



Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas

Departamento de Administração

PEDRO EVERSON RODRIGUES FERREIRA

**LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL DO TRANSPORTE
RODOVIÁRIO DE CARGAS**

Brasília – DF

2025

PEDRO EVERSON RODRIGUES FERREIRA

**LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL DO TRANSPORTE
RODOVIÁRIO DE CARGAS**

Monografia apresentada ao Departamento de
Administração como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Administração.

Patrícia Guarnieri dos Santos

Orientadora

Brasília – DF

2025

PEDRO EVERSON RODRIGUES FERREIRA

LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL DO TRANSPORTE
RODOVIÁRIO DE CARGAS

A Comissão Examinadora, abaixo identificada, aprova o Trabalho de Conclusão do Curso de Administração da Universidade de Brasília do (a) aluno (a)

Pedro Everson Rodrigues Ferreira

Dra., Patrícia Guarnieri dos Santos

Professor-Orientador

Dra., Vanessa Cabral Gomes,

Professor-Examinador

Ms., Bárbara de Oliveira Vieira

Professor-Examinador

Brasília, 07 de março de 2025

Dedico este trabalho à minha orientadora, Professora Patrícia Guarnieri, por sua paciência, dedicação e apoio ao longo desta jornada acadêmica, sem a sua ajuda a conclusão deste trabalho não teria sido possível. Dedico também à minha família, em especial aos meus irmãos, Valentin e Luiz, pelo incentivo e companheirismo, e à minha mãe, Anita, que não apenas me deu a vida, mas também esteve ao meu lado em todos os momentos, enfrentando desafios e sacrifícios sem jamais desistir de mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter me guiado durante todos esses anos na UnB, iluminando meu caminho quando tudo parecia desmoronar e me dando forças para persistir até o fim.

Agradeço à minha mãe, Anita, e aos meus irmãos, Luiz e Valentin, por todo o amor, paciência e apoio incondicional. Vocês estiveram ao meu lado em cada etapa, me incentivando mesmo nos momentos em que eu próprio duvidava.

Minha gratidão também à Professora Patrícia, que, mesmo diante de todos os desafios, nunca desistiu de mim e fez de tudo para que eu conseguisse entregar este trabalho. Seu apoio foi essencial para que este projeto se tornasse realidade.

Não posso deixar de agradecer à Vanessa, que, apesar de não termos seguido juntos como casal, teve um papel fundamental ao me apoiar nos estudos e me ajudar a manter o foco na monografia. Seu incentivo fez toda a diferença.

Aos gestores que participaram da pesquisa voluntariamente, muito obrigado pelo tempo e pela disposição em contribuir com este estudo. Sem a colaboração de vocês, esta pesquisa não teria sido possível.

Também sou grato às professoras Vanessa e Bárbara, que aceitaram avaliar minha defesa e trouxeram contribuições valiosas para o desenvolvimento deste trabalho.

E, por fim, um agradecimento especial – e um pouco engraçado – a mim mesmo. Porque, mesmo querendo desistir incontáveis vezes, consegui me convencer a seguir em frente. Não foi fácil, mas aqui estou, provando que, no final das contas, a gente sempre dá um jeito!

RESUMO

A logística desempenha um papel fundamental na distribuição de mercadorias, abrangendo desde a aquisição de insumos até a entrega final ao consumidor, conhecida como last mile. No Brasil, o modal rodoviário domina o transporte de cargas, sendo também um dos principais responsáveis pela emissão de gases poluentes, como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxidos de nitrogênio (NO_x). Diante do impacto ambiental dessa atividade, torna-se essencial discutir a sustentabilidade na logística de transporte, especialmente no que se refere à adoção de tecnologias que reduzam as emissões associadas ao setor. O presente estudo tem como objetivo analisar as iniciativas dos fabricantes de caminhões na busca por soluções que minimizem os impactos ambientais da logística rodoviária. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, identificando o estado da arte sobre inovação sustentável no setor. Além disso, foram conduzidas entrevistas semiestruturadas com gestores da área, cujas respostas foram analisadas por meio da técnica de análise de conteúdo de Bardin (2011), permitindo mapear percepções e desafios enfrentados pelas empresas na implementação dessas soluções. Os resultados indicam que a precariedade da infraestrutura rodoviária no Brasil representa um grande obstáculo à transição para tecnologias sustentáveis, dificultando a substituição dos combustíveis fósseis por alternativas como eletrificação e biocombustíveis. Observou-se, ainda, que o governo desempenha um papel crucial tanto na imposição de regulações mais rígidas quanto na oferta de incentivos para a adoção de práticas ambientais responsáveis. Apesar da existência de diversas alternativas para a descarbonização do transporte de cargas, a otimização dos processos logísticos, por meio da roteirização eficiente e do uso de tecnologias de monitoramento, continua sendo a principal estratégia adotada pelo setor. Isso se deve, em grande parte, às más condições das vias, que limitam a viabilidade de investimentos em frotas mais sustentáveis.

Palavras-chave: Logística de transportes. Sustentabilidade na logística. Modal rodoviário. Transporte de cargas. Tecnologias limpas no transporte

LISTA DE QUADROS

Quadro 1— Estudos da Revisão Integrativa	34
Quadro 2 — Quadro-resumo dos profissionais de logística entrevistados	45
Quadro 3 — Categorias da Análise de Conteúdo para o Objetivo Específico 1	50
Quadro 4 — Categorias da Análise de Conteúdo para o Objetivo Específico 2	54
Quadro 5 — Categorias da Análise de Conteúdo para o Objetivo Específico 3	58
Quadro 6 — Categorias da Análise de Conteúdo para o Objetivo Específico 4	62
Quadro 7 — Objetivos Específicos e Principais Resultados	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 — Quantidade de publicações por ano	22
Gráfico 2 — Tipos de publicação.....	23
Gráfico 3 — Natureza da Pesquisa.....	24
Gráfico 4 — Delineamento de Pesquisa.....	25
Gráfico 5 — Abordagem de Pesquisa.....	26
Gráfico 6 — Metodologia de Pesquisa	27
Gráfico 7 — Recorte temporal de pesquisa	28
Gráfico 8 — Tipo de amostra	29
Gráfico 9 — Perfil amostral	30
Gráfico 10 — Procedimento de análise de dados	31
Gráfico 11 — Instrumento de coleta.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de combustível no transporte (1990-2022).	42
Figura 2 — Análise de Conteúdo	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Contextualização	11
1.2. Formulação do problema	12
1.3. Objetivo Geral.....	14
1.4. Objetivos Específicos.....	14
1.5. Justificativa	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1.1. A importância da sustentabilidade empresarial.....	16
2.1.2. Logística de transportes.....	17
2.1.3. Sustentabilidade no transporte rodoviário de cargas	18
2.2. REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA.....	19
2.2.1. Formulação da questão de pesquisa	20
2.2.2. Estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão	20
2.2.3. Seleção e acesso de literatura	20
2.2.4. Avaliação da qualidade da literatura incluída na revisão	20
2.2.5. Análise, síntese e disseminação dos resultados.....	21
2.2.5.1. Análise Bibliométrica.....	21
2.2.6. Síntese, disseminação dos resultados e lacunas	33
2.2.6.1. Panorama da Literatura sobre Sustentabilidade no Transporte Rodoviário de Cargas	
33	
2.2.6.2. Análise Bibliométrica dos Estudos Seleccionados.....	38
3. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA	40
3.1. Tipo e descrição geral da metodologia	40
3.2. Caracterização do setor, área ou organização.....	41
3.3. Caracterização dos participantes	44
3.4. Instrumentos de pesquisa	45
3.4.1. Roteiro de entrevistas	46

3.5.	<i>Procedimentos de coleta e análise de dados.....</i>	46
3.6.	<i>Aspectos éticos com a pesquisa.....</i>	48
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1.	<i>Análises e Discussões.....</i>	49
4.1.1.	O Estado Atual do Transporte Rodoviário de Cargas.....	49
4.1.2.	Alternativas de transporte rodoviário de carga sustentável.....	53
4.1.3.	Discutir a aplicação de medidas sustentáveis no transporte rodoviário de cargas sem aumentar os custos de logística.....	57
4.1.4.	Identificar desafios e oportunidades para o transporte sustentável.....	61
4.2.	<i>Relação dos Objetivos Específicos com os Resultados.....</i>	65
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	67
5.1.	<i>Considerações Finais.....</i>	67
5.2.	<i>Limitações do Trabalho.....</i>	68
5.3.	<i>Sugestões para estudos futuros.....</i>	69
5.4.	<i>Contribuições do estudo.....</i>	70
6.	REFERÊNCIAS.....	71

1. INTRODUÇÃO

A construção deste capítulo está organizada em contextualização, formulação do problema, objetivo geral, objetivos específicos e justificativa.

