

Reciclagem de pneus inservíveis: estudo de caso com uma abordagem sustentável na gestão da cadeia de suprimentos

Waste tire recycling: case study with a Sustainable approach to supply chain management

Recebimento: 11/01/2024 - Aceite: 07/05/24 – Publicação:

Processo de Avaliação: Double Blind Review – <https://doi.org/10.22567/rep.v14i1.989>

Fernando Rodrigo Souza

fernando.souza59@fatec.sp.gov.br

<https://orcid.org/0009-0002-5252-8045>

Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC - Sorocaba), Brasil

RESUMO

Este estudo analisa a reciclagem de pneus inservíveis no município de Valinhos, Brasil, a partir de um enfoque na gestão sustentável da cadeia de suprimentos. O objetivo central foi examinar as práticas adotadas por uma empresa especializada no setor, com base em dados primários coletados por meio de entrevista semiestruturada com o responsável técnico, além da análise documental e revisão de literatura. Os resultados evidenciam a relevância da logística reversa na coleta e destinação adequada desses resíduos, destacando o comprometimento da empresa com o monitoramento de indicadores ambientais, como emissões de CO² e consumo de combustível. Cerca de 30% dos pneus coletados apresentaram condições de reutilização, contribuindo significativamente para a economia circular. O estudo também revelou que, embora a iniciativa privada desempenhe um papel estratégico na gestão de resíduos sólidos, ainda há desafios estruturais, especialmente no que se refere à articulação entre empresas e políticas públicas. A pesquisa reforça a eficácia do estudo de caso como método para compreender, os processos logísticos e ambientais envolvidos na cadeia reversa de pneus. Conclui-se que o fortalecimento da legislação ambiental, aliado a incentivos para práticas sustentáveis e à integração com os instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, é essencial para otimizar os impactos socioambientais positivos dessa atividade. Os resultados demonstram a efetividade das práticas de rastreabilidade e logística reversa adotadas pela empresa, bem como os desafios enfrentados para expansão do modelo. O

estudo contribui, portanto, para a ampliação do debate acadêmico e técnico sobre soluções sustentáveis na cadeia de suprimentos e gestão de resíduos no contexto brasileiro.

Palavras-chave: reciclagem, pneus inservíveis, logística reversa.

ABSTRACT

This study analyzes the recycling of end-of-life tires in the municipality of Valinhos, Brazil, from the perspective of sustainable supply chain management. The central objective was to examine the practices adopted by a specialized company in the sector, based on primary data collected through a semi-structured interview with the technical manager, in addition to document analysis and a literature review. The results highlight the relevance of reverse logistics in the collection and proper disposal of such waste, emphasizing the company's commitment to monitoring environmental indicators such as CO₂ emissions and fuel consumption. Approximately 30% of the collected tires were found to be in reusable condition, significantly contributing to the circular economy. The study also revealed that, although the private sector plays a strategic role in solid waste management, structural challenges persist—particularly regarding the coordination between companies and public policies. The research reinforces the effectiveness of the case study method for understanding the logistical and environmental processes involved in the reverse tire supply chain. It concludes that strengthening environmental legislation, alongside incentives for sustainable practices and integration with the instruments of the National Solid Waste Policy, is essential to enhance the positive socio-environmental impacts of this activity. The findings demonstrate the effectiveness of the traceability and reverse logistics practices implemented by the company, as well as the challenges faced in scaling the model. The study thus contributes to the academic and technical debate on sustainable solutions in supply chain and waste management within the Brazilian context.

Keywords: recycling, junk tires, reverse logistics.

1. INTRODUÇÃO

A destinação final de pneus inservíveis representa um desafio técnico e regulatório relevante na gestão ambiental urbana brasileira, especialmente frente à ausência de sistemas amplamente estruturados de logística reversa, sobretudo em países em desenvolvimento como o Brasil. A decomposição lenta desse resíduo e seu potencial de gerar impactos negativos, como proliferação de vetores de doenças, contaminação do solo e riscos de incêndio, exigem soluções estruturadas e integradas. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), estabelece diretrizes para o gerenciamento adequado desses materiais por meio da logística reversa, mas a efetiva implementação dessas normas ainda encontra entraves operacionais, legais e econômicos.

Nesse cenário, a participação da iniciativa privada tem se mostrado essencial para preencher lacunas deixadas pelo poder público, especialmente no que diz respeito aos pequenos geradores, como oficinas e centros automotivos. Empresas especializadas que atuam na cadeia reversa de pneus exercem papel estratégico na operacionalização da coleta, triagem, reaproveitamento e rastreamento desses resíduos, contribuindo para a economia circular e para o fortalecimento da governança ambiental local.

A Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável (GCSS) fornece o arcabouço conceitual necessário para analisar essas práticas, ao integrar variáveis econômicas, ambientais e sociais nas operações logísticas. No entanto, ainda são escassos os estudos empíricos que documentam e avaliam, em profundidade, o desempenho real dessas organizações em contextos específicos.

Diante disso, este artigo busca responder à seguinte pergunta de pesquisa: como as práticas de uma empresa de reciclagem de pneus inservíveis localizada em Valinhos-SP contribuem para a sustentabilidade na gestão da cadeia de suprimentos, à luz dos princípios da GCSS e da PNRS?

O objetivo geral é analisar o modelo de atuação dessa organização no contexto da logística reversa de pneus, com ênfase nos aspectos operacionais, ambientais e estratégicos. Os objetivos específicos incluem: (i) descrever os processos internos de coleta, triagem e rastreabilidade de resíduos e (ii) identificar os principais indicadores de desempenho utilizados pela empresa.

