio total são representados por resíduos sanitários, resíduos perigosos ou não passíveis de aproveitamento. Esses rejeitos representam um desafio recorrente em diferentes setores industriais, pois envolvem limitações tanto tecnológicas quanto normativas em relação ao seu reaproveitamento. Nunes, Bastos e Mello (2014) destacam que a destinação de resíduos perigosos ainda constitui um impasse para a gestão de resíduos sólidos no Brasil, devido à escassez de tecnologias acessíveis e de infraestrutura apropriada.

Embora Khan, Yusoff e Ismail (2015) ressaltem a conscientização interna como elemento essencial para a efetividade dos sistemas de gestão ambiental, a organização em estudo enfrenta limitações nesse aspecto. A fragilidade da cultura ambiental, refletida na falta de engajamento dos trabalhadores, evidencia a distância entre a prática organizacional e os princípios ZW.

Os fatores que levam a empresa a manter parte dos resíduos destinados a aterros sanitários estão relacionados principalmente à ausência de tecnologias viáveis para o tratamento e reaproveitamento, principalmente devido a falta de empresas de destinação de resíduos no próprio município o que aumenta os custos para destinação. A restrição técnica e locacional de tratamento de resíduos implica na dificuldade de transição para um modelo de economia circular, especialmente em relação a fluxos de resíduos complexos ou contaminados (Gao et al., 2020). Os resíduos sanitários e perigosos ainda dependem de soluções convencionais de destinação final, práticas que, embora atendam à legislação vigente, destoam do ideal do ZW.

Em síntese, os desafios enfrentados pela empresa concentram-se em três dimensões principais:

1. Resíduos de difícil aproveitamento devido à sua natureza ou à ausência de tecnologias acessíveis para tratamento;
2. Dificuldade de desenvolver efetivamente cultura ambiental corporativa;
3. Dependência de práticas tradicionais de destinação à aterro, que comprometem o alinhamento integral com os princípios de circularidade.

Tais fragilidades confirmam o que a literatura aponta: a implementação efetiva de políticas de *Zero Waste* exige não apenas certificações e metas numéricas, mas também inovação tecnológica, transformação cultural e apoio institucional em escala local e regional (SILVA et al., 2022; Younis; Sundararaj; Singh, 2021).

5.2. Levantamento quantitativo de resíduos sólidos

A instituição em estudo, devido grande porte industrial, apresenta uma taxa de geração de resíduos sólidos expressiva. Os resíduos são compostos por uma ampla diversidade de materiais, com predominância de madeira, vidro e papel.

Com base nos dados disponibilizados do gerenciamento de resíduos referente ao ano de 2024, foi possível identificar a quantidade de resíduo gerada por tipo de material, sua classificação e tecnologias de destinação adotadas. Essa análise possibilita uma avaliação crítica da adequação das práticas da empresa às diretrizes da política de ZW, especialmente no que se refere à valorização dos resíduos e à minimização do envio a aterros.

Tabela 6: Levantamento quantitativo dos resíduos gerados em 2024.

Resíduo	Quantidade (kg)	Destinação
Resíduo Perigoso	24.212,00	Coprocessamento
Resíduo de Papel	194.353,00	Reciclagem
Resíduo Plástico	77.496,50	Reciclagem
Resíduo de Metal	11.933,50	Reciclagem
Resíduo de Vidro	201.440,00	Reciclagem
Embalagens Plástica	49.295,77	Reutilização
Resíduo de Madeira	586.100,00	Reutilização
Resíduo Orgânico	36.845,00	Compostagem
Resíduo Aterro Industrial	26.820,00	Aterro Industrial

Fonte: Adaptação do relatório anual de gestão de resíduos, 2025.

Os resíduos gerados foram agrupados genericamente conforme similaridade entre as características dos materiais e a destinação empregada.

Os resíduos perigosos incluem, principalmente, estopas contaminadas com produtos químicos diversos, lodo da Estação de Tratamento de Efluente (ETE), resíduos de análise laboratorial microbiológica, lâmpadas, pilhas e baterias. Devido ao potencial risco de contaminação ambiental, esses resíduos são encaminhados para coprocessamento, prática consolidada na indústria cimenteira que garante a destruição dos poluentes a partir da combustão controlada, permitindo que as cinzas substituam matéria-prima virgem para produção do cimento.

Conforme dados disponibilizados pela empresa, observa-se que parte significativa dos resíduos gerados é composta por materiais com alto potencial de reciclagem.

Os resíduos plásticos, que resultam de produtos danificados no processo e que apresentem inconsciência para produção, assim como o resíduo de papel, composto majoritariamente por caixas de embalagens, são destinados a reciclagem para fabricação de nova matéria-prima, que a partir da formação de granulados, permite a produção de nova matéria-prima para processos produtivos posteriores (Da Silva Spinacé; De Paoli, 2005).

Os resíduos metálicos são gerados por atividades de manutenção de equipamentos industriais, estruturas prediais e sistemas elétricos. Já os resíduos de vidro derivam, em sua maioria do descarte de produtos inconformes durante o processo produtivo. Esses resíduos são devidamente segregados e destinados à reciclagem.

O envio de resíduos à reciclagem desempenha papel fundamental na conservação de recursos naturais, redução da poluição e mitigação dos impactos ambientais associados à disposição final de resíduos. Zaman; Lehmann, (2013) afirma que a reciclagem configura como uma alternativa chave para desviar o envio de resíduos para aterro,

permitindo minimizar os impactos ambientais e contribuir para economia circular, estratégia fundamental para alcançar os objetivos ZW.

As embalagens plásticas provenientes de insumos produtivos e resíduo de madeira – provenientes principalmente de paletes, chapatex – são enviados a reutilização. Esta prática apresenta superioridade ambiental comparadas as demais tecnologias de destinação de resíduos, com abordagem que favorece a política ZW, a reutilização permite a reintrodução dos materiais em ciclos produtivos sem haver a necessidade de processamento (De Lima Nunes; Dias; Sellitto, 2015).