1.1. Contextualização

Com a crescente conscientização global sobre os impactos ambientais, a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) tem se tornado um foco central nas discussões sobre sustentabilidade. Segundo Christopher (2013), há uma correlação direta entre a emissão de GEE e o nível de atividade econômica global. Essa correlação apresenta desafios para criar ações e políticas voltadas ao desenvolvimento sustentável da economia. A exemplo disso, o decreto 9.073, de junho de 2017, que promulga o Acordo de Paris firmado em 2015, visa mitigar os efeitos dos GEE's ao mesmo tempo, em que promove o desenvolvimento econômico sustentável no Brasil (Brasil, 2017).

Para mitigar esse problema, diversas tecnologias se desenvolveram, tendo sido implementadas ao longo dos anos. A introdução de motores mais eficientes, combustíveis alternativos (Baêta, 2024), e sistemas de gestão de frota são alguns exemplos de avanços que buscam reduzir a pegada de carbono do transporte rodoviário (Souza, 2020). Além disso, políticas governamentais, como incentivos fiscais para veículos menos poluentes e regulamentações mais rígidas sobre emissões, desempenham um papel crucial na promoção de práticas mais sustentáveis (Wolffenbüttel, 2022).

Outro ponto importante é desenvolver tecnologias de eletrificação dos veículos. A adoção de caminhões elétricos e híbridos tem ganhado força, especialmente em áreas urbanas onde a redução de emissões pode ter um impacto significativo na qualidade do ar e na saúde pública (Silva, 2022). Leis que incentivam a modernização da frota e a utilização de energias renováveis são essenciais para a transição para um transporte mais sustentável (Silva, 2022).

Os gases de efeito estufa emitidos pelo transporte rodoviário de carga incluem dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxidos de nitrogênio (NO_x) (Borsari, 2009). Cada tipo de motor contribui de maneira diferente para essas emissões. Motores de ciclo Otto, que utilizam gasolina ou gás natural, tendem a emitir mais CO₂ em comparação com motores diesel, que, por sua vez, emitem maiores quantidades de NO_x e partículas finas, substâncias altamente prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana (Borsari, 2009). No caso específico do Brasil,

onde o diesel é o combustível predominante para o transporte de carga, as emissões de NOx são particularmente preocupantes. Além disso, o diesel de baixa qualidade frequentemente utilizado no país contribui para níveis ainda mais altos de poluição (CNT, 2012).

Apesar da diversidade de tecnologias disponíveis para reduzir as emissões de GEE, o modal rodoviário continua sendo o mais poluente. A razão para isso está na escala de uso, em que é o principal tipo de transporte de cargas do país, a baixa infraestrutura das vias e o uso intensivo de combustíveis fósseis devido à frota antiga mais poluente (Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2021). O transporte ferroviário e aquaviário, por exemplo, apresentam emissões significativamente menores por tonelada-quilômetro transportada, mas a predominância do modal rodoviário no Brasil é um reflexo da ausência de investimentos adequados em alternativas mais limpas e eficientes (EPE, 2021).

Outro fator que contribui para a alta emissão de GEE pelo transporte rodoviário é a idade média da frota brasileira, que é relativamente alta (Benvenuti et. al., 2019). Veículos antigos são menos eficientes e mais poluentes, e a substituição por modelos mais novos e menos poluentes é um processo lento e custoso (EPE, 2021). Mesmo com incentivos governamentais, a renovação da frota enfrenta barreiras econômicas e logísticas significativas (EPE, 2021).

O objetivo deste trabalho é analisar detalhadamente como as fabricantes estão integrando tecnologias como motores híbridos, sistemas de controle de emissões e materiais sustentáveis em seus processos de produção e como essas inovações afetam a sustentabilidade geral do transporte rodoviário.

1.2. Formulação do problema

No Brasil, a predominância do transporte rodoviário para a movimentação de mercadorias é um reflexo direto do modelo de desenvolvimento adotado pelo país ao longo das décadas. Esse desequilíbrio modal é evidenciado pelo fato de que aproximadamente 65% do transporte de cargas foi realizado por estradas em 2022 (Confederação Nacional do Transporte – CNT, 2022). Tal cenário coloca o Brasil em uma posição de alta dependência do transporte rodoviário para o escoamento de sua produção anual (CNT, 2022).

As origens dessa concentração no modal rodoviário remontam ao período de industrialização e modernização do país, especialmente nas décadas de 1950 e 1960 (Rego, 2017). Durante esse tempo, o governo brasileiro investiu massivamente na construção de rodovias e na expansão da infraestrutura viária, incentivando a utilização de caminhões e outros

veículos de carga. A preferência por este modal foi reforçada pela disponibilidade de petróleo e pela instalação de montadoras de veículos, consolidando o modo rodoviário como o principal meio de transporte de cargas.

Essa escolha estratégica impactou diretamente o consumo de derivados de petróleo no setor de transportes, com o modal rodoviário representando cerca de 93,8% desse consumo (EPE, 2023). Consequentemente, o elevado uso de veículos movidos a combustíveis fósseis contribui significativamente para a emissão de dióxido de carbono, agravando os problemas ambientais relacionados às emissões de gases de efeito estufa.

No contexto dos estudos sobre a logística de transporte de cargas sustentável, Bartholomeu (2016), pesquisou focando na análise da sustentabilidade e na redução das emissões de gases poluentes no setor de transporte rodoviário de carga, enfocando o aspecto operacional. Assim tenta entender como práticas sustentáveis podem ser implementadas para mitigar o impacto ambiental do transporte de cargas, com ênfase em inovações tecnológicas e práticas empresariais.

Já Silva e Pizzolatto (2022), focaram mais em discutir as principais políticas públicas internacionais bem-sucedidas voltadas para a expansão da frota de veículos elétricos para o transporte rodoviário de carga e como tais políticas poderiam ser adaptadas ao mercado brasileiro. E vários outros autores como Boschi (2022) e Tovar (2019) baseiam suas obras em tentar alternativas tecnológicas para aumentar a eficiência do modo rodoviário de cargas.

Mas embora a literatura anterior aborde os aspectos mais operacionais da logística de transporte de cargas sustentável, pouco se há trabalhos sobre os impactos das tecnologias de redução de emissões nos fabricantes. Há uma falta de estudos detalhados sobre como as fabricantes de caminhões estão desenvolvendo e implementando tecnologias para redução de emissões de gases poluentes.

E assim, tentamos responder o seguinte problema: Como os fabricantes de caminhões estão desenvolvendo e implementando tecnologias para a redução de emissões de gases poluentes, e quais são os desafios e impactos econômicos, tecnológicos e regulatórios enfrentados durante esse processo.

1.3. Objetivo Geral

Analisar como os fabricantes de caminhões estão desenvolvendo e implementando tecnologias para a redução de emissões de gases poluentes na logística, bem como os desafios e impactos econômicos, tecnológicos e regulatórios enfrentados durante esse processo.

1.4. Objetivos Específicos

- Avaliar o estado atual do transporte rodoviário de cargas.
- Comparar opções de transporte rodoviário de carga sustentável.
- Discutir a aplicação de medidas sustentáveis no transporte rodoviário de cargas sem aumentar os custos de logística.
- Identificar desafios e oportunidades para o transporte sustentável.

1.5. Justificativa

A pesquisa sobre o desenvolvimento e implementação de tecnologias para a redução de emissões de gases poluentes pelos fabricantes de caminhões é de grande importância devido ao impacto ambiental significativo de quem fabrica do setor de transporte rodoviário de cargas. A adoção de tecnologias sustentáveis já na produção de veículos pode ajudar a reduzir a poluição, já que conforme Soliani e Argoud (2018) os veículos de transporte de carga são responsáveis por uma parte substancial das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Ademais, conforme Toledo e La Rovere (2018) os desafios econômicos, tecnológicos e regulatórios enfrentados pelas empresas ao implementar essas tecnologias são complexos e multifacetados. A transição para práticas mais sustentáveis exige investimentos substanciais em pesquisa e desenvolvimento, mudanças na infraestrutura e adaptações nas operações diárias das empresas. Analisar esses desafios ajuda a entender as barreiras e incentivos que afetam a adoção de tecnologias limpas e pode orientar políticas públicas e estratégias empresariais.

A literatura existente sobre sustentabilidade no transporte rodoviário de cargas tem explorado diversas áreas, como a eficiência energética, a utilização de biocombustíveis e as práticas operacionais que reduzem as emissões de GEE (Soliani e Argoud, 2018). No entanto, há uma lacuna significativa na compreensão detalhada de como os fabricantes desses veículos

percebem as tecnologias específicas para a redução de emissões e como estão enfrentando os desafios regulatórios e econômicos associados. A maioria dos estudos foca em práticas já implementadas ou em análises de políticas públicas, mas não detalha o processo de inovação tecnológica nas empresas fabricantes.

Esta pesquisa se diferencia ao focar especificamente nos fabricantes de caminhões e nas tecnologias emergentes que estão sendo desenvolvidas para reduzir as emissões de poluentes. Enquanto outros estudos, como os de Soliani e Argoud (2018) e Bartholomeu et. al. (2016), abordam a eficiência energética e a substituição de combustíveis, nossa abordagem busca entender como as firmas de fabricação percebem as mudanças tecnológicas sustentáveis no setor.