A relevância desta pesquisa reside na combinação entre fundamentação teórica sólida e evidência empírica aplicada, contribuindo tanto para o debate acadêmico sobre sustentabilidade na cadeia de suprimentos quanto para a formulação de políticas públicas mais eficazes. A partir da análise de um estudo de caso real, o artigo oferece subsídios para compreender o papel do setor privado na operacionalização de práticas ambientais estruturadas e replicáveis.

O artigo está organizado em cinco seções: esta introdução; o referencial teórico, que discute o desenvolvimento sustentável, a gestão de resíduos e os 5Rs; a metodologia empregada; os resultados e discussões com base nos dados primários obtidos; e, por fim, as considerações finais com as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Desenvolvimento Sustentável e a Agenda 2030: Desafios e Perspectivas

A busca pelo desenvolvimento sustentável tornou-se uma preocupação global cada vez mais urgente nas últimas décadas. A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio+20, culminou em 2012 com o relatório "*The future we want*", no qual os aspectos econômicos, sociais e ambientais do desenvolvimento sustentável foram considerados imperativos para incorporar e integrar em todos os setores da sociedade (ONU, 2012, 2025a).

Este cenário reconheceu a importância de definir objetivos claros para orientar uma ação coerente de desenvolvimento sustentável, o que levou à criação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estes objetivos, formulados como objetivos de ação global e universalmente aplicáveis, representam um desenvolvimento adicional importante na integração do conceito de desenvolvimento multidimensional no instrumento das Nações Unidas (ONU, 2025b).

Hoje, as empresas estão sob crescente pressão regulamentar e social para adotarem práticas mais sustentáveis em suas cadeias de abastecimento. Isso significa uma mudança na visão tradicional da gestão da cadeia de abastecimento, que deve considerar não apenas

a eficiência e a rentabilidade, mas também as preocupações ambientais e sociais (Seuring & Müller, 2008).

Neste contexto, surgiram várias abordagens, como as cadeias de abastecimento fechadas (CLSC), a gestão ambiental da cadeia de abastecimento (SCEM), as cadeias de abastecimento verdes (GSCM) e a Gestão da Cadeia de Abastecimento Sustentável (SSCM) (Sarkis, 2012). É importante notar como esses conceitos evoluíram ao longo do tempo.

Inicialmente, o foco era incorporar aspectos ambientais nas compras e implementar a gestão do desempenho ambiental nos fornecedores. A imposição de requisitos ambientais aos fornecedores, especialmente no processo de compra, tem-se revelado eficaz na melhoria do desempenho ambiental de toda a cadeia de abastecimento. No entanto, esta abordagem adota uma visão holística do ciclo de vida do produto, incluindo produção, distribuição, reutilização, reciclagem, eliminação e logística, garantindo ao mesmo tempo que todos os membros da cadeia, desde a concepção do produto até a gestão do fim de vida, evoluam para incluir vice-versa (Carter & Rogers, 2008).

É importante enfatizar que a gestão sustentável da cadeia de abastecimento não se limita a práticas ambientalmente saudáveis, mas também inclui esforços destinados a melhorar o desempenho ambiental de toda a cadeia de abastecimento. A colaboração intra e interorganizacional é fundamental para o sucesso destas práticas, e a inovação desempenha um papel fundamental neste contexto (Sarkis & Dhavale, 2015).

A implementação eficaz de práticas sustentáveis de gestão da cadeia de abastecimento requer uma colaboração extensiva em todos os elos para criar um sistema de classificação de desempenho ambiental, desde a seleção de materiais até a produção, utilização e reciclagem. A logística reversa, onde produtos e embalagens são coletados e reutilizados ou reciclados, desempenha um papel fundamental nisso. No entanto, embora a gestão sustentável da cadeia de abastecimento ofereça vantagens competitivas, como o aumento do valor acrescentado, a redução do desperdício, a otimização dos custos e a redução dos riscos empresariais, é importante concretizar uma cadeia de abastecimento verdadeiramente sustentável (Wu & Pagell, 2011). É importante reconhecer que ainda existem desafios a superar, conforme evidenciado pelos autores e suas temáticas na Tabela 1.

