Organizações Rurais & Agroindustriais, 29(2026), e2133
eISSN: 2238-6890

LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA DA ÚLTIMA DÉCADA

Reverse Logistics of Pesticide Packaging in Brazil: A Bibliometric Review of the Last Decade

Izabela Freitas de Sousa Mareli[a], Pablo Eduardo Rodrigues Ramalho[b], Moacir Porto Ferreira[c]
[a]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Campus Ilha do Fundão, izabela.mareli@gmail.com, ORCID: 0009-0000-2953-1129
[b]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Campus Ilha do Fundão, opabloramalho@outlook.com, ORCID: 0009-0001-6155-5208
[c]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Campus Ilha do Fundão, moacir.ferreira@afya.com.br, ORCID: 0000-0002-1913-2762

RESUMO

A expansão do uso de agrotóxicos e a geração de embalagens pós-consumo reforçam a necessidade de sistemas eficientes de logística reversa no meio rural. Este estudo analisa a produção científica sobre a logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil entre 2014 e 2024, com o objetivo de caracterizar a sua evolução bibliométrica e sintetizar os principais desafios, oportunidades e efeitos ambientais e econômicos apontados pela literatura. Realizou-se uma revisão bibliométrica e integrativa, com buscas em Scopus, Portal de Periódicos da CAPES e Google Acadêmico, seguida de remoção de duplicidades, triagem por título e resumo e leitura dos estudos elegíveis. Dos 153 registros inicialmente recuperados, 63 artigos compuseram a análise final. Os resultados mostram que a produção científica se concentra em questões regulatórias e operacionais, mas incorpora, progressivamente, temas como otimização das redes de coleta, avaliação ambiental e rastreabilidade. Entre os principais desafios estão a dispersão territorial dos produtores, os custos logísticos, as limitações de infraestrutura e o acesso desigual à informação. As oportunidades envolvem governança colaborativa, educação ambiental, ampliação das estruturas de recebimento e uso de tecnologias de rastreabilidade. A contribuição do estudo consiste em integrar esses achados em uma perspectiva que relaciona governança, eficiência logística, participação dos produtores e controle da destinação como condicionantes da efetividade da logística reversa, além de indicar uma agenda de pesquisa para contextos territoriais com baixa infraestrutura.

Palavras-chave: Governança ambiental; Pequenos produtores; Rastreabilidade; Gestão de resíduos.

ABSTRACT

The expansion of pesticide use and the generation of post-consumer packaging reinforce the need for efficient reverse logistics systems in rural areas. This study analyzes the scientific literature on reverse logistics of pesticide packaging in Brazil from 2014 to 2024, aiming to characterize its bibliometric evolution and synthesize the main challenges, opportunities, and environmental and economic effects identified in the literature. A bibliometric and integrative review was conducted using Scopus, the CAPES Journals Portal, and Google Scholar, followed by duplicate removal, title-and-abstract screening, and full-text analysis of eligible studies. Of the 153 records initially retrieved, 63 articles composed the final sample. The results show that the literature is concentrated on regulatory and operational issues, while progressively incorporating topics such as collection-network optimization, environmental assessment, and traceability. The main challenges include the territorial dispersion of farmers, logistics costs, infrastructure limitations, and unequal access to information. Opportunities involve collaborative governance, environmental education, expansion of collection structures, and traceability technologies. The study contributes by integrating these findings into a perspective that relates governance, logistics efficiency, farmer participation, and destination control as conditions for effective reverse logistics, while also outlining a research agenda for territories with limited infrastructure.

Keywords: Environmental governance; Small-scale farmers; Traceability; Waste management.

Recebido em: 10/12/2024. Aprovado em: 24/09/2026.
Avaliado pelo sistema *double blind review*.
Avaliador científico: Lilia Paula Andrade
DOI: 10.481142/2920262133

This work is licensed under a
Creative Commons Attribution 4.0 International License

1. INTRODUÇÃO

No contexto da produção agrícola, o uso de agrotóxicos gera resíduos potencialmente perigosos, especialmente embalagens contaminadas, cuja destinação inadequada pode ampliar riscos ambientais e à saúde pública (Bernardi, Hermes & Boff, 2018). Nesse cenário, a logística reversa constitui um mecanismo de gestão destinado a viabilizar a coleta, o retorno e a destinação ambientalmente adequada de resíduos pós-consumo, articulando diferentes agentes da cadeia produtiva. A literatura sobre logística reversa destaca que a sua efetividade depende da integração entre aspectos ambientais, econômicos, regulatórios e operacionais (Govindan, Soleimani & Kannan, 2015).

