

Implementação de Usina de Reciclagem como estratégia de logística reversa, sustentável e econômica

Implementation of a Recycling Plant as a strategy for reverse logistics, sustainable and economic

Implementación de Planta de Reciclaje como estrategia de logística inversa, sostenible y económica

Recebido: 08/04/2026 | Aceito: 13/04/2026 | Publicado: 14/04/2026

Raquel Fernandes Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2295-9431>

Escola Estadual Fagundes Varela, Brasil

E-mail: raquelferpe59@gmail.com

Resumo

A gestão final de resíduos sólidos urbanos constitui um dos principais desafios ambientais contemporâneos, especialmente em municípios de pequeno porte, na disposição final de resíduos. Os aterros sanitários se apresentam como solução inicial no gerenciamento dos resíduos, no entanto, tem se tornado um espaço de grande desperdício de resíduos tangíveis de reciclagem. O presente estudo objetiva analisar a viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de reciclagem no município de Braúnas, Minas Gerais, Brasil, como estratégia de logística reversa e economia circular. Com base em dados operacionais municipais, verificou-se que o município envia aproximadamente 32,4 toneladas de resíduos sólidos urbanos por mês para o aterro, localizado em município adjacente, gerando custos mensais próximos de R\$18.000. Em um contexto global, são gerados aproximadamente 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos, sendo reciclados corretamente, apenas 14%. Atualmente, 40% de todos os resíduos sólidos domésticos enviados para aterros, no Brasil, são passíveis de reciclagem, deixando de gerar até 1 milhão de empregos diretos. Nesse contexto, a implantação de usina de reciclagem, indicam uma das soluções fundamentadas, na mitigação de custos operacionais, na fomentação de reinserção de materiais na cadeia produtiva, através da logística reversa, estímulos a empregabilidade e redução da externalidade de impactos ambientais e sociais. Contudo, o estudo propõe, a autoprodução doméstica de alimentos, onde o resíduo vira recurso, através da combinação "Horta e Compostagem", no fortalecimento alimentar e nova visão do futuro.

Palavras-chave: Economia Circular; Logística Reversa; Resíduos Sólidos Urbanos.

Abstract

The final management of urban solid waste constitutes one of the primary contemporary environmental challenges, particularly in small municipalities regarding the final disposal of waste. Sanitary landfills present themselves as an initial solution for waste management; however, they have increasingly become sites of significant waste regarding tangible recyclable materials. This study aims to analyze the technical, economic, and environmental feasibility of establishing a recycling plant in the municipality of Braúnas, Minas Gerais, Brazil, as a strategy for reverse logistics and the circular economy. Based on municipal operational data, it was determined that the municipality sends approximately 32.4 tons of urban solid waste per month to a landfill located in an adjacent municipality, incurring monthly costs of nearly R\$ 18,000. In a global context, approximately 2 billion tons of solid waste are generated annually, yet only 14% are properly recycled. Currently, 40% of all domestic solid waste sent to landfills in Brazil is recyclable—a missed opportunity that could otherwise generate up to 1 million direct jobs. Within this context, the establishment of a recycling plant emerges as a well-founded solution for mitigating operational costs, fostering the reinsertion of materials into the production chain through reverse logistics, stimulating employment opportunities, and reducing the negative externalities associated with environmental and social impacts. Furthermore, the study proposes domestic food self-production—where waste is transformed into a resource—through the integration of "Home Gardening and Composting," thereby enhancing food security and fostering a new vision for the future.

Keywords: Circular Economy; Reverse Logistics; Urban Solid Waste.

Resumen

La gestión final de los residuos sólidos urbanos constituye uno de los principales desafíos ambientales contemporáneos, especialmente en los municipios pequeños, en lo que respecta a la disposición final de los desechos. Los rellenos sanitarios se presentan como una solución inicial en la gestión de residuos; sin embargo, se han convertido en un espacio de gran desperdicio de materiales reciclables tangibles. Este estudio tiene como objetivo analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental de implementar una planta de reciclaje en el municipio de Braúnas, Minas Gerais, Brasil, como estrategia de logística inversa y economía circular. Con base en datos operativos

municipales, se encontró que el municipio envía aproximadamente 32,4 toneladas de residuos sólidos urbanos por mes al relleno, ubicado en un municipio adyacente, generando costos mensuales cercanos a R\$18.000. En un contexto global, se generan aproximadamente 2 mil millones de toneladas de residuos sólidos, de los cuales solo el 14% se recicla correctamente. Actualmente, el 40% de todos los residuos sólidos domésticos enviados a rellenos en Brasil son reciclables, pero no generan hasta 1 millón de empleos directos. En este contexto, la implementación de una planta de reciclaje representa una de las soluciones para mitigar los costos operativos, promover la reincorporación de materiales a la cadena productiva mediante logística inversa, estimular la empleabilidad y reducir las externalidades de los impactos ambientales y sociales. Sin embargo, este estudio propone la autoproducción doméstica de alimentos, donde los residuos se convierten en un recurso, a través de la combinación de huerto urbano y compostaje, fortaleciendo la seguridad alimentaria y ofreciendo una nueva visión de futuro.