Tabela 1**Evolução dos conceitos de Cadeias de Abastecimento Verdes**

Autores	Definição
Narasimhan & Carter (1998)	É uma abordagem de compras fundamentada em duas perspectivas essenciais: a reutilização e o processo de reciclagem de materiais.
Godfrey (2017)	Consiste em um conjunto de práticas que auxilia a empresa na vigilância contínua das questões ambientais dentro da cadeia de suprimentos, visando constantemente a melhoria do desempenho dessa cadeia.
Beamon (1999)	Representa uma iniciativa colaborativa adotada pela empresa líder em uma cadeia de suprimentos, envolvendo todos os membros da cadeia. Seu propósito é apoiar a organização no desenvolvimento de conhecimentos em gestão ambiental e na implementação de técnicas de produção mais limpas e sustentáveis..
Gilbert (2001)	Representa a integração de critérios ambientais em toda a cadeia de suprimentos. Isso ocorre por meio da redefinição da estratégia de compras e do envolvimento dos fornecedores em todas as etapas do processo, visando a incorporação de práticas sustentáveis.
Kogg (2003)	Consiste em um conjunto de políticas que incorpora os conceitos ambientais desde o design do produto, passando pela produção, distribuição, reutilização ou disposição adequada de produtos ou serviços. Isso garante que a sustentabilidade seja considerada em todas as fases da cadeia de valor.
Sarkis (2003)	É a combinação das atividades de gestão ambiental e logística reversa como ênfase neste último item.
Vachon & Klassen (2006); Vachon (2007)	É uma estratégia voltada para a redução de desperdícios em todas as etapas da cadeia de suprimentos. Ela consiste na integração de aspectos ambientais ao longo de todo o ciclo, começando pelo design de produtos, a escolha de matérias-primas sustentáveis, a otimização de processos produtivos, uma distribuição ecologicamente responsável e uma gestão pós-consumo que considera o ciclo de vida completo dos produtos. Dessa forma, visa não apenas a eficiência econômica, mas também a responsabilidade ambiental em todas as etapas da cadeia de suprimentos.
Srivastava (2007)	É uma estratégia holística que busca a redução de desperdícios em todas as fases da cadeia de suprimentos. Essa abordagem engloba desde o design de produtos até a seleção de matérias-primas sustentáveis, a otimização de processos de produção, uma distribuição ecologicamente responsável e uma gestão pós-consumo que considera todo o ciclo de vida dos produtos. Dessa forma, não apenas promove a eficiência econômica, mas também abraça a responsabilidade ambiental em todas as etapas da cadeia de suprimentos.
Lee & Klassen (2008)	É uma estratégia de planejamento de compras adotada por organizações que busca integrar aspectos ambientais em toda a cadeia de suprimentos, visando aprimorar o desempenho ambiental tanto de fornecedores quanto de clientes.
Carter & Roger (2008)	É a integração das dimensões sociais e ambientais na abordagem convencional da gestão da cadeia de suprimentos.
Seuring & Muller (2008)	É a gestão de material, informação e fluxo de capital em uma abordagem cooperativa entre as empresas da cadeia de suprimentos. Essa cooperação visa a incorporação de objetivos que abrangem as três dimensões do desenvolvimento sustentável, sendo esses objetivos definidos com base nas expectativas e demandas dos clientes e demais stakeholders.
Guide & Van Wassenhove (2009)	Está intrinsecamente ligada à recuperação de valor por meio do reuso e reciclagem de materiais. Esses objetivos podem resultar na formação de cadeias em circuito fechado, onde os materiais são continuamente reaproveitados e reciclados, reduzindo assim o desperdício e promovendo a sustentabilidade.

Gavronski, Klassen, Vachon & Nascimento. (2011)	Representa um mecanismo abrangente implementado pelas organizações em seus processos operacionais para avaliar e aprimorar o desempenho ambiental de seus fornecedores. Essa abordagem visa não apenas a eficiência econômica, mas também a responsabilidade ambiental em toda a cadeia de suprimentos.
Andiç, Yurt & Baltacioglu (2012)	Tem como finalidade minimizar e, quando possível, eliminar os impactos negativos das atividades dos fornecedores sobre o meio ambiente.

Fonte: Adaptado de Dubey, Gunasekaran & Papadopoulos (2017)

Nesta análise, examinaremos a Agenda 2030, avaliando seus méritos e desafios. Em comparação com os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), estudaremos como esta agenda representa uma mudança fundamental na abordagem do desenvolvimento sustentável (UNDP, 2025). Além disso, enfatizaremos a importância crucial da governança global, que envolve uma multiplicidade de atores, na busca pela realização dos objetivos estabelecidos.

A Agenda 2030 não é simplesmente um conjunto de metas; é, na verdade, um programa civilizatório que busca remodelar a forma como concebemos e abordamos o desenvolvimento. Seu cerne reside na integração das dimensões econômicas, sociais, ambientais e político-institucionais, reconhecendo que o desenvolvimento sustentável não pode ser alcançado abordando apenas um desses aspectos isoladamente. Isso requer uma compreensão holística das complexas interconexões que moldam o nosso mundo (Griggs, Stafford-Smith, Gaffney, Rockström, Ohman, Shyamsundar, Steffen, Glaser, Kanie & Noble, 2013).

Além de identificar os desafios estruturais da implementação dos ODS, reforça-se a necessidade de cooperação entre Estados, empresas e sociedade civil organizada para sua execução eficaz. O cumprimento dessas metas exige uma colaboração significativa entre Estados, empresas e sociedade civil, ultrapassando fronteiras e interesses individuais em prol do bem comum.

A transparência é um componente vital desse processo, pois a prestação de contas e a visibilidade das ações tomadas são essenciais para manter os atores responsáveis por seus compromissos. Além disso, a participação significativa das partes interessadas, incluindo as comunidades afetadas, é fundamental para garantir que as políticas e práticas estejam alinhadas com as necessidades e aspirações das pessoas.

No entanto, não podemos ignorar os obstáculos e desafios que surgem ao longo desse caminho. A implementação da Agenda 2030 enfrenta obstáculos significativos,

desde questões de financiamento até a resistência a mudanças em estruturas de poder estabelecidas. Além disso, garantir que nenhum país ou grupo seja deixado para trás é um desafio intrincado que requer um compromisso profundo com a igualdade e a equidade.

A Agenda 2030 é uma visão ambiciosa para um mundo mais sustentável. Para alcançá-la, é necessário um esforço global coordenado, baseado em princípios de solidariedade, transparência, participação e responsabilidade. Esta agenda não é apenas um plano de metas, mas um compromisso com a transformação do nosso mundo para melhor, com a esperança de legar um futuro mais sustentável às gerações vindouras.

2.2. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos e Sustentabilidade: Desafios e Perspectivas

Nesta análise, abordaremos questões fundamentais relacionadas à gestão de resíduos sólidos urbanos e à promoção da sustentabilidade. A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio 92, que ocorreu em 1992, deu origem à Agenda 21, um documento voltado para a construção de uma sociedade sustentável abrangendo dimensões ambientais, sociais e econômicas (ONU, 2012). Essa iniciativa culminou, em 1999, na criação da Agenda de Administração Ambiental (A3P), que concentrou seus esforços na conscientização das questões ambientais entre os líderes públicos (MMA, 2024).