Apesar dos avanços institucionais e legais, persistem dificuldades relacionadas ao acesso aos pontos de recebimento, à dispersão territorial dos produtores, à capacidade de transporte e à participação dos usuários do sistema (Crippa, Lopes, Alves & Segantin, 2017; Marsola, Oliveira, Filassi, Elias & Rodrigues, 2021). Ao mesmo tempo, a literatura internacional e brasileira aponta oportunidades associadas à otimização das redes de coleta, à reciclagem, à avaliação ambiental e ao uso de tecnologias de rastreabilidade (Li & Huang, 2018; Marsola, Oliveira & Neto, 2022). Essas questões tornam relevante compreender não apenas a expansão quantitativa das publicações, mas também os problemas e as soluções recorrentes na produção científica sobre o tema.

Diante desse contexto, o objetivo geral deste artigo é analisar a produção científica sobre a logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil no período de 2014 a 2024. Especificamente, busca-se: (i) caracterizar a evolução das publicações por ano, periódicos e autores; (ii) sintetizar os principais desafios e oportunidades relacionados à implementação dos sistemas de retorno e (iii) discutir, a partir dos estudos selecionados, os efeitos ambientais e econômicos, bem como as direções emergentes para o aprimoramento da gestão.

A contribuição do estudo está na integração desses três eixos em uma leitura bibliométrica e integrativa da literatura. Em vez de restringir a análise à contagem de publicações, o artigo relaciona a evolução da produção científica aos fatores operacionais, institucionais, econômicos e tecnológicos, que condicionam a efetividade da logística reversa, destacando lacunas de pesquisa associadas à governança local, à participação de pequenos produtores e às limitações de infraestrutura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Uso de agrotóxicos e geração de embalagens no Brasil

No Brasil, políticas públicas, crédito rural e incentivos econômicos contribuíram historicamente para a expansão do uso de insumos químicos na agricultura. Esse processo ocorreu paralelamente ao desenvolvimento de mecanismos de regulação ambiental e de responsabilidade compartilhada sobre resíduos perigosos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, consolidou a necessidade de sistemas de logística reversa para determinados fluxos de resíduos e reforçou a corresponsabilidade entre fabricantes, distribuidores, consumidores e poder público (Brasil, 2010).

Dados oficiais indicam expansão relevante da comercialização de pesticidas no país ao longo do período analisado, o que amplia a necessidade de mecanismos de prevenção, retorno e destinação das embalagens pós-consumo (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2024; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024). Nos estudos sobre logística reversa, a geração do resíduo é apenas o primeiro componente do problema: a efetividade do sistema

depende da capacidade de recuperar, transportar, tratar e reinserir ou destinar adequadamente os materiais, considerando custos e condições territoriais (Govindan et al., 2015; Li & Huang, 2018).

As condições produtivas brasileiras, marcadas por diferentes escalas de produção e ampla dispersão territorial, tornam a organização da coleta particularmente relevante. A distância entre os pontos geradores e as unidades de recebimento pode elevar os custos de transporte e reduzir os incentivos à devolução, especialmente em áreas de menor densidade produtiva (Marsola, Oliveira, Filassi, Elias & Rodrigues, 2021).

As embalagens são classificadas, de modo geral, em laváveis e não laváveis. As primeiras podem ser plásticas ou metálicas e, quando previsto tecnicamente, devem ser submetidas à tríplice lavagem ou à lavagem sob pressão para remoção dos resíduos e posterior destinação, conforme as normas aplicáveis (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997).

As embalagens não laváveis, por sua vez, não devem ser submetidas à lavagem, devendo ser acondicionadas e armazenadas separadamente para devolução nos pontos de recebimento. No Sistema Campo Limpo, uma parcela predominante das embalagens recebidas é destinada à reciclagem, enquanto outra parcela é encaminhada para incineração, conforme as características técnicas do material e da destinação (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias, 2023).

2.1.1 Gestão de retorno das embalagens de agrotóxicos à cadeia produtiva

A logística reversa compreende processos de coleta, retorno, tratamento e destinação de produtos e embalagens após o consumo. Nos sistemas de resíduos perigosos, a sua estruturação exige coordenação entre atores com responsabilidades complementares e decisões sobre localização de instalações, fluxos, transporte e destinação (Govindan et al., 2015; Li & Huang, 2018). No Brasil, a PNRS estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e enquadra as embalagens de agrotóxicos em um sistema específico de retorno e destinação (Brasil, 2010).



FIGURA 1 – Período para devolução de embalagens ao inpEV
Fonte: inpEV (2023)

A efetividade do sistema depende de planejamento logístico adequado, abrangendo coleta, armazenamento, transporte e destinação final. No caso brasileiro, o inpEV atua na coordenação do Sistema Campo Limpo, que organiza unidades e centrais de recebimento e estrutura fluxos de transporte e destinação (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias, 2023). A literatura indica, portanto, que desempenho ambiental e viabilidade operacional são dimensões interdependentes do sistema (Marsola et al., 2021; Marsola et al., 2022).

A estrutura de financiamento e operação também evidencia que a logística reversa envolve custos e recursos distribuídos entre atividades operacionais, suporte e administração (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias, 2023). Esse aspecto é coerente com a literatura internacional, segundo a qual a configuração de redes reversas deve equilibrar custos logísticos, cobertura territorial e resultados ambientais (Li & Huang, 2018; Govindan et al., 2015).