Outro ponto distintivo é a análise dos impactos regulatórios. Estudos anteriores, como o de Câmara, Ribeiro e Nassi (2014), destacam a importância das políticas públicas para a mitigação das emissões, mas não exploram em profundidade como essas políticas afetam diretamente o processo de inovação nas empresas fabricantes. Esta pesquisa visa preencher essa lacuna ao investigar como as regulamentações ambientais influenciam as decisões de desenvolvimento de novas tecnologias.

Além disso, este trabalho inclui uma análise dos impactos econômicos das tecnologias de redução de emissões, abordando como essas tecnologias podem ser economicamente viáveis para os fabricantes e as dificuldades em comercializar essas tecnologias. Estudos como o de Silva e Pizzolato (2022) discutem os desafios econômicos da adoção de veículos elétricos, mas aqui, essa discussão é vista de maneira mais ampla para incluir outras tecnologias emergentes e suas respectivas análises de custo-benefício de comercialização.

Por fim, ao explorar a perspectiva dos fabricantes de caminhões, este estudo oferece uma visão holística e detalhada do processo de inovação tecnológica no setor de transporte rodoviário de cargas. Essa abordagem não apenas contribui para a literatura acadêmica, mas também oferece *insights* práticos para formuladores de políticas, empresas de transporte e outras partes interessadas na cadeia de valor do setor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Essa seção é dividida em duas partes, sendo a primeira parte um referencial teórico para conceituar os temas e a segunda parte uma revisão integrativa da literatura.

2.1. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.1. A importância da sustentabilidade empresarial

O conceito de sustentabilidade, estabeleceu-se aproximadamente há 400 anos, sendo elaborado em diferentes partes do mundo, a partir da preocupação do uso racional, por exemplo, do manejo de florestas e da utilização de recursos minerais (Boff, 2017). De acordo com Claro et al. (2008), o termo sustentabilidade começou a ser utilizado mundialmente em 1987, quando a World Commission on Environment and Development (WCED) [Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento], vinculada à Organização das Nações Unidas (ONU), publicou o Relatório Brundtland. Nesse documento, o desenvolvimento sustentável foi definido como o progresso que 'satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades' (WCED, 1987).

O termo sustentabilidade é bastante disseminado, porém, muitas vezes não é explicado e pouco compreendido (Ekins et. al, 2003). O conceito é variável, havendo diferentes percepções conforme o autor. Para Elkington (1994), a sustentabilidade é o equilíbrio entre três fundamentos, sendo o desenvolvimento social, o econômico e o ambiental, sendo conhecido como o termo “Triple Bottom Line”. Ayres (2008), define a sustentabilidade como um conceito relativo a normas de como a sociedade deve se relacionar com o meio ambiente, sendo responsáveis com a disponibilidade de recursos para as próximas gerações.

Atualmente, a interação de recursos naturais com as empresas se transformou em uma questão de grande interesse, que requer atenção, pois, a atividade humana atingiu níveis alarmantes na influência do meio ambiente. A Cúpula da Terra da ONU em 1992 no Rio de Janeiro, compreendeu o desenvolvimento sustentável como uma das questões mais significativas (Chichilnisky, 1996). Os principais problemas ambientais englobam contaminação de metais pesados, emissão de gases poluentes por automóveis e indústria, falta de tratamento de esgoto e antigos lixões industriais com resíduos tóxicos (Ayres, 2008).

Dessa forma, as empresas sofrem grande pressão para a implementação de medidas sustentáveis para amenizar a degradação do meio-ambiente. Boff (2017), menciona que muitas empresas estão se comprometendo com a responsabilidade socioambiental, implementando estratégias ecológicas que não afetem o desenvolvimento. Almeida (2002), define uma empresa sustentável como uma instituição que visa implementar a produção com melhor qualidade, ao mesmo tempo, em que reduz a degradação ambiental e o consumo de recursos naturais. Além disso, assume responsabilidade social e reconhece a influência que possui na sociedade.

A razão da crescente motivação no tema da sustentabilidade ambiental nas grandes empresas é a imagem que a companhia passa a todos os seus stakeholders. Conforme Claro et. al (2008), as empresas elaboram discursos sobre a aplicação de métodos sustentáveis, buscando atingir diversos setores, desde os funcionários aos concorrentes, associando a instituição a uma imagem positiva.

2.1.2. Logística de transportes

A priori, deve-se compreender o conceito de logística, como a gestão do tempo e dos recursos financeiros em que podemos ter o controle que vão dos insumos adquiridos ao produto acabado na last mile, assim Guarnieri (2013), define que se pode entender a logística como:

(...) o processo de gerenciar estrategicamente na empresa a aquisição, movimentação e armazenagem de matéria-prima, peças, produtos acabados e demais materiais, além dos fluxos de informação recíprocos, através da organização de seus canais de marketing, tornando possível a maximização das lucratividades presentes e futuras através do atendimento dos pedidos dos clientes a custos reduzidos (Guarnieri, 2013, p. 21).

A logística assim, é muito mais do que uma simples gestão de suprimento, ela é como um arranjo de ações e estratégias que acompanham todo o processo a fim de otimizar cada fase do ciclo de fornecimento. Santana (2013) explica a logística como a gestão do suprimento, processamento e distribuição ao menor custo de tempo e dinheiro, que vai desde a matéria-prima adquirida pela empresa até a entrega do pedido ao cliente final.

Todo esse ciclo logístico tem o transporte como pilar, fazendo o manejo das mercadorias, permitindo a melhora da eficiência, reduzindo os custos e o tempo de entrega ao consumidor. A função da área de transportes na logística, vai além de permitir que empresas locais possam suprir demandas há uma distância maior, pode também, a partir da sua

administração, possibilitar que as empresas reduzam os custos e os prazos e entregar os produtos com qualidade (Bowersox, 2009).

Hoje, o setor de transportes é de suma importância para a competitividade das empresas, porque faz o gerenciamento de produtos desde a compra da matéria-prima até a entrega do produto acabado para o consumidor na última milha. A eficiência dessa área, conforme Guarnieri (2013), é de extrema importância para as organizações, porque corresponde de um a dois terços de todo o custo logístico envolvido nos processos.

A eficiência do setor de transportes na logística pode ser um fator determinante para a competitividade do negócio, porque por meio dela conseguem reduzir os custos e o tempo de entrega frente aos concorrentes apenas melhorando o processo logístico. Gonzáles (2002) afirma que as empresas podem distinguir-se das concorrentes gerenciar a sua cadeia de suprimentos e seus próprios processos logísticos a fim de ter um maior vantagem competitiva.

2.1.3. Sustentabilidade no transporte rodoviário de cargas

O perceptível aumento da frequência do tema sustentabilidade no transporte, não é algo que esteja sendo debatido exclusivamente no Brasil. A substituição dos combustíveis fósseis por energias mais limpas, é um tema que vem sendo debatido nas grandes potências econômicas mundiais com o propósito de conter o aumento gradativo da temperatura no planeta, e replicado no Brasil devido à pressão externa que esses países fazem nacionalmente, já que combustíveis oriundos do petróleo são muito poluentes (Kohlhepp, 2010).

O início das conversas sobre a sustentabilidade nos meios de transporte no Brasil começou devido à crise do petróleo que se instaurou no país em meados da década de 1970 (Única, 2010). Nessa época, o colapso do petróleo forçou o país que não tinha força econômica a buscar outras alternativas para a crise energética. Assim, o governo brasileiro, com o Programa Pró-Álcool, visou estimular a produção de biocombustível etanol extraído da cana-de-açúcar como uma forma de solucionar o problema.

No transporte rodoviário de cargas, o alto consumo de combustível fóssil é tratado com muita atenção pelo governo a sustentabilidade no transporte rodoviário de cargas no brasileiro. Para conter a poluição causada pelo alto consumo de diesel pelo modo rodoviário, desde o mês

de abril de 2023, uma Resolução do Conselho Nacional de Política Energética, afirma que o óleo diesel comercializado no país deve conter, no mínimo, 12% de biodiesel na sua composição (Brasil, 2023).

2.2. REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Nesta seção, optou-se pela revisão integrativa da literatura, mas adotando uma abordagem metodológica mais estruturada e criteriosa, que se aproxima dos princípios da revisão sistemática da literatura. Embora a revisão integrativa, segundo Whitemore (2005) tradicionalmente permita maior flexibilidade na inclusão de diferentes tipos de estudos, neste trabalho buscou-se seguir critérios rigorosos de seleção, análise e síntese dos dados, garantindo maior confiabilidade e replicabilidade dos resultados. Dessa forma, a estratégia adotada possibilitou uma visão mais abrangente e crítica do tema estudado, ao mesmo tempo em que preservou o rigor metodológico característico das revisões sistemáticas.

