SEMANA ACADÊMICA
REVISTA CIENTÍFICA
ISSN 2236-6717

USO INTEGRADO DE LOGÍSTICA REVERSA E INVENTÁRIOS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA: UMA REVISÃO NARRATIVA

Talita Lucas Belizário de Oliveira[1]
https://orcid.org/0000-0002-1755-8188
Fernando Caixeta Lisboa[2]
https://orcid.org/0000-0001-9159-0170
Miriam Tiemi Takimura Oliveira[3]
https://orcid.org/0000-0003-1358-5856
Pedro Paulo Ferreira Silva[4]
https://orcid.org/0009-0006-6703-264X
Roney Junio de Portugal[5]
https://orcid.org/0000-0003-0857-2882
Mariana Rodrigues da Cunha Bichuette[6]
https://orcid.org/0009-0003-5040-2294
Emerson Etienne[7]
https://orcid.org/0009-0004-4003-0455
André Luiz da Costa Sabino de Oliveira[8]
https://orcid.org/0009-0003-9708-5070
Anna Luisa Pereira Fonseca[9]
https://orcid.org/0009-0009-5192-0759

Submetido em: 08/10/2026 – **Aprovado em**: 12/11/2026 – **Publicado em**: 12/11/2026

[1] Docente/Doutor, Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberlândia, Minas Gerais, fernandocaixeta@iftm.edu.br.
[2] Docente/Doutora, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, mitakimura@gmail.com
[3] Tae/Mestre, Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberlândia, Minas Gerais,talita@iftm.edu.br.
[4] Docente/Doutor, Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberlândia, Minas Gerais, pedropaulo@iftm.edu.br.
[5] Docente/Doutor, Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberlândia, Minas Gerais, roneyportugal@iftm.edu.br.
[6] Consultora/Especialista, Uberlândia -Minas Gerais, marianarcunha@gmail.com.
[7] Discente/Graduando, Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberlândia, Minas Gerais, emerson.etienne@estudante.iftm.edu.br
[8] Discente/Graduando, Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberlândia, Minas Gerais, andre.sabino@estudante.iftm.edu.br
[9] Discente/Graduando, Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberlândia, Minas Gerais, anna.fonseca@estudante.iftm.edu.br

http://dx.doi.org/10.35265/2236-6717-276-13380
FORTALEZA-CE. EDIÇÃO 276. V.14. ANO 2026.

RESUMO

A relação entre a logística reversa e a análise das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) configura um desafio para a gestão ambiental das cadeias de suprimentos, sobretudo em virtude da necessidade de correlacionar os fluxos físicos de resíduos às informações empregadas na contabilização dessas emissões. Este artigo analisa de que maneira a literatura científica aborda a relação entre práticas de logística reversa e inventários de emissões de GEE, buscando identificar convergências, complementaridades e lacunas na mensuração e gestão das emissões relacionadas aos fluxos logísticos. Deste modo, foi realizada uma pesquisa aplicada, descritiva e qualitativa, por meio de uma revisão narrativa da literatura, que analisou 36 documentos, sendo 32 artigos científicos e relatórios técnicos e 3 patentes no período de 2013 a 2026 e 1 patentes no período de 1999 (Japan Patent Office (JPO) – JPH11282785 / sistema de gestão e rastreamento de resíduos). Assim, a análise enfatizou quatro eixos interconectados: economia circular e logística reversa; avaliação do ciclo de vida e inventários de GEE; tecnologias de rastreabilidade; e instrumentos econômicos. Os resultados demonstram convergência conceitual, embora a integração operacional entre os dados dos fluxos reversos como origem, quantidade, transporte, tratamento e destinação e os métodos de quantificação das emissões ainda se demonstra limitada. Conclui-se que o aprimoramento e a validação de modelos podem contribuir para integrar fluxos físicos e informacionais, ampliando a rastreabilidade ambiental e apoiando a tomada de decisões na gestão da logística reversa.

Palavras-chave

Logística reversa; Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE); Gestão de resíduos; Economia circular; Rastreabilidade de resíduos.

INTEGRATED USE OF REVERSE LOGISTICS AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS INVENTORIES: A NARRATIVE REVIEW

ABSTRACT

The relationship between reverse logistics and greenhouse gas (GHG) emissions analysis poses a challenge to environmental management in supply chains, particularly due to the need to correlate the physical flows of waste with the information used to account for emissions. This article analyzes how the academic literature addresses the relationship between reverse logistics practices and GHG emissions inventories, seeking to identify convergences, complementarities, and gaps in the measurement and management of emissions associated with logistics flows. An applied, descriptive, and qualitative study was conducted through a narrative literature review, analyzing 36 documents, including 32 scientific articles and technical reports, and 3 patents from 2013 to 2026, as well as 1 patent from 1999 (Japan Patent Office (JPO) – JPH11282785 / waste management and tracking system). The analysis emphasized four interconnected themes: circular economy and reverse logistics; life cycle assessment and GHG inventories; traceability technologies; and economic instruments. The results demonstrate conceptual convergence, although operational integration between data on reverse flows such as origin, quantity, transportation, treatment, and final destination and emission quantification methods remains limited. It is concluded that the improvement and validation of models can contribute to integrating physical and informational flows, enhancing environmental traceability and supporting decision-making in reverse logistics management.

Keywords

Reverse logistics. Greenhouse gas (GHG) emissions. Waste management. Circular economy. Waste traceability.

1 INTRODUÇÃO

Os atuais padrões de produção e consumo têm contribuído para a intensificação de impactos ambientais associados à exploração de recursos naturais, à geração de resíduos, ao consumo de energia e à movimentação de produtos ao longo das cadeias de suprimentos (Gama; Scaloppe, 2023). Nesse contexto, a crescente pressão sobre os recursos naturais e a necessidade de redução dos impactos ambientais têm ampliado o debate sobre a transformação dos modelos tradicionais de produção e distribuição (Nascimento; Santos, 2023). As cadeias de suprimentos, em particular, desempenham papel relevante nesse processo, uma vez que suas atividades envolvem fluxos de materiais, produtos e informações entre diferentes agentes e etapas do ciclo de vida (Nascimento; Santos, 2023). Assim, além da eficiência econômica e operacional, torna-se necessário incorporar dimensões ambientais à gestão desses fluxos, especialmente aquelas relacionadas ao consumo de recursos, à gestão de resíduos e às emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (Silva Júnior et al., 2022).