Os resíduos orgânicos gerados são provenientes dos restos alimentares do refeitório e jardinagem, são direcionados a compostagem, processo de decomposição biológica controlada que transforma a matéria orgânica em composto. A compostagem não apenas diminui os impactos ambientais associados à disposição final inadequada, mas também promove o reaproveitamento de nutrientes no solo, alinhando aos princípios ZW.

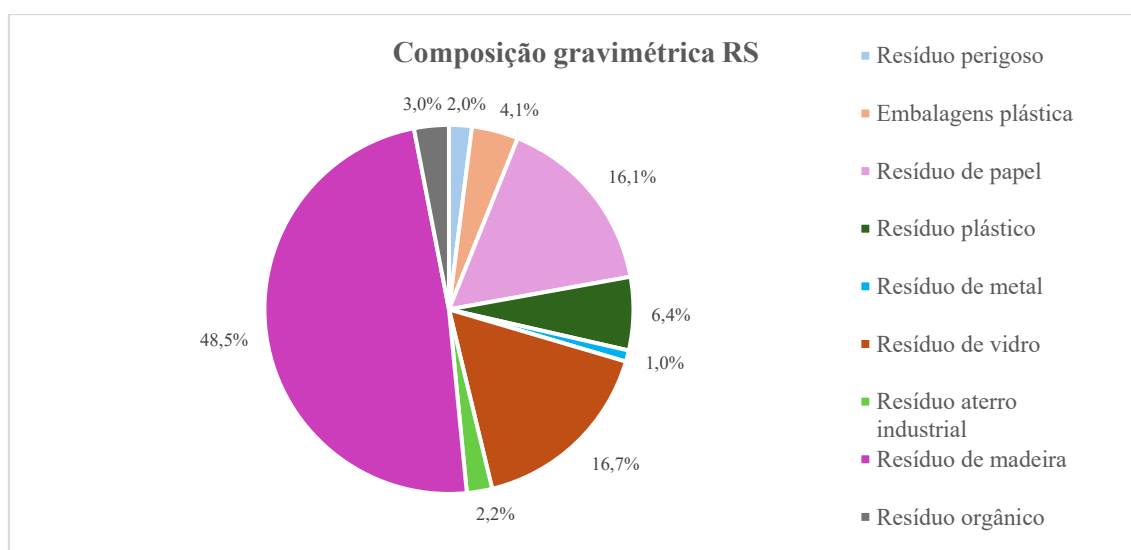
Por fim, resíduos de aterro são todos os materiais que não são absorvidos em outros processos de coprocessamento, reciclagem e reutilização, como resíduos sanitário, varrição, materiais compostos por diferentes substratos e outros, que devido a sua composição são incompatíveis com processos de reaproveitamento e, consequentemente, é necessário a disposição final em aterro.

O envio para aterro industrial pode gerar impactos na atmosfera, solo e água, além da ocupação de grandes áreas para disposição (Kaza et al., 2018). Diante dos impactos ambientais, a filosofia ZW busca maximizar o desvio de envio de resíduos para aterro, ressaltando principalmente a necessidade de adequação do processo produtivo para promover a redução na geração de resíduos e a incorporação no próprio ciclo produtivo por meio da reutilização.

5.2.1. Composição gravimétrica

As técnicas de reaproveitamento, reciclagem e compostagem são considerados adequadas a ZW, pois permite que os resíduos sejam reintroduzidos ao ciclo produtivo (ZWIA, 2018). De acordo com a gravimetria referente ao ano de 2024, os resultados apresentados refletem um cenário promissor, com índice de 97,8% dos resíduos gerados encaminhados a tecnologias consideradas adequadas.

Figura 4: Composição gravimétrica por tipo de destinação adotada em 2024.



Fonte: Autor, 2025.

A ZWIA afirma que o envio de resíduos para tratamento por disposição em aterro sanitário não é considerado prática compatível com a política ZW. Os resíduos gerados enviados a aterro correspondem à 2,2%. Apesar de representar uma parcela pequena, esse percentual indica que ainda existem oportunidades de melhoria, e para atender as metas de ZW será necessário a busca de alternativas ambientalmente corretas para tratamento desses resíduos.

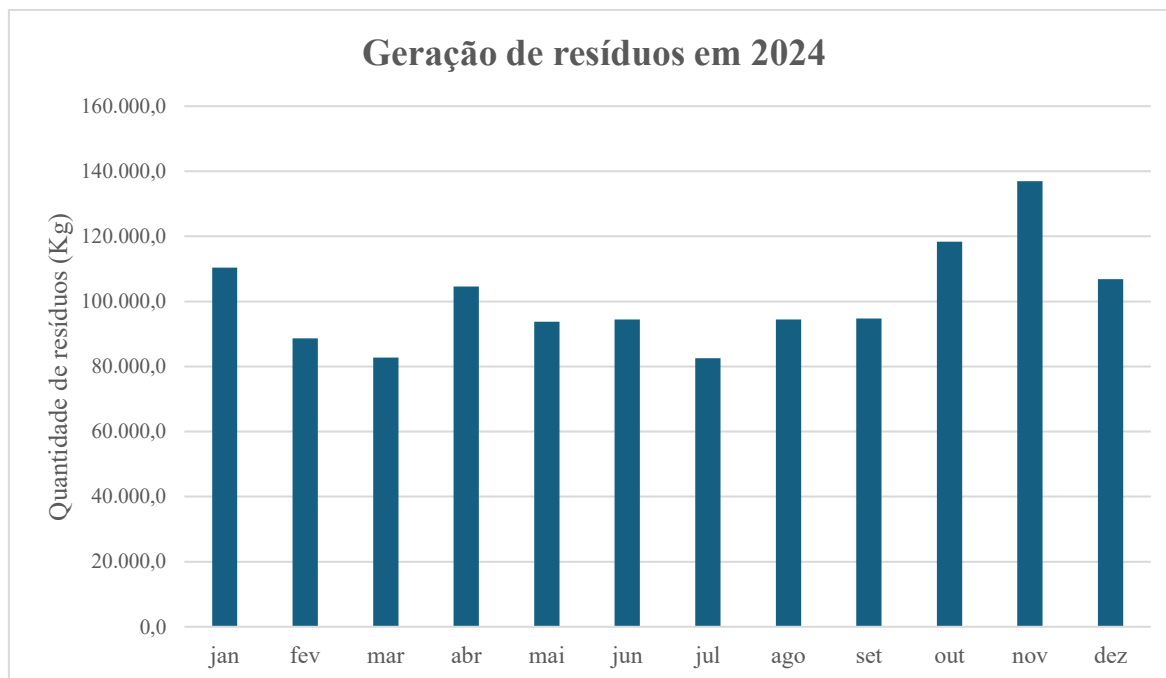
Souza et al., (2024) afirma que a política ZW busca principalmente a eliminação da geração de resíduos, os resíduos são vistos como recursos valiosos e devem ser evitado o desperdício, visto que o desvio de aterro sanitário e incineração é a rota principal para atingir os objetivos ZW. Assim as estratégias adotadas pela indústria aproximam aos princípios impostos, visto a predominância da reutilização e reciclagem como forma de destinação dos resíduos em detrimento da disposição final.

