

**A RELEVÂNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA E SUA EVOLUÇÃO NO CONTEXTO BRASILEIRO****THE RELEVANCE OF REVERSE LOGISTICS AND ITS EVOLUTION IN THE BRAZILIAN CONTEXT****LA RELEVANCIA DE LA LOGÍSTICA INVERSA Y SU EVOLUCIÓN EN EL CONTEXTO BRASILEÑO**Diron Paiva Guerra¹

e768010

<https://doi.org/10.47820/recima21.v7i6.8010>**PUBLICADO: 06/2026****RESUMO**

Este estudo analisa a evolução da logística operacional para um sistema de ciclo fechado, com ênfase na logística reversa no território nacional. O trabalho investiga o fluxo de retorno de materiais após o consumo e as dificuldades de implementação desse sistema no cenário atual. A pesquisa utiliza o método de revisão integrativa para comparar a infraestrutura nacional com referências internacionais de sucesso no setor. Os resultados indicam que a eficiência do processo depende diretamente da proximidade dos pontos de coleta e da instrução adequada dos usuários finais. O artigo também examina inovações tecnológicas voltadas para a decomposição biológica de polímeros sintéticos e o desenvolvimento de novos insumos para embalagens menos persistentes no meio ambiente. Discute-se como a ciência dos materiais pode contribuir para reduzir o volume de resíduos que não são captados pelos sistemas de triagem convencionais. Além disso, destaca-se o papel fundamental das instituições de ensino básico na formação de cidadãos conscientes sobre a gestão de resíduos, o que reduz custos públicos e melhora a pureza dos materiais recicláveis. Conclui-se que o avanço da área exige investimentos em pesquisa, projetos de produtos voltados para a sustentabilidade e programas de educação ambiental. A integração entre o desenvolvimento tecnológico e a conscientização social é apontada como o caminho para aumentar a competitividade das organizações e cumprir as metas ambientais estabelecidas para os próximos anos.

PALAVRAS-CHAVE: Logística Reversa. Economia Circular. Biotecnologia**ABSTRACT**

This study analyzes the evolution of operational logistics towards a closed-loop system, with an emphasis on reverse logistics in the national territory. The work investigates the return flow of materials after consumption and the difficulties of implementing this system in the current scenario. The research uses the integrative review method to compare the national infrastructure with successful international references in the sector. The results indicate that the efficiency of the process depends directly on the proximity of collection points and the adequate instruction of end users. The article also examines technological innovations aimed at the biological decomposition of synthetic polymers and the development of new inputs for packaging that are less persistent in the environment. It discusses how materials science can contribute to reducing the volume of waste that is not captured by conventional sorting systems. In addition, it highlights the fundamental role of basic education institutions in training citizens aware of waste management, which reduces public costs and improves the purity of recyclable materials. It concludes that the advancement of the area requires investments in research, product projects focused on sustainability, and environmental education programs. The integration between

¹ Bacharel em Administração e tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Unigranrio. Pós-graduando em MBA em Tecnologia para Negócios, AI Data Science e Big Data pela PUCRS.



technological development and social awareness is seen as the way to increase the competitiveness of organizations and meet the environmental goals set for the coming years.

KEYWORDS: *Reverse Logistics. Circular Economy. Biotechnology*

RESUMEN

Este estudio analiza la evolución de la logística operativa hacia un sistema de ciclo cerrado, con énfasis en la logística inversa en el territorio nacional. El trabajo investiga el flujo de retorno de materiales tras su consumo y las dificultades de implementar este sistema en el contexto actual. La investigación utiliza el método de revisión integradora para comparar la infraestructura nacional con referencias internacionales exitosas en el sector. Los resultados indican que la eficiencia del proceso depende directamente de la proximidad de los puntos de recogida y de la adecuada formación de los usuarios finales. El artículo también examina las innovaciones tecnológicas dirigidas a la descomposición biológica de polímeros sintéticos y al desarrollo de nuevos insumos para envases con menor impacto ambiental. Se analiza cómo la ciencia de los materiales puede contribuir a reducir el volumen de residuos que no se recogen mediante los sistemas de clasificación convencionales. Además, se destaca el papel fundamental de las instituciones de educación básica en la formación de ciudadanos conscientes de la gestión de residuos, lo que reduce los costes públicos y mejora la pureza de los materiales reciclables. Se concluye que el avance en este ámbito requiere inversiones en investigación, proyectos de productos centrados en la sostenibilidad y programas de educación ambiental. La integración entre el desarrollo tecnológico y la conciencia social se considera la vía para aumentar la competitividad de las organizaciones y alcanzar los objetivos ambientales establecidos para los próximos años.

PALABRAS CLAVE: *Logística inversa. Economía circular. Biotecnología.*

INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos e a logística reversa consolidaram-se como pilares da viabilidade organizacional. O esgotamento do modelo linear impulsiona a transição para a Economia Circular, amparada no Brasil pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Contudo, a execução prática enfrenta barreiras estruturais e tecnológicas que demandam análise multidisciplinar estratégica.

Como quarto maior gerador de lixo plástico global (WWF, 2019; VALLE; GUARNIERI; FILIPPI, 2023), o Brasil demanda uma logística reversa que transcenda a eficiência administrativa, alcançando a segurança ambiental. Ante a ineficiência de modelos mecânicos, propõe-se a integração da logística à biotecnologia. O uso de embalagens biodegradáveis (KUBASKI; ITO, 2017) e a biodegradação por fungos como o *Pestalotiopsis microspora* (CALIXTO, 2023) surgem como diferenciais competitivos e redutores de passivos ambientais.

A pesquisa de Kubaski e Ito (2017) sobre embalagens biodegradáveis produzidas a partir de resíduos de batata e malte de cerveja exemplifica como a Ecologia Industrial pode redesenhar



o fluxo de retorno. Se a embalagem possui a capacidade de se degradar naturalmente, a pressão sobre o transporte físico de resíduos é drasticamente reduzida.

Ademais, a fronteira tecnológica expande-se com a utilização de microrganismos. A descoberta da capacidade de biodegradação do poliuretano pelo fungo *Pestalotiopsis microspora*, detalhada por Calixto (2023), insere a biotecnologia como uma camada de segurança no ciclo de vida dos produtos. Para as empresas, esta não é apenas uma questão de sustentabilidade, mas um diferencial competitivo estratégico. Como salientam Silva *et al.* (2022), organizações que dominam o ciclo de vida dos seus produtos ganham em reputação, valor de mercado e conformidade com os novos indicadores *ESG (Environmental, Social and Governance)*.

Esta investigação questiona: como superar o déficit infraestrutural brasileiro integrando modelos internacionais e inovações biotecnológicas? O estudo justifica-se pela urgência em alinhar a logística ao Plano Nacional de Economia Circular (2025-2034). O objetivo geral é analisar desafios e oportunidades da área, propondo a biotecnologia e o comparativo internacional (Brasil x Suíça) como vias para a eficiência sistêmica e desoneração do Estado

Analisar comparativamente os modelos de logística reversa do Brasil e da Suíça, identificando os fatores críticos de sucesso internacional. Investigar o potencial de inovações biotecnológicas na mitigação de resíduos polímeros não captados pelos sistemas convencionais.

