



FACULDADES
DOM BOSCO

CAIO GUSTAVO LEITE AVELAR

Economia Circular através do processo de Logística Reversa: Um Estudo de Caso em uma Indústria Automotiva.

Resende - RJ
2025

**ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL DOM BOSCO
FACULDADE DE ENGENHARIA DE RESENDE**

CAIO GUSTAVO LEITE AVELAR

Economia Circular através do processo de Logística Reversa: Um Estudo de Caso em uma Indústria Automotiva.

Trabalho de Graduação apresentado à Associação Educacional Dom Bosco, Faculdade de Engenharia de Resende, Curso de Engenharia de Produção, como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia de Produção.

Resende - RJ
2025

Catálogo na fonte
Biblioteca Central da Associação Educacional Dom Bosco – Resende-RJ

A949 Avelar, Caio Gustavo Leite
Economia circular através do processo de logística reversa: um estudo de caso em uma indústria automotiva / Caio Gustavo Leite Avelar - 2025. 32f.

Orientador: Anderson Fernandes de Barros
Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à finalização do curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Resende da Associação Educacional Dom Bosco.

1. Engenharia de produção. 2. Logística reversa. 3. Economia circular. 4. Setor automotivo. 5. Sustentabilidade. 6. Resíduo industrial. I. Barros, Anderson Fernandes de. II. Faculdade de Engenharia de Resende. III. Associação Educacional Dom Bosco. IV. Título.

CDU 658.78(043)



CAIO GUSTAVO LEITE AVELAR

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **ANDERSON FERNANDES DE BARROS**
Data: 12/07/2025 12:15:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. (a).: Anderson Fernandes Barros
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **DAYANA ELIZABETH WERDERITS SILVA**
Data: 12/07/2025 14:33:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. (a).: Dayana Elizabeth Werderits Silva
Membro da banca – Convidado

Documento assinado digitalmente
 **NILSON RODRIGUES DA SILVA**
Data: 12/07/2025 13:47:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. (a).: Nilson Rodrigues da Silva
Membro da banca - Convidado

Julho de 2025

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio incondicional, aos amigos que caminharam ao meu lado nessa jornada, e a todos que acreditaram em mim durante a graduação em Engenharia de Produção.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por me conceder saúde, força e perseverança durante toda essa jornada.

À minha família, pelo apoio constante, pelas palavras de incentivo e por sempre acreditarem em mim, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos professores da graduação, que compartilharam seus conhecimentos com dedicação e contribuíram diretamente para a minha formação.

Aos colegas e amigos que estiveram ao meu lado ao longo do curso, pelas parcerias, conversas e aprendizados compartilhados.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa trajetória, deixo aqui minha sincera gratidão. Este estudo é resultado do esforço coletivo e do apoio recebido ao longo dos anos.

"A inovação na produção é essencial para se manter competitivo no mercado."

Michael Porter

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar a aplicação da logística reversa como ferramenta para promover a economia circular em uma indústria automotiva localizada no Sul Fluminense. Diante dos desafios ambientais e da crescente demanda por práticas sustentáveis, o estudo foca na gestão dos resíduos gerados durante o processo produtivo, especialmente os componentes presilhas e batoques. O trabalho caracteriza-se como um estudo de caso com abordagem quali-quantitativa, utilizando coleta de dados, observação direta e análise documental. Os resultados demonstraram que o modelo de maior volume de produção (D08) é responsável por mais de 50% dos resíduos gerados, seguido do ISF e ISL. A implementação da economia circular, por meio de uma logística reversa eficiente, permitiu mapear oportunidades de reaproveitamento dos materiais, reduzindo desperdícios e custos operacionais. Foram propostas melhorias nos processos de coleta, armazenamento e reintegração dos resíduos na cadeia produtiva. Além dos benefícios ambientais, a empresa obteve redução de custos, ao reduzir gastos com matérias-primas e descarte. O estudo também destacou que a logística reversa fortalece a imagem organizacional e gera competitividade. A análise reforça a importância de práticas sustentáveis no setor automotivo. A partir da metodologia aplicada, constatou-se que é possível transformar resíduos em novos produtos ou componentes. Conclui-se que a economia circular, associada à logística reversa, é essencial para empresas que buscam sustentabilidade e eficiência. Este modelo contribui significativamente para a redução do impacto ambiental. Logo, o estudo reforça que a adoção de estratégias sustentáveis é um diferencial competitivo e uma necessidade no cenário industrial atual.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Resíduos. Soluções de Logísticas Sustentáveis. Descarte Inteligente. Recuperação de Materiais. Economia Circular.

ABSTRACT

This study aims to analyze the application of reverse logistics as a tool to promote the circular economy in an automotive industry located in the southern part of Rio de Janeiro. Given the environmental challenges and the growing demand for sustainable practices, the study focuses on the management of waste generated during the production process, especially fasteners and stoppers. The research is characterized as a case study with a qualitative and quantitative approach, using data collection, direct observation and document analysis. The results showed that the model with the highest production volume (D08) is responsible for more than 50% of the waste generated, followed by ISF and ISL. The implementation of the circular economy, through efficient reverse logistics, allowed mapping opportunities for reusing materials, reducing waste and operating costs. Improvements were proposed in the processes of collection, storage and reintegration of waste into the production chain. In addition to environmental benefits, the company achieved cost reductions by lowering expenses on raw materials and waste disposal. The study also highlighted that reverse logistics strengthens the organizational image and generates competitiveness. The analysis reinforces the importance of sustainable practices in the automotive sector. Based on the methodology applied, it was found that it is possible to transform waste into new products or components. The research concludes that the circular economy, associated with reverse logistics, is essential for companies seeking sustainability and efficiency. This model contributes significantly to reducing environmental impact. Thus, the work reinforces that the adoption of sustainable strategies is a competitive advantage and a necessity in the current industrial scenario.