A Economia Circular (EC) surge como uma opção ao modelo de produção linear vigente (Nascimento; Santos, 2023; Silva et al., 2023). Sua implementação, entretanto, depende da existência de mecanismos capazes de viabilizar o retorno, a recuperação, a reutilização, o reparo, a remanufatura e a reciclagem de produtos e materiais (Schreiber et al., 2026). Nesse sentido, a organização dos fluxos de retorno constitui um elemento fundamental para a operacionalização dos princípios da circularidade nas cadeias de suprimentos (Souza; Figueiredo, 2026).

Entre os mecanismos associados à operacionalização desses fluxos, destaca-se a logística reversa, compreendida como o conjunto de processos relacionados ao planejamento, implementação e controle do fluxo de produtos, componentes e materiais do ponto de consumo ou utilização em direção a etapas anteriores da cadeia, com o propósito de recuperar valor ou proporcionar destinação adequada (Nascimento; Santos, 2023). A logística reversa pode envolver atividades como coleta, transporte, consolidação, triagem, armazenamento, processamento, recuperação, reciclagem, remanufatura e redistribuição. A realização dessas atividades também necessita de recursos, energia e movimentação física. Portanto é importante avaliar seus efeitos ambientais e considerar as emissões associadas às diferentes etapas dos fluxos reversos e, quando pertinente, avaliar os benefícios decorrentes da substituição de materiais ou processos convencionais (Carraro; Hotza, 2025). Os inventários de emissões de GEE fornecem instrumentos para identificar, quantificar, classificar e acompanhar as fontes de emissões associadas às atividades organizacionais e operacionais (Silva Júnior et al., 2022). Nas cadeias de suprimentos, essa mensuração apresenta desafios adicionais, uma vez que as emissões podem estar distribuídas entre diferentes organizações, atividades, fornecedores, operadores logísticos e etapas do ciclo de vida dos produtos (Souza; Figueiredo, 2026).

Assim, a qualidade da informação utilizada no inventário e a definição dos limites do sistema tornam-se aspectos relevantes para a análise dos impactos associados aos fluxos logísticos.

A relação entre logística reversa, economia circular e inventário de emissões de GEE evidência, portanto, a necessidade de aproximar perspectivas que frequentemente são analisadas de maneira separada: a gestão dos fluxos de retorno e a mensuração do desempenho climático das operações (Nascimento; Santos, 2023). Enquanto a logística reversa e economia circular estão diretamente relacionadas à movimentação e recuperação de produtos, componentes e materiais, os inventários de GEE oferecem uma estrutura para quantificar as emissões associadas às atividades que viabilizam esses fluxos. A integração dessas perspectivas pode contribuir para uma avaliação mais abrangente do desempenho ambiental da logística reversa, permitindo identificar fontes relevantes de emissão, comparar alternativas de transporte e recuperação, apoiar decisões operacionais e avaliar se determinadas estratégias de circularidade efetivamente contribuem para a redução das emissões (Aguiar; Matos; Esteves, 2021). Nesse contexto, os créditos de reciclagem atuam como um mecanismo econômico e operacional complementar. Ao exigirem a rastreabilidade, certificação e comprovação da efetiva destinação dos resíduos, esses créditos monetizam o serviço ambiental prestado, gerando receita adicional pela comercialização do ativo e fomentando a cadeia de reciclagem com impactos positivos diretos na redução do descarte final e no fortalecimento socioeconômico de cooperativas (Brasil, 2023). Dessa forma, torna-se relevante sistematizar o conhecimento disponível para compreender como a literatura científica tem tratado a integração entre logística reversa e inventários de emissões de GEE, bem como identificar limitações metodológicas e oportunidades de investigação.

Assim, coloca-se a seguinte questão de pesquisa: como a literatura científica tem integrado as práticas de logística reversa aos inventários de emissões de Gases de Efeito Estufa? Para responder a essa questão, este estudo tem como objetivo geral analisar, por meio de uma revisão narrativa da literatura, como as práticas de logística reversa e os inventários de emissões de Gases de Efeito Estufa têm sido abordados de forma integrada na literatura científica, identificando pontos de convergência, complementaridade e diferenças entre as abordagens encontradas na literatura relacionados à mensuração e gestão das emissões associadas aos fluxos logísticos e às cadeias de suprimentos.

2 METODOLOGIA

Este trabalho é classificado como uma pesquisa aplicada, com o objetivo predominantemente descritivo e uma abordagem qualitativa. Adota-se a revisão narrativa da literatura (Mendes-Da-Silva, 2019), caracterizada como exploratório-descritiva, pois permite uma análise abrangente e interdisciplinar acerca da conexão entre logística reversa (LR) e inventários de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). A análise contempla a Logística Reversa, amparada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), além dos inventários de Gases de Efeito Estufa (GEE), fundamentados em padrões e metodologias para contabilização como o *GHG Protocol* (Protocolo de Gases de Efeito Estufa) e o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). Complementarmente, utilizou-se ferramentas de inteligência artificial de maneira ética e transparente como apoio à pesquisa, auxiliando no levantamento bibliográfico, triagem e fichamento dos materiais, revisão gramatical e adequação da escrita acadêmica. Ressalta-se que o uso da tecnologia atuou estritamente como suporte operacional, mantendo-se a autoria intelectual, a análise crítica e a interpretação dos dados sob responsabilidade exclusiva dos autores.