2.2. Governança ambiental e logística reversa de embalagens de agrotóxicos

A governança ambiental pode ser compreendida como a coordenação de atores, regras, recursos e mecanismos de controle voltados à gestão de problemas ambientais. Na logística reversa de embalagens de agrotóxicos, essa dimensão é particularmente relevante, porque o fluxo de retorno depende da atuação articulada de agricultores, comerciantes, fabricantes, entidades gestoras e poder público. Assim, a eficiência do sistema não decorre exclusivamente da existência de obrigações legais, mas também da capacidade de coordenação e monitoramento entre os participantes. Evidências do Sistema Campo Limpo ilustram a dimensão ambiental dessa coordenação, com benefícios associados à reciclagem e à redução do consumo de recursos (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias, 2023).

2.2.1. Conformidade e compliance

A conformidade com regulamentações ambientais constitui um componente da governança da logística reversa. No caso das embalagens de agrotóxicos, responsabilidades legais, mecanismos de fiscalização e procedimentos de devolução estruturam o comportamento dos agentes e reduzem os riscos de destinação inadequada (Ferreira, Melo & Padilha, 2021; Rodrigues, Lopes & Silva, 2021). A literatura também indica que a efetividade das regras depende da capacidade de monitoramento e da disponibilidade de infraestrutura compatível com as exigências normativas.

2.2.2. Gestão de riscos e prevenção de danos

A logística reversa também atua como instrumento de prevenção de riscos ambientais associados ao manuseio e à disposição de resíduos perigosos. Práticas como a lavagem adequada, o armazenamento temporário e a devolução aos pontos autorizados reduzem a probabilidade de exposição e de descarte irregular. Em termos sistêmicos, o gerenciamento dos riscos depende da integração entre procedimentos técnicos, informação e fiscalização, elementos que condicionam a efetividade do retorno (Marsola et al., 2021; Rodrigues et al., 2021).

2.2.3. Integração com a estrutura organizacional

Para que a logística reversa funcione de forma consistente, as suas atividades precisam ser integradas às estruturas organizacionais dos agentes envolvidos, incluindo planejamento, alocação de recursos, capacitação e acompanhamento do fluxo reverso. A integração organizacional favorece a coordenação das etapas de coleta e destinação e pode reduzir falhas operacionais, especialmente quando o sistema envolve múltiplos agentes e grandes extensões territoriais (Govindan, Soleimani & Kannan, 2015).

2.3. Multas ambientais e logística reversa como estratégia de prevenção

As sanções ambientais funcionam como mecanismos de indução à conformidade, mas a sua eficácia depende da existência de fiscalização, informação e capacidade institucional. No caso das embalagens de agrotóxicos, a prevenção não deve ser baseada apenas no caráter punitivo das regras: a governança do sistema requer também infraestrutura, orientação técnica e mecanismos que tornem a devolução viável aos usuários (Ferreira, Melo & Padilha, 2021; Rodrigues, Lopes & Silva, 2021).

No Brasil, o Sistema Campo Limpo articula mecanismos de recebimento e destinação das embalagens dentro de um arranjo de responsabilidade compartilhada. A literatura internacional sobre resíduos de pesticidas também demonstra que a configuração das redes de logística reversa deve considerar custos, localização de instalações e externalidades ambientais, reforçando que controle e planejamento precisam atuar conjuntamente (Li & Huang, 2018).

Dessa perspectiva, as multas constituem apenas um dos componentes do sistema de governança. A prevenção de falhas requer combinação entre regras claras, fiscalização, incentivos à participação e infraestrutura acessível. Essa interpretação será retomada na discussão dos resultados, especialmente para compreender por que limitações territoriais e econômicas podem persistir mesmo nos sistemas formalmente regulados.

3. METODOLOGIA

Este estudo se configura como uma revisão bibliométrica e integrativa da literatura sobre a implementação da logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil entre 2014 e 2024. A dimensão bibliométrica foi empregada para caracterizar o desempenho da produção científica pela distribuição temporal, dos periódicos e dos autores identificados, enquanto a análise integrativa foi utilizada para sintetizar conteúdos recorrentes relacionados a desafios, oportunidades, aspectos regulatórios e efeitos ambientais e econômicos. Essa combinação é coerente com abordagens que distinguem a análise de desempenho bibliométrico de técnicas de mapeamento científico mais avançadas, como cocitação e coocorrência (Donthu, Kumar, Mukherjee, Pandey & Lim, 2021).

A etapa de busca foi realizada nas bases Scopus, Portal de Periódicos da CAPES e Google Acadêmico, considerando o intervalo de 2014 a 2024. Foram testadas combinações de termos em português e inglês. Como as buscas com termos em inglês recuperaram quantidade substancialmente maior de registros, a estratégia final utilizou os descritores em inglês apresentados na Tabela 1. A mesma estratégia foi aplicada nas três fontes, reconhecendo-se que diferenças de cobertura e indexação produzem retornos distintos.