A eficácia da logística reversa é indissociável da educação de base, tornando o ensino sobre descarte um imperativo logístico e pedagógico. No horizonte 2025-2034, a área consolida-se como diferencial competitivo e imperativo estratégico para as organizações.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. O percurso histórico da logística no Brasil

A compreensão da logística reversa no Brasil exige, primeiramente, um olhar retrospectivo sobre como a própria logística direta se consolidou no país. Historicamente, a logística era percebida apenas como um centro de custos operacionais e uma atividade de suporte ao fluxo direto de mercadorias. Contudo, a transição para um modelo de ciclo fechado, impulsionada por pressões socioambientais e regulatórias desde o final do século XX, transformou esse paradigma em uma vantagem competitiva estratégica voltada à recuperação de valor. Este despertar ocorreu em um momento em que as empresas perceberam que a eficiência na entrega poderia ser um diferencial competitivo tão relevante quanto a qualidade do próprio produto.



Contudo, o grande salto qualitativo e a modernização das infraestruturas brasileiras ocorreram na década de 1990. Conforme Barbosa, Lima e Chagas (2012) discutem, a abertura do mercado brasileiro e a estabilização econômica forçaram as organizações a adotarem padrões internacionais de gestão. A informatização dos processos e a integração da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management*) permitiram que as empresas tivessem maior visibilidade sobre seus ativos. Foi nesse cenário de amadurecimento que a logística reversa começou a emergir não mais como um retrabalho, mas como uma necessidade de fechamento de ciclo. O Brasil passava a entender que o compromisso da empresa com o produto não terminava no ato da venda, mas se estendia até o destino final das embalagens e resíduos.

Diferente da logística convencional, que flui do produtor ao consumidor, a logística reversa opera no sentido oposto. Para Silva, Leite e Dechandt (2014), a logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas e estoques, do ponto de consumo para o ponto de origem, com o propósito de recuperar valor ou garantir a disposição final adequada. É fundamental entender que a logística reversa se divide em dois grandes canais: o pós-venda e o pós-consumo.

O canal de pós-venda lida com produtos que retornam à cadeia sem terem sido utilizados pelo consumidor final, seja por defeitos, excesso de estoque ou erros de expedição. Já o canal de pós-consumo, que é o núcleo das discussões ambientais contemporâneas, trata de produtos que atingiram o fim de sua vida útil (como baterias, pneus e embalagens). A complexidade aqui é exponencialmente maior, pois exige que o consumidor final seja educado a devolver o resíduo. Como salienta Leite (2009), a logística reversa de pós-consumo é um desafio de logística de capilaridade, onde o sucesso depende da facilidade que o cidadão encontra para realizar o descarte, um ponto que, como veremos adiante, é o grande calcanhar de Aquiles da realidade brasileira frente à europeia.

1.2. A logística reversa sob a ótica da Economia Circular e do ESG

Atualmente, não é possível discutir logística reversa sem inseri-la no paradigma da Economia Circular. A Economia Circular propõe uma ruptura definitiva com o modelo linear de extrair, produzir e descartar. Este conceito fundamenta-se na regeneração de sistemas naturais e na manutenção da utilidade de produtos e componentes pelo maior tempo possível, utilizando a Logística Reversa como o principal vetor operacional. Nesse sentido, o Plano Nacional de Economia Circular (2025-2034) posiciona a logística reversa como a espinha dorsal da transição ecológica brasileira. O objetivo é que o material coletado não seja apenas reciclado, mas que mantenha seu valor econômico pelo maior tempo possível dentro da cadeia produtiva (BRASIL, 2025).



Paralelamente, a ascensão dos critérios *ESG* (*Environmental, Social and Governance*) transformou a logística reversa em um indicador de saúde corporativa. Investidores globais e o mercado financeiro passaram a penalizar empresas que negligenciam o impacto ambiental de seus resíduos pós-consumo. Silva e Mattos (2019) argumentam que as empresas que adotam práticas robustas de logística reversa não estão apenas limpando o meio ambiente, mas mitigando riscos legais, operacionais e reputacionais. A logística reversa tornou-se, portanto, a face visível da governança ambiental das empresas, sendo essencial para a manutenção da sustentabilidade corporativa a longo prazo.

Os motivadores para a implementação da logística reversa variam entre a conformidade legal e o ganho de imagem, mas o motivador econômico tem ganhado força. O reaproveitamento de materiais como alumínio, vidro e polímeros reduz a dependência de insumos virgens, cujos custos são voláteis. Entretanto, no Brasil, as barreiras são tão grandes quanto os motivadores. Thode Filho *et al.* (2015) destacam que a principal barreira é a falta de infraestrutura de coleta seletiva na maioria dos municípios.

Muitas vezes, o cidadão deseja descartar corretamente, mas a ausência de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) acessíveis e a falta de campanhas educativas contínuas geram uma fadiga ambiental. Ao contrário da Suíça ou da Espanha, onde o descarte correto é facilitado pela proximidade física, no Brasil o descarte exige um esforço logístico do próprio cidadão. Sem incentivos fiscais claros para as empresas e sem sanções efetivas para o descarte inadequado, a logística reversa brasileira corre o risco de permanecer apenas como uma diretriz teórica da PNRS, sem atingir a escala necessária para transformar o panorama da gestão de resíduos no país.