KEYWORDS: Circular Economy. Reverse Logistics. Sustainability. Industrial Waste and Automotive Industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Cadeia de suprimentos imediata da empresa | 18 |
| Figura 2 – Processo Logístico reverso e tradicional..... | 19 |
| Figura 3 – Diagrama do fluxo de geração de resíduos sólidos..... | 21 |
| Figura 4 – Recipiente para coleta de resíduos | 25 |
| Figura 5 – Possíveis componentes pelo reaproveitamento..... | 27 |
| Gráfico 1 – Resíduos pré-montagem..... | 26 |
| Gráfico 2 – Resíduos linha final..... | 27 |
| Fluxograma 1 – Fluxograma de metodologia de pesquisa..... | 23 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Dados pré-montagem | 25 |
| Tabela 2 – Dados linha final | 26 |
| Tabela 3 – Resultado final | 28 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|---|
| ANFAVEA | Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores |
| PNRS | Política Nacional de Resíduos Sólidos |
| D08 | Motor Man D08 |
| ISL | Interact System serie L |
| ISF | Intelligent, Strong, and Flexible |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 | Situação problema | 15 |
| 1.2 | Justificativa do trabalho | 16 |
| 1.3 | Objetivo geral | 16 |
| 1.3.1 | Objetivo Específicos | 16 |
| 1.4 | Delimitação do estudo | 16 |
| 1.5 | Organização do trabalho | 17 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 18 |
| 2.1 | Logística | 18 |
| 2.2 | Logística reversa | 19 |
| 2.3 | Economia Circular | 20 |
| 2.4 | Resíduos sólidos | 20 |
| 2.5 | Sustentabilidade | 21 |
| 3 | MATERIAIS E METODOS | 22 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 24 |
| 5 | CONCLUSÃO | 28 |
| 6 | INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 29 |
| 7 | REFERÊNCIAS | 30 |
| 8 | BIBLIOGRAFIA CONSULTADA | 33 |

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação global com a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais tem impulsionado a adoção de práticas inovadoras na indústria, tanto para desenvolvimento de novos produtos quanto para projeto de processos como uma estratégia essencial para minimizar impactos ambientais e otimizar o uso de materiais.

Em se tratando do setor automotivo, tal abordagem tem uma expressiva relevância pela grande demanda de mercado e descarte de componentes após a fase de descontinuidade do produto. De acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2024) a produção de veículos pesados no Brasil alcançou 169.000 unidades, totalizando aproximadamente 2,5 milhões de veículos em geral fabricados no país. Esse número posiciona o Brasil como o oitavo maior produtor mundial, evidenciando a necessidade de soluções sustentáveis para a gestão de seus resíduos industriais.

A economia circular propõe a redução de desperdícios e o aproveitamento máximo dos materiais por meio de ciclos contínuos de reutilização, reciclagem e remanufatura. Segundo Silva e Pires (2016), a Logística Reversa desempenha um papel fundamental nesse contexto, uma vez que facilita o direcionamento adequado de resíduos, promovendo o descarte correto e incentivando a educação ambiental entre funcionários, fornecedores e clientes.

1.1 Situação Problema

Apesar dos benefícios promovidos pela logística reversa, muitas indústrias ainda enfrentam dificuldades em sua implementação, especialmente no que se refere à viabilidade do reaproveitamento de determinados componentes.

Na estratégia de adotar práticas sustentáveis nos processos produtivos, a empresa Alfa, do setor automotivo com ênfase na organização do ambiente industrial e na destinação adequada dos resíduos. No entanto, há desafios significativos relacionados à logística reversa de componentes, especificamente presilhas e batoques, devido às exigências de volume mínimo dos fornecedores, à infraestrutura necessária para armazenamento, coleta e à falta de padronização dos processos de reaproveitamento.

Diante desse cenário, surge a seguinte questão: Como a implementação de um modelo eficiente de logística reversa pode otimizar a gestão de resíduos na empresa Alpha, garantindo a circularidade dos componentes e minimizando impactos ambientais?

1.2 Justificativa do Trabalho

Este trabalho se justifica pela necessidade de reduzir desperdícios e aprimorar a sustentabilidade do setor automotivo. A logística reversa não apenas reduz o impacto ambiental causado pelo descarte inapropriado de materiais, mas também pode gerar ganhos econômicos e competitivos para as indústrias que adotam essa estratégia. Além disso, a crescente demanda por soluções sustentáveis por parte de consumidores e órgãos reguladores torna a implementação de boas práticas ambientais um diferencial estratégico.

1.3 Objetivo Geral

Analisar a aplicação da logística reversa como ferramenta para promover a economia circular em uma indústria automotiva, através do reaproveitamento de materiais descartados.

1.3.1 Objetivos Específicos

Em consonância com o objetivo geral proposto, é necessário desdobrar o estudo em objetivos específicos, que permitirão uma análise mais aprofundada dos elementos que compõem a logística reversa e sua contribuição para a economia circular na indústria automotiva. A seguir, são apresentados os objetivos específicos que nortearão o desenvolvimento deste estudo.

- Identificar os principais componentes descartados no processo produtivo e avaliar o potencial de reaproveitamento ou reciclagem;
- Estudar o impacto da implementação da economia circular na redução de resíduos e nos ganhos ambientais;
- Propor melhorias no processo de logística reversa para aumentar a eficiência e a circularidade dos materiais;

1.4 Delimitação do Estudo

Este estudo será conduzido na empresa do setor automotivo na região Sul Fluminense, em seu processo produtivo relacionado à gestão de resíduos, especificamente presilhas e batoques. Serão analisadas as práticas existentes de logística reversa, identificando desafios e propondo soluções para a eficácia do reaproveitamento desses materiais. O estudo se baseará em um levantamento bibliográfico e na análise do fluxo produtivo da empresa, com foco na avaliação do impacto da economia circular na redução de desperdícios e na sustentabilidade organizacional.

1.5 Organização do Trabalho

Para uma melhor organização, clareza e encadeamento, o trabalho está estruturado em cinco capítulos.