A A3P, fundamentada nos princípios dos 5Rs, busca fortalecer práticas administrativas que incorporem critérios de sustentabilidade nas rotinas públicas. A aplicação consistente desses princípios pode resultar em uma significativa redução dos impactos ambientais e sociais adversos. Contudo, a gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil ainda enfrenta obstáculos, uma vez que muitos municípios não aderem integralmente às diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Gestão de Resíduos (PNRS) de 2010 (Brasil, 2010).

A PNRS estabelece responsabilidades em vários níveis de governo e incentiva a cooperação e a coleta seletiva. No entanto, a gestão de resíduos é uma tarefa complexa que requer a colaboração de múltiplas partes interessadas, incluindo o setor público, empresas, instituições de ensino e a sociedade. Conforme Freitas, Pires & Benincá (2024); Vidiri, Queiroz, Vieira, Carvalho, & Barbosa, (2020) e Silva, Ferreira, Lima, Luz, Silva, Passos, Estevam, Macêdo, Pessoa, & Lima (2024), a articulação entre governo, iniciativa privada e consumidores é um dos pilares críticos para a efetividade da Política Nacional

de Resíduos Sólidos. Nesse contexto, a educação ambiental desempenha um papel crucial, promovendo os valores e práticas sustentáveis previstos na Política Nacional de Educação Ambiental (Brasil, 1999).

A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) também é relevante, enfatizando a importância de considerar as dimensões sociais, éticas, culturais e ambientais na compreensão da mudança tecnológica (Pinheiro, Silveira & Bazzo, 2007). No entanto, a eficácia da ciência e tecnologia é frequentemente comprometida pela ausência de políticas sociais robustas, o que pode resultar em uma aceleração da degradação ambiental e em injustiças sociais.

O consumo excessivo e o desperdício de recursos naturais representam desafios significativos, e o progresso tecnológico, muitas vezes, agrava as desigualdades. A busca pela supremacia da racionalidade na sociedade suscita questões complexas que afetam os direitos humanos, a sustentabilidade ambiental e o consumo consciente.

A educação ambiental desempenha um papel importante na conscientização sobre a sustentabilidade e na mudança de hábitos de consumo. No entanto, essa é uma tarefa complexa que exige uma abordagem interdisciplinar e uma compreensão dos diversos valores envolvidos. A sustentabilidade é uma questão transversal, sublinhando a necessidade de maior conscientização e aprimoramento nas áreas ambiental, econômica, política, ética e social. Essas melhorias dependem do envolvimento humano, da adoção de práticas responsáveis e de esforços voluntários.

A implementação eficaz da sustentabilidade enfrenta desafios, como a resistência à mudança de valores e práticas estabelecidas. A educação ambiental, em conjunto com políticas como a PNRS e a A3P, desempenha um papel crucial na promoção da responsabilidade ambiental, tanto individual quanto coletiva, e na construção de um futuro mais sustentável.

2.3. Os 5Rs da Sustentabilidade: Repensando Hábitos para um Futuro Mais Responsável

A abordagem dos 5Rs da sustentabilidade representa um avanço notável em relação às políticas tradicionais dos 3Rs, incorporando "repensar" e "rejeitar" como elementos-chave (Alkmin, 2015). A essência desses princípios reside na necessidade de os cidadãos repensarem seus valores e hábitos, reduzindo o consumo excessivo e o

desperdício. Isso implica priorizar a redução do consumo e a reutilização de materiais em detrimento da simples reciclagem, bem como evitar produtos que causem impactos sociais e ambientais significativos. Dessa forma, as principais ações para alcançar a sustentabilidade ambiental são repensar, reduzir, descartar, reutilizar e reciclar (Alkmin, 2015; Asteria, 2019).

Essa abordagem dos 5Rs deve ser considerada um processo educacional contínuo, que envolve mudanças nos hábitos diários. Não se trata apenas de uma maneira eficaz de lidar com resíduos sólidos, mas também de promover uma consciência mais profunda em relação ao consumo e ao impacto ambiental. Os 5Rs atuam como instrumento pedagógico para estimular hábitos de consumo ambientalmente conscientes. No entanto, como qualquer abordagem, eles apresentam desafios e implicações que exigem uma análise crítica.

2.3.1. Prós

Conscientização: Os 5Rs incentivam a conscientização sobre os impactos ambientais e sociais do consumo, promovendo uma mudança de mentalidade em direção à sustentabilidade (Asteria, 2019).

Redução de resíduos: Priorizar a redução e a reutilização antes da reciclagem leva a uma diminuição efetiva na geração de resíduos sólidos, aliviando a pressão sobre os sistemas de gestão de resíduos (Alkmin, 2015).

Economia: A reutilização e a redução de consumo podem resultar em economia financeira para os indivíduos e as organizações, além de reduzir a necessidade de recursos naturais (Asteria, 2019).

2.3.2. Contras

Desafios culturais: A adoção dos 5Rs exige uma mudança cultural significativa, o que pode encontrar resistência devido à comodidade dos hábitos existentes (Alkmin, 2015).

Disponibilidade de alternativas sustentáveis: Em algumas áreas, pode ser difícil encontrar produtos e serviços que atendam aos critérios de rejeitar produtos com impacto significativo (Asteria, 2019).

Complexidade da implementação: A aplicação dos 5Rs envolve uma série de etapas que podem ser complexas e exigir esforço adicional por parte dos consumidores e das empresas (Alkmin, 2015).