A estratégia de busca utilizou os operadores booleanos AND e OR. O operador AND exigiu a presença conjunta dos termos definidos em diferentes conjuntos, enquanto OR permitiu a recuperação de variações terminológicas dentro de cada conjunto. A Tabela 1 apresenta a expressão utilizada e o número bruto de registros recuperados em cada fonte.

Após a coleta inicial, os registros foram reunidos em um único repositório com apoio do Mendeley. Foram removidas duplicidades e realizada triagem por título e resumo. Foram incluídos estudos que discutissem diretamente a logística reversa de embalagens de agrotóxicos, incluindo análises teóricas, estudos de caso e avaliações de impactos. Foram excluídos registros duplicados, estudos fora do intervalo temporal, trabalhos com foco em resíduos de natureza distinta e documentos cujo título ou resumo não apresentasse aderência ao objetivo da pesquisa. Os 153 registros inicialmente identificados resultaram em 63 artigos incluídos na análise final.

O processo de seleção foi organizado em três etapas: identificação dos registros, triagem de títulos e resumos e análise dos estudos elegíveis. A Figura 2 sintetiza esse refinamento. Embora a lógica de transparência da seleção seja próxima às recomendações de relato de revisões, o estudo não foi conduzido como revisão sistemática, nem realizou avaliação formal de risco de viés.

TABELA 1 – Estratégia de busca e registros recuperados por base

Base de dados	Palavras-chave	Documentos
Scopus	(“Reverse AND Logistic”) AND (“Package” OR ‘Waste” OR “Packages”) AND (“agrotoxic” OR ”pesticides” OR “pesticide”)	42
CAPES	(“Reverse AND Logistic”) AND (“Package” OR ‘Waste” OR “Packages”) AND (“agrotoxic” OR ”pesticides” OR “pesticide”)	81
Google Acadêmico	(“Reverse AND Logistic”) AND (“Package” OR ‘Waste” OR “Packages”) AND (“agrotoxic” OR ”pesticides” OR “pesticide”)	30

Fonte: Elaboração dos autores (2024)

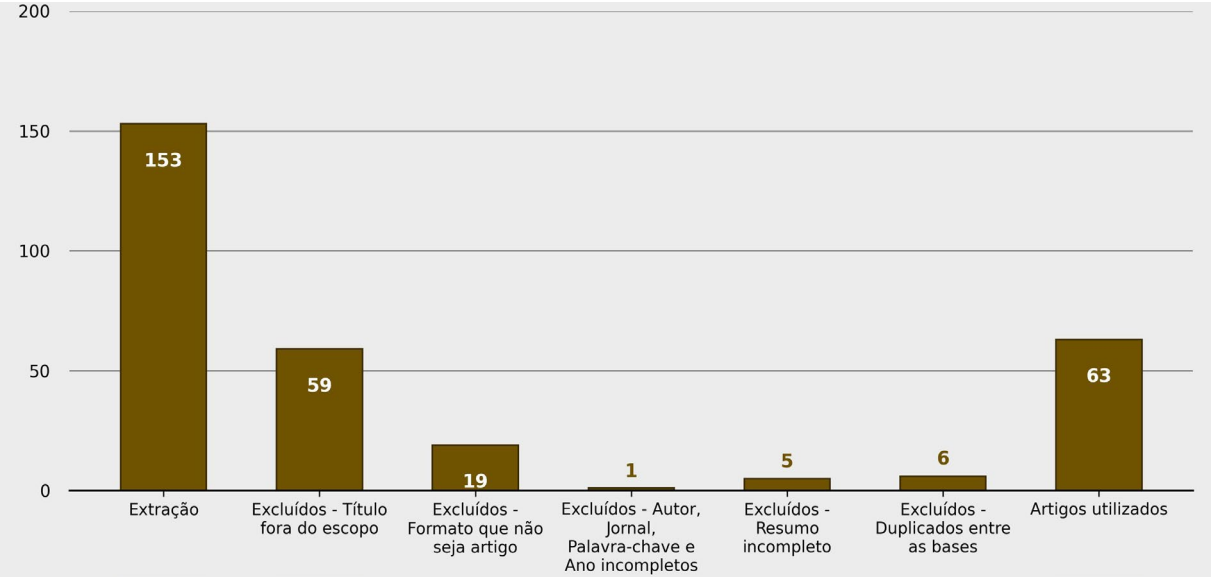


FIGURA 2 – Refinamento dos registros e seleção dos estudos
Fonte: Elaboração dos autores (2024)

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam, respectivamente, a distribuição temporal das publicações, os periódicos mais frequentes e os autores mais produtivos da amostra.

Na etapa bibliométrica, os dados bibliográficos dos estudos selecionados foram organizados e processados em planilhas do Excel para cálculo e visualização das frequências de publicação, distribuição por periódicos e produtividade dos autores. Não foram realizados procedimentos de análise de redes, cocitação, acoplamento bibliográfico, coocorrência de termos ou indicadores de impacto científico. Por isso, o trabalho não é apresentado como revisão cienciométrica.