No Capítulo 1 aborda a introdução ao tema, contextualizando a importância da logística reversa na economia circular e apresentando a problemática do estudo.

A revisão da literatura é apresentada no Capítulo 2, onde apresenta sobre logística reversa e economia circular, explorando conceitos, desafios e aplicações na indústria automotiva.

Já no Capítulo 3 detalha a metodologia adotada para o estudo, incluindo o método de coleta e análise de dados.

Os resultados obtidos são apresentados no Capítulo 4, com a análise dos impactos da logística reversa na empresa Alpha.

Por fim, o Capítulo 5, apresenta as considerações finais, destacando as contribuições do estudo e recomendações para futuros estudos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Logística

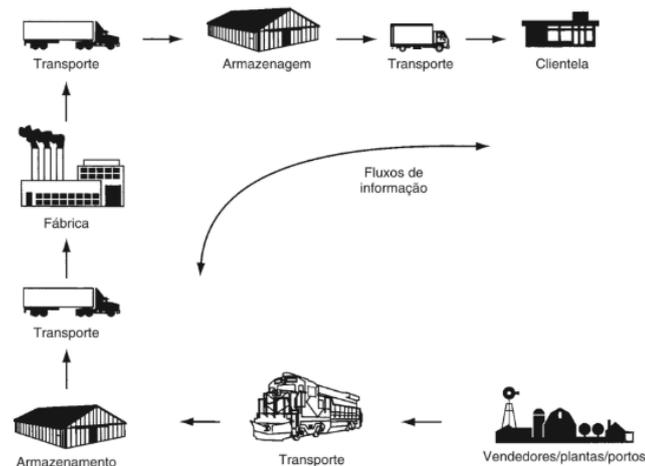
Inicialmente, aponta-se que Logística, pode ser compreendida como o processo que envolve o planejamento, a implementação e o controle do fluxo eficiente e eficaz de produtos, serviços e informações, desde a origem até o ponto de consumo, com o objetivo de satisfazer as demandas dos clientes (Salgado, 2023).

Conforme destaca Moura (2016) a logística pode ser definida como a gestão dos fluxos de produtos, serviços e das informações associadas entre fornecedores e clientes, sejam eles finais ou intermediários, assegurando a entrega dos itens e serviços necessários aos consumidores, onde quer que estejam, nas melhores condições.

A logística desempenha um papel estratégico nas organizações, pois integra diferentes funções que asseguram o fluxo contínuo de materiais e informações ao longo da cadeia produtiva. Esse processo não se limita apenas ao transporte e ao armazenamento, mas envolve um conjunto de atividades coordenadas que agregam valor ao produto final.

Como aponta Ballou (2006, p. 29) a Logística/Cadeia de Suprimentos é um conjunto de atividades funcionais (transportes, controle de estoques, etc.) que se repetem inúmeras vezes ao longo do canal pelo qual matérias-primas vão sendo convertidas em produtos acabados, aos quais se agrega valor ao consumidor. Na Figura 1, é possível visualizar de forma simplificada como funciona uma cadeia de suprimentos.

Figura 1 – Cadeia de suprimentos imediata da empresa



Fonte: Ballou (2006).

A Figura 1 representa o fluxo da cadeia de suprimentos, que inicia nos vendedores, plantas ou portos, passando pelo transporte até o armazenamento de insumos. Em seguida, os materiais

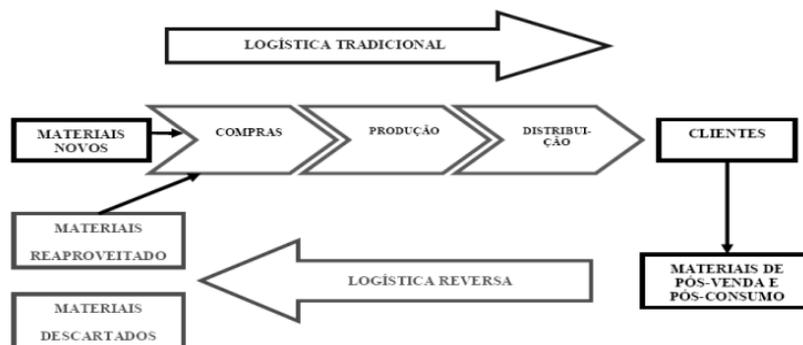
seguem para a fábrica, onde são transformados em produtos acabados. Após a produção, ocorre nova etapa de transporte, armazenagem e distribuição até a clientela. Esse processo é unidirecional e voltado ao atendimento da demanda, com foco na eficiência operacional.

2.2 Logística Reversa

De acordo com Monteiro *et al.* (2024) a logística reversa é compreendida como a gestão dos fluxos de produtos, materiais e resíduos que retornam do ponto de consumo ao ponto de origem, configurando-se como uma estratégia essencial para reduzir os impactos ambientais associados à produção e ao descarte incorreto. Nesse cenário, a sustentabilidade deixa de ser apenas uma tendência e se torna uma exigência fundamental para as organizações.

A logística reversa desempenha um papel importante no contexto atual, ao viabilizar o retorno de materiais após a venda e o consumo, promovendo o desenvolvimento sustentável e a responsabilidade ambiental. Além disso, a prática contribui para a valorização dos ativos empresariais por meio da melhoria da imagem da empresa, enquanto a reutilização de materiais proporciona redução de custos (Oliveira et al., 2020). A Figura 2 exemplifica esse processo, evidenciando como o retorno dos materiais pode gerar valor e sustentabilidade na cadeia logística.

Figura 2 – Processo Logístico reverso e tradicional



Fonte: Oliveira et al. (2020) apud Shibao et al. (2010).

A Figura 2 apresenta a distinção entre logística tradicional e logística reversa. A logística tradicional segue um fluxo linear: inicia-se com a compra de materiais novos, passa pela produção, distribuição e chega aos clientes. Já a logística reversa atua no sentido oposto, reintegrando ao processo produtivo os materiais de pós-venda e pós-consumo, que podem ser reaproveitados ou descartados de forma adequada, promovendo a sustentabilidade e a economia circular.