Apesar de apresentar pilares sólidos em reciclagem e reutilização na gestão de resíduos que aproximam a empresa a filosofia ZW, ainda há um desafio para eliminar completamente o envio de resíduos a aterro, como substituição de materiais, redesenho de processos e incentivo a eficiência produtiva para minimização da geração de resíduos sólidos.

5.2.2. Análise da geração de resíduos

A figura 5 apresenta a quantidade de resíduos gerados pela empresa de produção de bebidas entre os meses de 2024.

Figura 5: Geração de resíduos por mês durante 2024.



Fonte: Autor, 2025.

Os resultados indicam variações expressivas na geração de resíduos, evidenciando o impacto da sazonalidade da produção. Inicialmente, observa-se uma tendência de redução, partindo de aproximadamente 110.000 kg em janeiro para 83.000 kg em março.

Entretanto, em abril verifica-se um novo aumento (105.000 kg), seguido de relativa estabilidade entre maio e setembro, com valores próximos de 90.000 a 95.000 kg.

Nos meses finais, especialmente em outubro (118.000 kg) e novembro (138.000 kg), há picos expressivos de geração de resíduos. Esse comportamento pode ser explicado pelo aumento da produção de bebidas no último trimestre do ano, característica do setor de bebidas, em razão da necessidade de atender à maior demanda durante as festividades de fim de ano. Em dezembro, observa-se uma redução para 107.000 kg, visto que a produção já está reduzida.

Complementarmente a análise descritiva do gráfico, foram calculados indicadores estatísticos referentes à geração mensal de resíduos em 2024. Esses indicadores permitem uma avaliação mais precisa do comportamento dos dados, possibilitando identificar não apenas os valores extremos, mas também o nível de variabilidade em relação à média anual. A Tabela 6 apresenta o resumo desses resultados.

Tabela 7: Indicadores estatísticos da geração de resíduos em 2024.

Indicador	Valor (kg)	Descrição
Valor mínimo	82.500	Registrado em julho
Valor máximo	138.000	Registrado em novembro
Média anual	100.333	Quantidade média mensal de geração de resíduos
Desvio-padrão	16.244	Variação ao longo do ano
Variação percentual (máx./mín.)	68,3%	Diferença entre o maior e o menor valor

Fonte: Adaptação do relatório anual de gestão de resíduos, 2025.

A partir da análise da tabela 6, observa-se que ainda existem desafios relacionados à sazonalidade e à ausência de uma tendência contínua de redução na geração de resíduos. Esses resultados reforçam a necessidade de adotar estratégias mais estruturadas. Os resultados revelam três pontos críticos para a implementação da política ZW:

a. Sazonalidade da produção

Os picos de geração no último trimestre do ano refletem o aumento da demanda, característico do setor de bebidas. Esse cenário amplia a pressão sobre o sistema de gestão de resíduos, que precisa lidar não apenas com maior volume, mas também com maior diversidade de materiais descartados. Grandes empresas do setor já enfrentam esse desafio com estratégias já definidas.

b. Instabilidade no processo de redução

Ausência de uma tendência contínua de queda na geração de resíduos ao longo do ano demonstra que as medidas adotadas ainda não estão consolidadas como práticas de rotina. Essa oscilação indica fragilidades na cultura organizacional de redução na fonte geradora.

Através da aplicação do formulário, foi afirmado a realização do monitoramento dos resíduos gerados mensalmente a partir de indicadores de reciclagem, o qual é calculado a partir da quantidade reciclada comparada a geração total de resíduos no mês. O mecanismo utilizado é fundamental para acompanhar o gerenciamento de resíduos na empresa, entretanto pode-se adotar mecanismos similares com adoção de metas objetivas e indicadores transparentes que possam contribuir para consolidar a cultura de redução contínua na empresa, como realizar a avaliação por área geradora e desenvolver

estudos para minimizar a geração conforme as particularidades das atividades desenvolvidas.