Palabras clave: Economía Circular; Logística Inversa; Residuos Sólidos Urbanos.

1. Introdução

O elevado crescimento populacional em conjunto com a industrialização, permitiu que o consumo aumentasse exponencialmente, passando de 2,5 bilhões de pessoas na década de 1950, alcançando 6 bilhões em 2.000 (Trigueiro & Gunn, 2012). Atualmente, compoendo 8,2 bilhões (Worldometer, 2026).

Resíduos sólidos são todos os resíduos provenientes de atividades domésticas em residências urbana e os originários da varrição e limpeza, (Snis, 2019). A geração crescente de resíduos sólidos urbanos constitui um dos principais desafios ambientais do século XXI. Estima-se que a produção global de resíduos ultrapasse 3 bilhões de toneladas anuais até 2050 caso os padrões atuais de consumo e urbanização se mantenham (Kaza *et al.*, 2018).

A gestão inadequada desses resíduos resulta em impactos ambientais significativos, incluindo contaminação do solo, poluição hídrica e emissões de gases de efeito estufa (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). Entre esses impactos destaca-se a emissão de metano, proveniente da decomposição anaeróbica de resíduos orgânicos em aterros sanitário, gás com elevado potencial de aquecimento global (IPCC, 2021).

De acordo com a literatura, a promulgação e desenvolvimento de modelos de economia circular tem sido amplamente divulgada como estratégia para redução de resíduos e otimização do uso de recursos naturais (Geissdoerfer *et al.*, 2017). A reciclagem e a recuperação de materiais permitem reduzir a extração de recursos primários e minimizar impactos ambientais (European Environment Agency, 2023). Nesse contexto, o Brasil apresenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelecendo diretrizes para redução, reutilização e reciclagem de resíduos, além da implementação de sistemas de logísticas reversa (Brasil, 2010). Entretanto, muitos municípios ainda dependem predominantemente da disposição final em aterros sanitários com evidência de existência de muitos lixões, no país. O município de Braúnas, localizado no Leste do Estado de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil, compoendo os 853 municípios no Estado, apresenta população estimada de 4.445 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025). Atualmente, todo o resíduo sólido urbano gerado no município é transportado para o Aterro sanitário, no município adjacente.

Portanto, o presente estudo objetiva analisar a viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de reciclagem no município de Braúnas, Minas Gerais, Brasil, como estratégia de logística reversa e economia circular. A implementação de uma usina municipal de reciclagem representa-se como uma alternativa estratégica para redução de custos onerosos aos cofres públicos, geração de empregos, alcance de um ambiente sustentável e melhor qualidade de vida. Estimulando a adoção de práticas que possam garantir a segurança alimentar, através da Horta & Compostagem, onde os resíduos orgânicos domésticos, são transformados em fertilizantes, em ambientes residenciais, com aplicabilidade a ambientes com adaptação a espaços de pequena dimensão. Priorizando-se a redução a utilização de materiais virgens nas embalagens e colocar o setor no bom caminho para a neutralidade climática até 2050 (European Commission, 2020).

2. Metodologia

A Presente pesquisa se apresenta, a partir do desenvolvimento, por meio de uma pesquisa mista, em parte documental de fonte direta e indireta, em parte de pesquisa social envolvendo entrevista de respondente e, num estudo de abordagem quantitativa e qualitativa (Risemberg et al., 2026; Pereira et al., 2018), baseada em estudo de caso municipal.

Foram utilizados os seguintes procedimentos metodológicos:

- análise documental de dados operacionais da coleta de resíduo sólido municipal;
- cálculo da geração *per capita* de resíduos;
- análise econômica dos custos operacionais;
- revisão de literatura, nacional e internacional, relativos à produção de resíduos sólidos urbanos, a reciclagem e economia circular, no contexto ambiental e social;
- análise técnica durante a visita no aterro sanitário, receptor dos resíduos produzidos pelo município.

3. Resultados e Discussão

3.1 Diagnóstico da geração de resíduos no município de Braúnas

Ressalta-se que o município está em conformidade com a legislação de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, fundamentada conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Pnrs) e a Política Estadual de Resíduos Sólidos (Pers), além da Lei Federal nº 14.026/2020. O artigo.54 da Lei Federal nº 12.305/2010, estipula que a disposição final dos resíduos sólidos deveria ser implementada até 31 de dezembro de 2020, (Brasil,2020). Para municípios com menos de 50 mil habitantes de acordo com o Censo 2010, com programas sustentáveis já definidos, foi estendido o prazo para 02 de agosto de 2024. Assim, o município de Braúnas passou a fazer a gestão final dos resíduos sólidos ao aterro sanitário, devidamente licenciando no ano de 2023, de acordo com panorama de resíduos sólidos urbanos de Minas Gerais, através da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e desenvolvimento Sustentável (SEMAD, 2024).