Na etapa integrativa, realizou-se a leitura dos estudos selecionados e o registro de informações sobre objeto de estudo, abordagem, aspectos regulatórios, desafios de implementação, oportunidades, soluções tecnológicas e práticas de gestão. A partir da recorrência e convergência desses elementos, os estudos foram agrupados em categorias temáticas que orientaram a síntese dos resultados.

Como potenciais fontes de viés, reconhecem-se as diferenças de cobertura entre as bases, a utilização predominante de descritores em inglês, a natureza mais ampla e menos padronizada do Google Acadêmico, a restrição temporal de 2014 a 2024 e o componente interpretativo inerente à classificação temática. Essas limitações foram consideradas na interpretação dos achados e na formulação da agenda de pesquisa.

A descrição dessas etapas busca conferir transparência e reprodutibilidade suficientes ao estudo, tornando explícitos os critérios de busca, seleção e análise e delimitando o alcance das inferências produzidas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição das publicações e análise de frequência

A distribuição temporal dos estudos selecionados evidencia a manutenção do interesse científico pela logística reversa de embalagens de agrotóxicos durante a década analisada, embora com oscilações anuais. Esse padrão é compatível com a expansão da agenda internacional de pesquisa em logística reversa, que combina preocupações ambientais, legais, sociais e econômicas (Govindan et al., 2015). No recorte específico desta revisão, a produção permanece fortemente associada à estruturação e ao funcionamento dos sistemas de retorno no contexto brasileiro.

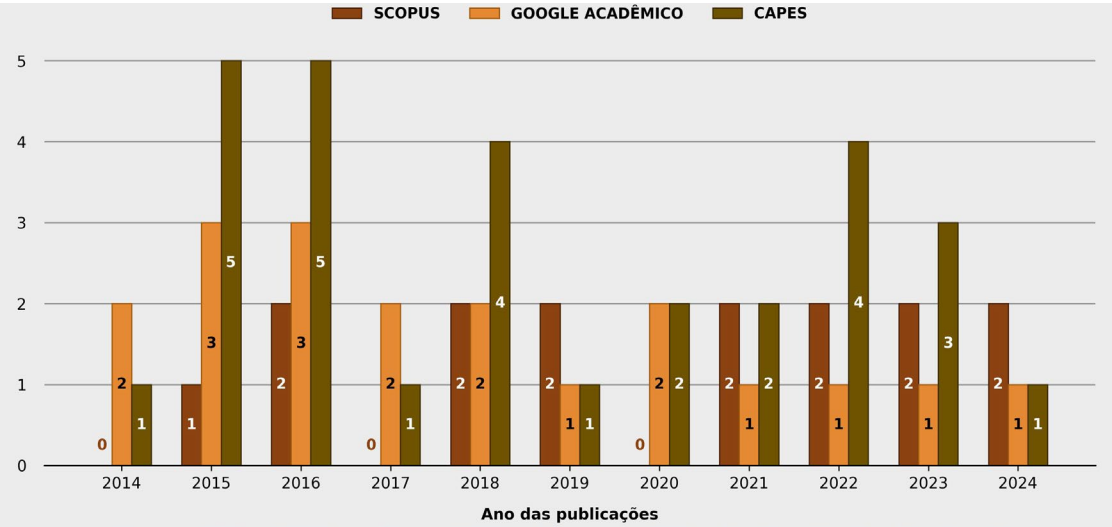


FIGURA 3 – Distribuição dos artigos publicados ao longo do tempo
Fonte: Elaboração dos autores (2024)