c. Gestão de períodos críticos

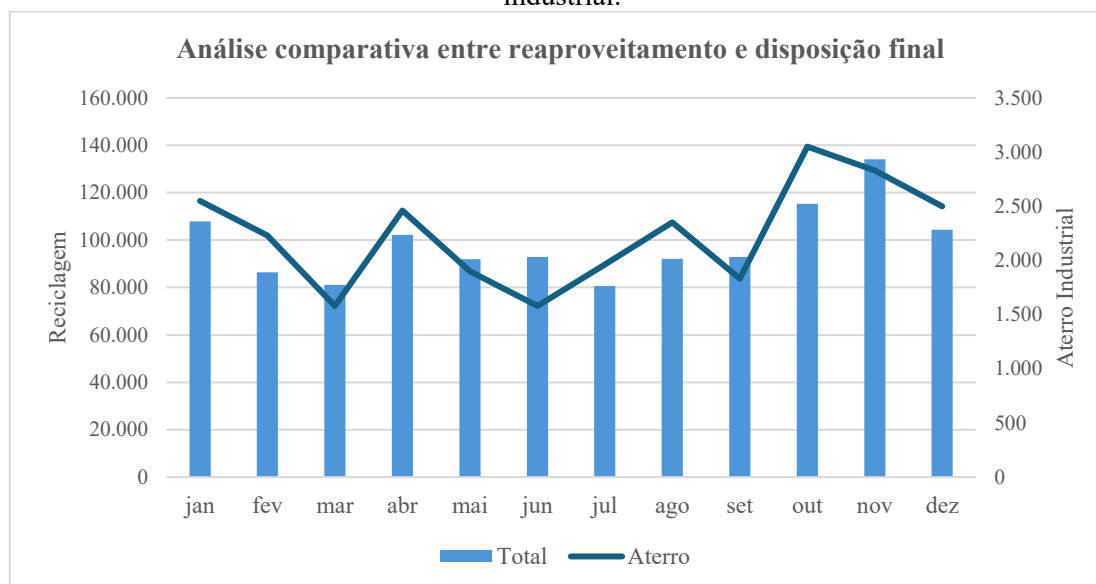
A elevação significativa dos resíduos em meses de maior produção aumenta a probabilidade de erro, como a mistura de resíduos, perda de materiais recicláveis e maior destinação para aterro, o que compromete diretamente o objetivo de desvio máximo de resíduos.

Apesar do desempenho da organização na valorização de resíduos é evidenciado barreiras culturais e estruturais que impedem a consolidação plena da filosofia Lixo Zero. As oscilações acentuadas na geração de resíduos revelam a necessidade de fortalecer o sistema de gestão de resíduos diante da sazonalidade, ampliando o entendimento de que o desafio não se limita à destinação final, mas reside na minimização da geração na fonte, um princípio fundamental do *Zero Waste*.

5.2.3. Análise da geração de resíduos destinados a aterro industrial

O acompanhamento sistemático da geração de resíduos e, em especial, daqueles destinados a aterros industriais, é uma etapa fundamental para compreender a eficiência das práticas de gestão e para mensurar o alinhamento da empresa com a filosofia *Zero Waste*. O envio de resíduos para aterros, embora seja uma forma ambientalmente mais adequada do que o descarte irregular, representa uma perda significativa de materiais que poderiam ser reaproveitados na cadeia produtiva (Lino et al., 2023). Além disso, o uso recorrente de aterros reforça a dependência de soluções de disposição final, em substituição a práticas preventivas como redução, reutilização e reciclagem.

Figura 6: Comparativo mensal entre a geração total de resíduos e a fração destinada a aterro industrial.



Fonte: Autor, 2025.

A análise comparativa entre o reaproveitamento (reutilização, reciclagem, coprocessamento e compostagem) e a disposição final, reflete que a geração total de resíduos apresenta oscilações moderadas durante o ano, comparado ao comportamento

do resíduo enviado para aterro industrial, verifica-se que este não segue linearmente a tendência da geração total.

Observa-se que, mesmo em meses de menor geração total (como março e junho), o envio para aterro permaneceu proporcionalmente elevado, indicando ineficiências nos processos de segregação e reaproveitamento. Em meses de maior produção, como outubro e novembro, o crescimento da destinação para aterro foi ainda mais expressivo, atingindo 3.050.000 kg e 2.830.000 kg, respectivamente. Curiosamente, outubro apresentou o maior volume de resíduos enviados a aterro, apesar de novembro ter registrado a maior geração total, o que implica na dificuldade da empresa na gestão de resíduos justamente em períodos de pressão produtiva.

O desafio da sazonalidade na produção industrial impacta diretamente a gestão de resíduos, levando a falhas na eficiência da reciclagem e aumento da dependência de aterros (Souza et al., 2021; Silva et al., 2023). Estudos recentes reforçam que, no Brasil, mais de 60% dos resíduos sólidos ainda têm como destino aterros sanitários, mesmo após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Além disso, pesquisas sobre aterros industriais destacam que materiais recicláveis ou de valor agregado, como metais e plásticos, continuam sendo perdidos nesse processo, representando a fragilidade no sistema de gestão de resíduos (Machado et al., 2022).

Portanto, os dados analisados sugerem que, para que a empresa avance em direção à meta de *Zero Waste*, é necessário mitigar a dependência do aterro industrial, aperfeiçoando a segregação dos resíduos, iniciar parcerias com cooperativas de reciclagem para absorção de maiores volumes de recicláveis e investir em tecnologias de reaproveitamento, especialmente nos períodos de pico de produção.

5.3. Taxa de Desvio de Resíduos

A Taxa de Desvio de Resíduos constitui um dos principais indicadores aplicados à avaliação de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos, por mensurar a proporção de materiais efetivamente desviados de destinações finais convencionais, como aterros sanitários e incineração, em direção a rotas de valorização material ou energética. Sua aplicação possibilita verificar a eficiência das políticas de sustentabilidade, bem como o alinhamento às estratégias ZW.

Para o cálculo, foram considerados como resíduos desviados os fluxos destinados a reciclagem, reutilização, compostagem e coprocessamento, enquanto os rejeitos correspondem aos resíduos enviados a aterro industrial. Com base nos dados de 2024 (Tabela 8), obteve-se 1.181.675,8 kg de resíduos desviados e 26.820 kg de rejeitos, totalizando 1.208.495,8 kg de resíduos gerados.