O estudo constatou através dos dados operacionais, que o município realiza 12 viagens mensais, transportando diversos tipos de resíduos sólidos, produzidos no município, entre eles plástico alumínio, papel e papelão, vidro e resíduos orgânicos domésticos, para um aterro sanitário de uma cidade limítrofe ao município. Dessas 12 viagens mensais ao aterro, cada viagem transporta aproximadamente 2,7 toneladas de resíduos. Assim, o volume mensal total correspondente a, 32,4 toneladas/mês, sendo a população municipal produzindo 7,29 kg por habitante por mês e 0,24 kg produzido por habitante por dia.

Este valor encontra-se abaixo da média brasileira estimada entre 0,8 e 1,1 kg/habitante/dia (ABRELPE, 2023). Embora esse valor fique abaixo da média nacional, a projeção e aumento sempre será contínua de acordo com o crescimento populacional à medida que a economia moderna e a rápida urbanização se expandem em tamanho e complexidade, elas colocam em risco os ecossistemas e a saúde humana.

3.2 Análise Econômica na Gestão de Resíduos Sólidos do Município

A análise dos custos operacionais demonstrou os seguintes valores mensais:

Disposição no Aterro, 32,4 toneladas com valor operacional de R\$ 154,00 por tonelada, totalizando o custo associado a R\$ 4.989,60. Transporte, apresenta o equivalente a 50 litros de diesel por viagem, totalizando 600 litros mensais a R\$ 5,80, com o total de R\$3,480,00 em transporte e logística. Depreciação do veículo fica entorno de R\$1.667,00. Mão de Obra, motorista e mais dois servidores, totalizam R\$ 6.042,00. Custos diversos, R\$ 1.821,40. Custo total mensal, são de

aproximadamente R\$ 18.000. (Entrevista realizada por Ligação a um Servidor do Setor de Saneamento Municipal, 2026). A seguir, a Tabela 1, apresenta os dados de disposição de final de custos.

Tabela 1 – Distribuição dos custos da gestão de resíduos

Categoria	Valor (R\$)
Disposição em aterro	4.989
Transporte	3.480
Depreciação	1.667
Mão de obra	6.042
Outros custos	1.821

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026).

3.3 Impactos ambientais associados a disposição final em aterros

A decomposição de resíduos orgânicos em aterros sanitários produz metano, um gás com potencial de aquecimento global aproximadamente 28 vezes superior ao dióxido de carbono (IPCC, 2021). Substancialmente a decomposição dos resíduos orgânicos produz o chorume, líquido altamente contaminante capaz de infiltrar se no solo, atingindo lençóis freáticos (Tchobanoglous *et al.*, 2014). Embora, a destinação final dos resíduos ocorra em um aterro licenciado e controlado, durante a visita técnica ao aterro receptor dos resíduos de Braúnas, observou-se, caminhões descarregando, uma grande diversidade de resíduos, sem nenhum processo de triagem ou reciclagem, ver em anexo, (Figura.1). Constatou-se, em áreas de disposição de resíduos, já finalizados, identificou-se presença de materiais recicláveis, permanecendo expostos na superfície do solo, evidenciando a perda de materiais passíveis de reciclagem, ver em anexo, (Figura.2).

Figura 1 - Aterro sanitário sem triagem de resíduos.



Fonte: Acervo do Autor (2024).

Figura 2 - Contaminação superficial por plásticos.



Fonte: Acervo do Autor (2024).

Esse cenário reforça a necessidade de estratégias de triagem e reciclagem, antes da disposição final, realizada pelos municípios, promovendo a preservação ambiental, retorno dos materiais a cadeia produtiva, através da logística reversa e economia circular, fortalecendo a necessidade de implementação de usinas de reciclagem municipais, na mitigação de dispêndios onerosos com elevado teor de resíduos encaminhados ao aterro, gerando renda, fortalecendo a economia local, fomentando a sustentabilidade em esfera nacional e global. No contexto, de desaceleração do aquecimento global, substancialmente viáveis, através de programas e Lei de Incentivo a Reciclagem nº 14.260/2021 (LIR), a LIR regulamenta o processo de pessoas físicas e jurídicas a apoiarem projetos previamente aprovados pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), através da destinação de parte do imposto de renda, coordenada pelo Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos sólidos (SINIR, 021). Nessa literatura de incentivo de promulgação de iniciativas de saneamento sustentáveis e reciclagem, reuso e retorno de resíduos a cadeia produtiva, o Icms Ecológico apresenta se como mais um recurso de apoio na linha de incentivo, Art. 4º. a Lei Estadual nº 18.030/2009, (Minas Gerais, 2009). Dispõe sobre a distribuição e o cálculo do critério Meio Ambiente realizada em função do Índice de Meio Ambiente (IMA).