A adoção de práticas sustentáveis tem se tornado um diferencial competitivo nas organizações, especialmente diante das crescentes pressões ambientais e sociais. Nesse contexto, a logística reversa surge como um instrumento estratégico, impactando tanto a sustentabilidade quanto a imagem corporativa.

Monteiro et al. (2024, p. 61) destacam que

O desenvolvimento nas empresas, influenciado pela implementação da logística reversa, não apenas promove a sustentabilidade, mas também molda a reputação corporativa e a posição no mercado. As empresas que adotam práticas sustentáveis não apenas atendem a uma demanda crescente por responsabilidade ambiental, mas também se posicionam como agentes de mudança em um mundo que busca soluções para os desafios ambientais.

2.3 Economia Circular

Segundo Campi e Sousa (2023) a economia circular é uma abordagem sustentável que busca minimizar o desperdício e promover o uso eficiente dos recursos, mantendo-os em circulação pelo maior tempo possível por meio de práticas como reciclagem, regeneração e reuso.

Barbosa et al. (2024) ressalta que o objetivo da economia circular é promover um crescimento econômico sustentável e inclusivo de forma inteligente, evitando o consumo de substâncias prejudiciais, restaurando a diversidade biológica por meio do reuso e reciclagem de recursos, e buscando reduzir a extração de novas matérias-primas.

A transição para modelos econômicos mais sustentáveis tem ganhado destaque nas discussões sobre o futuro da produção e consumo. Nesse cenário, a Economia Circular surge como uma abordagem estratégica, visando a maximização do uso dos recursos e a minimização dos impactos ambientais.

Na visão de Teixeira (2021, p.13)

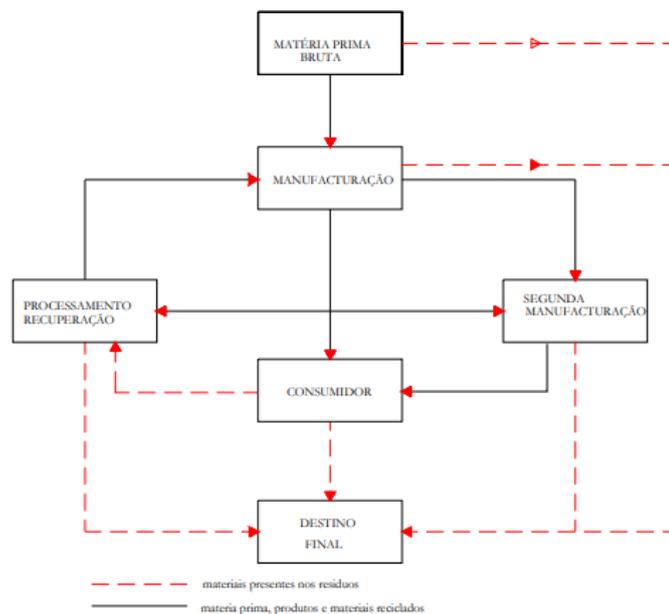
“O modelo de “Economia Circular” propõe o fluxo cíclico dos recursos naturais disponibilizados para o ser humano na natureza para a produção, por meio de cadeias produtivas integradas. Nessas cadeias, os recursos operam no mais alto nível de utilidade e valor, compondo um sistema industrial intencionalmente reparador ou regenerativo (não destrutivo e predatório), o que é benéfico dos pontos de vista operacional e estratégico, mas também apresenta grande potencial de inovação, geração de empregos e crescimento econômico.”

2.4 Resíduos Sólidos

A gestão adequada dos resíduos sólidos é um dos grandes desafios contemporâneos, especialmente diante do crescimento populacional e do aumento das atividades industriais e urbanas. Compreender o conceito de resíduos sólidos é essencial para estabelecer políticas eficazes de manejo, minimização e reaproveitamento desses materiais.

Nesse contexto, é importante destacar a definição de Russo (2003, pág. 7) “Resíduos sólidos são todos os materiais que não fazendo falta ao seu detentor, este se queira desfazer. Compreende resíduos resultantes da atividade humana e animal, normalmente sólidos, sem utilização ou indesejáveis por seu detentor, porém com capacidades de valorização.” A Figura 3 ilustra o fluxo dos resíduos sólidos e suas possibilidades de reintegração à cadeia produtiva por meio da recuperação e remanufatura, o Diagrama do Fluxo da Geração de Resíduos apresenta o percurso dos materiais ao longo do ciclo produtivo, desde a matéria-prima bruta até o destino final. As linhas contínuas indicam o fluxo de matéria-prima, produtos e materiais reciclados, enquanto as linhas tracejadas representam os materiais presentes nos resíduos. O esquema evidencia a possibilidade de retorno dos resíduos ao processo, seja por meio do processamento e recuperação ou da segunda manufatura. O consumidor também desempenha papel central nesse ciclo, influenciando a destinação e o reaproveitamento, o diagrama reforça a lógica da economia circular e da logística reversa.

Figura 3 – Diagrama do fluxo de geração de resíduos sólidos



Fonte: Russo (2003).

Segundo Gouveia (2012), o avanço econômico, o crescimento populacional, a urbanização e o progresso tecnológico têm provocado mudanças nos padrões de vida, produção e consumo da sociedade. Como consequência, há um aumento significativo na geração de resíduos sólidos, tanto em volume quanto em diversidade, incluindo materiais sintéticos que podem ser prejudiciais ao meio ambiente.

A gestão de resíduos sólidos tem se tornado um dos principais desafios ambientais nas últimas décadas, especialmente com o crescimento populacional e a intensificação das atividades industriais. Diante desse cenário, foi criada uma legislação nacional com o objetivo de estabelecer diretrizes para o manejo adequado dos resíduos, promovendo a responsabilidade compartilhada, a não geração, a reutilização, a reciclagem e a destinação final ambientalmente correta. Trata-se da Lei Federal 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e apresenta a seguinte definição para os resíduos sólidos:

“[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (Brasil, 2010, Art. 3, inc. XVI).