Tabela 8: Quantidade de resíduos destinados por tipo de tecnologia adotada.

Destinação	Quantidade (kg)
Reciclagem	485.223,0
Reutilização	635.395,8
Compostagem	36.845,0
Aterro Industrial	26.820,0
Coprocessamento	24.212,0

Fonte: Adaptação do relatório anual de gestão de resíduos, 2025.

Aplicando-se a equação:

$$TDR = \frac{1.181.675,8}{1.208.495,8} \cdot 100$$

$$TDR = 97,78\%$$

Esse resultado demonstra que 97,78% da massa total de resíduos gerados em 2024 foi desviada da disposição final em aterros, sendo direcionada para tecnologias de valorização. Trata-se de um valor expressivo, que indica alto desempenho do sistema de gestão analisado apenas em relação à mitigação dos impactos ambientais da destinação final.

Apesar de ser amplamente utilizada como métrica de eficiência, a TDR apresenta limitações expressivas. Trata-se de um indicador estritamente quantitativo, pois mede apenas a massa de resíduos desviados de aterros e incineração, sem considerar a efetividade ambiental das tecnologias adotadas (Cavalletti; Corsi, 2019). Além disso, o indicador não incorpora as políticas de prevenção e redução na geração de resíduos, que são prioritárias na hierarquia de gestão (Zaman; Lehmann, 2013).

Cavalletti e Corsi (2019) apontam que o uso isolado da TDR pode levar a interpretações equivocadas e omitir desigualdades ambientais, caso não sejam avaliados também os impactos de cada rota de tratamento utilizada. Dessa forma, embora a TDR de 2024 aponte para um cenário altamente positivo, a métrica deve ser interpretada com cautela, sempre em associação a outros indicadores qualitativos.

5.4. Índice de Desperdício Zero

O Índice de Desperdício Zero apresenta uma abordagem mais abrangente, ao considerar não apenas a quantidade de resíduos reaproveitados, mas também a efetiva compensação ambiental proporcionada por cada rota tecnológica. O cálculo do IDZ permite, portanto, integrar a perspectiva quantitativa e qualitativa da gestão de resíduos, incorporando fatores relacionados ao ciclo de vida e à substituição de matérias-primas e energia virgem.

Os fatores de substituição refletem a eficiência ambiental de cada rota de gestão, os quais foram considerados conforme tabela 9.

Tabela 9: Quantidade de resíduos em Kg e fator de substituição para cálculo do IDZ.

Destinação	Quantidade (kg)	Fator de substituição	Quantidade × Fator
Reciclagem	485.223,00	0,9	436.700,70
Reutilização	635.395,77	1	635.395,77
Compostagem	36.845,00	0,5	18.422,50
Coprocessamento	24.212,00	0,32	7.747,84
Aterro Industrial	26.820,00	0	0

Fonte: Autor, 2025.

Dessa forma:

$$IDZ = \frac{485.223,00 \cdot 0,9 + 635.395,77 \cdot 1 + 36.845,00 \cdot 0,5 + 24.212,00 \cdot 0,32}{1.208.495,8}$$

$$IDZ = 90,88\%$$

O resultado indica que o sistema de gestão de resíduos de 2024 apresentou 90,88% de eficiência na substituição de recursos naturais por materiais reciclados ou energia proveniente de resíduos. Esse desempenho evidencia não apenas elevados índices de desvio de aterros, mas também uma contribuição ambiental significativa ao reduzir a necessidade de exploração de recursos virgens e as emissões associadas ao seu processamento.

O IDZ fornece uma visão mais abrangente da eficiência do sistema de gestão comparado ao TDR, pois integra não apenas a quantidade de resíduos desviados, mas também a qualidade ambiental da destinação. Isso permite avaliar o quanto de recursos virgens foi efetivamente substituído, aproximando-se de métricas de avaliação de ciclo de vida (Merrild; Larsen; Christensen, 2012). No entanto, o indicador depende da definição dos fatores de substituição, os quais são sujeitos a incertezas e variações conforme tecnologia, infraestrutura local e qualidade do material reciclado (Zaman; Lehmann, 2013). Outra limitação é que o IDZ, assim como a TDR, ainda não incorpora diretamente políticas de prevenção na geração de resíduos, focando apenas nas rotas pós-consumo. Estudos como os de Zaman (2014) reforçam que, embora o IDZ seja mais sofisticado do que a TDR, ele deve ser aplicado em conjunto com indicadores de impacto ambiental, como emissões de gases de efeito estufa e consumo de energia, para fornecer uma avaliação realmente holística da sustentabilidade do sistema.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise desenvolvida, verificou-se que a implementação do movimento *Zero Waste* no contexto industrial analisado avança em direção a um modelo de gestão ambiental mais eficiente, porém ainda distante da essência filosófica que fundamenta o conceito de ZW. A empresa em estudo demonstra resultados expressivos em termos operacionais, como a Taxa de Desvio de Resíduos de 97,78% e o Índice de Desperdício Zero de 90,88%, que evidenciam um comprometimento notável com a valorização de resíduos e a mitigação de impactos ambientais. Contudo, esses indicadores, embora positivos, refletem um desempenho quantitativo e não necessariamente uma transformação estrutural de paradigma.

A filosofia *Zero Waste*, conforme definida pela *Zero Waste International Alliance* (ZWIA, 2018), não se limita à redução de resíduos encaminhados a aterros, mas propõe a eliminação da própria noção de descarte, por meio de uma abordagem sistêmica, na qual os produtos, processos e materiais devem retomar para circular continuamente, sem gerar rejeitos. Assim, a empresa atinge as metas de desvio, mas não as exigências conceituais do ZW, pois seu foco permanece concentrado nas etapas finais da cadeia — reciclagem, reutilização e coprocessamento — e não na prevenção e *redesign* de processos produtivos. A dissociação entre desempenho ambiental e transformação produtiva indica que o sistema de gestão adotado opera sob uma lógica reativa e corretiva, voltada ao tratamento dos resíduos após sua geração, e não sob uma lógica preventiva, que busca evitar a sua própria geração.