2. METODOLOGIA

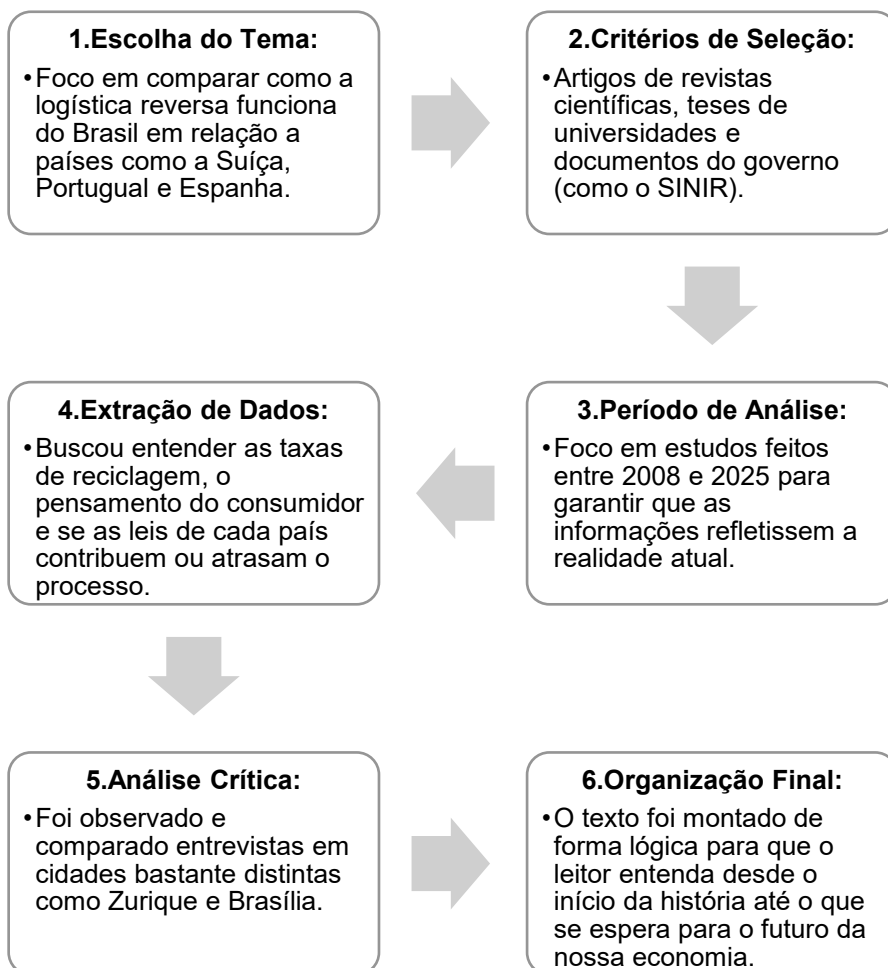
A revisão integrativa constitui-se como uma abordagem metodológica que permite a síntese de múltiplos estudos publicados, proporcionando uma compreensão abrangente de um fenômeno específico. Esta técnica viabiliza a construção de uma estrutura analítica robusta, facilitando a identificação de lacunas no conhecimento e a integração de constructos teóricos distintos.

Para a construção do corpo do documento, foram consultadas bases de dados como Scielo e Periódicos CAPES, utilizando os descritores: "Logística Reversa", "Economia Circular", "PNRS" e "Sustentabilidade Corporativa". Os critérios de seleção incluíram artigos científicos indexados publicados entre 2008 e 2025, além de documentos governamentais estratégicos, como o Plano Nacional de Economia Circular (2025-2034). Foram excluídas fontes não

acadêmicas para assegurar a robustez metodológica. A análise foi conduzida sob uma perspectiva crítico-comparativa, contrastando o estágio de maturidade da logística reversa no Brasil com os modelos europeus da Suíça, Portugal e Espanha.

O percurso metodológico seguiu as etapas rigorosas de: formulação da questão norteadora, estabelecimento de critérios de inclusão/exclusão, categorização dos estudos e interpretação crítica dos resultados.

Figura 1. Fluxograma das etapas da metodologia de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.



3. EVOLUÇÃO DA LOGÍSTICA E A EMERGÊNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA NO BRASIL

Para entendermos por que a logística reversa é tão falada hoje, precisamos olhar para trás e ver como o Brasil lidava com seus processos internos. Conforme apontam Arieira, Paulique e Ferreira (2008), a logística como ferramenta de negócio é algo novo por aqui. Foi só ali pelos anos 80 que as empresas começaram a perceber que organizar melhor o fluxo de mercadorias não era apenas um gasto necessário, mas uma forma de se destacar no mercado.

A grande mudança, porém, veio nos anos 90. Com a chegada do Plano Real, que estabilizou a nossa moeda, e a abertura das fronteiras para produtos estrangeiros, as empresas nacionais tiveram que correr para se modernizar. Barbosa, Lima e Chagas (2012) explicam que esse foi um tempo de muito investimento em tecnologia e em transporte de melhor qualidade. Essa digitalização dos processos permitiu que as empresas tivessem agilidade para começar a pensar em fluxos mais difíceis, como o caminho de volta dos produtos após o uso.

A ideia de logística reversa nasceu para tentar consertar os efeitos negativos que o crescimento industrial desenfreado causou ao meio ambiente. Enquanto a logística comum se preocupa com a entrega rápida e correta, a logística reversa foca em trazer o que sobrou do produto de volta para a fábrica ou para a reciclagem. Enquanto Silva, Leite e Dechandt (2014) enfatizam as barreiras de infraestrutura física, Souza *et al.* (2012) reforçam que o gargalo operacional também reside na fragilidade dos canais de logística reversa pós-consumo e na dependência de cooperativas informais

No Brasil, podemos dizer que três grandes motivos impulsionam a logística reversa hoje, os fatores econômicos, os legais e os fatores de imagem e sustentabilidade.

Materiais como alumínio, cobre e plásticos deixaram de ser vistos como lixo e passaram a ser ativos financeiros valiosos. Quando a empresa recupera esses itens, ela gasta menos para produzir e se protege de crises no fornecimento.

A Lei nº 12.305/2010 (PNRS) criou regras obrigatórias para setores específicos, como o de pilhas, baterias, pneus e agrotóxicos, obrigando as empresas a criarem sistemas de retorno para não sofrerem multas pesadas.

Com o avanço do ESG, quem ignora o destino do seu lixo acaba sendo punido pelo mercado e pelos consumidores. Ter um bom sistema de logística reversa hoje é uma prova real de que a empresa se preocupa com o mundo em que vivemos.



4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL CONTEMPORÂNEA

Hoje em dia, não dá mais para falar de logística reversa sem falar de Economia Circular, elas andam de mãos dadas, sendo a logística reversa a parte prática que faz a roda girar. Ao contrário do modelo antigo, que era uma linha reta onde tudo acabava no lixo, a economia circular propõe um sistema onde o valor de tudo o que produzimos é mantido por muito mais tempo.

O Plano Nacional de Economia Circular (2025-2034) deixa claro que precisamos diminuir o descarte e fazer com que os recursos voltem para a indústria por meio da reciclagem ou do reuso (Brasil, 2025). A logística reversa é o que chamamos de fechamento do ciclo pois ela garante que o material usado não vá parar num lixão, mas sim em centros onde será transformado em algo novo. Isso é fundamental para reduzir a extração de recursos naturais e combater as mudanças climáticas, já que produzir com material reciclado geralmente polui muito menos.

A competitividade no cenário global contemporâneo não se limita mais à eficiência da entrega direta ou ao preço final do produto. Segundo Silva *et al.* (2022), a logística reversa emergiu como uma ferramenta indispensável para definir o posicionamento e o crescimento das organizações que buscam longevidade. Em um mercado saturado, onde os produtos se tornam *commodities* rapidamente, a forma como uma empresa gerencia o fim da vida útil de seus bens torna-se um critério de desempate para o consumidor e para o investidor.

A viabilidade dos sistemas de retorno exige uma gestão integrada que harmonize o design de produtos ecologicamente eficientes com uma rede logística capaz de processar o descarte de forma eficiente. Sem essa simbiose entre o setor industrial e os operadores logísticos, a sustentabilidade permanece apenas no plano teórico. A logística reversa permite que as empresas respondam a essas demandas contraditórias através da otimização operacional. Ao planejar o retorno de materiais, a organização não apenas cumpre metas éticas, mas cria um ciclo fechado que protege a empresa contra a volatilidade dos preços das matérias-primas virgens.