A busca foi efetuada utilizando descritores associados aos principais eixos temáticos da pesquisa, englobando sustentabilidade ambiental, logística reversa, resíduos industriais, gases de efeito estufa, inventário de emissões, economia circular, análise de ciclo de vida (ACV), rastreabilidade de resíduos, legislação ambiental e patentes, utilizando termos em português e em inglês, mediante o uso de operadores booleanos. Para tal fim, foram utilizadas plataformas acadêmicas como Google Acadêmico, *SciELO*, *SPELL* e *DOAJ*, bem como bases de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e do Escritório Europeu de Patentes (EPO), por intermédio do Espacenet. A pesquisa estabeleceu um corte temporal de 1999 a 2026, englobando discussões e políticas pertinentes às alterações climáticas e administração de resíduos.

O programa informático *Notebook LM* foi utilizado como recurso auxiliar para sistematizar e elaborar uma síntese inicial da literatura selecionada pelos autores. O *Chat GPT* foi empregado para auxiliar na revisão da clareza e da coerência da redação textual. O programa *QuillBolt* foi utilizado unicamente para auxiliar no aprimoramento da linguagem e do estilo de determinadas passagens do manuscrito.

Este trabalho resulta de uma construção colaborativa entre discentes e docentes de uma instituição pública de educação profissional e tecnológica, reunidos em um grupo de pesquisa composto por 9 integrantes para o desenvolvimento de uma pesquisa aprovada por agência de fomento. Nesse contexto, a escolha de termos de busca, seleção e a análise dos documentos tiveram caráter exploratório e colaborativo, constituindo uma etapa de aproximação ao campo de discussão e de compartilhamento de conhecimentos entre os integrantes da equipe.

Por partir desse projeto, justifica a adoção da revisão narrativa da literatura como método de pesquisa, por possibilitar a exploração e a integração de diferentes perspectivas teóricas. A seleção dos documentos não seguiu um protocolo sistemático de registro do número de resultados recuperados, duplicidades e fluxograma de exclusão, procedimentos característicos de revisões sistemáticas. Em contrapartida, foi adotado um processo de seleção orientado pela pertinência temática e pela validação dos documentos por, no mínimo, dois integrantes da equipe de pesquisa. Foram excluídos trabalhos de conclusão de curso, publicações sem registro ISBN ou DOI e trabalhos sobre resíduos domiciliares. Em situações de divergência quanto à inclusão ou exclusão, a decisão foi discutida entre os integrantes responsáveis pela análise.

O principal foco geográfico é o Brasil. A escolha permite considerar as especificidades da infraestrutura logística, dos sistemas de gestão de resíduos, do arcabouço regulatório e das características dos processos de recuperação, reciclagem e destinação de materiais neste país. Foi incorporado também referências internacionais pertinentes a tecnologias de rastreamento e manejo de resíduos. Além dos artigos acadêmicos, a revisão abarcou patentes pertinentes à tecnologia da informação aplicada à administração e rastreabilidade de resíduos, visando compreender os requisitos tecnológicos imprescindíveis para a implementação da rastreabilidade na logística reversa. Os documentos examinados incluem as patentes JP2010003113A e JPH11282785, as quais referem-se à administração digital de resíduos industriais e à supervisão de manifestos.

A base examinada é constituída por 36 documentos, dos quais 32 são artigos científicos e relatórios técnicos, e 4 referem-se a patentes. Os artigos discutem tópicos como avaliação do ciclo de vida, estudos de caso, modelos de tomada de decisão e práticas relacionadas à economia circular. As patentes enriquecem a análise ao fornecer alternativas tecnológicas direcionadas à gestão, automação, rastreabilidade e monitoramento de resíduos industriais.

Tabela 1: Organização, categorização e alocação do portfólio de dados examinado

Tipo de documento	Qtde	Visibilidade	Principais Propósitos e Assuntos abordados
Artigos Científicos	27	75%	Logística reversa após o consumo, economia circular, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), mercado de carbono, transição energética e coprocessamento de resíduos.
Leis e Estudos Técnicos	2	5,55%	Marcos jurídicos municipais para a economia circular e regulamentação de créditos de logística reversa e reciclagem.
Inventários e Relatórios	3	8,33%	Protocolos GHG e IPCC, inventários de emissões de organizações e relatórios de emissões setoriais (sistemas alimentares).
Patentes Tecnológicas	4	11,11%	Sistemas centralizados para manifestos de resíduos, códigos transacionais padrão e automação dos fluxos de dados de resíduos.
Total do Portfólio	36	100%	Análise unificada da gestão de resíduos sólidos industriais e contabilização de Gases de Efeito Estufa

Fonte: Elaborado pelos autores

Durante a leitura foram identificadas aproximações conceituais entre os documentos, considerando como os autores conectam os conceitos e aplicam nos casos estudados. Dessa forma, a leitura integrada permitiu identificar pontos de convergência, complementaridade e diferenças entre as abordagens encontradas na literatura, sem pressupor que os estudos adotassem necessariamente as mesmas definições ou métodos. As patentes foram, portanto, utilizadas como fontes complementares à literatura científica, contribuindo para a compreensão das possibilidades tecnológicas associadas à operacionalização e ao acompanhamento dos fluxos reversos. A revisão não teve como finalidade quantificar a produção científica ou estabelecer uma classificação hierárquica dos estudos, mas integrar diferentes contribuições da literatura para construir uma compreensão abrangente do problema investigado.