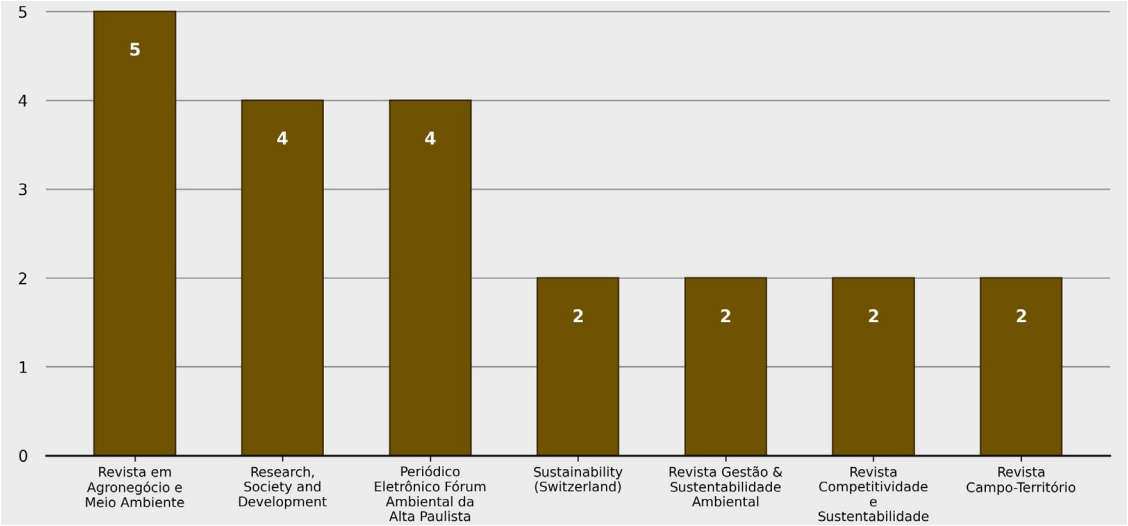


FIGURA 4 – Principais periódicos identificados na amostra
Fonte: Elaboração dos autores (2024)

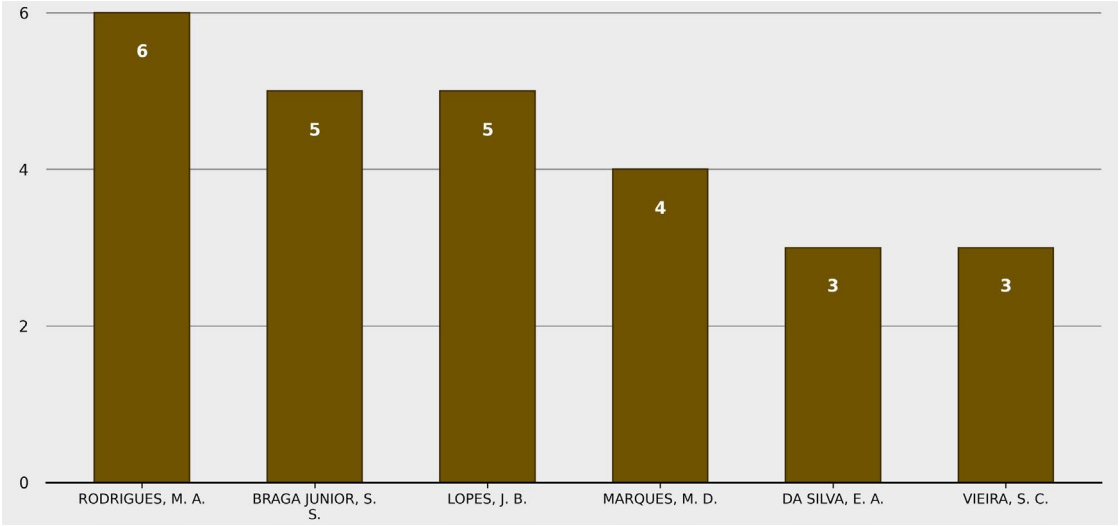


FIGURA 5 – Autores mais produtivos na amostra
Fonte: Elaboração dos autores (2024)

A análise do conteúdo também evidencia diversificação temática. Estudos concentrados em aspectos legais, responsabilidades dos agentes e condições de implementação passam a conviver com trabalhos voltados à otimização de redes, avaliação de impactos ambientais, gestão de custos e rastreabilidade. Essa mudança sugere uma passagem de abordagens predominantemente descritivas para análises que buscam compreender desempenho e alternativas de aprimoramento do sistema.

Entre os exemplos dessa evolução, Li e Huang (2018) apresentam um modelo de rede de logística reversa para apoiar decisões de localização e alocação de fluxos, enquanto Marsola et al. (2022) demonstram, por uma Avaliação do Ciclo de Vida, efeitos ambientais associados à implementação do Sistema Campo Limpo. Esses estudos reforçam que a agenda científica se desloca progressivamente da descrição do problema para a avaliação de alternativas logísticas e ambientais.

4.2. Análise temática dos estudos

A análise integrativa identificou cinco eixos recorrentes: (i) organização das redes de coleta e destinação; (ii) legislação, conformidade e governança; (iii) dificuldades territoriais e de infraestrutura; (iv) custos e viabilidade operacional e (v) tecnologias de informação e rastreabilidade. Esses eixos convergem com a literatura internacional, que trata a logística reversa como um problema de coordenação entre objetivos ambientais e econômicos e de desenho de redes de retorno (Govindan et al., 2015; Li & Huang, 2018).

A dimensão tecnológica aparece como oportunidade de aprimoramento. Santos, Teles e Freires (2024) discutem a integração de blockchain à produção agrícola sob uma perspectiva de economia circular, o que sugere possibilidades para ampliar rastreabilidade, transparência e registro das transações ao longo dos fluxos reversos. Para o contexto de embalagens de agrotóxicos, a literatura analisada indica que tecnologias dessa natureza podem ser relevantes, especialmente quando associadas a mecanismos de controle e responsabilização entre os agentes.

Paralelamente, os estudos evidenciam que as condições territoriais e socioeconômicas influenciam a eficiência do sistema. A dispersão dos produtores amplia distâncias e custos de coleta, fazendo com que soluções centralizadas nem sempre sejam suficientes. Li e Huang (2018) mostram, no contexto internacional, que decisões de localização e alocação são componentes centrais do desenho da rede, enquanto Marsola et al. (2021) identificam dificuldades práticas de retorno no contexto brasileiro.