Conforme Cook et. al (2007), as revisões sistemáticas são uma forma de investigar cientificamente usando estudos originais e métodos cuidadosamente planejados. Em síntese, a RSL engloba uma ampla busca por trabalhos científicos relevantes, utilizando de critérios bem definidos para obter dados que resultem em informações confiáveis a fim de obter *insights* significativos para a área estudada. Complementando o autor, Cronin et. al (2008), destaca que as revisões sistemáticas, ao contrário das revisões tradicionais ou narrativas, utilizam uma abordagem bem mais rigorosa e bem definida para revisar a literatura em uma área específica, sendo bastante utilizada para obter informações sobre um caso clínico específico.

Assim como explicitado pelos autores, a revisão sistemática da literatura deve conter uma estrutura rigorosa, com critérios bem delimitados de modo a obter informações mais precisas. Para que esta Revisão Integrativa da Literatura tenha uma delimitação e estruturação rigorosa, que possa ser revisada, ela é estruturada da seguinte forma : i) formulação da pergunta de pesquisa; ii) designação de critérios de exclusão e inclusão; iii) seleção e acesso da literatura; iv) avaliação da qualidade; v) análise, síntese e disseminação dos resultados (Cronin et. al, 2008).

2.2.1. Formulação da questão de pesquisa

Acerca do tema de logística sustentável no transporte de cargas, a revisão deve agir como uma ferramenta para enriquecer o tema. Assim, ela tem o intuito de investigar o estado dos trabalhos produzidos no Brasil sobre as medidas sustentáveis nesse modo de transporte. De tal forma, tem-se a seguinte questão de pesquisa: “Qual o estado dos estudos sobre a implementação de medidas sustentáveis da logística de transporte rodoviário de cargas no Brasil?”

2.2.2. Estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão

Com o propósito de filtrar os resultados de busca, a base de dados escolhida foi o Google Acadêmico, selecionando somente páginas em português com as seguintes palavras-chave e operadores booleanos ("logística sustentável" OR "medidas sustentáveis" OR "eficiência" OR “descarbonização”) AND "transporte rodoviário de cargas" AND Brasil, no qual foram encontrados exatamente 150 resultados, após isso, ao ler os resumos e palavras-chave, foram excluídos todos os trabalhos que não agregam nada à esta pesquisa, assim foram selecionados 8 artigos e 7 trabalhos entre TCC, dissertações e teses, que ajudam a responder à questão de pesquisa totalizando 15 trabalhos escolhidos.

2.2.3. Seleção e acesso de literatura

A busca foi feita seguindo os passos do item anterior, por meio da plataforma do Google Acadêmico no dia 12 de janeiro de 2024, assim, encontrando 168 trabalhos em qualquer idioma, assim, refazendo a busca filtrando por somente trabalhos escritos em português, ela retornou um total de 150 resultados.

2.2.4. Avaliação da qualidade da literatura incluída na revisão

Após aplicar filtros de data e idioma e utilizar operadores booleanos para restringir a pesquisa, cada resultado foi minuciosamente avaliado. Título, resumo e palavras-chave foram cuidadosamente examinados, um a um. Entretanto, os 114 resultados foram distribuídos em páginas contendo 10 itens cada, levando a uma análise exaustiva de todas as páginas e de cada item nelas contido, com o intuito de extrair o máximo de informações relevantes para a pergunta de pesquisa.

À medida que a análise prosseguia, a partir da quinta página, a congruência dos resultados com o tema da pesquisa começou a diminuir. Mesmo após completar a avaliação de todos os itens, apenas 15 trabalhos foram considerados realmente pertinentes e valiosos para a pesquisa em questão.

Assim, ao fim desse processo, foi possível selecionar um total de 15 (quinze) trabalhos que se mostraram relevantes, entre artigos, monografias, teses e dissertações. Esses trabalhos foram submetidos a uma avaliação quantitativa, cujos resultados serão apresentados na sequência.

2.2.5. Análise, síntese e disseminação dos resultados

Para a análise, síntese e disseminação dos resultados obtidos através da revisão sistemática da literatura, optou-se pela realização de uma análise bibliométrica dos resultados, visando uma análise estatística bem definida dos dados. Essa abordagem permitirá identificar padrões de publicação, autores mais influentes, principais periódicos e áreas de pesquisa com maior relevância. Proporcionando uma visão abrangente do impacto e a evolução do estudo de logística para o presente estudo.

2.2.5.1. Análise Bibliométrica

Devido à presença das tecnologias atuais, que permitem encontrar publicações e estudos relevantes em grandes bancos de dados, o estudo bibliométrico surge como uma ferramenta importante para entender o comportamento das publicações científicas em um determinado campo de pesquisa. Essa descoberta simboliza um avanço na compreensão desse campo (Ferreira e Alvarenga, 2011).

A fim de realizar o estudo bibliométrico das fontes escolhidas, o mesmo foi estruturado em uma planilha no Excel para buscar os dados de todos os trabalhos escolhido: data de publicação (mês e ano que foi publicada); publicação (onde foi publicado); tipo de publicação; palavras-chave; objetivos; natureza; delineamento; abordagem; método; recorte temporal; amostra; perfil amostral/participantes; instrumentos/procedimentos de coleta de dados; e, procedimentos de análise de dados. Todos esses dados preenchidos na planilha, foram inseridos um por vez, após a leitura dos trabalhos.



Gráfico 1 — Quantidade de publicações por ano

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 1 ilustra os anos em que foram registradas publicações relacionadas ao tema pesquisado. É importante destacar que não existe um início claramente definido para essas publicações. No entanto, o limite considerado vai até a data da pesquisa, realizada no dia 12 de janeiro. Este período cobre um extenso intervalo de tempo, proporcionando uma visão abrangente sobre a evolução das publicações ao longo dos anos.

Os resultados obtidos demonstram a atualidade do tema pesquisado, evidenciada pelo fato de que em toda a base de dados do Google Acadêmico, os trabalhos só começaram a aparecer a partir de 2014. Além disso, nota-se também que a partir desse mesmo ano, houve publicações em todos os anos subsequentes, reforçando a relevância do tema e crescente atenção da comunidade acadêmica para o mesmo.



Gráfico 2 — Tipos de publicação

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 2 representa os tipos de publicações dos trabalhos. Os resultados foram: 7 periódicos (46,67%), 2 eventos (13,33%), 0 livros (0,00%), 6 monografias, dissertações e teses (40,00%), 0 outros (0,00%) e 0 não sei (0,00%). Assim, nota-se que apenas houve publicações em periódicos, artigos em eventos e monografias.



Gráfico 3 — Natureza da Pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados mostrados no Gráfico 3 indicam uma predominância consideravelmente maior de trabalhos empíricos, totalizando 10 (66,7%), em comparação aos trabalhos teóricos, que somam apenas 5 (33,3%) sobre o tema. Essa preferência por estudos empíricos pode estar relacionada à urgência de soluções concretas e dados observáveis, de maneira a avançar e buscar novas percepções sobre o tema. Por outro lado, embora em menor número, os trabalhos teóricos desempenham um papel crucial ao fornecer a base conceitual que orienta as investigações empíricas, estabelecendo fundamentos importantes para futuras pesquisas.

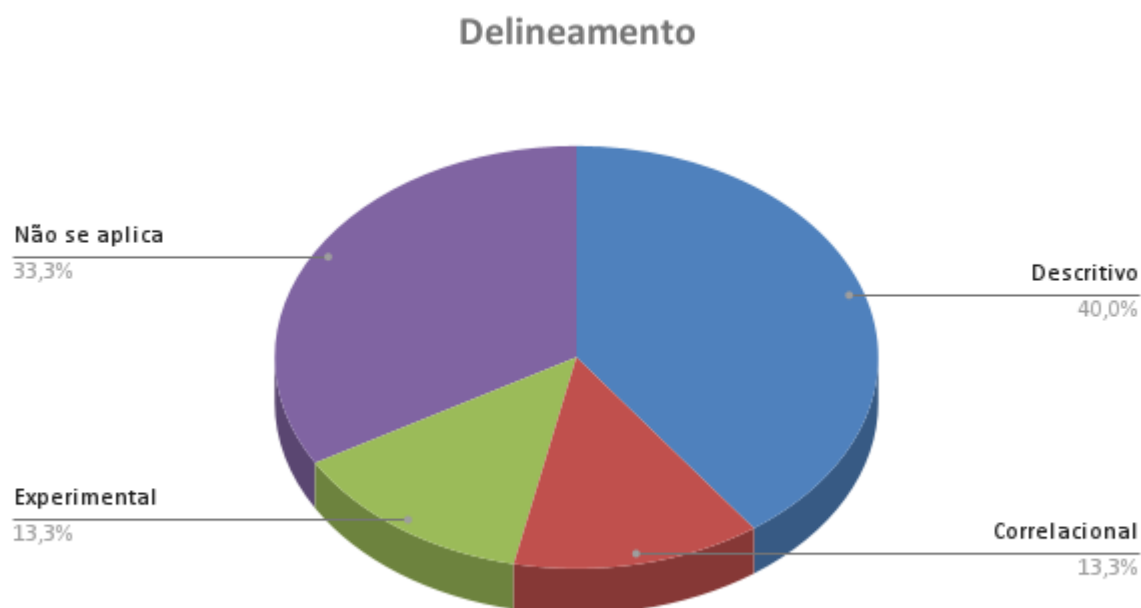


Gráfico 4 — Delineamento de Pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao delineamento, os trabalhos realizados mostram uma predominância do delineamento descritivo, representando 6 (40%) do total. Em seguida, 5 (33,3%) dos trabalhos foram classificados como 'não se aplica', que são os trabalho definidos como teóricos, enquanto os delineamentos correlacional e experimental aparecem em menor número, com 2 (13,3%) cada, como mencionado no Gráfico 4. A maior quantidade de delineamentos descritivos pode ser atribuída à sua capacidade de fornecer uma visão detalhada dos estudos, sem a necessidade de manipulação de variáveis.