Em relação às limitações metodológicas, a pesquisa admite que, embora tenha utilizado diversas plataformas acadêmicas e de propriedade industrial, além de termos de busca em português e em inglês combinados por operadores booleanos, a abordagem empregada pode não abranger todos os estudos significativos sobre o assunto. Ademais, os critérios de elegibilidade, o recorte temporal, os procedimentos de triagem e a avaliação qualitativa das fontes podem restringir a replicabilidade na constituição do conjunto documental examinado. Adicionalmente, é reconhecido que as legislações e regulamentações, abrangendo as esferas federal, estadual e municipal, assim como os documentos de patentes, tanto nacionais quanto internacionais, possuem características e critérios de divulgação que diferem dos artigos científicos, o que pode ocasionar diversas omissões.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise integrada das pesquisas demonstra que logística reversa, economia circular, ACV, gestão de resíduos industriais e mensuração das emissões de GEE são elementos complementares para a transição dos modelos lineares para sistemas produtivos circulares e mais sustentáveis. A economia circular busca prolongar a vida útil dos produtos e manter os materiais em circulação por meio da reutilização, recuperação e reciclagem, enquanto a logística reversa estrutura os fluxos de retorno, coleta, triagem, reaproveitamento e destinação adequada. Ghisellini et al. (2016) e Stahel (2016) destacam a importância da manutenção do valor dos materiais, enquanto Lacerda (2002), Valle e Souza (2013), Leite (2017) e Rodrigues (2022) relacionam a logística reversa ao gerenciamento dos fluxos de pós-venda e pós-consumo, com impacto direto na vantagem competitiva e na mitigação de resíduos em aterros sanitários (Carneiro et al., 2021; Alvarenga, 2023; Nascimento; Santos, 2023; Azevedo; Moreira, 2026). No Brasil, essas práticas são respaldadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), fundamentada na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (Silva Filho; Soler, 2022; Fausto et al., 2026), estendendo-se à consolidação de instrumentos econômicos como os créditos de reciclagem e logística reversa de embalagens (Leite, 2020; Cooperativa Central dos Produtores de Leite, 2022).

Os inventários de GEE, estruturados por metodologias como o *GHG Protocol* e o IPCC, permitem identificar emissões nos Escopos 1, 2 e 3 e orientar estratégias formais de descarbonização (Bockel et al., 2021; Observatório do Clima, 2023; Luiz; Carmo, 2025), integrando-se aos mecanismos de precificação e governança do mercado de carbono (Marcondes; Parisotto, 2013; Gama; Scaloppe, 2023; Kruse, 2023; Fernandes, 2024, Fernandes et al., 2024). Silva Júnior et al. (2022), por exemplo, identificaram, em uma unidade de saneamento, emissões de 31.099,33 tCO2e, sendo 86,7% relacionadas ao Escopo 1. Entretanto, destacaram que os próprios fluxos reversos podem gerar emissões, principalmente pelo transporte e processamento dos resíduos. Nesse sentido, a ACV constitui uma abordagem complementar para comparar alternativas e avaliar os impactos ambientais associados às diferentes etapas do ciclo de vida (Rocha; Penteado, 2016; Aguiar; Mattos; Esteves, 2021; Costa, 2024), permitindo verificar os benefícios da destinação adequada de resíduos industriais, comerciais e do agronegócio (Martinez et al., 2017; Santos et al., 2022; Santos; Pedroso; Ribeiro, 2022; Silva et al., 2023; Souza et al., 2022; Crespo; Souza; Silva, 2023; Fin et al., 2023; Mendonça, 2020; Carraro; Hotza, 2025; Esquivel et al., 2025; Lima et al., 2025).

Os estudos apresentam diferentes oportunidades de valorização dos resíduos. No Paraná, Silva et al. (2023) identificaram que 40,2% dos resíduos industriais destinados a

aterros apresentavam potencial para coprocessamento, enquanto 13,1% eram compostáveis e 0,7% recicláveis.

O Sistema Campo Limpo, por sua vez, alcança aproximadamente 94% de destinação adequada das embalagens de defensivos agrícolas e evitou mais de 890 mil toneladas de CO_2 equivalente em 19 anos, conforme destacado por Polo e Magrini (2026) nos levantamentos sobre a gestão de embalagens rurais no Brasil. Também foram identificadas aplicações em resíduos eletroeletrônicos (Rocha; Penteado, 2016), no reaproveitamento de liner siliconado pelo programa *Liner-to-Liner* (Alcântara et al., 2026) e em alternativas como redistribuição, compostagem e biodigestão para resíduos alimentares (Souza et al., 2022). Esses resultados indicam que a valorização dos resíduos pode ocorrer por diferentes rotas tecnológicas e organizacionais, dependendo das características dos materiais, da infraestrutura disponível e das possibilidades de reinserção dos recursos nos processos produtivos.

Outra possibilidade identificada é a utilização de créditos de reciclagem ou créditos de logística reversa como instrumentos econômicos para estimular a recuperação de resíduos (Leite, 2020). Esses mecanismos dependem da comprovação e rastreabilidade da origem, quantidade, movimentação e destinação dos materiais — assegurada por ferramentas de auditabilidade, Certificados de Reciclagem (CRE) e plataformas digitais com *blockchain* (Leite, 2020; Alcântara et al., 2026; Souza, 2026). Dessa forma, geram receitas complementares para a cadeia e remuneram os serviços ambientais prestados, favorecendo diretamente cooperativas e associações de catadores (Leite, 2020; Souza, 2026) Essa dinâmica relaciona-se ao conceito de criação de valor compartilhado proposto por Porter e Kramer (2011), na medida em que articula benefícios ambientais, econômicos e sociais. Para que esses mecanismos funcionem de maneira confiável, entretanto, torna-se necessária a existência de informações verificáveis sobre os resíduos movimentados e sobre sua destinação.