A melhoria da imagem corporativa é um dos ganhos mais tangíveis citados por Silva *et al.* (2022). Existe uma tendência irreversível de os consumidores priorizarem marcas ecologicamente corretas. A implementação de canais reversos eficazes comunica ao mercado que a empresa possui uma visão de longo prazo e responsabilidade sistêmica. Esse ganho em reputação é traduzido em fidelização e na abertura de novos nichos de mercado que antes eram inacessíveis a empresas com modelos puramente lineares.



5. BENEFÍCIOS ORGANIZACIONAIS E OPERACIONAIS: DO LUCRO À SUSTENTABILIDADE

Um dos maiores mitos sobre a logística reversa é que ela representaria apenas um custo adicional para as empresas. Contudo, Guilherme (2016) demonstra que a gestão responsável dos materiais permite uma redução significativa de gastos. Ao recuperar componentes, peças e embalagens, a organização consegue reinseri-los no processo de fabrico, economizando na compra de novos insumos. Essa otimização operacional transforma o que seria lixo em matéria-prima secundária de alto valor, gerando ganhos de eficiência que impactam diretamente o EBITDA (Lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização) da companhia.

5.2. Mitigação de riscos jurídicos e conformidade ambiental

As organizações modernas operam sob um escrutínio legal sem precedentes. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o novo Plano Nacional de Economia Circular impõem sanções severas para o descumprimento de metas de recolha. Silva *et al.* (2022) destacam que a logística reversa atua como um mecanismo de defesa contra passivos ambientais e multas pesadas. Mais do que evitar punições, a conformidade legal proativa permite que a empresa acesse linhas de crédito de ecologicamente correta e participe em licitações públicas que exigem critérios rigorosos de sustentabilidade, abrindo portas para mercados que empresas irregulares não conseguem acessar.

A logística reversa é, acima de tudo, um motor de inovação. Segundo os achados de Guilherme (2016), o processo de desmontagem e recuperação de materiais força as empresas a repensarem o *design* dos seus produtos. Isso leva à criação de bens mais fáceis de reparar e reciclar, o que pode originar novos modelos de negócio, como a venda de serviços em vez de produtos ou o mercado de produtos remanufaturados com garantia de fábrica, assim a logística reversa deixa de ser um fim de linha para se tornar o início de um novo ciclo de receitas.

6. ANÁLISE COMPARATIVA INTERNACIONAL: O CONTRASTE OPERACIONAL E SOCIOCULTURAL

A compreensão da logística reversa como uma ferramenta de eficiência global exige uma análise que transcenda a teoria e se debruce sobre os dados empíricos. Nesta seção, exploramos o abismo que separa a execução da logística reversa em países de economia consolidada, como a Suíça, Portugal e Espanha, da realidade emergente e desafiadora do Brasil. Como salientam Silva, Leite e Dechandt (2014), a ineficiência nos países em desenvolvimento



não é apenas uma falha de infraestrutura, mas uma ausência de normas enraizadas no cotidiano da sociedade.

6.1. O modelo de Zurique (Suíça) vs a realidade brasileira

A Suíça é frequentemente citada como o padrão de ouro na gestão de resíduos sólidos. Em Zurique, a logística reversa é totalmente eficiente porque é tratada como um dever cívico e uma necessidade econômica. De acordo com os questionários aplicados por Silva, Leite e Dechandt (2014), a população de Zurique apresenta um nível de conhecimento de 100% sobre os locais e métodos de descarte de resíduos complexos, como os eletroeletrônicos.

Esta eficiência funciona graças a três engrenagens fundamentais, o sistema de sacos oficiais (Züri-Sack) onde o cidadão paga pelo lixo que gera. Os sacos de lixo comuns são caros e tributados, enquanto o descarte de materiais recicláveis em pontos de logística reversa é gratuito. Isso cria um incentivo econômico imediato, assim o cidadão entende que reciclar poupa dinheiro diretamente ao orçamento doméstico.

Infraestrutura da cidade está repleta de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) altamente sinalizados tornando o descarte de vidro, metal, papel e eletrônicos seja integrado na rotina do cidadão, exigindo um esforço logístico mínimo. Reforçando a ideia de reciclagem, entra a fiscalização e a educação, uma através de um regime de multa rigoroso para quem descumpra as regras de triagem e a outra acompanhando o cidadão a respeito da educação ambiental contínua que começa no ensino primário, consolidando a ideia de que o resíduo é um recurso que deve retornar ao ciclo produtivo.

Ao contrastar Zurique com Brasília, uma cidade que, no contexto brasileiro, possui um dos maiores PIBs per capita e altos níveis de escolaridade, os resultados revelam um grande paradoxo. Apesar de possuírem condições financeiras semelhantes às dos suíços, os brasilienses demonstram uma profunda ineficiência na prática da logística reversa.

A pesquisa de Silva, Leite e Dechandt (2014) demonstrou que a maioria dos brasilienses falha na execução prática por falta de conveniência logística. Os dados indicam que a maioria dos moradores de Brasília ainda descarta resíduos eletroeletrônicos no lixo comum ou os mantém acumulados em casa por não saberem onde entregá-los.

Diferente de Zurique, os pontos de coleta em Brasília são escassos e muitas vezes localizados em áreas de difícil acesso, como as Áreas de Desenvolvimento Econômico (ADEs). Isso gera uma barreira de esforço, assim se o descarte exige um deslocamento penoso, o cidadão tende a descartar o resíduo eletrônico no lixo comum. Além disso, a falta de uma infraestrutura de apoio robusta desestimula a participação popular, transformando a logística reversa em uma atividade marginalizada e dependente da atuação informal, em vez de ser um



processo industrializado (GUILHERME, 2016). Em outras palavras, embora o brasileiro declare intenção de reciclar, é desencorajado pela falta de embalagens sustentáveis, falta de pontos de coleta e pela logística de recolha ineficiente.

A falta de conveniência nos pontos de recolha, no Brasil, é um ponto facilmente perceptível; esses pontos são muitas vezes localizados em zonas industriais ou centros de serviço distantes das áreas residenciais.

Ao contrário de Zurique, onde o sistema é transparente, em Brasília o cidadão raramente percebe o destino final do resíduo, o que gera descrédito no processo de separação. A incerteza por parte do cidadão de que seu esforço está contribuindo ou não para uma cidade mais limpa, desmotiva tal ação.

Não há uma taxa de lixo variável que penalize o desperdício ou recompense a reciclagem, tornando o ato de separar o lixo um gesto puramente voluntário e, por vezes, considerado trabalhoso.