2.5 Sustentabilidade

A sustentabilidade exige novos modelos de gestão que considerem o ciclo de vida dos produtos e a destinação adequada de resíduos. Nesse cenário, a logística reversa desempenha papel essencial ao integrar responsabilidade ambiental às práticas econômicas, promovendo o retorno de materiais ao processo produtivo.

Essa integração reflete a necessidade de continuidade nas ações sustentáveis, conforme argumenta Lima (2006, p.6) pode-se afirmar que sustentabilidade busca conciliar a questão ambiental com a questão econômica incorporando o princípio básico da continuidade, nada pode ser sustentável se não for contínuo.

De acordo com Irigaray e Stocker (2022) o conceito de desenvolvimento sustentável pode ser entendido como uma proposta que integra o crescimento econômico, a preservação ambiental e a diminuição das desigualdades globais, tratando esses aspectos como objetivos éticos compartilhados.

Diante dos desafios globais atuais, as empresas precisam adaptar suas estratégias para além dos resultados financeiros, considerando também os impactos sociais e ambientais de suas atividades. Esse novo cenário tem redefinido a maneira como as organizações operam e se posicionam no mercado, na visão de Amâncio *et al.* (2008) a mudança no entendimento sobre sustentabilidade tem impactado diretamente a forma como as empresas atuam, uma vez que, globalmente, elas enfrentam desafios que vão além da esfera econômica, envolvendo também questões sociais e ambientais.

3 MATERIAIS E METODOS

Neste trabalho foi adotado o método de pesquisa de natureza aplicada, com foco na análise da possibilidade da aplicação da economia circular por meio do processo de logística reversa, buscando identificar benefícios ambientais e operacionais na indústria automotiva.

O trabalho caracteriza-se como um estudo de caso com abordagem quali-quantitativa e de natureza exploratória, conduzida em uma empresa do setor automotivo localizada na região Sul Fluminense. O estudo foi desenvolvido especificamente no setor de motores e transmissão, onde são realizadas as atividades de pré-montagem dos componentes que formam esse conjunto, os quais são posteriormente integrados ao produto final.

Segundo Robert K. Yin (2015), o desenvolvimento de um estudo de caso deve iniciar-se com uma análise cuidadosa e detalhada da literatura existente, além da formulação criteriosa dos objetivos e das questões centrais da pesquisa. Destaca-se também a importância de adotar procedimentos formais e explícitos ao longo de toda a condução da investigação.

Com base na abordagem metodológica adotada neste estudo, foram realizadas investigações bibliográficas e análises de dados provenientes de estudos anteriores relacionadas à logística reversa, economia circular e temas correlacionados. Essas investigações tiveram como principal finalidade oferecer uma base teórica sólida para o desenvolvimento do estudo, possibilitando a identificação de práticas consolidadas, bem como de lacunas e oportunidades ainda pouco exploradas no contexto industrial.

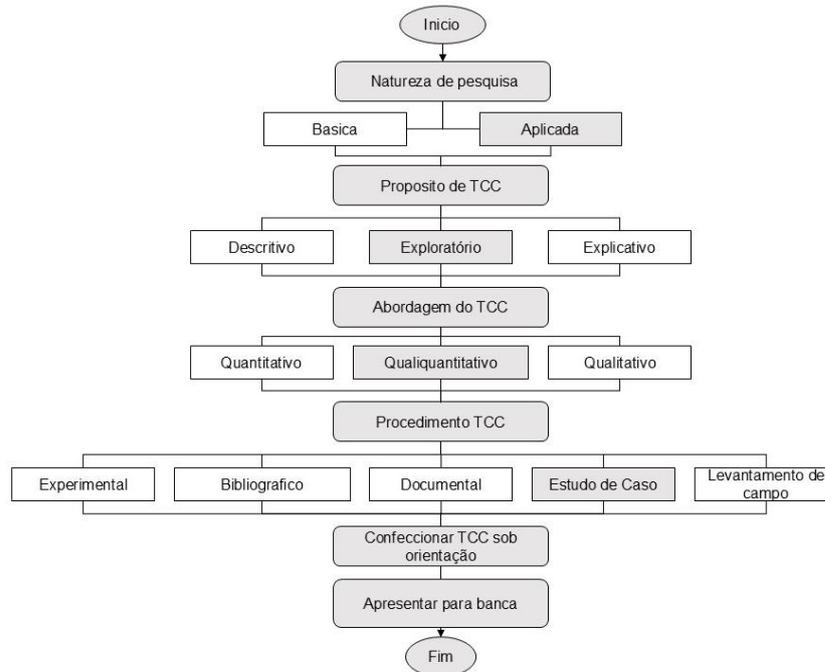
A partir dessa fundamentação, foi possível identificar evidências relevantes que sustentam a viabilidade e os benefícios do reaproveitamento de batoques e presilhas utilizados nas linhas de produção. Esses elementos, frequentemente descartados como resíduos, apresentam um potencial significativo de retorno ao ciclo produtivo, contribuindo para a redução de impactos ambientais e para o aumento da eficiência operacional. Além disso, essas ações estão alinhadas com os princípios da sustentabilidade e com as diretrizes da economia circular, que visam transformar resíduos em recursos, promovendo a otimização do uso de matérias-primas e a minimização do desperdício.

Nesse sentido, a metodologia aplicada buscou integrar teoria e prática, combinando referências bibliográficas relevantes com a análise crítica de dados reais e aplicáveis ao contexto da indústria automotiva. Essa abordagem proporcionou uma compreensão mais aprofundada dos desafios enfrentados no processo produtivo e das possibilidades concretas de implementação de melhorias sustentáveis por meio da logística reversa.