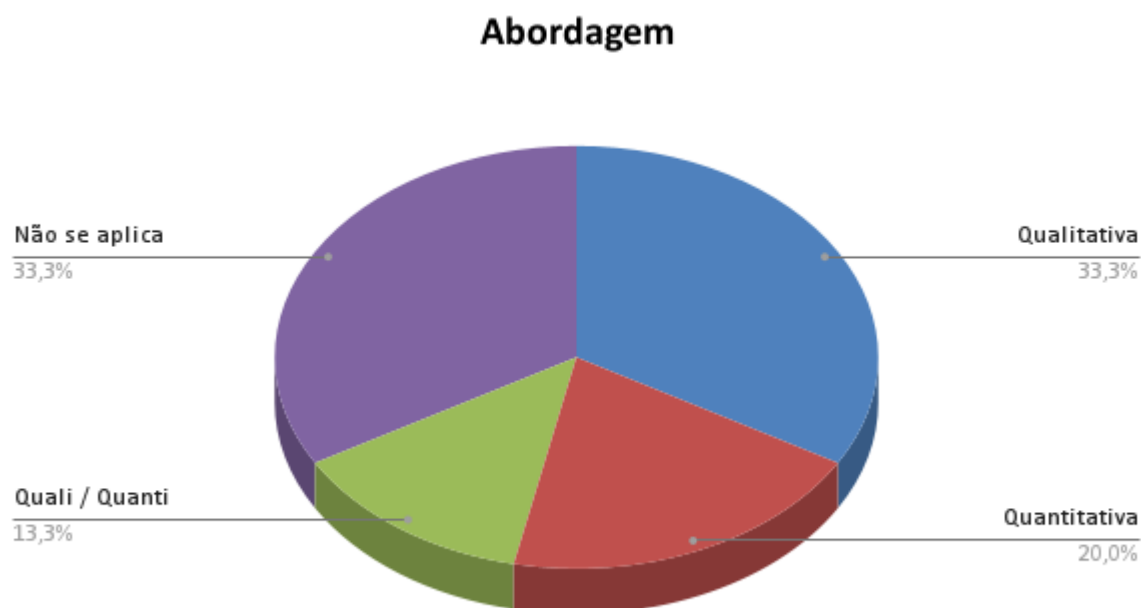


Gráfico 5 — Abordagem de Pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à abordagem, a maior quantidade são de trabalhos com abordagem predominantemente mais qualitativa, totalizando 5 (33,3%). Seguem-se os trabalhos classificados como 'não se aplica', sendo os estudos teóricos encontrados, também com 5 (33,3%), as abordagens quantitativas com 3 (20%) e, por fim, as abordagens quali/quanti com 2 (13,3%), como mencionado no Gráfico 5. O maior número de abordagens qualitativas pode ser explicado pela possibilidade de explorar o tema, já que é muito relevante e atual, permitindo fazer abordagens que sejam mais subjetivas.

Além disso, a grande presença de trabalhos teóricos realizados, destaca a importância da discussão sobre o tema ao nível conceitual, proporcionando uma base sólida para futuras investigações empíricas. Os estudos quantitativos, embora em menor número (20%), fornecem dados consideráveis que contribuem para uma análise mais objetiva e detalhada, auxiliando a maior fidelidade aos resultados obtidos através dos estudos qualitativos.

Já as abordagens mistas, representando 13,3%, refletem a integração das pesquisas quantitativas e qualitativas, proporcionando uma melhor compreensão dos resultados obtidos,

tanto de maneira objetiva quanto subjetiva. Essa combinação permite explorar não apenas dados mensuráveis e padrões estatísticos, mas também as subjetividades existentes, oferecendo uma visão mais abrangente.

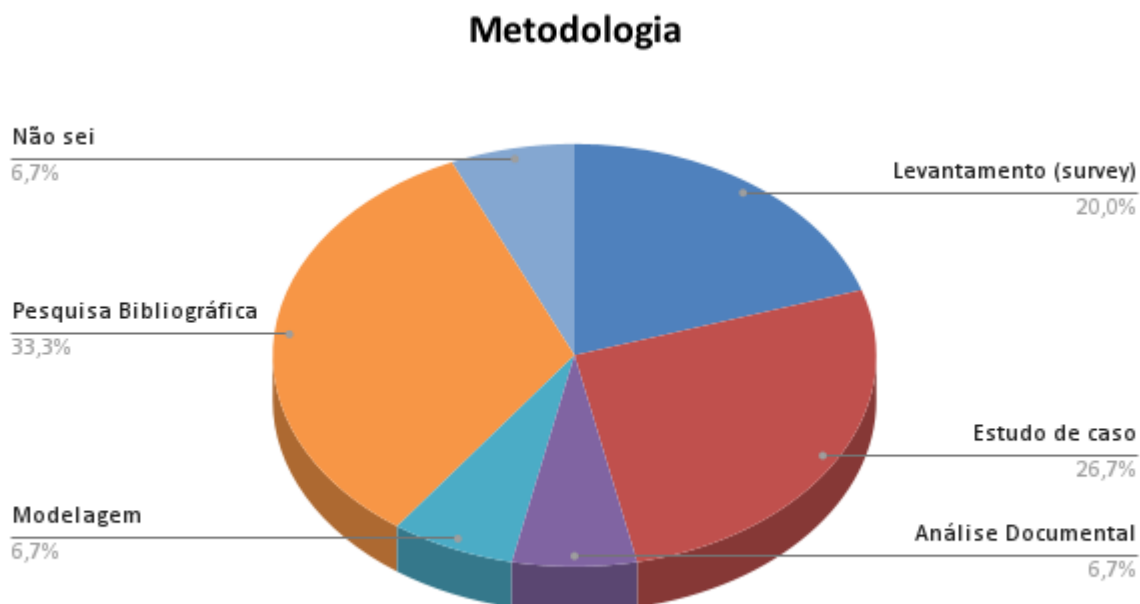


Gráfico 6 — Metodologia de Pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 6, demonstra que a metodologia aplicada com maior frequência foi a de pesquisa bibliográfica com 5 ocorrências (33,3%), seguida pelo estudo de caso, com 4 (26,7%). A metodologia de levantamento/*survey* apareceu em 3 trabalhos (20%), enquanto as demais metodologias, incluindo análise documental, modelagem e 'não sei', tiveram 1 ocorrência cada (6,7%). Além disso, a pesquisa-ação não foi utilizada em nenhum dos trabalhos. A predominância da pesquisa bibliográfica pode ser atribuída à sua acessibilidade e por exigir menos recursos.



Gráfico 7 — Recorte temporal de pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

O recorte temporal das pesquisas aponta para uma maior frequência predominância do modo transversal, presente em 10 trabalhos (66,7%), seguido pela categoria 'não se aplica', com 5 trabalhos (33,3%), como mostrado no Gráfico 7. Não houve nenhum estudo longitudinal, correspondendo a 0%. Poder fazer um recorte temporal de A maior quantia de estudos transversais pode ser explicada pela sua capacidade de fornecer uma visão instantânea e abrangente de um fenômeno em um momento específico, facilitando a coleta e análise de dados em um curto período. A categoria 'não se aplica' inclui pesquisas sem um recorte temporal específico. A ausência de estudos longitudinais pode ser devida à sua natureza mais complexa e demorada, exigindo acompanhamento dos participantes ao longo do tempo, o que demanda mais recursos e planejamento.



Gráfico 8 — Tipo de amostra

Fonte: Elaborado pelo autor.

No Gráfico 8, é visível que o tipo de amostra não-probabilística com 6 (40%) é o que mais tem aparecido nessas pesquisas, seguidos de não se aplica com 5 (33,3%), probabilística com 3 (20%), censitária com 1 (6,7%). O tipo de amostra não probabilística foi o mais frequente nas pesquisas, aparecendo em 6 casos (40%). Em seguida, a categoria 'não se aplica' foi observada em 5 casos (33,3%), a amostra probabilística em 3 casos (20%) e a censitária em 1 caso (6,7%).