6.2. Portugal e Espanha: o sucesso das entidades gestoras ibéricas

Os modelos ibéricos oferecem diretrizes aplicáveis ao Brasil através da Responsabilidade Alargada do Produtor (RAP). Em Portugal, a criação de entidades gestoras privadas financiadas pela indústria permitiram atingir taxas de reciclagem superiores a 90% em fluxos específicos, como óleos e pneus. O sucesso luso reside na simbiose entre o financiamento privado robusto e a capilaridade de ecocentros em cada freguesia (SILVA; MATTOS, 2019)

O modelo espanhol foca na disponibilização de pontos de coleta. Como destacado por Saffer *et al.* (2014), a Espanha investiu massivamente na colocação de contentores de tampa amarela e azul a poucos metros de cada porta. Esta estratégia de conveniência extrema transformou a reciclagem num hábito cívico, reduzindo drasticamente o volume de resíduos que chegam aos aterros.

Para facilitar a visualização das disparidades encontradas na pesquisa, a tabela abaixo sintetiza os principais indicadores de desempenho e estrutura entre os países analisados:

A análise comparativa entre nações de diferentes estágios de desenvolvimento econômico e maturidade institucional revela que a logística reversa não é um sistema *plug-and-play*, em outras palavras, não basta simplesmente copiar o que está funcionando em outro país, mas dependendo também de um ecossistema favorável.

O contraste entre o Brasil e os referenciais europeus revela discrepâncias severas: enquanto Zurique atinge 100% de conhecimento populacional sobre o descarte de resíduos complexos, Brasília ainda enfrenta ineficiências sistêmicas. Na Suíça, a logística reversa é



integrada ao cotidiano por meio de uma rede estratégica de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e um sistema tarifário que desonera o cidadão que recicla, transferindo o custo para a geração de rejeitos. O descarte é facilitado por uma vasta rede de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) que funcionam em horários estendidos e estão localizados em pontos estratégicos de circulação.

O custo de disposição do lixo comum é propositalmente elevado, enquanto o descarte na logística reversa é gratuito. Esse mecanismo transfere a responsabilidade financeira para o gerador do resíduo, forçando uma mudança de hábito, entendemos que reciclar em Zurique é, antes de tudo, uma estratégia de economia doméstica somado a isso, o rigor punitivo implacável.

Em Brasília, apesar do alto nível de escolaridade, a escassez e a má sinalização dos pontos de coleta desestimulam a participação cívica. Diferente do modelo suíço, a realidade brasileira carece de transparência e conveniência logística, resultando em um ceticismo populacional sobre o destino final dos materiais captados (SILVA *et al.*, 2022). Portugal e Espanha oferecem um modelo de transição que é, talvez, o mais aplicável à realidade brasileira, pois lidam com desafios de escala e diversidade regional mais próximos dos nossos. Segundo Silva e Mattos (2019), o sucesso desses países reside na consolidação das Entidades Gestoras Privadas.

O modelo português é baseado na Responsabilidade Alargada do Produtor (RAP), onde as empresas transferem a responsabilidade da gestão para entidades como a SPV, que gerencia todo o fluxo de embalagens, alcançando taxas superiores a 90% de reciclagem, demonstrando que o financiamento privado, quando bem regulado pelo Estado, é capaz de criar redes de coleta extremamente eficientes.

A Espanha como detalhado por Saffer *et al.* (2014), o governo espanhol e a ECOEMBES cobriram o território com contentores coloridos a cada esquina. A lógica é reduzir a distância entre o consumidor e o ponto de descarte ao mínimo possível.

Ao cruzar os dados desses quatro cenários, percebe-se que o Brasil sofre de uma deficiência estrutural, enquanto Portugal e Espanha resolveram o problema através do financiamento industrial e a Suíça através da disciplina cívica e tarifação, o Brasil ainda tenta implementar a logística reversa sem oferecer contrapartidas claras ao cidadão ou às empresas.

Conforme argumentado por Silva *et al.* (2022), para que a logística reversa brasileira se torne um diferencial competitivo real, é preciso migrar do modelo de voluntário espontâneo para um modelo de obrigatoriedade facilitada. Isso significa que o Estado deve parar de ser apenas um fiscalizador e passar a ser um indutor de infraestrutura, replicando a estrutura espanhola e o rigor suíço, mas adaptando à realidade social brasileira, integrando as cooperativas de catadores como operadores logísticos profissionais e não como agentes informais de sobrevivência.



A eficácia da logística reversa é indissociável da educação de base. Introduzir o descarte correto nas escolas é um imperativo logístico que promove a aculturação do sistema, como observado em Zurique. A escola atua na distinção precoce entre rejeito e resíduo, desonerando o sistema público de limpeza e formando consumidores conscientes (GUILHERME, 2016)

A escola atua como o primeiro ponto de contato formal entre o indivíduo e a responsabilidade coletiva. Ao ensinar a criança a distinguir o rejeito do resíduo (material passível de logística reversa), o sistema educacional desonera o sistema público de limpeza. Segundo Guilherme (2016), a sustentabilidade organizacional depende de consumidores conscientes; portanto, a escola é a fábrica desses novos consumidores.

7. A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS) E OS DESAFIOS DA REALIDADE BRASILEIRA

7.1. O marco regulatório da Lei nº 12.305/2010: avanços e estagnações

A promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010 foi recebida pela comunidade científica e pelos setores ambientais como um divisor de águas na gestão pública brasileira. A lei estabeleceu, pela primeira vez, uma distinção clara entre resíduo, ou seja, aquilo que pode ser reciclado ou reaproveitado e o rejeito, aquilo que não apresenta outra possibilidade além da disposição final adequada. Thode Filho *et al.* (2015) salientam que o maior mérito da PNRS foi a introdução da Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos, desconstruindo a ideia de que a gestão do lixo é uma obrigação exclusiva das prefeituras.

No entanto, transcorridos mais de quinze anos da sua sanção, a implementação da logística reversa no Brasil ainda enfrenta o que a literatura denomina de descompasso executivo. Enquanto a legislação é de primeiro mundo, a infraestrutura de base em muitos municípios brasileiros ainda remete a décadas passadas. A meta de erradicação dos lixões, inicialmente prevista para 2014, foi sucessivamente prorrogada através do Marco Legal do Saneamento, evidenciando a dificuldade do Estado em converter diretrizes jurídicas em operações logísticas reais. Thode Filho *et al.* (2015) argumentam que a logística reversa no Brasil é setORIZADA e lenta, dependendo de acordos setoriais complexos que muitas vezes não possuem estrutura para atingir os municípios de pequeno e médio porte.

7.2. O Plano Nacional de Economia Circular (2025-2034): a nova fronteira estratégica



A evolução do debate sobre resíduos sólidos no Brasil atingiu um novo patamar com o lançamento da Estratégia Nacional e do Plano Nacional de Economia Circular (PNEC) 2025-2034. Este documento oficial representa uma atualização necessária ao integrar a logística reversa a conceitos contemporâneos de descarbonização e bioindústria. O PNEC reconhece que a logística reversa, isoladamente, é insuficiente para resolver a crise dos resíduos; ela precisa de estar inserida num sistema onde o *design* do produto já preveja a sua circularidade desde a extração da matéria-prima (BRASIL, 2025).