Para superar esses desafios e aproveitar os benefícios dos 5Rs da sustentabilidade, é fundamental adotar uma abordagem educativa e informativa. Isso inclui campanhas de conscientização, educação ambiental nas escolas e a promoção de práticas sustentáveis por parte das empresas. Além disso, é importante criar incentivos econômicos e políticas públicas que facilitem a adoção dos 5Rs. Em última análise, a mudança em direção a uma sociedade mais sustentável requer a participação ativa de todos os setores da sociedade, e os 5Rs podem ser uma ferramenta nesse processo de transformação.

Considerando essas abordagens teóricas sobre sustentabilidade e logística reversa, torna-se pertinente compreender como esses princípios se manifestam na prática, por meio da análise de uma empresa real.

Com base nesses fundamentos, a próxima seção apresenta a metodologia adotada para investigar, por meio de um estudo de caso, como esses princípios são aplicados na prática pela empresa de reciclagem de pneus localizada em Valinhos-SP.

3. METODOLOGIA

O presente estudo concentra-se na análise de uma empresa dedicada à reciclagem de pneus inservíveis, com a utilização de diversas técnicas de coleta de dados, alinhadas à tipologia proposta por Cervo, Bervian & Silva (2006). Essas técnicas abrangeram a revisão bibliográfica, que serviu como base para embasar o tema em questão, bem como a observação direta assistemática, entrevista formal realizada com o responsável técnico da empresa no mês de setembro de 2023, observação indireta e análise de documentos específicos da organização.

A metodologia adotada para a elaboração deste artigo é a de estudo de caso, tendo como foco a referida empresa de reciclagem de pneus inservíveis. A escolha desse método se fundamenta na sua eficácia em examinar eventos contemporâneos em contextos reais, conforme preconizado por Yin (2014). A relevância da temática da sustentabilidade, com ênfase na reciclagem de pneus inservíveis, justifica a seleção do método de estudo de

caso. Esse método desempenha um papel essencial na compreensão de fenômenos específicos, como os relacionados a organizações.

Por fim, é importante ressaltar a importância da revisão literária como componente crucial na construção do conhecimento científico. Além de proporcionar uma base sólida para embasar a pesquisa, a revisão da literatura também contribui para o desenvolvimento de novas teorias e evidencia lacunas que podem inspirar futuras investigações, conforme destacado por Botelho, Cunha & Macedo (2011).

A utilização conjunta dessas técnicas de coleta de dados e a aplicação do método de estudo de caso fornecem uma abordagem robusta e abrangente para analisar a empresa de reciclagem de pneus inservíveis no contexto da sustentabilidade. No entanto, é importante reconhecer que o estudo de caso pode apresentar limitações, como a dificuldade de generalização dos resultados para outras situações, exigindo cuidado na interpretação dos achados (Yin, 2014). Portanto, para garantir a qualidade e a validade da pesquisa, é fundamental adotar uma abordagem crítica e cuidadosa ao longo de todo o processo metodológico.

Os dados foram organizados por categorias temáticas com base nos objetivos da pesquisa e triangulados com documentos institucionais fornecidos pela empresa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As informações relativas às práticas operacionais e aos impactos ambientais da empresa especializada na reciclagem de pneus inservíveis, localizada no município de Valinhos, interior do estado de São Paulo, foram obtidas por meio de entrevista com seu responsável técnico, cujos conteúdos estão sistematizados na Tabela 2. Fundada em 1991, a referida empresa notabilizou-se por adotar, de forma antecipada, estratégias voltadas à gestão ambiental de resíduos pneumáticos, em um período anterior à consolidação de marcos regulatórios mais rígidos no ordenamento jurídico ambiental brasileiro.

Tabela 2**Questionário dirigido ao responsável técnico da empresa de reciclagem**

Perguntas	Respostas
Qual foi o agente motivador para a fundação da empresa?	A empresa foi fundada em 1991, época em que não havia legislação ambiental. No entanto, fomos motivados a abrir a empresa graças ao incentivo de um grande parceiro, que continua ativo até hoje, e que acreditava que poderíamos fazer as coisas de maneira diferente em relação ao que era feito na época. Essa abordagem inovadora permanece até os dias atuais.
Em se tratando de uma empresa que realiza a reciclagem de pneus inservíveis, conforme preconizado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, houve alguma contrapartida do poder público, uma vez que ele é o responsável por esses resíduos?	Nossa especialização está na logística reversa de pequenos geradores, como centros automotivos e concessionárias. Essa etapa é a mais desafiadora e custosa do processo de reciclagem. Infelizmente, o poder público não ofereceu nenhuma contrapartida nesse sentido.
Qual é o porte da empresa em termos de quantidade de funcionários e área ocupada? Como é o relacionamento com os clientes e fornecedores da cadeia reversa?	A empresa é de médio porte, possuindo uma matriz em Valinhos-SP e filiais em Canoas-RS, Curitiba-PR e Duque de Caxias-RJ. Empregamos cerca de 80 funcionários diretos no total e ocupamos uma área de aproximadamente 15.000m ² nas quatro localidades. Nossos parceiros variam em porte, desde multinacionais que nos contratam para executar serviços de logística reversa até pequenas empresas que geram resíduos específicos.
Quais são os principais meios/fornecedores de resíduos para a matéria-prima da empresa?	Nosso foco está na linha automotiva, o que inclui distribuidores, revendedores, aplicadores, centros de manutenção, frotistas, entre outros.
Como a eficiência da empresa é monitorada?	Utilizamos vários indicadores internos para monitorar nossa eficiência. Priorizamos o controle de itens que têm um grande impacto ambiental, como emissões de CO ₂ , consumo de combustível, consumo de energia, em relação ao volume total movimentado, entre outros.
Existem parcerias consolidadas com construtoras ou prefeituras (aterro de inertes)? Há facilidade na obtenção de matéria-prima? Há entraves legais para isso?	Não temos foco em atender prefeituras, e em relação às construtoras, nosso trabalho envolve a gestão ambiental dos resíduos de sua frota, não necessariamente a obtenção de matéria-prima. Não enfrentamos entraves legais significativos nesse aspecto.
Quais são as motivações e ganhos competitivos nesse fluxo de logística reversa?	Nossas motivações incluem o desenvolvimento de parcerias contínuas para a operação de logística reversa, parcerias com geradores e a expansão da capilaridade de resíduos e serviços. Além disso, nossa presença nas regiões Sul e Sudeste do Brasil é estrategicamente importante.
Qual a porcentagem de resíduo que é possível reciclar? Vocês fazem a triagem e separação ou têm parcerias estabelecidas para isso?	Sim, temos vários processos de triagem que verificam a qualidade e viabilidade de reutilização de cada pneu. Atualmente, conseguimos aproveitar cerca de 30% dos pneus para reuso.
Como é o fluxo das informações e o processo de recebimento dos materiais (mapeamento da logística reversa)?	Utilizamos um sistema de gestão de coleta que considera prazos, volumes ou solicitações. Dentro desse processo, cada resíduo de interesse, como cada pneu, é rastreado individualmente desde a geração até o destino. Também há um processo de formação de lotes que rastreia a origem do lote e para onde ele foi destinado ou processado.