A predominância da amostra não probabilística pode ser explicada pela sua flexibilidade e facilidade de uso, permitindo aos pesquisadores selecionar participantes com base em critérios específicos ou conveniência, sem a necessidade de um processo de randomização. A categoria 'não se aplica' inclui estudos que não utilizaram um tipo de amostragem específico. A menor frequência de amostras probabilísticas e censitárias pode ser atribuída à maior complexidade e recursos necessários para garantir a representatividade e a inclusão de toda a população-alvo.

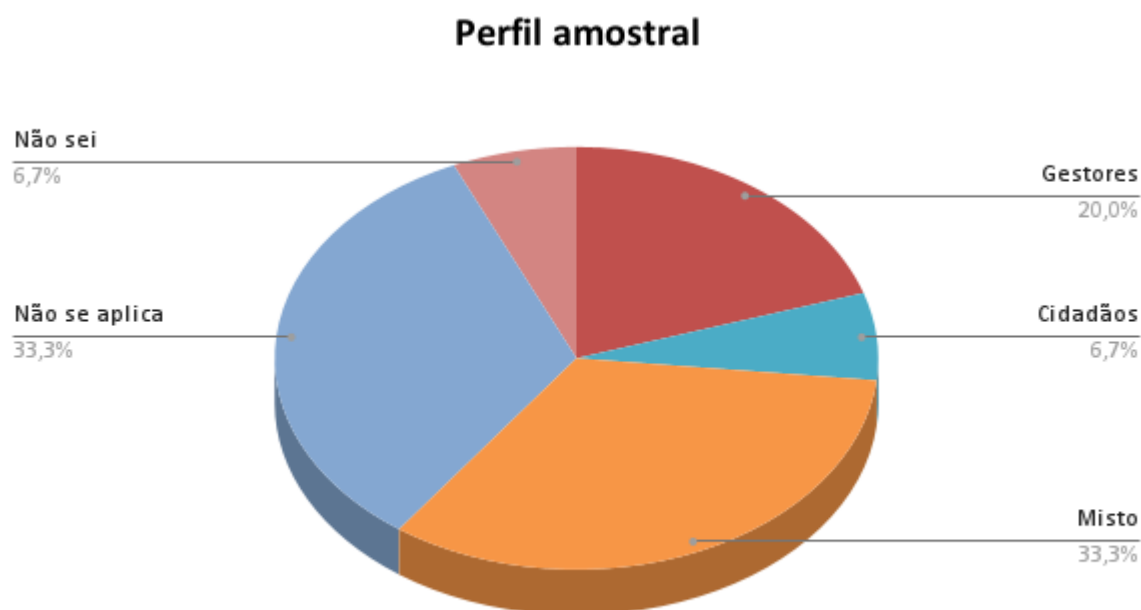


Gráfico 9 — Perfil amostral

Fonte: Elaborado pelo autor.

Enquanto no Gráfico 9, é apresentado o perfil amostral que mais aparece é o misto com 5 ou 33,3%, seguido de não se aplica com 5 ou 33,3%, gestores 3 ou 20%, cidadãos e não sei com 1 ou 6,7%, além desses não houve números de funcionários, consumidores e executivos totalizando 0 amostras. O perfil amostral mais comum é o misto, presente em 5 estudos (33,3%), seguido pela categoria 'não se aplica', também com 5 estudos (33,3%). Em terceiro lugar, aparecem os gestores com 3 estudos (20%). Já os perfis de cidadãos e 'não sei' foram observados em 1 estudo cada (6,7%).

Não houve amostras envolvendo funcionários, consumidores e executivos, totalizando 0. A prevalência do perfil amostral misto pode ser explicada pela sua capacidade de capturar uma variedade de perspectivas e informações, proporcionando uma visão mais abrangente e detalhada do fenômeno estudado. A categoria 'não se aplica' inclui pesquisas que não especificaram um perfil amostral particular. A menor presença de outros perfis, como funcionários, consumidores e executivos, pode ser devido à dificuldade em acessar essas populações ou à menor relevância deles para os objetivos específicos das pesquisas.

Procedimento de análise de dados

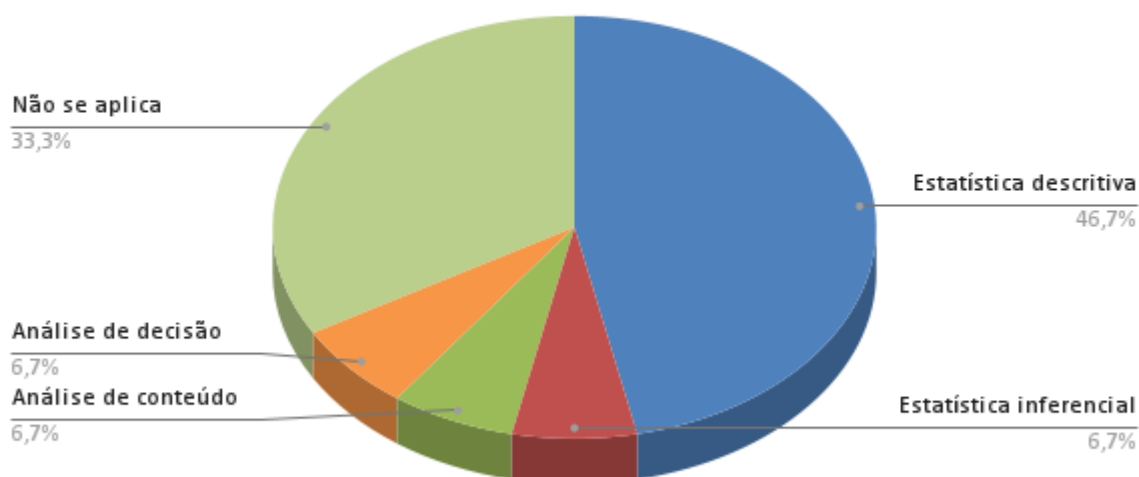


Gráfico 10 — Procedimento de análise de dados

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já no Gráfico 10, é exposto que o procedimento de análise de dados, a estatística descritiva é a que mais aparece com 7 ou 46,7%, seguido de não se aplica com 5 ou 33,3%, e demais com 6,7% que são análise de decisão, análise de conteúdo e estatística inferencial. Enquanto na Análise do discurso, análise econométrica, análise contábil, misto e não sei tiveram 0 ou 0%. No procedimento de análise de dados, a estatística descritiva foi a mais utilizada, presente em 7 estudos (46,7%). Em seguida, a categoria 'não se aplica' foi observada em 5 estudos (33,3%). Outras metodologias como análise de decisão, análise de conteúdo e estatística inferencial representaram 6,7% cada uma. Não houve o uso de análise do discurso, análise econométrica, análise contábil, método misto ou 'não sei', totalizando 0%.

Tal predominância da estatística descritiva pode ser explicada pela sua utilidade em resumir e organizar grandes volumes de dados de forma clara e concisa, facilitando a interpretação dos resultados. A categoria 'não se aplica' engloba estudos que não aplicaram uma técnica específica de análise de dados. A ausência de outras metodologias pode refletir a

natureza específica dos temas estudados ou a preferência dos pesquisadores por abordagens estatísticas mais tradicionais e acessíveis.

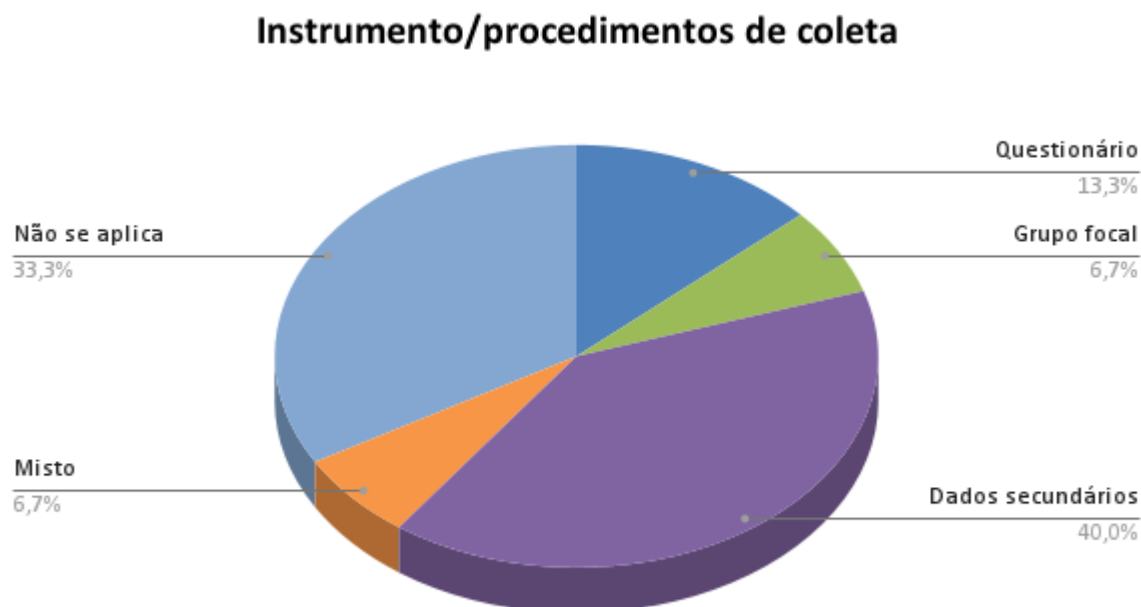


Gráfico 11 — Instrumento de coleta

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, o Gráfico 11 demonstra que o procedimento de coleta com dados secundários é o preferido desses trabalhos com 6 ou 40%, seguido de não se aplica com 5 ou 33,3%, questionário com 2 ou 13,3%, grupo focal e misto com 1 ou 6,7% cada. Além de observação direta, entrevista e não sei com 0 ou 0% cada. O procedimento de coleta de dados secundários foi o mais utilizado nestes trabalhos, totalizando 6 casos (40%). Em seguida, a categoria 'não se aplica' foi registrada em 5 casos (33,3%). A coleta por questionário foi adotada em 2 casos (13,3%), enquanto o uso de grupo focal e método misto foi observado em 1 caso cada (6,7%).