4.2.1. Aspectos regulatórios e de implementação

A implementação da logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil é fortemente influenciada pela legislação, mas a sua efetividade depende da capacidade operacional dos agentes. A responsabilidade compartilhada fornece a estrutura institucional, enquanto fiscalização, infraestrutura, informação e acessibilidade condicionam o funcionamento cotidiano do sistema (Brasil, 2010; Rodrigues et al., 2021). Em termos organizacionais, isso confirma a necessidade de articular regras formais e mecanismos práticos de execução, conforme sugerido pela literatura internacional sobre redes reversas.

A análise também aponta a importância de soluções adaptadas às especificidades regionais, como recolhimento itinerante e estruturas descentralizadas. Não se identificou, na literatura revisada, uma configuração operacional única capaz de atender de maneira uniforme a todos os contextos territoriais. A flexibilidade da rede, portanto, surge como condição relevante para conciliar cobertura, custos e adesão dos usuários.

4.2.2. Desafios e oportunidades identificadas

Os principais desafios encontrados estão relacionados à infraestrutura disponível, aos custos de transporte, ao acesso à informação e à articulação entre os agentes. Marsola et al. (2021) destacam dificuldades enfrentadas por pequenos e médios produtores, como distância até os pontos de recebimento e custos de devolução, enquanto Rodrigues et al. (2021) ressaltam limitações relacionadas à fiscalização e à coordenação entre produtores, unidades de recebimento e poder público. Esses resultados dialogam diretamente com a literatura de redes reversas, que aponta a cobertura territorial e a configuração dos fluxos como determinantes do desempenho (Govindan et al., 2015; Li & Huang, 2018).

Na dimensão econômica, Leitão e Almeida (2019) demonstram que a operação envolve custos de transporte, armazenamento, acondicionamento e administração. O resultado reforça que a eficiência não deve ser avaliada apenas pela quantidade de embalagens retornadas, mas também pela estrutura de custos necessária para manter o sistema funcionando em diferentes territórios.

As oportunidades identificadas decorrem justamente desses gargalos. Ampliar alternativas de devolução, fortalecer educação ambiental, melhorar a fiscalização, integrar os agentes e utilizar tecnologias de rastreabilidade podem reduzir custos de coordenação e elevar a transparência do sistema. A síntese sugere, assim, que melhorias pontuais tendem a produzir maior efeito quando combinadas em arranjos de governança que aproximem infraestrutura, informação e participação.

4.3. Impactos ambientais e econômicos da logística reversa

A literatura analisada apresenta evidências de benefícios ambientais associados à logística reversa, sobretudo quando a destinação final prioriza recuperação e reciclagem de materiais. No contexto brasileiro, a avaliação realizada por Marsola et al. (2022) mostrou redução nas nove categorias de impacto ambiental examinadas ao comparar situações anteriores e posteriores à implantação do Sistema Campo Limpo. Esse resultado reforça que a organização do fluxo reverso pode produzir efeitos positivos que ultrapassam o simples cumprimento da obrigação legal.

Os resultados ambientais também sustentam a ideia de que a logística reversa deve ser tratada como componente de uma estratégia de sustentabilidade da cadeia. Entretanto, os ganhos dependem da operação efetiva do sistema: falhas de coleta, armazenamento ou transporte podem comprometer o desempenho esperado e transferir impactos para outras etapas do ciclo de vida.

Na dimensão econômica, a literatura revela relação mais complexa. Leitão e Almeida (2019) identificaram custos relevantes associados ao retorno das embalagens, indicando que viabilidade e eficiência dependem de características da rede, distâncias percorridas e distribuição de responsabilidades. Dessa forma, a literatura não sustenta uma leitura segundo a qual a logística reversa reduziria automaticamente custos privados; seus benefícios podem ser mais amplos, incluindo redução de impactos ambientais e riscos, enquanto os custos operacionais permanecem condicionados ao desenho do sistema.

Em conjunto, os resultados indicam que o desempenho da logística reversa decorre do equilíbrio entre três dimensões: capacidade operacional da rede, mecanismos de governança e participação dos usuários. Essa síntese conecta os achados bibliométricos às discussões teóricas e ajuda a explicar por que problemas de infraestrutura e adesão persistem mesmo em um sistema institucionalmente consolidado.

CONCLUSÕES

Este estudo analisou a produção científica sobre a logística reversa de embalagens de agrotóxicos

no Brasil entre 2014 e 2024, por uma revisão bibliométrica e integrativa. A análise bibliométrica permitiu caracterizar a evolução das publicações, dos periódicos e dos autores, enquanto a análise integrativa organizou os estudos segundo os principais desafios, oportunidades e efeitos ambientais e econômicos.