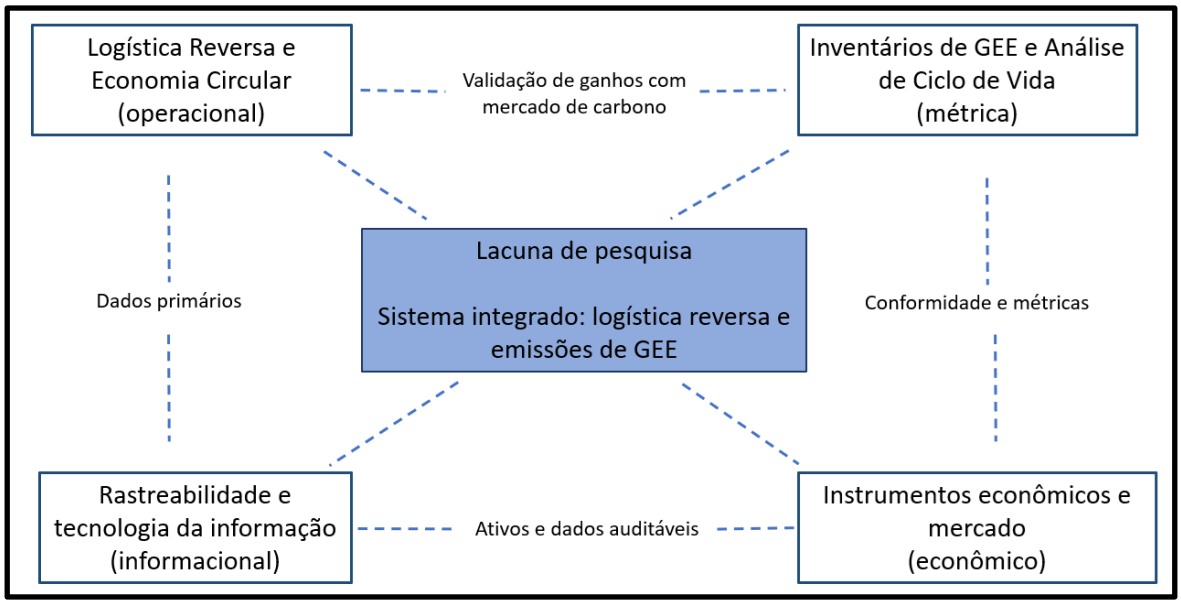
A efetividade dos sistemas reversos depende da atuação conjunta de fabricantes, distribuidores, comerciantes, consumidores, transportadores, cooperativas e poder público (Alvarenga; Rocha, 2023). Entretanto, persistem dificuldades relacionadas à baixa participação dos consumidores, infraestrutura insuficiente, fragilidade das cooperativas, descontinuidade de políticas públicas e aos custos de implantação, especialmente para micro e pequenas empresas (Bitencourt; Hernández, 2022; Custódio et al., 2024; Ribeiro; Carvalho, 2024; Cruz et al., 2025; Pedroso et al., 2025; Souza, 2026). Nesse contexto, tecnologias associadas à rastreabilidade, como RFID e *blockchain*, podem contribuir para aprimorar o registro e o acompanhamento das informações relacionadas à origem, quantidade, movimentação e destinação dos resíduos (Japan Patent Office, 1999; Japan Patent Office, 2010; Gopalakrishnan et al., 2021; Alcântara et al., 2026; Souza, 2026). A integração dessas tecnologias aos Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR) e aos Certificados de Destinação Final (CDF) pode ampliar a transparência, a confiabilidade e a auditabilidade das informações (Carraro; Hotza, 2025; Alcântara et al., 2026; Souza, 2026).

A análise de documentos de propriedade industrial contribui adicionalmente para compreender como essas necessidades de gestão e rastreabilidade vêm sendo traduzidas em soluções tecnológicas. A patente JP2010003113A descreve um sistema para a administração de resíduos industriais fundamentado em códigos de transação, possibilitando a associação de dados como gerador, local de origem, transportador, tipo de resíduo e destinatário. A patente JPH11282785, por sua vez, aborda um sistema destinado à administração de dados referentes a manifestos de resíduos industriais, incluindo informações acerca do resíduo, do tratamento e dos resultados do processo. Em âmbito nacional, também foi identificada a patente 07878-6 – INPI, denominada "SSGA-BRI – Sistema de Suporte à Gestão Ambiental – Balanço de Resíduos Industriais". O documento fornece informações relativas ao registro de um programa de computador associado ao controle de resíduos industriais; entretanto, em virtude da confidencialidade mencionada no trabalho, não revela os mecanismos de gestão envolvidos.

A incorporação das patentes tecnológicas à revisão narrativa amplia a análise ao aproximar a produção científica das possibilidades de aplicação tecnológica identificadas no campo. Enquanto os artigos científicos fornecem diagnósticos, quantificações, modelos de gestão e discussões sobre efeitos socioambientais, as patentes examinadas evidenciam possibilidades de aplicação da tecnologia à organização, ao monitoramento, à rastreabilidade, à auditoria e à certificação das informações relacionadas aos resíduos. Nesse âmbito, as tecnologias estudadas possibilitam estabelecer uma correlação entre o fluxo físico dos resíduos e o fluxo de informações, favorecendo a rastreabilidade dos processos e a produção de dados destinados à gestão e à auditoria.

A dimensão tecnológica deve ser analisada conjuntamente com o ambiente institucional e regulatório no qual os sistemas de gestão de resíduos são implementados. As legislações relacionadas à gestão, movimentação, destinação e rastreabilidade dos resíduos estabelecem obrigações e responsabilidades que podem influenciar a organização dos processos empresariais e a demanda por soluções de controle e comprovação. Dessa forma, a evolução do marco regulatório e dos mecanismos de responsabilização pode contribuir para ampliar a necessidade de registros confiáveis sobre a origem, quantidade, transporte, tratamento e destinação dos resíduos, criando condições para a incorporação de tecnologias de rastreabilidade e sistemas de informação ao mercado de gestão de resíduos.

Figura 1: Integração entre logística reversa e inventários de emissões de GEE



Fonte: Elaborado pelos autores

A partir das fontes analisadas, a literatura converge em quatro eixos teóricos e operacionais complementares, revelando, contudo, uma lacuna na integração entre logística reversa e emissões de GEE. Apesar dos avanços identificados, permanecem limitações relacionadas à escassez de bancos de dados regionais de ACV, à falta de padronização das informações, à ausência de parâmetros de emissão específicos e à quantidade ainda limitada de estudos empíricos. Também permanecem desafios relacionados aos custos de implantação das tecnologias, à disponibilidade e qualidade dos dados, à infraestrutura de coleta e recuperação, à informalidade de cooperativas e à baixa adesão dos consumidores. Além disso, os benefícios associados à recuperação dos materiais devem ser avaliados conjuntamente com possíveis impactos ambientais, ocupacionais e de saúde, de modo a evitar a transferência de impactos entre diferentes etapas do ciclo de vida.