A análise crítica dos resultados evidencia que a internalização da filosofia ZW ainda é incipiente, uma vez que a empresa mantém práticas voltadas majoritariamente à gestão eficiente dos resíduos já gerados, em detrimento da reformulação dos processos produtivos e do design de produtos. De acordo com Zaman e Lehmann (2013), o *Zero Waste* pressupõe uma mudança de paradigma que transcende a simples mitigação de impactos e busca a reconcepção do ciclo produtivo, em que a geração de resíduos é prevenida desde a origem. No caso analisado, embora haja integração entre diferentes rotas tecnológicas, o modelo de gestão ainda se encontra subordinado à lógica linear tradicional, na qual os resíduos são inevitáveis e o esforço concentra-se em destiná-los corretamente, e não em redesenhar os fluxos de matéria e energia de modo a suprimir a própria geração de rejeitos.

Outro aspecto relevante refere-se às certificações ambientais adotadas, como a ISO 14001 e o LEED Platinum, que, apesar de conferir à empresa reconhecimento institucional e credibilidade ambiental, revelam um caráter predominantemente normativo e instrumental. Oya et al. (2018); Vieira et al. (2021) afirmam que tais certificações, apesar de impulsionarem melhorias na gestão e transparência ambiental, tendem a limitar a inovação, estimulando a conformidade com padrões previamente estabelecidos, mas não necessariamente a transformação de paradigmas produtivos. A busca por selos e índices de desempenho pode reforçar práticas de “*compliance ambiental*”, nas quais o objetivo é atender às exigências mínimas de auditoria, ao invés de incorporar de maneira plena os princípios do *Zero Waste*.

Adicionalmente, a pesquisa revelou fragilidades de natureza cultural e institucional, relacionadas principalmente à baixa participação e conscientização dos colaboradores no cotidiano da gestão ambiental. A efetivação de um modelo de ZW demanda uma mudança cultural profunda, que envolva não apenas procedimentos técnicos, mas também engajamento coletivo, senso de pertencimento e educação ambiental corporativa contínua (Khan; Yusoff; Ismail, 2015). A ausência de uma cultura organizacional fortemente orientada à sustentabilidade faz com que as ações ambientais

dependam da iniciativa de setores específicos, e não se consolidem como diretrizes transversais à gestão empresarial.

Em relação a aspectos tecnológico e estrutural, observa-se a falta de alternativas locais para o tratamento de determinados fluxos de resíduos, especialmente os sanitários e perigosos, cuja destinação final ainda ocorre em aterros industriais. Essa limitação reflete não apenas desafios internos, mas também deficiências regionais de infraestrutura e políticas públicas, que comprometem a transição para um modelo de economia circular em escala territorial. A efetividade do ZW, portanto, não depende unicamente da atuação empresarial, mas requer integração entre o setor produtivo, o poder público e as cadeias de reaproveitamento, de modo a construir sistemas coletivos de gestão, inovação tecnológica e logística reversa.

A transição para o *Zero Waste* exige mais do que eficiência operacional e certificações ambientais. Os resultados deste estudo indicam que, embora a empresa tenha alcançado avanços notáveis na valorização de resíduos, o verdadeiro desafio reside em superar a lógica de mitigação e avançar para a lógica de regeneração. A consolidação da filosofia ZW implica compreender os resíduos como recursos potenciais em ciclos produtivos fechados, integrando dimensões econômicas, sociais e ambientais sob a ótica da eficiência ecológica e do design regenerativo.

Conclui-se, portanto, que a empresa analisada representa um caso de sucesso parcial, a qual demonstra alto desempenho ambiental e aderência normativa, mas ainda carece de transformação paradigmática para atingir a plenitude do conceito *Zero Waste*. O alcance integral dessa filosofia requer estratégias de *redesign* de processos, inovação tecnológica, educação ambiental permanente e comprometimento institucional ampliado, de modo que o resíduo deixe de ser um subproduto inevitável e passe a ser compreendido como elemento central de um sistema produtivo verdadeiramente circular e regenerativo.

7. REFERÊNCIAS

ASSAD, Leonor. Apresentação-lixo: uma resignificação necessária. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 4, p. 22–24, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 9. ed. São Paulo: ABCP, 2018.

ABCP. **Uma tecnologia sustentável Panorama do Coprocessamento**. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação – Parte 1: Requisitos de classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14001: Sistema de gestão ambiental — requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BASTOS, Sandra Nazaré Dias; SANTOS, Marcela Costa; OLIVEIRA, Paulo Henrique; FERREIRA, Tiago Luiz. **Investigações de professores na educação básica: proposições para o ensino de ciências**. Fortaleza: Editora Inovar, 2024.

BAUMBACH, Milena de Oliveira; PRADO FILHO, José Francisco; FONSECA, Antônio. Environmental management in small mining enterprises: comparative analysis of three Brazilian cases through the lenses of ISO 14001. **REM – Revista Escola de Minas**, v. 66, n. 1, p. 111–116, 2013. DOI: 10.1590/S0370-44672013000100015.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 22 jan. 2025.

CAVALLETTI, Bruno; CORSI, Ana. Waste diversion rates: strengths and limitations as sustainability indicators. **Waste Management**, v. 95, p. 1–9, 2019.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 5. ed. Thousand Oaks: Sage, 2018.

Certificação LEED Zero. Disponível em: <https://eneconsultores.com/servicos/certificacao-leed-zero/>. Acesso em: 14 fev. 2025.

COLOMBO, Silvana. O princípio da precaução no Direito Ambiental. **REMEA – Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 14, p. 1–15, 2005.