Quais são os custos envolvidos entre as empresas fornecedoras de materiais inerentes e a sua empresa?	Não é possível estabelecer uma regra geral para os custos, pois isso depende muito do tipo de pneu e do custo da logística, que varia de acordo com a localização, entre outros fatores.
Quais são as maiores dificuldades da reciclagem, especialmente nesse tipo de logística reversa?	Uma das principais dificuldades, seja para qualquer material, é a centralização desse tipo de resíduo em um único operador.
Quais são os principais processos de reciclagem gerenciados pela empresa?	Gerenciamos todo o processo de logística reversa, triagem e rastreabilidade.
Como os materiais recebidos pela empresa voltam ao mercado?	Materiais que têm sobrevida, possibilidade de reuso em sua função original, ou que permitem retrabalhos como remanufatura e recauchutagem, são reintroduzidos no mercado. Além disso, os materiais recicláveis são transformados em matéria-prima para a indústria, contribuindo para a cadeia de produção de outros produtos.
Qual é o nível de concorrência das empresas desse ramo no atual mercado?	O maior desafio enfrentado é a concorrência desleal, em que algumas empresas não são submetidas às leis ambientais, trabalhistas, fiscais e de transporte. Isso ocorre, em parte, devido à convivência dos geradores que contratam essas empresas inadequadas para a atividade.

Fonte: Entrevista concedida pelo responsável técnico da empresa.

A responsabilidade pela destinação dos pneus inservíveis no Brasil é atribuída prioritariamente à logística reversa, com ênfase nos pequenos geradores, como centros automotivos e concessionárias. Contudo, observa-se uma limitada participação do poder público na efetiva operacionalização dessa cadeia. A empresa analisada é classificada como de médio porte, com aproximadamente 80 colaboradores e atuação distribuída em diversas localidades. Suas parcerias abrangem desde grandes corporações multinacionais até micro e pequenas empresas do setor automotivo, compondo uma rede diversificada de fornecedores de resíduos.

A principal matéria-prima utilizada pela organização é oriunda da linha automotiva, sendo fornecida por distribuidores, revendedores, aplicadores e outros elos da cadeia. A empresa demonstra elevado grau de compromisso com a sustentabilidade, monitorando sistematicamente indicadores ambientais relevantes, como emissões de dióxido de carbono, consumo de combustível e de energia. Destaca-se também a implantação de um sistema de gestão que permite o rastreamento individualizado dos resíduos, desde a sua geração até a destinação final, promovendo transparência e controle ao longo da cadeia logística.

No processo de triagem interna, aproximadamente 30% dos pneus são reaproveitados, reforçando a aderência aos princípios da economia circular. A empresa coleta e destina cerca de 500 toneladas de resíduos por mês, distribuídas em mais de 400

pontos de coleta, o que evidencia sua capacidade operacional. Ainda assim, enfrenta desafios substanciais, sobretudo relacionados à centralização dos resíduos em um único operador, o que compromete a eficiência do sistema logístico e a competitividade econômica do setor.

O programa nacional de logística reversa de pneus inservíveis, coordenado pela Reciclanip/EMDAPI, representa um avanço importante na gestão desses resíduos no Brasil. Estima-se que a Reciclanip invista anualmente cerca de R\$ 100 milhões na manutenção da cadeia de coleta e destinação, o que revela a magnitude do esforço envolvido. Paralelamente, observa-se uma transição nas estratégias de tratamento: inicialmente focadas na trituração dos pneus para uso como combustível alternativo em cimenteiras, essas práticas evoluíram com o desenvolvimento de tecnologias como a granulação, que possibilitam o reaproveitamento industrial dos resíduos, ampliando seu valor agregado.