De forma integrada, os resultados indicam que a articulação entre logística reversa, economia circular, gestão de resíduos, mensuração de emissões de GEE, ACV, rastreabilidade tecnológica e instrumentos econômicos pode contribuir para o uso mais eficiente dos recursos, a redução da geração de resíduos e a minimização dos impactos ambientais. A integração dessas dimensões também possibilita aproximar as necessidades regulatórias e de gestão das soluções tecnológicas disponíveis, favorecendo a produção de informações mais confiáveis para a tomada de decisão e para o acompanhamento dos fluxos de resíduos. Assim, a articulação entre essas abordagens constitui uma perspectiva relevante para a consolidação de sistemas produtivos mais sustentáveis e para a transição em direção a uma economia circular e de baixo carbono.

Por fim, a análise dos artigos avaliados indica que, embora a logística reversa e os inventários de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) sejam reconhecidos como instrumentos relevantes para a sustentabilidade e a transição para uma economia de baixo carbono, não foram identificados, no conjunto de estudos analisados, trabalhos que apresentassem de forma sistematizada a integração entre as práticas de logística reversa e os inventários de GEE. Especialmente por meio de procedimentos que relacionassem os dados dos fluxos reversos, como quantidade, origem, transporte, tratamento e destinação dos resíduos relacionados diretamente à quantificação das emissões. Os estudos encontrados tratam predominantemente essas dimensões de maneira complementar ou independente, abordando, de um lado, a recuperação, reutilização, reciclagem e destinação de resíduos e, de outro, a mensuração das emissões associadas às atividades organizacionais. Essa lacuna evidencia uma oportunidade de investigação voltada ao desenvolvimento de mecanismos capazes de sistematizar os dados da logística reversa e incorporá-los aos inventários de GEE, ampliando a capacidade de rastrear os fluxos de resíduos, quantificar suas emissões e subsidiar decisões de gestão ambiental.

4 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar como as práticas de logística reversa e os inventários de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) têm sido abordados na literatura científica, buscando identificar convergências, complementaridades e diferenças relacionadas à mensuração e à gestão das emissões associadas aos fluxos logísticos e às cadeias de suprimentos. A revisão narrativa realizada evidenciou um alinhamento temático entre diferentes abordagens, incluindo inventários corporativos de GEE, GHG Protocol, diretrizes do IPCC, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), economia circular, créditos de reciclagem e logística reversa aplicada a diferentes setores.

Apesar dessa convergência conceitual, os resultados indicam que permanece uma lacuna na integração operacional dessas abordagens. Não foram encontradas evidências, no conjunto de estudos analisados, de que a literatura científica tenha sistematizado procedimentos capazes de operacionalizar simultaneamente as práticas de logística reversa e a contabilização das emissões de GEE. Em particular, não foram identificados modelos que relacionassem, de forma estruturada, dados dos fluxos reversos, como quantidade e origem dos resíduos, transporte, tratamento, recuperação e destinação, aos procedimentos de quantificação das emissões. Encontram-se estudos que tratam as abordagens de maneira independente e, às vezes, complementares.

Essa lacuna possui relevância não apenas acadêmica, mas também prática. A integração entre os dados gerados pelas operações de logística reversa e os processos de contabilização de GEE pode contribuir para transformar informações atualmente dispersas em dados ambientais passíveis de mensuração, rastreamento e utilização na gestão.

A operacionalização dessa integração permitiria relacionar os fluxos físicos dos resíduos às respectivas fontes de emissão, ampliando a capacidade das organizações de identificar pontos críticos, avaliar alternativas de transporte, tratamento e destinação e acompanhar os resultados ambientais das ações de recuperação e reciclagem. Dessa forma, a mensuração das emissões deixa de constituir apenas um procedimento de reporte e passa a apoiar decisões diretamente relacionadas à operação da logística reversa.

Nesse contexto, futuras pesquisas podem avançar no desenvolvimento e na validação de modelos aplicados que integrem dados operacionais da logística reversa aos inventários de GEE. Também são relevantes o desenvolvimento de indicadores quantitativos para acompanhamento dos fluxos reversos e das emissões associadas, o aprimoramento de mecanismos de rastreabilidade e a investigação dos aspectos econômicos relacionados aos créditos de reciclagem, à logística reversa e aos créditos de carbono. Particularmente, tecnologias de rastreabilidade podem contribuir para estabelecer uma conexão entre os fluxos físicos e informacionais dos resíduos, permitindo registrar sua origem, movimentação, tratamento e destinação e, consequentemente, produzir informações mais consistentes para a gestão ambiental e para os inventários corporativos de GEE.

Assim, a principal contribuição desta revisão consiste em evidenciar que a literatura apresenta amplo diálogo entre logística reversa, gestão de resíduos, economia circular, ACV e mensuração de GEE, mas ainda carece de soluções que articulem essas dimensões em um procedimento operacional integrado. O desenvolvimento dessa abordagem pode favorecer a produção de informações ambientais mais completas e rastreáveis e, sobretudo, aproximar a contabilização das emissões das decisões efetivamente tomadas nas operações de logística reversa. Essa perspectiva é relevante para que a mensuração de GEE não se limite à identificação e ao registro das emissões, mas possa subsidiar intervenções concretas nos fluxos de materiais, contribuindo efetivamente para a gestão ambiental.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. B.; MATTOS, U. A. O.; ESTEVES, V. P. P. Avaliação do ciclo de vida da cadeia no coprocessamento de resíduos industriais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 6, p. 377-386, 2021.