DA SILVA SPINACÉ, Márcia Aparecida; DE PAOLI, Marco Aurélio. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 65–72, 2005.

DE LIMA NUNES, Fabiano; DIAS, Virginia Silva; SELLITTO, Miguel Afonso. Reutilização de embalagens de papelão: estudo de caso em distribuição de suprimentos. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 4, p. 820–834, 2015.

DEMAJOROVIC, Jacques. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: novas prioridades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, p. 88–93, 1995.

DEUS, Rafael Mattos; BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes; SILVA, Gustavo Henrique Ribeiro. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 685–698, 2015.

FERRON, Lucas; FUNCHAL, Bruno; NOSSA, Valcemiro; TEIXEIRA, Aridelmo. Environmental certification and firm performance: evidence from Brazil. **BAR – Brazilian Administration Review**, v. 9, n. 1, p. 64–87, 2012.

FOSTER, Allan; ROBERTO, Samanta Souza; IGARI, Alexandre Toshiro. Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. In: **Anais do Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**. São Paulo, 2016.

GAO, Xiao; et al. Industrial waste management challenges and circular economy pathways. **Journal of Cleaner Production**, v. 275, p. 122–136, 2020.

GOMES CARDOSO, Marcelo; et al. Programa Udesc Lixo Zero: análise da elaboração e implementação da Política de Sustentabilidade em uma Universidade Pública no Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 56–67, 2023.

GREYSON, James. An economic instrument for zero waste, economic growth and sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 13, p. 1382–1390, 2007.

GURSKI, Bruno; GONZAGA, Roberto; TENDOLINI, Patricia. Conferência de Estocolmo: um marco na questão ambiental. **Administração de Empresas em Revista**, v. 1, n. 7, p. 65–79, 2012.

HEMPE, Cléa; ORLANDO, Jorge; NOGUERA, Cuellar. A educação ambiental e os resíduos sólidos urbanos. **Revista Eletrônica em Gestão**, v. 5, n. 5, p. 682–695, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Roadmap Tecnológico do Cimento**. Brasília: IPEA, 2019.

JACOBI, Pedro; BESEN, Gina. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, 2011a.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135–158, jan. 2011b.

JARDIM, Niza Silva; WELLS, Christopher (coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995.

KAZA, Silpa; et al. **What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. Washington: World Bank, 2018.

KHAN, Muhammad; YUSOFF, Rahinah; ISMAIL, Azizah. The role of employee awareness in effective environmental management. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 14, n. 7, p. 1571–1581, 2015.

KINASZ, Tânia Regina; MORAIS, Tiago Brasileiro de. Resíduos sólidos em unidades de alimentação e nutrição e o desperdício de alimentos. In: **Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios**. Brasília: CNPq, 2018.

LINO, Fátima Alves Martins; ISMAIL, Kamal A. R.; CASTAÑEDA-AYARZA, Juan A. Municipal solid waste treatment in Brazil: a comprehensive review. **Energy Nexus**, v. 11, p. 100232, 2023.

LUZ, Laíze Lantyer; SILVA, Antonio Carlos da. **O direito à cidad(e)ania das catadoras de luxo: o acesso à justiça em uma sociedade lixo zero**. 2019. Disponível em:

https://www.editorarealize.com.br/editora/ebooks/conidih/2019/PROPOSTA_EV128_MD3_ID889_23092019014250.pdf. Acesso em: 21 jan. 2025.

MACHADO, Felipe; et al. Industrial waste disposal in Brazil: challenges for sustainability. **Waste Management & Research**, v. 40, n. 3, p. 325–337, 2022.

MAROTTI, Ana Cristina Bagatini; et al. Questões contemporâneas na gestão pública de resíduos sólidos: análise dos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos a partir de seus objetivos e instrumentos. **Revista de Políticas Públicas**, v. 21, n. 1, p. 339–364, 2017.

MERRILD, Hanna; LARSEN, Anna W.; CHRISTENSEN, Thomas H. Assessing recycling versus incineration of key materials in municipal waste: the importance of efficient energy recovery and transport distances. **Waste Management**, v. 32, n. 5, p. 1009–1018, 2012.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 3, p. 621–626, 2012.

MOTA, José; et al. **Características e impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos — uma visão conceitual**. 2009.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 111–124, jun. 2008.

MURRAY, Robin. **Zero waste**. Londres: Greenpeace Environmental Trust, 2002. Disponível em: <http://www.zerowasteeurope.eu/wpcontent/uploads/2011/04/zero-waste-by-robin-murray.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2024.

NAVODITA BHATNAGAR. **Zero waste engineering**. Montreal: Arcler Press, 2019. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=0d4f4e81-8f50-32fc-a7c1-2953fbad3b80>. Acesso em: 14 fev. 2025.

NUNES, Karine Ramos Alves; BASTOS, Ricardo Kahn; MELLO, João Carlos. A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios e perspectivas. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 1–18, 2014.

OYA, Carlos; et al. Green certifications and corporate environmental responsibility. **Journal of Business Ethics**, v. 149, n. 2, p. 395–412, 2018.

PEREIRA, Suellen; CURI, Rosires. **Modelos de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos: a importância do catador de materiais recicláveis no processo de gestão ambiental**. 2013.

PIETZSCH, Natália. **SUSTENTABILIDADE NAS EMPRESAS E FILOSOFIA LIXO ZERO**. 2016.

PIETZSCH, Natália; RIBEIRO, José Luis Duarte; DE MEDEIROS, Janine Fleith. Benefits, challenges and critical factors of success for Zero Waste: A systematic literature review. **Waste Management**, v. 67, p. 324–353, 2017.

QUEIROZ, Ana. **RESÍDUOS SÓLIDOS NA CENTRAL DE ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS – UNIDADE DE UBERLÂNDIA**. 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22304/2/ResiduosSolidosCentral.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2025.