Não obstante os progressos alcançados, persistem entraves estruturais que comprometem a sustentabilidade do sistema. A ausência de mecanismos econômicos estruturantes, aliada à fiscalização insuficiente e à baixa adesão à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), limita o pleno desenvolvimento da cadeia. A fragmentação dos resíduos em pontos de geração dispersos, como lojas e frotas, aliada à inexistência de obrigatoriedade legal para que os consumidores realizem a devolução dos pneus usados, constitui um desafio logístico considerável. Em contrapartida, setores específicos, como o de pneus de grande porte utilizados na mineração, estão sujeitos a obrigações normativas mais rígidas, exigindo descarte ambientalmente adequado, o que impacta diretamente a relação entre fabricantes e clientes.

A entrevista com o responsável técnico da empresa revela uma operação estruturada, com elevado comprometimento socioambiental. Ressalta-se a importância da atuação da iniciativa privada na viabilização de modelos sustentáveis, mesmo diante de um contexto regulatório e econômico adverso. Para o avanço efetivo da reciclagem de pneus no Brasil, torna-se imprescindível enfrentar os desafios financeiros, revisar a concentração de operadores logísticos e aprimorar os instrumentos legais e institucionais voltados à gestão integrada e sustentável desses resíduos.

Apesar dos avanços, a empresa enfrenta desafios relevantes, como o alto custo do transporte de pneus de localidades distantes, a informalidade de alguns pontos de descarte

e a ausência de incentivos fiscais específicos. A ausência de uma política municipal mais robusta também limita o alcance de suas operações e a expansão de seus serviços.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise conduzida neste estudo evidenciou os múltiplos desafios envolvidos na logística reversa de pneus inservíveis no Brasil, particularmente no âmbito do sistema coordenado pela Reciclanip/EMDAPI. A experiência da empresa localizada em Valinhos (SP), especializada na reciclagem desses resíduos, revela um modelo operacional comprometido com a sustentabilidade, mas que ainda enfrenta entraves estruturais relevantes.

Observa-se que, apesar dos avanços normativos e tecnológicos, a sustentabilidade econômica do sistema permanece condicionada à superação de lacunas no financiamento e à valorização efetiva dos subprodutos oriundos do processo de reciclagem. A fragmentação da coleta, ocasionada pela ampla dispersão dos pontos geradores e pela ausência de mecanismos compulsórios de devolução por parte dos usuários finais, compromete a eficiência logística e demanda soluções articuladas entre os diversos agentes da cadeia.

Embora a legislação ambiental brasileira estabeleça o princípio da responsabilidade compartilhada, sua aplicação no setor de pneus ainda se mostra parcial, em especial pela permanência de lacunas regulatórias vinculadas à Resolução CONAMA nº 416/2009. Isso reforça a necessidade de maior alinhamento com os instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, de modo a consolidar uma governança mais eficaz para o setor.

A atuação da empresa evidencia como o setor privado pode integrar soluções técnicas voltadas à gestão ambiental eficiente. Seu sistema de triagem e rastreabilidade contribui para o fortalecimento da economia circular, ainda que obstáculos como a concorrência informal e a baixa fiscalização continuem a comprometer o desenvolvimento do setor. Diante desse cenário, torna-se imprescindível a intensificação dos esforços colaborativos, envolvendo empresas, governo e sociedade civil, para que a gestão de pneus inservíveis no Brasil avance de forma integrada, eficiente e ambientalmente responsável.

A rastreabilidade implementada pela empresa permite monitorar o volume de resíduos processados, identificar gargalos no processo logístico e garantir a conformidade com as diretrizes da PNRS. Embora eficaz, essa prática ainda requer aprimoramentos tecnológicos para otimizar a análise de desempenho e a comunicação com órgãos reguladores.

Conclui-se que a empresa estudada constitui um modelo viável de aplicação prática e estruturada dos princípios da Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável (GCSS), com destaque para a implementação da logística reversa de pneus em um contexto urbano de médio porte. A experiência analisada demonstra o potencial da iniciativa privada em preencher lacunas operacionais deixadas pela gestão pública de resíduos, contribuindo diretamente para o cumprimento das diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Contudo, os resultados também evidenciam a necessidade de políticas públicas mais integradas, incentivos fiscais específicos e instrumentos regulatórios mais robustos, a fim de garantir a expansão sustentável e o fortalecimento institucional desse tipo de operação.

REFERÊNCIAS

- Alkmim, E. B. (2015). *Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola Politécnica Programa de Engenharia Urbana*. Ufrj.br. Recuperado 17 de julho de 2025, de <https://www.repositorio.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1443.pdf>
- Andiç, E., Yurt, Ö., & Baltacıoğlu, T. (2012). Green supply chains: Efforts and potential applications for the Turkish market. *Resources, Conservation, and Recycling*, 58, 50–68. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.10.008>
- Asteria, D. (2019). Women's environmental literacy in managing waste for environmental sustainability of the city. *Development (Society for International Development)*, 62(1–4), 178–185. <https://doi.org/10.1057/s41301-019-00227-y>
- Beamon, B. M. (1999). Measuring supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(3), 275–292. <https://doi.org/10.1108/01443579910249714>
- Botelho, L. L. R., Cunha, C. C. de A., & Macedo, M. (2011). O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão E Sociedade*, 5(11), 121–136. <https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220>