ALCÂNTARA, G. C.; CAMPOS, R. V. M.; GERÔNIMO, B. M.; GROFF, A. M.; MORAIS, M. F. Implementação da logística reversa e rastreabilidade 4.0: estudo de caso em uma indústria multinacional de materiais autoadesivos e RFID. In: **CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE (CONRESOL)**, 9., 2026, Curitiba. Anais [...]. Curitiba, 2026.

ALVARENGA, C. S.; ROCHA, D. J. Logística reversa e reciclagem como forma de mitigar o excesso de resíduos sólidos em aterros sanitários e seus impactos ambientais. **Revista de Direito, Globalização e Responsabilidade nas Relações de Consumo**, v. 9, n. 2, p. 35-55, 2023.

AZEVEDO, M. L.; MOREIRA, A. A. A. P. Logística reversa como estratégia de sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos empresariais: uma revisão sistemática da literatura. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 2026.

BITENCOURT, J. da S.; HERNÁNDEZ, C. T. Análise das práticas de logística reversa (LR) na região Sul Fluminense, após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). **Revista de Administração, Sociedade e Inovação**, v. 8, n. 1, p. 7-22, 2022.

BOCKEL, L. et al. Global environmental change and circular economy strategies for decarbonization. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 46, p. 215-242, 2021.

BRASIL. Decreto nº 11.413, de 13 de fevereiro de 2023. Institui o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral, o Certificado de Crédito de Reciclagem de Embalagens em Geral e o Certificado de Crédito de Massa Futura, no âmbito dos sistemas de logística reversa de embalagens em geral. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2023.

CARNEIRO, L. F.; COELHO, B. M.; RODOLFO, A. L.; CAMPOS, G. S. Logística reversa: desafios e promessas na busca de uma economia circular. In: **CONGRESSO VIRTUAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E SOFTWARE LIVRE (UEADSL)**, 10., 2021. Anais [...]. Belo Horizonte: UFMG, 2021.

CARRARO, C. G.; HOTZA, D. Diagnóstico de resíduos sólidos industriais em Santa Catarina a partir de manifestos de transporte de resíduos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 12, n. 31, p. 641-665, 2025.

COOPERATIVA CENTRAL DOS PRODUTORES DE LEITE (CCPL). **A aplicação de créditos de reciclagem e logística reversa de embalagens na cadeia do leite**. Belo Horizonte: CCPL, 2022.

COSTA, E. Sustentabilidade na aviação: avaliação do ciclo de vida de componentes substituídos em manutenção aeronáutica. **Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, v. 4, n. 1, 2024.

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. B. Ciclo do carbono (C) e sistemas agroflorestais na sustentabilidade da produção agrícola: revisão de literatura. **Incaper em Revista**, v. 13-14, p. 6-19, 2023.

CRUZ, U. R. X. da; GARCIA, R. A.; DÍAZ, M. A. Gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos: educação ambiental, economia circular e políticas públicas no Brasil. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 13, n. 88, 2025.

CUSTÓDIO, M. M.; JUNQUEIRA, J. C.; MANRIQUE, J. I. T. Resíduo zero para a economia circular: a importância dos municípios e de suas políticas públicas de economia circular. **Veredas do Direito**, v. 21, e212656, 2024.

ESQUIVEL, E. M. R.; KONOPATZKI, E. A.; BARALDI, I. J.; SANTOS JUNIOR, E. L. Economia circular na indústria de embalagens plásticas: uma prospecção tecnológica de métodos e técnicas. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL (CONGEA)**, 16., 2025, Recife. Anais [...]. Recife, 2025.

FAUSTO, J. P.; PEREIRA, V. V.; LEITE, I. B.; DUARTE, F. A. O.; CAVALCANTI, R. S.; DRUZIAN, M. E. B.; ALBUQUERQUE, A. R. Meio ambiente e sustentabilidade: a Política Nacional de Resíduos Sólidos como ferramenta da promoção do desenvolvimento sustentável. **Veredas do Direito**, v. 23, e235330, 2026.

FERNANDES, D. C.; LONGO, O. C.; CAIANO, R. G.; KAISER, E. R.; BALDAM, A. L. P. Governança e desafios no mercado de crédito de carbono: uma análise comparativa entre resíduos industriais e resíduos sólidos no Estado do Rio de Janeiro. **Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA)**, v. 18, n. 12, e09502, 2024.

FERNANDES, D. C. O mercado de carbono como instrumento para a transição ecológica e descarbonização da economia. **Revista Eletrônica de Direito do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)**, v. 10, n. 18, 2024.

FIN, E.; MAFFESSONI, D.; TRAMONTINA, A. C. Panorama do coprocessamento de resíduos industriais no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 9, n. 2, p. 94-103, 2023.

GAMA, P. H. V.; SCALOPPE, L. M. As emissões de gases de efeito estufa e o crédito de carbono. **Revista Humanidades e Inovação**, v. 10, n. 18, p. 202-212, 2023.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 11-32, 2016.

GOPALAKRISHNAN, M.; PREMA, R.; SARAVANAN, D. Circular economy in product development: a case study. **Circular Economy**, p. 113-127, 2021.

JAPAN PATENT OFFICE (JPO). **JPH11282785 document drawing: waste management and tracking system**. Tokyo: JPO, 1999.

JAPAN PATENT OFFICE (JPO). **JPH11282785A: system and method for tracking and processing industrial waste materials**. Tokyo: JPO, 1999.

JAPAN PATENT OFFICE (JPO). **JP2010003113A: industrial waste management system and method based on industrial waste transaction pattern code**. Inventor: Takahashi et al. Tokyo: JPO, 2010.

JAPAN PATENT OFFICE (JPO). **JP2010003113A document drawing: schematics of industrial waste management system**. Tokyo: JPO, 2010.

KRUSE, B. C. Considerações pungentes ao mercado de crédito de carbono. **Revista Perspectivas Sociais**, v. 9, n. 1, p. 14-39, 2023.