RAMOS, TAIANE RAHAL REZENDE. **Resíduos sólidos nas centrais de abastecimento de hortigranjeiros sob a ótica da produção mais limpa: o caso da CEASAMinas Uberlândia**. 2017. 129 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG.

RICO, Mariana de Melo. **Incorporação de princípios e diretrizes de “resíduo zero” em políticas públicas municipais: o caso do plano de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos da cidade de São Paulo**. 2019. Tese de Doutorado.

RITTL, Gustavo et al. Avaliação da implementação da rede internacional de cooperação acadêmica lixo zero (NIZAC) no Brasil. **Rev. Gest. Sust. Ambient**, v. 9, p. 269-287, 2020.

ROCHA, Sônia Denise Ferreira; DE FREITAS CUNHA LINS, Vanessa; DO ESPÍRITO SANTO, Belinazir Costa. Aspectos do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 1–10, 2011.

SALVARO, TAINARA JOAQUIM. **Zero waste: proposta de modelagem para vestido de gala**. 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/8691>>. Acesso em: 10 fev. 2025.

SEADON, Jeffrey K. Sustainable waste management systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 16, p. 1639–1651, 2010.

SILVA, ISABELLA RIBEIRO DE OLIVEIRA E. **Lixo Zero Estudo de Caso: Estruturação da Coleta Seletiva e dos Orgânicos no Centro de Ensino Unificado de Brasília, Campus Asa Norte**. Brasília: 2023.

SILVA, M. L. et al. Circular economy strategies and practices: A case study with multiple participants in the packaging sector in Brazil. **Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, v. 20, n. 2, p. 115–135, 2022.

SILVEIRA, L. **Impulsione suas metas Net Zero com a Certificação LEED Zero - ENE Consultores**. 2024. Disponível em: <<https://eneconsultores.com/impulsione-suas-metas-net-zero-com-a-certificacao-leed-zero/>>. Acesso em: 4 out. 2025.

SIWAWA, Vincent. Assessing waste management performance in smart cities through the ‘Zero Waste Index’: case of African Waste Reclaimers Organisation, Johannesburg, South Africa. **Frontiers in Sustainable Cities**, v. 7, p. 1449868, 14 mar. 2025.

SOUSA, K. F.; RIBEIRO, E. N.; TEIXEIRA, M. F. F. B.; SALEMI, L. F.; POLETTO, L. D. Implementação do Modelo Lixo Zero em Brasília-DF, Brasil: estudo de caso de uma superquadra residencial. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.** [online]. 2023, vol. 10, n. 25, p. 965-979. ISSN 2359-1412. DOI: 10.21438/rbgas(2023)102528

SOUZA, Gabriela Romana *et al.* **A Política Do Lixo Zero e o Compromisso com a Gestão dos Resíduos Sólidos e o Desenvolvimento Sustentável**. 2024. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/geoconexoes/article/view/14990/4078>>. Acesso em: 18 ago. 2025.

STANDLER, Thaís Espezin. **MODELAGEM DE CALÇA LEGGING COM BASE NA TÉCNICA DO ZERO WASTE**. Florianópolis: 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/177158>>. Acesso em: 10 fev. 2025.

TASHAKKORI, Abbas; TEDDLIE, Charles. Sage handbook of mixed methods in social & behavioral research. 2. ed. **Thousand Oaks: Sage Publications**, 2010.

TEIXEIRA, A.; SOUZA, L. Gestão de resíduos e certificações ambientais: limites e potencialidades. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 2, p. 23–41, 2016.

TEIXEIRA, R. F.; SOUZA, M. T. S. Análise da Certificação ISO 14001 para a Sustentabilidade e Conformidade da Legislação Ambiental. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 11, n. 5, p. 63–79, 2016.

VAN BELLEN, Hans Michael; PETRASSI, Anna Cecília Mendonça Amaral. Dos limites do crescimento à gestão da sustentabilidade no processo de desenvolvimento. **Revista**

NECAT-Revista do Núcleo de Estudos de Economia Catarinense, v. 5, n. 10, p. 8-30, 2016.

VAN EWIJK, S.; STEGEMANN, J. A. Limitations of the waste hierarchy for achieving absolute reductions in material throughput. **Journal of Cleaner Production**, v. 132, p. 122–128, 2016.

VIEIRA, F. M. SILVEIRA, D. C.; BAIERLE, D. C.; VENANCIO, M. G.; BEM, J. S. Certificação ambiental como estratégia empresarial: estudo em empresas de gerenciamento e descarte de resíduos sólidos. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 65-83, 2021. Disponível em https://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8902/5718. Acesso em: 01 fev. 2022

YOUNIS, H.; SUNDARARAJ, S.; SINGH, A. What Characteristics Do the Firms Have That Go Beyond Compliance with Regulation in Environmental Protection?. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1873, 2021.

ZAMAN, Atiq Uz. Measuring waste management performance using the ‘Zero Waste Index’: the case of Adelaide, Australia. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 407–419, 1 mar. 2014.

ZAMAN, Atiq Uz. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. **Journal of Cleaner Production**, v. 91, p. 12–25, 2015.

ZAMAN, Atiq Uz; LEHMANN, Steffen. The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a ‘zero waste city’. **Journal of Cleaner Production**, v. 50, p. 123–132, 2013.

ZERO WASTE INTERNATIONAL ALLIANCE. **Zero Waste Definition**. Disponível em: <<https://zwia.org/zero-waste-definition/>>. Acesso em: 22 jan. 2025.

ZWIA. **Zero Waste Definition - Zero Waste International Alliance**. 2018. Disponível em: <<https://zwia.org/zero-waste-definition/>>. Acesso em: 18 ago. 2025.

Zero Waste Hierarchy of Highest and Best Use – Zero Waste International Alliance. Disponível em: <<https://zwia.org/zwh/>>. Acesso em: 23 jan. 2025