- Brasil. (1999). Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Política Nacional de Educação Ambiental. Recuperado 17 de julho de 2025, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm
- Brasil. (2010). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Recuperado 17 de julho de 2025, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm
- Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 360–387. <https://doi.org/10.1108/09600030810882816>
- Cervo, A. L., Bervian, P. A., & da Silva, R. (2006). *Metodologia científica*. Pearson Universidades.
- CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2009). Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009. Recuperado 17 de julho de 2025, de https://conama.mma.gov.br/?id=597&option=com_sisconama&task=arquivo.do_wnload
- Dubey, R., Gunasekaran, A. & Papadopoulos, T. (2017), "Green supply chain management: theoretical framework and further research directions", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 24 No. 1, pp. 184-218. <https://doi.org/10.1108/BIJ-01-2016-0011>
- Freitas, M. F., Pires, M. M., & Benincá, D. (2024). Fragilidades e potencialidades na gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. *URBE Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 16. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.016.e20230271>
- Gavronski, I., Klassen, R. D., Vachon, S., & Nascimento, L. F. M. do. (2011). A resource-based view of green supply management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 872–885. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.05.018>
- Gilbert, S. (2001). Greening Supply Chain: Enhancing Competitiveness Through **Green Productivity**. Tapei, Taiwan. Recuperado 17 de julho de 2025, de https://www.apo-tokyo.org/wp-content/uploads/2014/07/ind_gp_gsc-2000.pdf
- Godfrey, R. (2017). Ethical Purchasing. Em *Greener Purchasing* (p. 244–251). Routledge.
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Ohman, M. C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N., & Noble, I. (2013). Policy: Sustainable development goals for people and planet: Policy. *Nature*, 495(7441), 305–307. <https://doi.org/10.1038/495305a>
- Guide, V. D. R., Jr, & Van Wassenhove, L. N. (2009). OR FORUM—the evolution of closed-loop supply chain research. *Operations Research*, 57(1), 10–18. <https://doi.org/10.1287/opre.1080.0628>

- Kogg, B. (2003). Greening a Cotton-textile Supply Chain: A Case Study of the Transition towards Organic Production without a Powerful Focal Company. *Greener Management International*, 43, 53–64. <http://www.jstor.org/stable/greemanainte.43.53>
- Lee, S.-Y., & Klassen, R. D. (2008). Drivers and enablers that foster environmental management capabilities in small- and medium-sized suppliers in supply chains. *Production and Operations Management*, 17(6), 573–586. <https://doi.org/10.3401/poms.1080.0063>
- Linton, J. D., Klassen, R., & Jayaraman, V. (2007). Sustainable supply chains: An introduction. *Journal of Operations Management*, 25(6), 1075–1082. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.012>
- MMA- Ministério do Meio Ambiente (2024). *A3P. Agenda Ambiental na Administração Pública*. (2024). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Recuperado 17 de julho de 2025, de <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/gestao-ambiental-e-sustentabilidade/agenda-ambiental-na-administracao-publica-a3p>
- Narasimhan, R., & Carter, J. R. (1998). Linking business unit and material sourcing strategies. *Journal of Business Logistics*, 19(2), 155–171. <https://www.proquest.com/openview/b157cd8835e4a1036649a0b0928a34b2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=36584>
- ONU- Organização das Nações Unidas (2012). *The future we want* (Report of the United Nations Conference on Sustainable Development, Rio de Janeiro, 20–22 June 2012). Recuperado de <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/733FutureWeWant.pdf>
- ONU- Organização das Nações Unidas. *Relatório Anual do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente*. (2025a). Brasil. Recuperado 17 de julho de 2025, de <https://brasil.un.org/pt-br/289832-relat%C3%B3rio-anual-do-programa-das-na%C3%A7%C3%B5es-unidas-para-o-meio-ambiente>
- ONU- Organização das Nações Unidas. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. (2025b). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas em Brasil. Recuperado 17 de julho de 2025, de <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- Pinheiro, N. A. M., Silveira, R. M. C. F., & Bazzo, W. A. (2007). Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. *Ciência & Educação (Bauru)*, 13(1), 71–84. <https://doi.org/10.1590/s1516-73132007000100005>
- Sarkis, J. (2003). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 11(4), 397–409. [https://doi.org/10.1016/s0959-6526\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/s0959-6526(02)00062-8)

- Sarkis, J. (2012). A boundaries and flows perspective of green supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(2), 202–216. <https://doi.org/10.1108/13598541211212924>
- Sarkis, J., & Dhavale, D. G. (2015). Supplier selection for sustainable operations: A triple-bottom-line approach using a Bayesian framework. *International Journal of Production Economics*, 166, 177–191. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.007>
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- Silva, C. M. A., Ferreira, A. B. S., Lima, L. A. de O., Luz, T. R. S. A., Silva, M. M., Passos, C. R. S., Estevam, S. M., Macêdo, F. M., Pessoa, B. T., & Lima, J. N. M. (2024). Política nacional de resíduos sólidos (Lei 12.305/2010): desafios na implementação da logística reversa de medicamentos no Brasil. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 16(5), e4265. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n5-085>
- Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x>
- UNDP- United Nations Development Programme. *Human development reports*. (2025). Undp.org. Recuperado 17 de julho de 2025, de <https://hdr.undp.org/>
- Vachon, S., & Klassen, R. D. (2006). Extending green practices across the supply chain: The impact of upstream and downstream integration. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(7), 795–821. <https://doi.org/10.1108/01443570610672248>
- Vachon, S. (2007). Green supply chain practices and the selection of environmental technologies. *International Journal of Production Research*, 45(18–19), 4357–4379. <https://doi.org/10.1080/00207540701440303>
- Vidiri, A., Queiroz, A., Vieira, E., Carvalho, C., & Barbosa, C. (2020). Política Nacional de Resíduos Sólidos: Um Estudo sobre a Importância das Cooperativas de Catadores de Material Reciclável na Logística Reversa. *Goiás: Editora Conhecimento Livre*.
- Wu, Z., & Pagell, M. (2011). Balancing priorities: Decision-making in sustainable supply chain management. *Journal of Operations Management*, 29(6), 577–590. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.10.001>
- Yin, R. K. (2014). *Estudo de Caso - Planejamento e Métodos*. Bookman.