O Ima passa a ser composto por três subcritérios, ponderados pelos respectivos pesos, a saber: Índice de Conservação (Ic-45,45%), referente as Unidades de Conservação e outras áreas protegidas: Índice de Saneamento Ambiental (ISA 45,45%), referente aos aterros sanitários, Unidades de Triagem e Compostagem e estações de tratamentos de esgotos, mais recentemente, Índice de Mata Seca (Ims-9,1%), referente a presença e proporção em área da fitofisionomia Mara Seca no município (SEMAD, 2022).

O relatório International Solid Waste Association (ISWA, 2024), fornece uma atualização desde 2018, sobre a geração global e custo dos resíduos e seu gerenciamento. Em um cenário preocupante e atual, o relatório destaca a importância do

comprometimento com o lixo zero e a implementação da economia circular. O manejo municipal de resíduos e seus impactos sobre a sociedade, o meio ambiente e a economia global, seguindo a hierarquia dos resíduos, para tratar todos os materiais e resíduos como recursos valiosos. A estimativa prevê-se que a geração de resíduos municipais cresça de 2,1 bilhões de toneladas em 2023 para 3,8 bilhões em 2050. Em 2020, o custo direto global do gerenciamento de resíduos foi estimado em US\$ 252 bilhões (ISWA, 2024). Torna-se fundamental medidas urgentes em relação ao gerenciamento de resíduos, até 2050, esse custo anual global poderá dobrar, atingindo a impressionante cifra de US\$640,3 bilhões (ISWA,2024).

Modelo de economia circular em que a geração de resíduos e o crescimento econômico são dissociados por meio da adoção da prevenção de resíduos, práticas comerciais sustentáveis e do gerenciamento completo de resíduos, poderia levar a um ganho líquido total de US\$ 108,5 bilhões por ano. Limitando os custos líquidos anuais até 2050 a US\$ 270,2 bilhões (ISWA,2024).

3.4 Índice De Reciclagem Mundial

De acordo com o relatório “Global Recycling League Table”, através do estudo da (Eunomia Research & Conting, 2024), que analisaram dados de gestão de resíduos sólidos e o desempenho em reciclagem de 48 países, incluindo países com as maiores e as menores taxas econômicas, globais. destacando-se países europeus com as maiores taxas globais de reciclagem de resíduos sólidos. Em contrapartida, estudos fornecidos pelo “What a Waste Report”, destacou que em 2004 a China ultrapassou os EUA como o maior gerador de resíduos do mundo. Em 2030, a China provavelmente produzirá o dobro de resíduos sólidos urbanos que os Estados Unidos, (Hoornweg & Bhada-Tata 2012).

Quadro 1 - Os 10 países com melhor desempenho.

Países	RR ajustado	RR ajustado
	classificação	Taxa de reciclagem
Áustria	1	59%
País de Gales	2	59%
Taiwan	3	53%
Alemanha	4	52%
Bélgica	5	52%
Holanda	6	51%
Dinamarca	7	51%
Eslovênia	8	50%
Irlanda do Norte	9	45%
Coréia do Sul	10	45%

Fonte: Extraído, Eunomia Research & Consulting, (2024).

O relatório, comparou os índices desempenho de países com economias semelhantes, evidenciando oito dos dez países localizados na Europa Ocidental, sendo mais duas nações do Leste Asiático, completando o ranking dos dez maiores, recicladores, Taiwan e Coreia do Sul. Refletindo que estratégias e políticas públicas estruturadas, com investimentos em coletas obrigatória, triagem e processamento, metas legais de reciclagem, sistemas de responsabilidade estendida do produtor e normas culturais comportamentais, fortalecem o desempenho para a fomentação de gestão final de resíduos municipais, (Eunomia Research & Consulting, 2024).

Quadro 2 – Taxa de reciclagem ajustada.

Região	Taxa média
Europa (países líderes)	50-60%
Estados Unidos (média nacional)	30-35%
Brasil	4%

Fonte: Extraído, Eunomia Research & Consulting, (2024).

O estudo, apontado no relatório da (Eunomia Research, 2024), onde os índices de reciclagem no continente Europeu, apresentou os países de destaque, em reciclagem no mundo e os dados dos EUA e o Brasil. Embora países como os EUA tem demonstrado reforços para mudanças na reversão dos resultados, os EUA apresentam-se como o

país que mais produz resíduos sólidos como plásticos e alumínio, seguido da Austrália com o vidro. De acordo com o relatório da Eunomia e do Instituto Internacional de alumínio apenas 36% da produção global de alumínio, provém de materiais reciclados, enfatizando que o produto pode ser reciclado infinitamente, nesse contexto, afirma que entre 7 e 8 milhões de toneladas de alumínio anda são perdidos, deixando de ser reciclados (Eunomia, 2024). O estudo apontou que o Brasil alcançou a meta de 100% na reciclagem de alumínio em 2024, fica evidente o seu potencial de reciclagem aos demais parâmetros e resíduos. No entanto, a prevalência de novas políticas aplicadas a gestão de resíduos, enfatizando os principais fatores excepcionais de redução, reciclar e reutilizar, evidenciando fatores substanciais a economia circular, excepcionalmente relevante a política de sucesso ao modelo europeu.