O Fluxograma 1 apresenta de forma visual e organizada as etapas metodológicas que nortearam o desenvolvimento deste estudo. Os campos destacados em cinza indicam os

métodos e procedimentos que foram efetivamente aplicados, evidenciando o caminho percorrido desde a revisão bibliográfica até a análise das práticas adotadas e a proposição de estratégias mais eficientes para o reaproveitamento dos materiais.

Fluxograma 1 – Fluxograma de metodologia de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A coleta de dados foi realizada entre os meses de fevereiro e março de 2025, abrangendo duas linhas de produção distintas. Os dados foram obtidos por meio de observação direta, levantamento de informações operacionais, e consultas aos registros internos da empresa, com apoio das equipes de logística, engenharia e sustentabilidade.

Durante o acompanhamento das linhas produtivas, foi realizada a quantificação dos resíduos gerados, com foco nos componentes descartados, os batoques e presilhas. A coleta se iniciou no primeiro posto de trabalho, junto com o surgimento do produto, e foi acompanhando o produto de posto a posto com intuito de coletar todos os resíduos gerados por cada modelo.

Estes itens, após o uso, eram depositados em recipientes específicos localizados junto ao ponto de descarte. Os batoques e presilhas foram armazenados em recipientes proporcionados pelo próprio processo produtivo da empresa. Esses recipientes foram posicionados de forma estratégica nas linhas, permitindo fácil acesso e garantindo a separação adequada dos materiais.

Com os dados obtidos, foi possível realizar uma análise das quantidades descartadas por modelo de motor e identificar oportunidades de redução e reaproveitamento. Também foram

investigadas alternativas logísticas para a reintegração desses materiais à cadeia produtiva, incluindo o potencial meio de retorno dos componentes aos fornecedores ou parceiros recicladores.

As informações coletadas foram tratadas por meio de análise descritiva, permitindo mapear os impactos potenciais da logística reversa na redução de resíduos e na melhoria dos processos internos. O estudo também considerou práticas de coletas já adotadas pela empresa, que serviram como base para a estruturação e implementação de ações voltadas à circularidade dos materiais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a quantificação dos dados, a coleta foi realizada inicialmente por modelo de produto, abrangendo três categorias: ISL (Interact System serie L), ISF (Intelligent, Strong and Flexible) e D08 (Motor Man D08). O acompanhamento teve início no nascimento do veículo na linha de produção, sendo monitorado em cada posto até a conclusão do processo produtivo.

Essa abordagem permitiu identificar os principais componentes descartados, além de mapear os pontos estratégicos para a alocação dos recipientes utilizados na coleta em estudo. A Figura 4 ilustra os recipientes empregados na coleta diária.

Figura 4 – Recipiente para coleta de resíduos



Fonte: Elaborado autor (2025).

A Figura 4 apresenta o sistema de descarte seletivo utilizado no cotidiano, composto por uma estrutura metálica do tipo Trilogi, amplamente utilizado na indústria para montagem de estruturas personalizadas, como bancadas, carrinhos, suportes e prateleiras.

Os recipientes brancos utilizados na estrutura, originalmente empregados no processo produtivo, foram reaproveitados e adaptados como coletores seletivos de resíduos sólidos. A segregação é feita de forma direcionada, sendo o compartimento superior destinado ao descarte de presilhas plásticas e o inferior ao descarte de batoques

A partir dos resultados obtidos na coleta, foi possível determinar a quantidade, em quilogramas, de resíduos gerados por cada modelo de produto. Com base nesses dados e na projeção de unidades a serem produzidas ao longo do ano, foi elaborada uma estimativa do volume total de descarte, permitindo a análise do potencial impacto da economia circular sobre esses componentes.

A projeção será apresentada em duas linhas distintas, a Tabela 1 exibe os dados referentes à linha de pré-montagem.

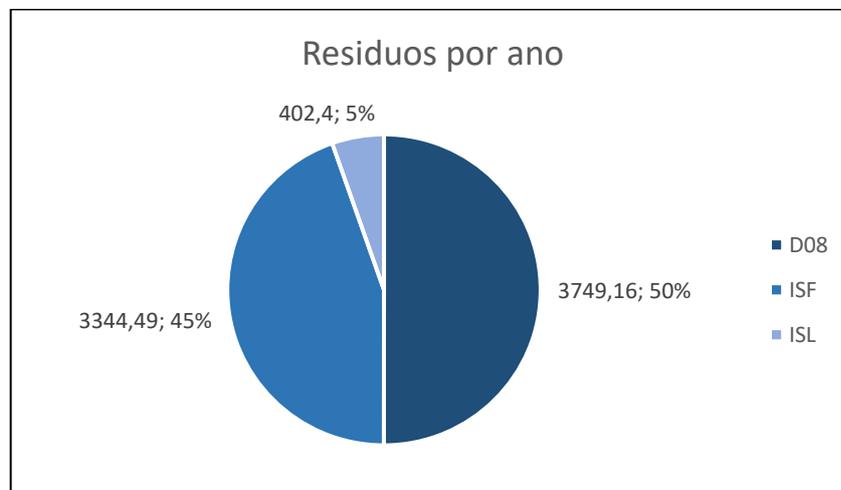
Tabela 1 – Dados pré-montagem

| Modelo | Quantidade de presilhas por ano | Quantidade de batoques por ano | Projeção por ano |
|---------------|--|---------------------------------------|-------------------------|
| ISL | 120,480 Kg | 281,920 Kg | 402,400 Kg |
| ISF | 1808,310 Kg | 1536,180 Kg | 3344,490 Kg |
| D08 | 1915,50 Kg | 1833,660 Kg | 3749,16 Kg |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Estratificando os dados da tabela, é possível analisar os dados do Gráfico 1, que exibe a diferença de impacto que cada modelo causa na geração de resíduos.