Os resultados mostram que a efetividade da logística reversa não depende de um único fator. Ela resulta da articulação entre infraestrutura logística, governança, cumprimento das responsabilidades e participação dos diferentes agentes. Os principais gargalos identificados foram a dispersão territorial, os custos operacionais, as limitações de infraestrutura e o acesso desigual à informação. Em contrapartida, a literatura aponta oportunidades associadas à ampliação das alternativas de coleta, à educação ambiental, à integração entre agentes e ao uso de tecnologias de rastreabilidade.

A contribuição teórica do estudo reside na proposição de uma visão integrada segundo a qual a eficácia da logística reversa de embalagens de agrotóxicos pode ser compreendida pela interação entre governança colaborativa, eficiência da rede, participação dos produtores e mecanismos de controle e rastreabilidade. Essa síntese desloca a discussão de uma perspectiva centrada apenas na obrigação legal e no caráter punitivo das normas, para uma perspectiva sistêmica de coordenação, na qual infraestrutura e incentivos são tão relevantes quanto conformidade.

Do ponto de vista metodológico, a principal contribuição é combinar indicadores descritivos da produção científica com análise integrativa do conteúdo dos estudos, permitindo relacionar a evolução da literatura aos problemas concretos de implementação. O estudo, contudo, não realizou análise de redes de citações ou coocorrência e, por isso, não pretende apresentar uma análise cienciométrica estrita.

As limitações incluem a utilização de bases com diferentes níveis de cobertura, a predominância de descritores em inglês, a inclusão do Google Acadêmico como fonte complementar, o recorte temporal e o componente interpretativo da classificação temática. Essas limitações podem ter restringido a recuperação de determinados estudos e influenciado a composição da amostra.

Para pesquisas futuras, recomenda-se investigar como arranjos de governança local podem mitigar a escassez de infraestrutura em pequenos municípios; como modelos de coleta descentralizada ou itinerante alteram custos e adesão de pequenos produtores e em que medida as tecnologias de rastreabilidade podem melhorar, simultaneamente, controle, transparência e eficiência. Ademais, é pertinente aprofundar comparações entre diversas configurações territoriais e entre sistemas de logística reversa de resíduos agrícolas em diferentes países.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1997). *Embalagem rígida vazia de agrotóxico: Procedimentos de lavagem (NBR 13968:1997)*. ABNT.

Bernardi, A. C. A., Hermes, R., & Boff, V. A. (2018). Manejo e destino das embalagens de agrotóxicos. *Perspectiva*, *42*(159), 15–28. https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/159_719.pdf

Brasil. (2010). *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos.* https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

Crippa, M. C., Lopes, C. A., Alves, A. J. S., & Segantin, J. A. (2017). Implantação da logística reversa de embalagens de agrotóxico vazias: Um estudo em uma pequena propriedade rural do noroeste paulista. *Revista Conbrad, 2*(1), 195–215.

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research, 133*, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *FAOSTAT*. https://www.fao.org/faostat/en/

Ferreira, A. F., Melo, G. A., & Padilha, M. M. Á. (2021). A logística reversa e sua regulamentação no Brasil: A Política Nacional dos Resíduos Sólidos. *Brazilian Journal of Development, 7*(6), 63024–63037. https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-603

Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research, 240*(3), 603–626. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (2024). *Painel de comercialização de agrotóxicos*. https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos

Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. (2023). *Relatório de sustentabilidade: Demonstrações financeiras*. https://www.inpev.org.br/wp-content/uploads/restricted/inpEV-RS2023.pdf

Leitão, F. O., & Almeida, U. C. de. (2019). The cost of reverse logistics of agricultural pesticide packaging: A multihull study with the links responsible for the return of empty containers. *Custos e @gronegócio Online, 15*(1), 170–205.

Li, Z., & Huang, J. (2018). How to effectively improve pesticide waste governance: A perspective of reverse logistics. *Sustainability, 10*(10), 3622. https://doi.org/10.3390/su10103622

Marsola, K. B., Oliveira, A. L. R. de, Filassi, M., Elias, A. A., & Rodrigues, F. A. (2021). Reverse logistics of empty pesticide containers: Solution or a problem? *International Journal of Sustainable Engineering, 14*(6), 1451–1462. https://doi.org/10.1080/19397038.2021.2001605

Marsola, K. B., Oliveira, A. L. R. de, & Neto, B. (2022). Life cycle assessment of reverse logistics of empty pesticide containers in Brazil: Assessment of current and previous management practices. *Production, 32*, e20210105. https://doi.org/10.1590/0103-6513.20210105

Rodrigues, M. A., Lopes, J. B., & Silva, E. A. da. (2021). Management of agricultural pesticide packaging in the Piauí Cerrado. *Ambiente & Sociedade, 24*, e00711. https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200071r1vu2021L4AO

Santos, R. de A., Teles, E. O., & Freires, F. G. M. (2024). Applying the circular economy framework to blockchain agricultural production. *Sustainability, 16*(18), 8004. https://doi.org/10.3390/su16188004