3.5 Índice de Reciclagem nos 50 Estados Americanos: Exclui Fibras e Plásticos Flexíveis

O índice de reciclagem comparou os 50 estados Americanos, com políticas independentes, sendo o Estado do Maine apresentando 65%, enquanto o estado de West Virginia, apresentou apenas 2%, relativos aos índices de reciclagem, de resíduos sólidos. Evidenciando que,

Políticas públicas aplicadas a longo prazo, refletiram em estratégias que impulsionaram os investimentos em coleta, logística, triagem e reprocessamento em todo o continente, ações semelhantes adotadas pelos países campeões em reciclagem mundiais de acordo com o relatório, 50 States of Recycling 2.0 (Eunomia, 2023).

Lamentavelmente o mundo está se tornando menos circular e mais extrativista (Valluruet *et al.*, 2024). Embora ações venham sendo implementadas, buscando incrementar a produção de energia, reduzir a poluição do ar e da água e diminuir as emissões de gases de efeito estufa. O histórico de sucesso dos Estados Unidos na promoção de objetivos econômicos e ambientais deve servir de modelo para outros países (White House, 2025).

3.6 Fração e Coleta de Resíduos Sólidos, nos Estados Brasileiros

A Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Meio Ambiente (ABREMA, 2024), estimou-se que a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) *per capita* no Brasil, apresentou uma média de 1,047 kg de RSU gerado por pessoa, por dia em 2023.

Geração anual de aproximadamente 81 milhões de toneladas de massa de resíduos urbanos, que equivale a 221 mil toneladas de resíduos gerados todos os dias, cerca de 382kg de material residual urbano, por habitante durante o ano. Entre as 5 regiões brasileiras, o Sudeste lidera com geração *per capita* de cerca de 452kg de resíduos sólidos urbanos, gerados por pessoa, um percentual de 1,237kg por habitante por dia, em 2023. Com um crescimento de 0,9 em relação ao ano de 2022, sendo 39,9 milhões de toneladas de fluxo de resíduos, em 2023, 109 mil toneladas diárias, com aproximadamente 50% da média nacional. Em contrapartida a região Sul possui o menor índice de geração de RSU *per capita*, com percentual anual de 284kg por habitante, sendo 0,779kg por habitante por dia. Já em termos de

geração total a região que menos contribui, em termos de geração de resíduos sólidos é a região Norte, responsável por 7,5% dos RSU gerados no País, o equivalente a 16,5 mil toneladas geradas diariamente ou 6,0 milhões de toneladas em 2023 (Abrema,2024).

A Tabela 2, apresenta o índice de coleta de resíduos sólidos urbanos, por regiões brasileiras, no ano de 2023.

Tabela 2 - Coleta de RSU por regiões brasileiras (2023).

Posição	Região	Percentual (%)	Volume (toneladas)
1º	Sudeste	49,3%	39.949.760
2º	Nordeste	24,7%	20.011.742
3º	Sul	10,8%	8.767.903
4º	Centro-Oeste	7,7%	6.195.047
5º	Norte	7,5%	6.33.015

Fonte: Elaborado pelo Autor, extraído do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABREMA, 2024).

3.7 Coleta e Reciclagem no Estado de Minas Gerais

Embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), através da Lei nº 12.305/10 (Brasil, 2010), foi implementada no Brasil, vigente a mais de uma década, enfatizando-se a erradicação dos lixões, no entanto ainda exista um número substancial de lixões. Os resultados encontrados no estado de Minas Gerais, apresentou em 2024, prazo final para municípios com menos de 50 mil habitantes, para a realização do envio dos resíduos sólidos, produzidos pelo município, tivessem destinação final a aterros ambientalmente legais.

Foram contabilizados 567 municípios enviando diretamente seus RSU a Aterros Sanitários (AS) e ou Unidade de Triagem ou Compostagem (UTC) regularizados. Sendo 85 enviados para AS e UTC e 38 destinavam apenas para UTC. Por fim, ao final de 2024, foram registrados 222 municípios mineiros que ainda utilizam lixão como forma de disposição final de RSU, de acordo com o (Panorama resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais, 2024). Foram registados pelo Centro Mineiro de Referências de Resíduos, 177 associações e cooperativas cadastradas no Programa Bolsa reciclagem, com um aumento de 149 %, em relação ao ano de 2012 que eram 71 unidades (SEMAD, 2024).

3.8 Reciclagem dos Resíduos Sólidos no Brasil

Pesquisas apontaram, através do relatório do ano de 2023, evidenciando-se os índices RSU gerados no Brasil, apresentando um montante de 81 milhões de toneladas anuais, 221 mil toneladas por dia, 382kg por habitante por ano e 1,047kg de resíduos gerados por dia, por habitante (ABREMA, 2024). Nesse contexto, de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, o Brasil coletou 93% de todo o resíduo sólido produzido, o equivalente a 71,7 milhões de toneladas, não obstante, 27,9 milhões de toneladas desse montante, foram enviados para mais de 3 milhões de lixões e 33,3 milhões de toneladas foram enviados de forma ambientalmente inadequadas (IPEA, 2025).