LACERDA, L. Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. **Revista Tecnologística**, São Paulo, n. 74, p. 46-50, 2002.

LEITE, H. P. S. **Créditos de logística reversa: estado atual e oportunidades de melhoria**. Estudo Técnico. Brasília, DF: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2020.

LEITE, P. R. **Logística reversa: sustentabilidade e competitividade**. 3. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2017.

LIMA, R. M. et al. Métodos e técnicas de economia circular: um mapeamento da literatura científica nas bases Scopus e Web of Science. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, 16., 2025, Recife. Anais [...]. Recife: IBEAS, 2025.

LUIZ, C. M.; CARMO, C. R. S. Industrialização e emissões de gases do efeito estufa: análise quantitativa do perfil energético industrial brasileiro. **Gestión Joven**, v. 26, n. 4, p. 26-42, 2025.

MARCONDES, L. P.; PARISOTTO, I. R. S. Obtenção do crédito de carbono através de projetos de cogeração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar em uma agroindústria sucroalcooleira da região noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade (RMS)**, v. 3, n. 3, p. 116-136, 2013.

MARTÍNEZ, M. P.; DIAS, K. T. S.; BRAGA JÚNIOR, S. S.; SILVA, D. La logística inversa como herramienta para la gestión de resíduos de los supermercados de venta al por menor. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 3, p. 150-165, 2017.

MENDES-DA-SILVA, Wesley. Contribuições e limitações de revisões narrativas e sistemáticas na área de negócios. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 1-11, 2019.

MENDONÇA, R. T. **Logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos: um estudo na região de Nepomuceno-MG**. 2020. Monografia — UNIFAL-MG, 2020.

NASCIMENTO, T. C.; SANTOS, L. T. S. Contribuições das práticas de logística reversa para o desenvolvimento sustentável. **Revista Científica Semana Acadêmica**, ed. 232, v. 11, 2023.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise das emissões de gases de efeito estufa dos sistemas alimentares no Brasil (1990-2021): relatório do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)**. São Paulo: Observatório do Clima, 2023.

PEDROSO, B. C.; JAQUETTI, D. K. S.; BONETE, J. C.; VEIGA, T. B. Evolução dos indicadores de resíduos sólidos urbanos no Brasil (2018–2023): perspectivas e diretrizes em relação à saúde pública e aos ODS. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 13, n. 48, 2025.

POLO, L. H. T.; MAGRINI, R. C. A efetividade da logística reversa de defensivos agrícolas na redução dos impactos ambientais. **Revista FT**, v. 30, n. 158, 2026.

PORTER, M. E.; KRAMER, M. R. Creating shared value: how to reinvent capitalism — and unleash a wave of innovation and growth. **Harvard Business Review**, Boston, v. 89, n. 1/2, p. 62-77, 2011.

RIBEIRO, M. C. de A.; CARVALHO, C. P. Logística 4.0: uma revisão bibliográfica como base para a avaliação da implantação da tecnologia RFID integrada à blockchain no gerenciamento da cadeia de suprimentos. In: **SIMPÓSIO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (SAEPRO) DA EEL-USP**, 2024, Lorena. Anais [...]. Lorena, 2024.

ROCHA, T. B.; CARMEN LÚCIA. Avaliação do ciclo de vida do gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). In: **CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA**, 5., 2016, Campinas. Anais [...]. Campinas: UNICAMP, 2016. p. 78-89.

ROCHA, T. B.; PENTEADO, C. S. G. S. Impactos e benefícios ambientais do gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos. **LALCA: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida**, edição especial, p. 78-89, 2016.

RODRIGUES, R. O. A logística reversa como um diferencial competitivo. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, e36311629354, 2022.

SANTOS, F. A.; PEDROSO, M. P.; RIBEIRO, A. G. C. Gestão de resíduos sólidos no Brasil: análise dos resíduos sólidos siderúrgicos e da construção e demolição. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 22, p. 867-876, 2022.

SANTOS, J. F. et al. Análise da legislação e do panorama de gestão de resíduos sólidos industriais e perigosos no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 22, p. 867-876, 2022.

SCHREIBER, D.; SANDER, S. C.; BECKER, V. J.; FROEHLICH, C. Internet das coisas como viabilizadora da logística reversa na indústria calçadista: evidências de um estudo de caso no Brasil. **NAVUS: Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 18, e1924, 2026.

SILVA, L. V.; ERBE, M. C. L.; FASSI JUNIOR, E. C.; GOBBI, E. F. Caracterização de fluxos de resíduos sólidos e oportunidades para destinações alternativas ao aterro sanitário. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 10, n. 26, p. 1389-1399, 2023.

SILVA, M. A. et al. Diagnóstico e gestão de resíduos sólidos industriais no setor metalmecânico. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 21, 2022.

SILVA FILHO, C. R. V.; SOLER, F. D. **Gestão de resíduos sólidos e logística reversa no Brasil: panorama regulatório e estratégias corporativas**. São Paulo: S2F Partners, 2022.

SILVA JÚNIOR, J. C.; SOUZA, F. D.; BARBOZA, M. G.; VICH, D. V.; SALOMON, K. R. Inventário das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em uma companhia de saneamento. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 15, n. 2, p. 530-547, 2022.

SOUZA, E. G. de et al. Diagnóstico dos resíduos sólidos industriais têxteis: Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) como forma de gerenciamento dos resíduos de uma malharia no município de Farroupilha/RS. In: **CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE**, 5., 2022, Gramado. Anais [...]. Gramado: IBEAS, 2022. p. 1-7.

SOUZA, V.; FIGUEIREDO, A. M. R. Logística reversa no Brasil: barreiras, estratégias e a atuação do Estado. **REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 15, n. 3, p. 1-18, 2026.

STAHEL, W. R. Circular economy. **Nature**, p. 6-9, 2016.

VALLE, R.; SOUZA, G. **Logística reversa: processos e aplicações**. São Paulo: Atlas, 2013.