O plano 2025-2034 introduz diretrizes que visam corrigir as falhas apontadas por autores como Silva e Mattos (2019). Entre as metas principais, destaca-se o fortalecimento dos Sistemas de Logística Reversa através de incentivos financeiros via BNDES e a criação de um Mercado de Créditos de Reciclagem (MCR) mais robusto. A ideia é que a logística reversa deixe de ser um fardo regulatório para se tornar uma oportunidade de novos negócios. O PNEC também enfatiza a necessidade de digitalização, propondo a integração total dos dados de retorno de materiais ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), combatendo a falta de transparência que historicamente dificultou a fiscalização das metas brasileiras.

8. A ASCENSÃO DO ESG E O PAPEL ESTRATÉGICO DO SETOR PRIVADO NO BRASIL

A carência de canais públicos de logística reversa impulsionou o protagonismo corporativo sob a égide dos critérios *ESG*. Grandes corporações no Brasil deixaram de encarar a PNRS apenas como conformidade legal, tratando-a como requisito de sobrevivência no mercado de capitais (SILVA; MATTOS, 2019). Multinacionais têm adaptado modelos de economia circular e tecnologias de rastreabilidade europeias à realidade nacional, buscando eficiência reputacional e operacional. Entretanto, as dimensões continentais do país impõem custos logísticos proibitivos para o retorno de materiais de áreas remotas. Como solução, o setor privado investe em sistemas próprios e independentes da limpeza urbana municipal. Tais iniciativas utilizam a logística reversa compartilhada com o varejo (supermercados e farmácias), aproveitando o frete de retorno da logística direta para otimizar a coleta de resíduos pós-consumo (THODE FILHO *et al.*, 2015).

Thode Filho *et al.* (2015) salientam que este ativismo ambiental corporativo é uma resposta direta à morosidade das prefeituras em implementar a recolha seletiva solidária. Contudo, sem a integração proposta pelo Plano Nacional de Economia Circular (2025-2034), estas iniciativas permanecem como isoladas, beneficiando apenas fluxos específicos e deixando o resíduo doméstico comum sem solução de escala.



Um gargalo persistente no Brasil, ausente nos modelos europeus, é a estrutura tributária. Barbosa, Lima e Chagas (2012) explicam que a bitributação penaliza o material reciclado, tornando-o financeiramente menos atrativo que a matéria-prima virgem. Sem incentivos fiscais diretos, como os observados na União Europeia, o custo de coleta somado à carga tributária desestimula a escala industrial da operação

Este fenômeno econômico cria um desincentivo sistêmico, enquanto na União Europeia existem benefícios fiscais diretos para empresas que comprovam a utilização de porcentagens mínimas de material reciclado nas suas embalagens, no Brasil, o custo logístico de recolha, somado à carga de impostos, torna a operação financeiramente deficitária para muitas indústrias. Thode Filho *et al.* (2015) reforçam que, sem uma reforma tributária que reconheça o valor ambiental do material recuperado, a logística reversa no Brasil continuará a depender de iniciativas isoladas de grandes corporações que o fazem apenas por pressão de imagem (*ESG*) ou conformidade mínima legal.

Diferente da triagem mecanizada suíça, o modelo brasileiro é indissociável da inclusão social. Conforme o PNEC (2025) e Silva e Mattos (2019), as cooperativas de catadores respondem por 90% do material reciclado industrial. A meta para a próxima década foca na profissionalização desses agentes, transformando-os em operadores logísticos de base para integrar tecnologia à capilaridade humana local.

Isso significa que o Brasil está se esforçando para criar um modelo híbrido envolvendo novas tecnologias e as metas da Europa, mas com a base social e a capilaridade humana das comunidades locais.

A discussão dos resultados aponta para uma convergência necessária entre a logística pura e a ciência dos materiais. Os dados de Valle, Guarnieri e Filippi (2023) indicam que a adoção de embalagens sustentáveis no varejo agroalimentar brasileiro ainda enfrenta barreiras de preço e percepção de valor. Por outro lado, o desenvolvimento de embalagens a partir de subprodutos agroindustriais (KUBASKI; ITO, 2017) apresenta-se como o caminho mais viável para reduzir o volume de resíduos que o Estado brasileiro, comprovadamente, não consegue processar via logística tradicional.

A logística reversa brasileira deve evoluir para uma estratégia de Ecologia Industrial. A integração de processos biotecnológicos para a degradação de resíduos (CALIXTO, 2023) permite ao Brasil saltar etapas infraestruturais. Em vez de mimetizar modelos europeus obsoletos, o foco deve recair na economia circular do futuro, priorizando materiais de fácil reversão e inovações de baixo custo operacional.



9. EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS E BIOTECNOLOGIA

A logística reversa brasileira, conforme discutido nos capítulos anteriores, enfrenta um desafio devido ao volume de plásticos de uso único. Nesse cenário, a inovação em materiais surge não apenas como um suporte, mas como uma solução de ruptura. Conforme destacam Valle, Guarnieri e Filippi (2023), o Brasil é o 4º maior gerador de lixo plástico do mundo, e grande parte desse resíduo provém de embalagens agroalimentares e de varejo que possuem uma vida útil curtíssima, mas uma persistência ambiental de séculos.

A introdução de embalagens biodegradáveis representa uma estratégia de desmaterialização do problema, pois caso o sistema logístico falhe em coletar e reciclar, a solução reside em garantir que o material não se torne um passivo eterno.

9.1. Aproveitamento de subprodutos industriais: o caso da batata e da cerveja

Uma das frentes mais promissoras da bioengenharia de embalagens é a utilização de resíduos da agroindústria para a criação de polímeros naturais. O estudo de Kubaski e Ito (2017) detalha o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de resíduos do processamento de batata (amido) e da indústria cervejeira (malte). Esta abordagem é a materialização da Ecologia Industrial: o que seria descartado por um setor produtivo torna-se o insumo principal de outro, eliminando o conceito de lixo na origem.

O amido de batata, rico em amilopectina e amilose, atua como uma matriz polimérica natural que, quando plastificada, adquire propriedades mecânicas similares aos plásticos convencionais. A adição de resíduos da indústria de cerveja fornece reforço estrutural e propriedades antioxidantes, resultando em um biofilme capaz de proteger alimentos e bens de consumo. No contexto da logística reversa, a vantagem é absoluta ao contrário do polietileno, que exige uma cadeia de transporte até usinas de reciclagem química, essas embalagens podem ser integradas ao fluxo de resíduos orgânicos para compostagem.

Apesar da viabilidade técnica demonstrada por Kubaski e Ito (2017), a implementação dessas embalagens no varejo brasileiro enfrenta o que Valle *et al.* (2023) definem como um paradoxo de consumo. No setor de produtos orgânicos, o consumidor demonstra alta consciência ambiental, mas muitas vezes não encontra no ponto de venda a infraestrutura de embalagem condizente com o produto.