Torna-se substancialmente relevantes ações de mitigações que possam minimizar os índices de resíduos sólidos, tangíveis de reciclagem de um montante de 2,01 bilhões de toneladas de resíduos urbanos, apenas 19% são reciclados ou compostados, podendo chegar a 3,40 bilhões até 2050, de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA,2025). O panorama de 2024 apresentou dados entre 3 a 7% de triagem e reciclagem de fração de resíduos sólidos. Com potencial de alcance de 33,6% (ABREMA,2024).

3.9 Implementação de Usina de Reciclagem, Logística Reversa e Economia Circular

A Economia Circular sobre a luz da Logística Reversa, se apresenta como forma de consolidação eficaz para a reinserção de materiais passíveis de retorno a cadeia produtiva, por meio da redução, reciclagem, reutilização e compostagem.

Definimos a Economia Circular (EC) em nossa estrutura e codificação desenvolvida interativamente como um sistema econômico que substitui o conceito de “fim de vida pela redução, reutilização alternativa, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção/ distribuição e consumo (Kirchherret *all*, 2018).

Assegurada pela Lei de Incentivo a Reciclagem (LIR), Lei 14,260/21, é uma iniciativa que promove o fortalecimento da reciclagem no Brasil, por meio de incentivos fiscais. Seu objetivo é fomentar projetos que estimulem a economia circular, reduzam a geração de resíduos e ampliem o uso de materiais recicláveis e reciclados, contribuindo para a sustentabilidade e a inclusão social (Brasil, 2024). Avançar para uma economia circular e adotar uma abordagem de zero resíduos é a única via para um futuro seguro, acessível e sustentável, (Iswa,2024). Reverter o estado atual de ameaça a biosfera requer uma transformação urgente (Méndez, 2025). Apenas a abordagem da economia circular geraria um ganho líquido anual, estimado em 108 bilhões de dólares, fruto da prevenção na geração de resíduos e práticas empresariais sustentáveis e gestão integral de resíduos (ISWA,2024).

Caminhos para a prevenção de resíduos através de modelos de lixo zero e economia circular, são as estratégias que visa prevenir o desperdício, mantendo produtos e materiais em uso pelo maior tempo possível e proteger a saúde humana e o meio ambiente pela eliminação de produtos químicos nocivos (Global Waste Management Outlook,2024).

A economia circular como um meio do fim, apresenta se como um conjunto de estratégias e soluções que repensam e otimizam a forma como consumimos materiais, pode proporcionar bem-estar para todos (Circle Economy, 2025).

A coleta do RSU, apresentou se como uma solução, na gestão de fração de resíduos sólidos produzidos mundialmente, sendo enviados para os aterros sanitários controlados, embora ainda venham sendo uma problemática de adequação a pequenos municípios, especialmente aqueles de baixa renda. No entanto, o mundo vive hoje com aterros superlotados e na pior das esferas, recebendo resíduos diversos, sendo uma grande parte totalmente tangíveis de reciclagem. Estudos mostraram, que políticas aplicadas a longo prazo, maiores responsabilidades aplicadas aos produtores, sendo responsáveis pelo destino final desses resíduos, multas aplicadas e programa de retorno de alguns resíduos, disponíveis a população, tem apresentado melhores resultados, como como um sistema econômico que substitui o conceito de “fim de vida pela redução, reutilização alternativa, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção/ distribuição e consumo (Kirchherret *all*, 2018).

Assegurada pela Lei de Incentivo a Reciclagem (LIR), Lei 14,260/21, é uma iniciativa que promove o fortalecimento da reciclagem no Brasil, por meio de incentivos fiscais. Seu objetivo é fomentar projetos que estimulem a economia circular, reduzam a geração de resíduos e ampliem o uso de materiais recicláveis e reciclados, contribuindo para a sustentabilidade e a inclusão social (Brasil, 2024). Avançar para uma economia circular e adotar uma abordagem de zero resíduos é a única via para um futuro seguro, acessível e sustentável (ISWA,2024).

Caminhos para a prevenção de resíduos através de modelos de lixo zero e economia circular, são as estratégias que visa prevenir o desperdício, mantendo produtos e materiais em uso pelo maior tempo possível e proteger a saúde humana e o meio ambiente pela eliminação de produtos químicos nocivos (Global LOBAL Waste Management Outlook, 2024).

Reverter o estado atual de ameaça a biosfera requer uma transformação urgente (Méndez, 2025). Apenas a abordagem da economia circular geraria um ganho líquido anual, estimado em 108 bilhões de dólares, fruto da prevenção na geração de

resíduos e práticas empresariais sustentáveis e gestão integral de resíduos, (Iswa,2024). A economia circular como um meio do fim, apresenta se como um conjunto de estratégias e soluções que repensam e otimizam a forma como consumimos materiais, pode proporcionar bem-estar para todos (Circle Economy, 2025).