Não houve utilização de observação direta, entrevista ou método 'não sei', cada um registrando 0%. A preferência por dados secundários pode ser atribuída à disponibilidade de informações já compiladas e à conveniência de acesso a grandes volumes de dados sem a necessidade de coleta direta. A categoria 'não se aplica' reflete estudos que não especificaram um método de coleta específico. A menor utilização de métodos como grupo focal e entrevista pode ser devido à sua natureza mais intensiva em termos de tempo e recursos, enquanto a

ausência de observação direta pode refletir a natureza dos temas estudados, que podem não ser facilmente observáveis na prática.

2.2.6. Síntese, disseminação dos resultados e lacunas

Esta seção está estruturada em duas partes principais: a primeira consiste em uma análise crítica e discussão do panorama da literatura relacionada ao transporte rodoviário de cargas, destacando os principais estudos, tendências e abordagens sobre o tema. Em seguida, apresenta-se uma análise bibliométrica dos estudos selecionados, que visa examinar quantitativamente a produção científica da área, identificando padrões de publicação, evolução das pesquisas e principais contribuições acadêmicas.

2.2.6.1. Panorama da Literatura sobre Sustentabilidade no Transporte Rodoviário de Cargas

Com o objetivo de apresentar de forma organizada os principais achados da revisão integrativa da literatura, foi elaborado o Quadro 1, no qual são organizadas as informações extraídas dos estudos analisados.

Quadro 1— Estudos da Revisão Integrativa

Autores/Ano	Ano	Título	Objetivo
Soliani e Argoud 2018	2018	A emissão de gases poluentes no transporte rodoviário de cargas brasileiro.	Compreender como os conceitos de sustentabilidade podem ser aplicados para influenciar a redução da emissão de gases poluentes no transporte rodoviário de cargas brasileiro.
Bartholomeu, Péra e Caixeta-Filho (2016)	2016	Logística sustentável: avaliação de estratégias de redução das emissões de CO ₂ no transporte rodoviário de cargas	Avaliar estratégias para reduzir as emissões de CO ₂ no transporte rodoviário de cargas no Brasil, considerando diferentes abordagens, como o uso de combustíveis alternativos e a otimização da eficiência energética dos veículos.
Branco et al.	2023	Ações e políticas para redução da emissão de CO ₂ no transporte de cargas do Brasil.	Analisar e quantificar as principais ações e políticas recomendadas para reduzir as emissões de CO ₂ no transporte de cargas do Brasil.
Câmara, Ribeiro e Nassi	2014	Os transportes e as emissões de poluentes: panorama da realidade brasileira e apresentação de uma possível ferramenta para mitigação de emissões no transporte rodoviário de cargas.	Apresentar um panorama do transporte rodoviário de cargas no Brasil e sua relação com as emissões de poluentes, além de propor o Problema de Roteamento de Veículos (PRV) como uma ferramenta potencial para otimizar as rotas e reduzir as emissões de CO ₂ no setor.
Neves et al.	2019	O uso do defletor de ar em caminhões pesados na economia de combustível: Uma análise de viabilidade econômica e ambiental	Avaliar a viabilidade econômica e ambiental do uso do defletor de ar em caminhões pesados, verificando seu impacto na redução do consumo de combustível e na diminuição das emissões de poluentes atmosféricos
Endo	2021	Análise dos aspectos da sustentabilidade do transporte rodoviário de cargas das organizações do oeste do Paraná.	Analisar aspectos relacionados à sustentabilidade (econômico, ambiental e social) no transporte rodoviário de cargas, identificando como organizações situadas no Oeste do Paraná percebem e incorporam esses elementos em suas

Autores/Ano	Ano	Título	Objetivo
			operações logísticas, além de sugerir intervenções visando melhorar e desenvolver práticas sustentáveis.
Chaves e Santos	2020	Reciclagem e produção mais limpa com sustentabilidade: modelo a ser implementado em transportadoras ou afins	Propor um modelo de sustentabilidade e produção mais limpa para transportadoras, abordando práticas ambientais que podem ser implementadas para reduzir impactos ambientais e melhorar a eficiência operacional.
Silva e Pizzolato	2022	Utilização de veículos elétricos no transporte de carga e os desafios para implementação no Brasil.	Analisar as principais políticas públicas internacionais bem-sucedidas voltadas à expansão da frota de veículos elétricos no transporte rodoviário de cargas e investigar como essas políticas podem ser adaptadas ao Brasil.
Soliani, Argoud e Lopes	2017	A sustentabilidade no transporte rodoviário de cargas no Brasil.	Analisar a sustentabilidade no setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil, com ênfase no consumo de energia e na emissão de gases poluentes.
Lima	2021	Uso de veículos elétricos em sistemas de transporte de cargas: avaliação dos benefícios em relação aos veículos movidos a óleo diesel.	Avaliar os benefícios econômicos e ambientais da utilização de veículos elétricos em sistemas de transporte de cargas fracionadas no Brasil, em comparação com veículos movidos a diesel.
Soares	2015	Descrição e análise de práticas de sustentabilidade de Operadores Logísticos no Brasil	Avaliar o compromisso dos operadores logísticos que atuam no Brasil com os princípios da sustentabilidade (econômico, social e ambiental), analisando quais estratégias são adotadas e como são comunicadas ao mercado.
Tovar	2019	O veículo conectado: perspectivas sobre a aplicação da internet das coisas no transporte de carga rodoviária.	Investiga a aplicação da Internet das Coisas (IoT) no transporte rodoviário de cargas, destacando como essa tecnologia pode otimizar a gestão de frotas, melhorar a eficiência operacional e reduzir impactos ambientais.
Simão	2020	Modelo de Avaliação da Ecoeficiência de Veículo Leve para Transporte de Carga com Apoio à Decisão.	Desenvolver um modelo de avaliação da ecoeficiência para veículos leves utilizados no transporte de carga, auxiliando na tomada de decisão com base em indicadores ambientais e econômicos.
Boschi	2022	Rotas tecnológicas para eficiência energética e descarbonização na cadeia de valor do setor de transporte rodoviário de carga no Brasil.	Analisar quais rotas tecnológicas são as mais eficazes para promover a eficiência energética e a descarbonização do transporte rodoviário de carga no Brasil.
Carvalho	2023	Estratégias para a descarbonização na cadeia logística rodoviária de	Diagnosticar e caracterizar as estratégias de descarbonização atualmente aplicadas na cadeia logística rodoviária de transporte de cargas pesadas no Brasil.

Autores/Ano	Ano	Título	Objetivo
		transportes de cargas pesadas no brasil	

Fonte: Elaboração do Autor

A discussão sobre sustentabilidade no transporte rodoviário de cargas na literatura acadêmica, tem sido abordada com estudos desde a adoção de novas tecnologias até estudos sobre a redução de emissões.

Em seus estudos, Bartholomeu, Péra e Caixeta-Filho (2016) avaliam diferentes estratégias para minimizar as emissões de CO₂, considerando o uso de combustíveis alternativos e a otimização da eficiência energética dos veículos como soluções viáveis para tornar o transporte mais sustentável. A eficiência dos veículos é de suma importância ao notar a correlação entre as tecnologias que acompanham os caminhões pesados e a viabilidade financeira e ambiental do setor de transportes (Neves et al., 2019). Assim, surgem alternativas que buscam a eficiência energética e econômica, de tecnologias que substituem os caminhões pesados, movidos a óleo diesel, como o uso de veículos eletrificados, que já tem se consolidado com políticas internacionais bem-sucedidas, que poderiam ser adaptadas à realidade nacional (LIMA; 2021; SILVA; PIZZOLATO, 2022).