A discussão técnica aponta que a logística reversa de embalagens biodegradáveis é invisível para o consumidor, o que é um benefício logístico, mas um desafio de marketing. O consumidor muitas vezes não distingue o bioplástico do plástico convencional, o que pode levar



ao descarte incorreto. Portanto, a inovação de materiais deve ser acompanhada de um Ecodesign Informativo. Para que o Brasil reduza seu volume de resíduos, é necessário que essas embalagens baseadas em batata e malte deixem de ser projetos de laboratório e passem a ter escala industrial, o que reduziria a pressão sobre os sistemas municipais de limpeza urbana, hoje sobrecarregados por embalagens plásticas de difícil reversão.

9.2 Análise de ciclo de vida: redução da pegada de carbono e custos logísticos

A transição para materiais biodegradáveis impacta diretamente o balanço financeiro e ambiental das organizações, conforme defendido por Silva *et al.* (2022). Enquanto a logística reversa de plásticos tradicionais consome combustíveis fósseis no transporte de retorno e energia no reprocessamento, as embalagens biodegradáveis permitem a descentralização do descarte.

Se o resíduo pode ser degradado localmente via compostagem doméstica ou municipal, a empresa elimina o custo do frete reverso. Este é o ponto onde a biotecnologia encontra a eficiência administrativa: a melhor logística reversa é aquela que o material realiza por si só, através da sua decomposição natural. Assim, o P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) focado em substituir o petróleo por biomassa (como malte e amido) é o investimento com maior retorno sobre o capital investido para empresas que buscam conformidade com o Plano Nacional de Economia Circular 2025-2034.

9.3. Biotecnologia aplicada: o papel dos fungos na degradação de polímeros

A logística reversa convencional, baseada em processos mecânicos e térmicos, encontra limitações severas ao lidar com polímeros complexos como o poliuretano (PUR). Como destaca Calixto (2023), o Brasil, sendo o 4º maior produtor de lixo plástico, necessita de soluções que operem onde a coleta falha. É neste cenário que a biotecnologia, especificamente o uso de fungos endófitos, surge como uma alternativa disruptiva.

Para os materiais que já estão no meio ambiente ou que a logística reversa não captou, a solução pode residir na biotecnologia. O estudo de Calixto (2023) sobre a biodegradação do poliéster poliuretano (PUR) pelo fungo *Pestalotiopsis microspora* abre uma nova vertente para os Planos de Gestão de Resíduos. O poliuretano é um material onipresente em calçados, espumas, isolantes e de extrema dificuldade de reciclagem mecânica.

O processo de biodegradação realizado pelo *Pestalotiopsis microspora* não é uma simples decomposição, mas uma reação bioquímica complexa. O fungo possui a capacidade



rara de secretar enzimas do grupo das hidrolases (serina-hidrolases), que são capazes de quebrar as ligações químicas dos polímeros de poliuretano.

Diferente de outros organismos, este fungo consegue utilizar o plástico como sua única fonte de carbono. Em termos técnicos, as enzimas quebram as ligações éster do poliuretano, transformando a cadeia plástica em moléculas menores que o fungo consegue metabolizar para gerar energia e crescer. O diferencial competitivo desta espécie, conforme explorado por Calixto (2023), é a sua capacidade de realizar este processo em anaerobiose (ambientes sem oxigênio), o que o torna ideal para atuar em camadas profundas de aterros sanitários, onde a logística reversa tradicional não consegue mais resgatar o material.

A integração desta tecnologia a logística reversa não substituiria os caminhões de coleta, mas atuaria como uma etapa de tratamento final de alto valor.

A sociedade seria beneficiada pela redução da poluição por microplásticos nos lençóis freáticos. Economicamente, a implementação reduziria os custos municipais com a gestão de aterros, que hoje são sobrecarregados por materiais volumosos como as espumas. Para o cidadão, isso traduz-se em cidades mais limpas e na mitigação de riscos à saúde pública.

Especialistas apontam que a transição de laboratórios para a escala industrial leva entre 5 a 10 anos. O principal desafio não é a biologia, pois o fungo já provou sua eficácia, mas a escalabilidade. Para o Brasil, como sugere o Plano Nacional de Economia Circular (2025-2034), o período entre 2030 e 2034 será crucial para a instalação das primeiras usinas-piloto de bioprocessamento de polímeros.

A proposta de utilizar micro-organismos para degradar plásticos complexos sugere que a logística reversa do futuro será híbrida: parte mecânica (recolhimento) e parte biológica (biodegradação controlada). Se o Brasil, com as suas dimensões continentais, não consegue estrutura total para recolher cada fragmento de PUR, o investimento em biotecnologia de degradação torna-se o plano de contingência necessário para evitar o colapso dos aterros e ecossistemas (CALIXTO, 2023).

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação permitiu consolidar uma visão holística e multidisciplinar sobre o estado da arte e as perspectivas futuras da logística reversa no Brasil, confrontada com os modelos de excelência europeus e as fronteiras da biotecnologia. O percurso acadêmico aqui traçado demonstra que a transição de uma economia linear para uma circular não é meramente



um desafio de engenharia de transportes, mas uma mudança profunda na ontologia dos materiais e na cultura organizacional.

O estudo comparativo inicial evidenciou que o sucesso da logística reversa em países como a Suíça e na região Ibérica (Portugal e Espanha) não é fruto apenas de rigor legal, mas de conveniência sistêmica. Em Zurique, a eficácia de 100% no descarte de eletrônicos, conforme apontado por Silva, Leite e Dechandt (2014), deve-se à integração do descarte na rotina cívica, apoiada por incentivos econômicos diretos. No Brasil, o paradoxo observado em Brasília revela que a consciência ambiental do cidadão é frequentemente neutralizada pela barreira do esforço: a falta de pontos de coleta e a invisibilidade do ciclo de retorno desestimulam o engajamento.

Concluiu-se, portanto, que a logística reversa brasileira ainda opera sob um modelo reativo. A dependência de cooperativas de catadores, embora socialmente vital, expõe a fragilidade de um sistema que carece de industrialização e de uma rede de pontos de entrega voluntária (PEVs) que minimize o deslocamento do consumidor. A brecha entre a intenção de reciclar e o ato efetivo de descarte é a principal métrica que o Estado brasileiro precisa atacar na próxima década.

Um dos pontos mais inovadores deste trabalho foi a constatação de que a solução para a logística reversa pode não estar no caminhão, mas no laboratório. A análise dos estudos de Kubaski e Ito (2017) e Calixto (2023) trouxe uma nova luz à discussão. Ao desenvolvermos embalagens baseadas em resíduos industriais de batata e cerveja, estamos, na prática, desmaterializando o problema logístico. Uma embalagem que se biodegrada reduz a carga financeira e operacional sobre as prefeituras e empresas, transformando o resíduo em nutriente para o solo.