A coleta do RSU, apresentou se como uma solução, na gestão de fração de resíduos sólidos produzidos mundialmente, sendo enviados para os aterros sanitários controlados, embora ainda venham sendo uma problemática de adequação a pequenos municípios, especialmente aqueles de baixa renda.

No entanto, o mundo vive hoje com aterros superlotados e na pior das esferas, recebendo resíduos diversos, sendo uma grande parte totalmente tangíveis de reciclagem. Estudos mostraram, que políticas aplicadas a longo prazo, maiores responsabilidades aplicadas aos produtores, sendo responsáveis pelo destino final desses resíduos, multas aplicadas e programa de retorno de alguns resíduos, disponíveis a população, tem apresentado melhores resultados, como destaca países europeus, a cidade do Maine nos EUA e dois dos dez maiores recicladores, Taiwan e Coreia do Sul.

No escopo, faz se necessário a implementação de viabilização de redução, reciclagem e retorno desses resíduos, a cadeia produtiva. Além da grande quantidade de resíduos que são perdidos em aterros sanitários, há uma grande quantidade de alimentos enviados, responsáveis pela eliminação do gás metano, altamente poluente, propagador do aumento do efeito estufa e mudanças climáticas mundiais.

Nesse contexto, o estudo propõe a nível mundial, a “Autoprodução de Alimentos”, onde o resíduo vira recurso, através da combinação (**Horta e Compostagem**), visando reduzir resíduos orgânicos, produzindo alimento, utilizando compostos no mesmo ecossistema. Adaptável a qualquer espaço. Essa aplicabilidade, torna- se possível e crucial na obtenção de alimentos organicamente saudáveis e fortalecimento da segurança alimentar. Socialmente responsável, na mitigação da emissão de gás metano na redução de passíveis ambientais e promoção de práticas sustentáveis, alinhados aos princípios da economia circular.

4. Considerações Finais

O estudo evidenciou-se a problemática criteriosa na fração dos resíduos sólidos urbanos em um contexto mundial. Em análise, demonstrou a grande perda em termos econômicos, ao constatar o índice elevado de resíduos passíveis de retorno ao mercado circular, deixando de ser reciclados. Assim, como o alumínio que oferece possibilidades de retorno infinito, outros resíduos com potencialidade de triagem e reciclagem, estão sendo perdidos, provocando perda de receitas econômicas, deixando de gerar empregos e provocando impactos ambientais, substanciais.

Nesse contexto, em uma visão holística, pode se observar que ações enfáticas, aplicadas a gestão final dos resíduos sólidos urbanos, na promulgação da economia circular a partir da logística reversa, tem alcançado resultados preponderantes.

Portanto, esse estudo em análise determinística vem enfatizar a implantação de usinas de reciclagem no município de Braúnas, MG-Brasil. Fomentando a mitigações ambientais e saúde pública, minimizando gastos onerosos aos cofres públicos, na promulgação de novas demandas de empregos, elevando a economia circular através da logística reversa desses resíduos e aceleração econômica substancial, no contexto social.

Idealizando o fomento da aplicabilidade da horta & compostagem, como uma visão de futuro, no contexto de obtenção e segurança alimentar, adaptável a pequenos espaços, oferece benefícios expressivos e ergonômicos.

Agradecimentos

Agradeço os professores, colegas e instituições que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