Gráfico 1 – Resíduos pré-montagem



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com base nos dados apresentados, verifica-se que o modelo de produto D08 é o maior responsável pela geração de resíduos no processo produtivo, representando 50% do total descartado anualmente. O modelo ISF ocupa a segunda posição com 45%, enquanto o modelo ISL contribui com apenas 5%. Essa distribuição está diretamente relacionada aos volumes de produção de cada modelo, sendo o D08 o mais fabricado e o ISL o de menor escala.

Na segunda linha onde os componentes pré-montados são adicionados ao produto final, tivemos um resultado maior que na primeira coleta, a Tabela 2 exhibe os resultados obtidos.

Tabela 2 – Dados Linha Final

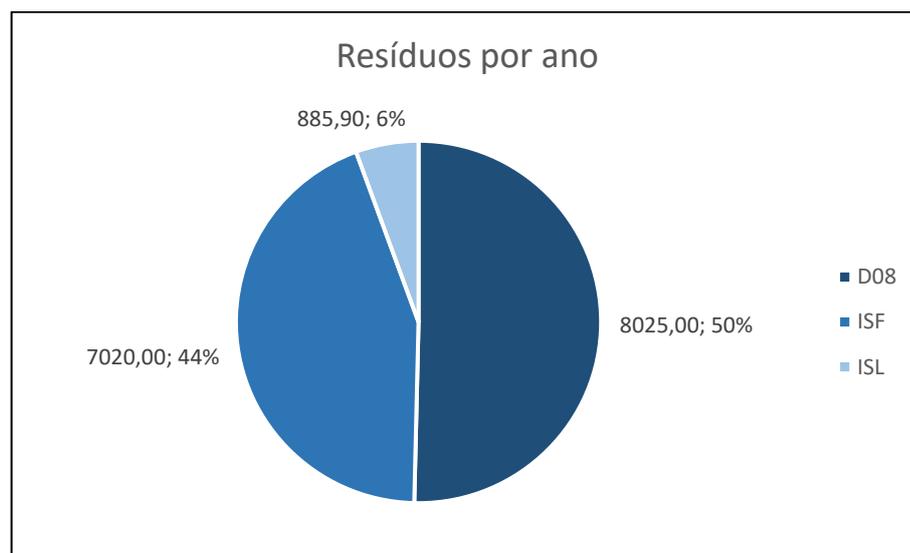
| Modelo | Quantidade de presilhas por ano | Quantidade de batoques por ano | Projeção por ano |
|--------|---------------------------------|--------------------------------|------------------|
| ISL | 275,50 Kg | 610,40 Kg | 885,90 Kg |
| ISF | 3620,00 Kg | 3400,00 Kg | 7020,00 Kg |
| D08 | 4200,00 Kg | 3825,00 Kg | 8025,00 Kg |

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Ao analisar a tabela observamos que os valores da linha final são maiores que o da pré-montagem, devido a quantidade de postos e operações que cada uma contém.

O Gráfico 2 aborda os dados coletados na linha final e nos mostra a importância da circularidade dos resíduos e o impacto da implementação da economia circular na redução de resíduos e nos ganhos sustentáveis.

Gráfico 2 – Resíduos linha final



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O gráfico apresenta a distribuição anual de resíduos gerados por três modelos distintos na linha final. O modelo D08 é o maior gerador, com 8.025 kg por ano (50%), seguido pelo modelo ISF com 7.020 kg (44%). O modelo ISL representa a menor parcela, com 885,9 kg (6%). Esses dados evidenciam a importância de estratégias diferenciadas de reaproveitamento conforme o volume gerado por cada modelo.

Essas informações são fundamentais para identificar a quantidade de componentes descartados ao longo do processo produtivo, permitindo uma análise aprofundada sobre o potencial de reaproveitamento ou reciclagem dos resíduos gerados por cada modelo e linha de produção.

A partir dessa identificação, torna-se possível avaliar de forma direcionada quais materiais podem ser reinseridos na cadeia produtiva, reduzindo perdas e otimizando recursos. A Figura 5 apresenta possíveis componentes que podem ser produzidos com o reaproveitamento dos resíduos gerados.

Figura 5 – Possíveis componentes pelo reaproveitamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A imagem apresenta componentes desenvolvidos a partir da reutilização de presilhas e batoques descartados no processo produtivo. As partes circulares nas extremidades das presilhas e as peças automotivas são exemplos de itens fabricados com material reciclado. Esses resultados evidenciam o potencial da logística reversa como ferramenta para reinserção de resíduos na cadeia produtiva, promovendo a economia circular na indústria automotiva.

Para obter a somatória total de cada linha de produção de resíduos gerado foi calculado o total de presilha e batoque descartado por ano de cada modelo e depois os resultados de cada modelo foi somado para saber em cada linha o quanto de resíduos em geral é possível estar implementando a circularidade dos materiais e analisar o impacto de possíveis ganhos ambientais e redução de custo com essa implementação.

Para calcular a somatória total de resíduos gerados em cada linha de produção, aplicou-se a equação $RLT = \sum i = 1n(Pi + Bi)$, onde foram somadas as quantidades anuais de presilhas (Pi) e batoques (Bi) descartados por cada modelo de produto (i). Em seguida, os resultados de todos os modelos foram agregados por linha (pré-montagem e linha final), possibilitando a análise do volume total de resíduos passíveis de circularidade. Este cálculo permitiu avaliar o potencial de reaproveitamento e os impactos ambientais e financeiros decorrentes da implementação de práticas de economia circular.

A Tabela 3 exibe o resultado final dessa equação explicando de forma mais objetiva a relevância da implementação da circularidade dos materiais, promovendo uma grande redução de desperdício e descarte de resíduos.

Tabela 3 – Resultado Final

| Linha de Produção | Resíduos gerados por linha | Total anual |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Pré Montagem | 7496,05 Kg | 23426,95 Kg |
| Linha Final | 15930,90 Kg | |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025)

Os dados reforçam a relevância de se estudar o impacto da economia circular na redução dos resíduos gerados, uma vez que a aplicação de princípios circulares como o reuso, a remanufatura e a reciclagem podem trazer benefícios ambientais expressivos e ganhos financeiros ao reduzir custos com descarte e matéria-prima.