Além disso, a introdução do fungo *Pestalotiopsis microspora* como agente de degradação do poliuretano (PUR) representa uma apólice de seguro contra as falhas da logística reversa formal. Compreendeu-se que, para materiais onipresentes e de difícil reciclagem mecânica, a biorremediação deve ser integrada aos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Esta conclusão desafia a visão tradicional da administração de empresas, sugerindo que a futura gestão logística será uma competência híbrida entre a logística de suprimentos e a biotecnologia aplicada.

Para as organizações, a logística reversa deixou de ser um centro de custos para se tornar o núcleo do seu diferencial competitivo. Conforme defendido por Silva *et al.* (2022) e Guilherme (2016), as empresas que dominam o fluxo de retorno ganham não apenas em eficiência operacional e redução de gastos com insumos virgens, mas em valor de mercado. Na era do ESG (*Environmental, Social and Governance*), a rastreabilidade do produto pós-consumo



é o que separa as marcas resilientes daquelas sujeitas a sanções legais e boicotes de consumidores cada vez mais vigilantes.

O estudo das embalagens agroalimentares orgânicas por Valle, Guarnieri e Filippi (2023) demonstrou que a sustentabilidade precisa ser coerente. O mercado não aceita mais o paradoxo de um produto limpo envolto em plástico sujo. Assim, a conclusão aponta que o investimento em novos materiais e em sistemas de logística reversa transparentes é o único caminho para a longevidade das empresas brasileiras no cenário globalizado.

Este trabalho recomenda que o poder público brasileiro migre do modelo de fiscalização punitiva para um modelo de indução tecnológica. É imperativo que o Plano Nacional de Economia Circular (2025-2034) se dedique a estes 3 tópicos:

Desoneração tributária para embalagens comprovadamente biodegradáveis, reduzindo o prêmio de preço que hoje afasta o pequeno produtor,

Incentivos à Pesquisa e Desenvolvimento em Biorremediação, transformando aterros sanitários em centros de tratamento biológico controlados por microrganismos.

Pontos de Coleta, replicando o modelo espanhol de contentores a cada esquina para reduzir a barreira de esforço do cidadão brasileiro.

A logística reversa no Brasil está pronta para um salto de maturidade. A combinação entre o rigor operacional europeu e a criatividade biotecnológica brasileira permitirá que o país não apenas cumpra a PNRS, mas lidere a economia circular global. O resíduo, outrora visto como o fim de uma linha, é reafirmado aqui como o ponto de partida para a inovação, a lucratividade e a regeneração ambiental.

Sob a ótica da gestão, o investimento em educação ambiental nas escolas reduz o que chamamos de custo da contaminação, pois quando o descarte é ensinado precocemente, o material chega aos centros de triagem com maior índice de pureza.

Ao educar as novas gerações sobre a química dos materiais, distinguindo por exemplo, o plástico comum dos novos biopolímeros biodegradáveis feitos de batata ou malte (KUBASKI; ITO, 2017) as escolas preparam o terreno para as inovações biotecnológicas do futuro. Um cidadão que compreende que certos fungos podem degradar polímeros (CALIXTO, 2023) terá uma relação muito mais ética e cuidadosa com o consumo.

Por fim, este artigo defende que o ponto de partida da logística reversa não começa no caminhão de coleta, nem a fábrica, mas sim no currículo escolar. A conscientização sobre o meio ambiente nas escolas é o investimento mais barato e eficaz que um governo pode realizar para garantir que o Plano Nacional de Economia Circular não seja apenas um documento de boas intenções, mas uma realidade vivida por cada cidadão brasileiro.



REFERÊNCIAS

- ARIEIRA, J. O.; PAULIQUE, C. O.; FERREIRA, C. M. F. **Evolução da logística no Brasil.** *Revista de Ciências Empresariais da UNIPAR*, Umuarama, v. 9, n. 1, p. 91-108, jan./dez. 2008. Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/empresarial/article/view/2513>
- BARBOSA, J. E. C.; LIMA, S. G. C.; CHAGAS, E. L. **Estudo sobre a evolução dos processos logísticos no Brasil.** *E-Locução - Revista Científica da FAEX*, Extrema, v. 1, n. 2, 2012. Disponível em: <https://periodicos.faex.edu.br/index.php/e-Locucão/article/view/32>
- BRASIL. **Plano Nacional de Economia Circular 2025-2034: Estratégia Nacional de Economia Circular.** Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br>
- 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: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm
- CALIXTO, Thalita Silva. **Biodegradação de poliéster poliuretano (PUR) realizada pelo fungo *Pestalotiopsis microspora*.** 2023. 41 f. Monografia (Bacharelado em Farmácia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/handle/35401/6920>
- GUILHERME, Danilo Ribeiro. **Logística reversa: importância sustentável para empresas.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Logística) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Porto Nacional, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ifto.edu.br/jspui/handle/123456789/194>
- KUBASKI, Luana; ITO, Paula Bauto. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável a partir de resíduos da indústria de batata e cerveja.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14842>
- LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade.** 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/40306173/Logistica_Reversa_Paulo_Roberto_Leite
- SAFFER, M. *et al.* **Boas Práticas Brasil e Espanha sobre a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.** Brasília: AECID; MPOG; IABS, 2014. Disponível em: <https://iabs.org.br/publicacoes/boas-praticas-brasil-e-espanha-sobre-a-gestao-de-residuos-solidos-urbanos/>
- SILVA, A. F. da; MATTOS, U. A. O. **Logística Reversa - Portugal, Espanha e Brasil: uma revisão bibliográfica.** *Revista Internacional de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 35-52, jan./abr. 2019. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/37731>
- SILVA, Izabel Cristina Bilro da *et al.* **Logística reversa: diferencial competitivo nas organizações.** *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 3, n. 12, p. e3122358, 2022. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/2358>



SILVA, G. H. S.; LEITE, C. E.; DECHANDT, S. G. **Logística Reversa: uma Comparação de Sua Utilização no Brasil e na Suíça**. In: XI SEGET, 2014, Resende. *Anais...* Resende: AEDE, 2014. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/40520448.pdf>

SOUZA, M. T. S.; PAULA, M. B.; SOUZA-PINTO, H. **O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo**. *Revista de Administração de Empresas (RAE)*, v. 52, n. 2, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/N3t7X6LqR6YhKxY3hX7pL8b/>

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. **Revisão integrativa: o que é e como fazer**. *Einstein*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eins/a/v69v9Vn8D6v5d4r5/>

THODE FILHO, S. *et al.* **A Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos: desafios para a realidade brasileira**. *REGET*, v. 19, n. 3, p. 529-538, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/17812>

VALLE, Mariana Pereira Viana; GUARNIERI, Patricia; FILIPPI, Amanda Cristina Gaban. **Adoção de embalagens plásticas sustentáveis agroalimentares**. *Interações*, Campo Grande, v. 24, n. 1, 2023. Disponível em: <https://www.interacoes.ucdb.br/interacoes/article/view/3671>

WWF. *Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico*. Gland, Suíça: WWF, 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>