- ABRELPE. (2023). Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2023). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023*. São Paulo: ABRELPE. <https://abrelpe.org.br/panorama/>.
- ABREMA. (2026). Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. O Setor de Resíduos Sólidos e a Saúde Pública. <https://www.abrema.org.br/2024/08/26/o-setor-de-residuos--solidos-e--a-saude-publica/>.
- BALL CORPORATION AND EUNOMIA RESEACH & CONSULTING. (2023). The United 50 States of Recycling. Dezembro 2023. <https://eunomia.eco/reports/the-50-states-of-recycling-2023/>
- Brasil. (2010). Lei Federal nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União, DF, 05 Agosto de 2010-DOU. 03/08/2010. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm.
- Brasil. (2010). *Lei nº14.026, de 15 de Julho de 2020*. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera as leis nº 9.984/2000, nº 10.768/2003, nº 11.445/2007 e nº 12.305/2010. Diário Oficial da união: Brasília, DF, 15 Julho de 2020. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/14026.htm.
- CIRCLE ECONOMY. (2025). *Circularity Gap Report 2025: A circular economy to live within the safe limits of the planet*. Amsterdam: Circle Economy. <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/202509/CGR%202025%complete%20document.pdf>.
- EPA. (2023). *Advancing Sustainable Materials Management: Facts and Figures*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency (EPA). <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling>.
- EUNOMIA REARCH & CONSULTING. (2024a), Global Recycling League Table: Phase One Report. Bristol: Eunomia Research & Consulting, 2024.Preparad March-May 2024. https://www.reloopplatform.org/wp-content/uploads/2024/06/Global_Recycling_League_table_Phase_1_Report.pdf pag.11 e 24.
- EUNOMIA REARCH & CONSULTING. (2024b). ReLoop Platform. Global Recycling League Table-Phase One Report. Bristol: Eunomia Research & Consulting. <https://www.eunomia.eco/reports/>.
- EUROPEAN COMMISSION (2020). *A new Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*. Brussels: European Commission. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en.
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY– EEA (2023). *Municipal waste recycling statistics in Europe*. Copenhagen: European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/circularity/thematic-metrics/materialsandwaste/wasterecycling>.
- EUROSTAT (2023). *Municipal waste statistics*. Luxembourg: Statistical Office of the European Union. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P. & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.
- Geyer, R., Jambeck, J. R. & Law, K. L. (2017). Production, use and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
- Hoomweg, D. & Bhada-Tata, P. (2012). *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. Washington, DC: World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/302341468126959964>.
- IBGE. (2025). Estimativas da População dos Municípios- 1º de julho de 2025: Braúnas (MG). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/braunas/.html>.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- IPEA- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2025. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: diagnostico, coleta e destinação final. Brasília: IPEA. <https://www.ipea.gov.br>.
- ISWA – International Solid Waste Association (2024). *Global Waste Management Outlook 2024: Costs, Impacts and Pathways to a Circular Economy*. Vienna: International Solid Waste Association. <https://www.iswa.org>.
- Méndez, D. P. M. (2025). *Educação ambiental, consumo responsável e três R: revisão para fomentar práticas sustentáveis de manejo de resíduos sólidos*. <https://orcid.org/0009-0002-9258-2003>.
- MINAS GERAIS. (2009). *Lei nº18.030, de 12 de Janeiro de 2009. Dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do ICMS pertencente aos municípios*. https://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/leis/2009/18030_2009.html.
- OECD. (2022). *Global Waste Management Outlook*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Publishing. <https://www.oecd.org/environment/waste/>.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.

- Kirchherr, J., R. D. & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-32. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
- Pereira, A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [Free ebook]. Santa Maria. Editora da UFSM.
- Risemberg, R. I. C. et al. (2026). A importância da metodologia científica no desenvolvimento de artigos científicos. *E-Acadêmica*, 7(1), e0171675. <https://eacademica.org/eacademica/article/view/675>.
- Rolewicz-Kalinska, A., Lelicinska-Serafin, K. & Manczarski, P. (2020). The circular economy and the organic fraction of municipal solid waste recycling strategies. *Energies*, 13(17), 4366. <https://doi.org/10.3390/en13174366>.
- SEMAD. (2022). *ICMS Ecológico-Critérios. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e desenvolvimento Sustentável*. <https://ICMS Ecológico - Critérios - SEMAD - SISEMA>.
- SEMAD. (2024). *Panorama dos Resíduos Sólidos do Estado de Minas Gerais, 2023*. <https://www.panorama-rsu-ano-base-2023-versao-final-pdf>.
- SINIR. (2021). Brasil. *Lei nº14.260, de 8 de dezembro de 2021: Lei de Incentivo a Reciclagem (LIR)*. Diário Oficial; da União, 8 dezembro 2021. https://ww.planalto.gov.br/ccivil_03_ato2019-2022/2021/lei/114260.htm
- SNIS. (2020). Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos-2019. Brasília: Ministério do desenvolvimento Regional, 2020. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico (SNIS). <https://www.snis.gov.br>.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S. (2014). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. New York: McGraw-Hill Education & Research, 25(3), 198-207. <https://doi.org/10.1177/0734242X07079149>.
- Trigueiro, A. & Gunn, L. (2012). *Mundo Sustentável 2*. Novos rumos para um planeta em crise. Capítulo: MUNDO Sustentável 2. Rio de Janeiro: Globo Livros 2022. Pag.04.
- EPA. (2022). (2022). *Advancing Sustainable Materials Management: 2018 Fact Sheet*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency (EPA). <https://www.epa.gov/smm>.
- UNEP. (2021). *Global Waste Management Outlook*. Nairobi: United Nations Environment Programme. United Nations Environment Programme (UNEP). <https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook>.
- UNITED STATES. (2025). White House. Environmental International Agreements Policy. Washington, DC, 2025. Putting America First In International Environmental Agreements – The White House.
- Valluru, K., Feth, M., Pierper, C., Lee, J., Jindal, G., Feng, T. & Knowles, S. (2024). *Circularity's Time Has Come: The Future of Process Industries*. Boston Consulting Group. <https://mkt-bcg-com-public-pdfs.s3.amazonaws.com/prod/circularitys-time-has-come.pdf>.
- WORLD BANK (2020). *Global Waste Management Outlook*. Washington, DC: World Bank Group. <https://www.worldbank.org>
- WORLDMETER. (2026). *População Mundial*. <https://www.worldometers.info>.