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve como foco principal a análise da aplicação da logística reversa como ferramenta para promoção da economia circular em uma indústria do setor automotivo. O estudo foi direcionado especificamente para os componentes descartados durante o processo produtivo, com ênfase nos batoques e presilhas utilizados nas linhas de pré-montagem e montagem final de motores e transmissões.

A escolha do tema mostrou-se relevante diante do cenário atual, em que as indústrias enfrentam crescentes pressões por práticas sustentáveis, seja por exigências regulatórias, seja pela demanda do mercado por responsabilidade ambiental. Para o setor automotivo, notadamente um dos que mais geram resíduos industriais, a adoção da economia circular por meio da logística reversa representa uma oportunidade real de aliar redução de impactos ambientais com ganhos operacionais e redução de custo.

Os objetivos propostos inicialmente foram plenamente atendidos, foi possível identificar os principais componentes descartados durante o processo produtivo e avaliar seu potencial de reaproveitamento. A análise demonstrou que, ao reaproveitar ou redirecionar adequadamente os resíduos como batoques e presilhas, é possível reduzir significativamente o volume de descarte.

O estudo evidenciou que a implementação da economia circular pode gerar benefícios tanto ambientais ao evitar o envio de resíduos para aterros, quanto financeiros ao reduzir custos com aquisição de novos materiais. Também foram propostas melhorias nos processos de coleta, armazenamento e retorno dos resíduos, contribuindo para uma logística reversa mais eficiente.

A hipótese proposta, de que um modelo eficiente de logística reversa pode otimizar a gestão de resíduos e promover a circularidade dos materiais na empresa analisada, foi confirmada com base nos resultados obtidos. A partir das projeções anuais de resíduos gerados por modelo de produto, ficou evidente o potencial de reintegração dos materiais à cadeia produtiva. Assim, a pergunta-problema sobre como a logística reversa pode otimizar a gestão de resíduos foi respondida de maneira clara e fundamentada: por meio da estruturação adequada do processo, com mapeamento dos pontos de descarte, padronização da coleta e envolvimento de parceiros logísticos.

Os resultados demonstraram que a maior parte dos resíduos era gerada pelos modelos de maior volume de produção, sendo o D08 responsável por mais de 50% dos descartes, seguido pelo ISF e, por fim, o ISL. Com a soma total de resíduos ultrapassando 23 toneladas ao ano, a implementação de práticas circulares não só se justifica, como se torna necessária. Através da análise quali-quantitativa, ficou claro que pequenas mudanças nos processos internos podem gerar impactos positivos significativos.

Conclui-se, portanto, que a logística reversa, quando bem estruturada, é uma poderosa aliada na construção de um modelo de produção mais sustentável, promovendo a circularidade de materiais, a redução de impactos ambientais e o fortalecimento da competitividade industrial.

6 INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como contribuição para futuros trabalhos, recomenda-se o aprofundamento na viabilidade técnica e econômica do reaproveitamento dos materiais coletados, considerando custos logísticos, tecnologias de reaproveitamento e parcerias com fornecedores e recicladores. Também seria interessante investigar a percepção dos colaboradores em relação à sustentabilidade e propor treinamentos voltados à cultura da circularidade.

REFERÊNCIAS

- ANFAVEA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Indicadores da Indústria Automotiva. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/>. Acesso em: 17 fev. 2025.
- BARBOSA, A. et al. Economia Circular e Sustentabilidade. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 45-62, 2023. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/7623/4863>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- BALLOU, R. H. *Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- CAMPI, L.; SOUSA, M. Economia circular: fundamentos e aplicações. *Revista Eletrônica da ESAGS*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 25-33, jul./dez. 2023. Disponível em: <https://portalderevistas.esags.edu.br/index.php/revista/article/view/140/151>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- GOUVEIA, N. Produção de resíduos sólidos no contexto urbano: impactos e desafios. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 5, p. 1201-1210, maio 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/y5kTpqkqyY9Dq8VhGs7NWwG>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- MONTEIRO, L. S. et al. *Logística integrativa: estratégias para sustentabilidade*. São Paulo: Poisson, 2024. Disponível em: https://www.poisson.com.br/livros/individuais/Logistica_Integrativa/Logistica_Integrativa.pdf#page=60. Acesso em: 10 abr. 2025.
- MOURA, L. *Logística e cadeia de suprimentos: estratégias integradas*. São Paulo: Atlas, 2016.
- OLIVEIRA, A. A. et al. *Logística reversa: uma ferramenta estratégica para a sustentabilidade empresarial*. WebArtigos, 2020. Disponível em: <https://www.webartigos.com/storage/app/uploads/public/588/4ce/192/5884ce192bc07614877368.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2025.
- RUSSO, L. M. *Resíduos sólidos: definição e gestão*. Lisboa: Universidade Fernando Pessoa, 2003. Disponível em: <http://homepage.ufp.pt/madinis/RSol/Web/TARS.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.
- SALGADO, A. *Logística moderna: princípios e práticas*. São Paulo: Google Books, 2023. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=WerIEAAAQBAJ>. Acesso em: 03 abr. 2025.
- SILVA, G. M.; PIRES, S. R. Logística reversa e sustentabilidade industrial. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, Lajeado, v. 12, n. 3, p. 130-145, 2016. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/2784/591>. Acesso em: 23 fev. 2025.
- TEIXEIRA, C. H. S. B. *Economia Circular: Um Estudo sobre o Fluxo de Recursos Naturais*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/38579/1/Monog%20Cynthia%20H%20S%20B%20Teixeira%20completo%2010092021.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2025.

YIN, Robert K. Estudo de caso. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. E-book. p.[Inserir número da página]. ISBN 9788582602324. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582602324/>. Acesso em: 23 mai. 2025.