De modo adicional, a otimização da logística tem sido um fator chave não só para eficiência operacional das empresas, mas também como uma importante ferramenta para reduzir o impacto ambiental das emissões do setor de cargas (Câmara, Ribeiro e Nassi, 2014). A incorporação de novas tecnologias na gestão logística de frotas constitui um elemento essencial para a sustentabilidade do setor, pois possibilita o aprimoramento da eficiência operacional, ao mesmo tempo em que se configura como um diferencial competitivo. A adoção de ferramentas tecnológicas avançadas contribui para a otimização dos processos logísticos, permitindo uma tomada de decisão mais estratégica e fundamentada por parte dos gestores, promovendo, assim, a redução de custos, o aumento da produtividade e a minimização dos impactos ambientais (TOVAR, 2019; SIMÃO, 2020).

A poluição atmosférica decorrente das elevadas emissões do modal rodoviário de cargas representa um impacto significativo não apenas ambiental, mas também social e sanitário. Conforme Endo (2021), a degradação da qualidade do ar ocasionada pela queima de combustíveis fósseis afeta diretamente a saúde da população, principalmente, os caminhoneiros que operam nesse setor, os quais estão expostos de forma contínua a poluentes nocivos. Diante desse cenário, Chaves e Santos (2020) argumentam que a redução das emissões associadas ao transporte de cargas seja priorizada no âmbito das políticas públicas, a fim de mitigar seus efeitos adversos e promover um sistema logístico mais sustentável e saudável.

No campo das políticas públicas, Branco et al. (2023) investigam ações e medidas regulatórias para reduzir as emissões de CO₂ no transporte de cargas no Brasil, apontando para a necessidade de um planejamento governamental robusto, que permita a mitigação dos impactos ambientais da atividade logística. Soliani e Argoud (2018), complementam que todo o progresso e desenvolvimento de um país tem uma relação direta com o nível de acessibilidade da população em geral com a mobilidade e manejo de mercadorias, essas movimentações refletem a capacidade produtiva que é fator de vantagem competitiva com outras nações. O planejamento governamental no setor de transportes é essencial para o desenvolvimento do Brasil, servindo como diferencial competitivo a economia nacional frente a outros países concorrentes.

Embora, como verificado por Boschi (2022), a descarbonização do transporte rodoviário seja um tema amplamente debatido, sua efetiva implementação depende diretamente da atuação dos operadores logísticos, que devem adotar estratégias baseadas em inovação e planejamento estratégico para promover um setor mais sustentável (Soares, 2015). A incorporação de tecnologias limpas, otimização de rotas e eficiência energética são medidas fundamentais para atender às regulamentações ambientais estabelecidas pelo governo, garantindo conformidade com as normas vigentes e a redução dos impactos ambientais do setor (Carvalho, 2023).

Esses estudos demonstram que a sustentabilidade no transporte rodoviário de cargas depende de uma abordagem multifacetada, que integra inovações tecnológicas, políticas públicas eficazes, otimização logística e compromisso do setor privado na adoção de práticas mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

2.2.6.2. Análise Bibliométrica dos Estudos Selecionados

A análise bibliométrica revela que o tema tem ganhado crescente atenção da comunidade acadêmica, especialmente a partir de 2014. A maioria dos trabalhos selecionados para a revisão sistemática são de natureza empírica (66,7%) e utilizam abordagens qualitativas (33,3%) ou combinadas (13,3%). Os delineamentos descritivos são predominantes (40%), refletindo a intenção dos pesquisadores de fornecer uma visão detalhada e contextualizada do tema.

As publicações estão concentradas principalmente em periódicos (46,67%) e trabalhos acadêmicos como dissertações e teses (40%), indicando que o tema é de interesse tanto para a

pesquisa aplicada quanto para a pesquisa teórica. A coleta de dados é majoritariamente baseada em fontes secundárias (40%), evidenciando a dependência de dados já disponíveis para análises subsequentes.

Apesar do aumento significativo nas publicações sobre sustentabilidade no transporte rodoviário de cargas a partir de 2014, várias lacunas de pesquisa foram identificadas, como a ausência de pesquisas longitudinais que acompanhem o impacto das medidas sustentáveis ao longo do tempo. Também há uma necessidade de mais estudos quantitativos que possam fornecer dados estatisticamente robustos e generalizáveis. Faltam pesquisas que abordem a implementação prática de tecnologias e políticas sustentáveis, avaliando os desafios e barreiras enfrentados pelas empresas de transporte.

A maioria dos estudos utiliza amostras não-probabilísticas e perfis amostrais mistos. Há uma necessidade de maior diversificação nos perfis amostrais, incluindo mais estudos focados em executivos e altos gestores. Assim, também falta utilizar as empresas fabricantes de veículos de transporte de carga, para averiguar a maior relevância da logística sustentável nesse contexto.

Abordar essas lacunas contribuirá para um entendimento mais completo e detalhado da sustentabilidade no transporte rodoviário de cargas no Brasil, promovendo o desenvolvimento de políticas públicas e práticas empresariais mais eficazes e sustentáveis.

3. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

De início, é fundamental entender que os métodos de pesquisa desempenham um papel decisivo no processo investigativo, eles são as ferramentas e técnicas pesquisa que fornecem aos pesquisadores maneiras de coletar, classificar e analisar informações para que possam chegar a algumas conclusões (Walliman, 2011). Tendo isso em vista, este capítulo é organizado visando proporcionar uma compreensão mais clara e acessível da análise de conteúdo. A estrutura adotada foi: tipos e descrição geral do método, caracterização do objeto de estudo, população e amostra, caracterização dos instrumentos de pesquisa e procedimentos de coleta e análise de dados.

3.1. Tipo e descrição geral da metodologia

A metodologia deste trabalho foi delineada para investigar como os fabricantes de caminhões estão pensando a sustentabilidade dentro da logística de transporte de cargas rodoviária, e implementando tecnologias para a redução de emissões de gases poluentes. Este capítulo detalha os métodos e procedimentos adotados para alcançar os objetivos propostos, desde a escolha da abordagem até a análise dos dados coletados.

Trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória porque visa não chegar a respostas conclusivas, mas a ampliar o entendimento sobre a temática, familiarizando com o tema para uma realização de uma pesquisa futura mais conclusiva (Theodorson e Theodorson, 1970). Assim, essa pesquisa visa identificar novas informações e opiniões sobre o desenvolvimento e implementação de tecnologias para a redução de emissões.

Esta monografia de natureza empírica se caracteriza por seu delineamento descritivo, porque reconhece a natureza subjetiva do problema, as diferentes experiências dos participantes e apresenta descobertas de uma forma que reflita diretamente ou se assemelhe muito à terminologia usada na pergunta de pesquisa inicial (Bradshaw et al., 2017). Para se ter uma noção maior da percepção dos pontos estabelecidos no objetivo específico, optou-se por se adotar uma abordagem qualitativa, que se caracteriza em dados deduzidos das interações interpessoais, no qual pesquisador é um participante ativo (Figueiredo e Souza, 2011). Essa abordagem nesta pesquisa permite entender como é a compreensão de gestores que fazem parte de uma fabricante multinacional sobre a implementação da sustentabilidade na logística de transporte de cargas.

Além disso, o método de trabalho baseia-se no uso da entrevista qualitativa, que vem como uma técnica especial para a obtenção de conhecimentos diretos dos atores investigados, que exigem uma interação do pesquisador e o entrevistado, para contextualizar as experiências (Silva et al, 2006). Por fim, em relação ao recorte temporal, esta monografia adota um corte transversal, uma vez que os dados são coletados em um único momento no tempo, com base em uma amostra que descreve um fenômeno da população (Richardson, 1999).

3.2. Caracterização do setor, área ou organização

O segmento de transporte de mercadorias é altamente poluente globalmente. Na Europa, este setor responde por cerca de um terço das emissões de gases poluentes do setor de transporte, e essa participação tende a crescer se não limitada, devido ao aumento da demanda (Hoen, 2015). Todavia, conforme Branco et al. (2020) a preocupação europeia com a poluição atmosférica causada pelos transportes, já é alvo sério de um conjunto de políticas públicas, estima-se que as políticas promovidas pela União Europeia, reduzam em até 60% nas emissões de GEE's. Ainda conforme o mesmo autor, esse conjunto de medidas visa reduzir a dependência por petróleo importado, reduzir o consumo de derivados de petróleo, gerar emprego locais, modernizar as frotas existentes, infraestrutura intermodal e promoção do uso de sistemas de informação para controle do tráfego de veículos de carga em tempo real.

De acordo com os dados fornecidos pela Eurostat (2024), representados na Figura 1, a poluição gerada pelo setor de transportes tem mostrado um aumento contínuo ao longo dos últimos anos, apesar dos avanços tecnológicos significativos e da implementação de diversas medidas destinadas a reduzir as emissões de dióxido de carbono (CO₂) provenientes desse setor. Mesmo com investimentos em veículos mais eficientes, combustíveis alternativos e regulamentações ambientais mais rígidas, a quantidade de poluentes liberados na atmosfera segue crescendo, indicando que as ações adotadas ainda não foram suficientes para reverter essa tendência negativa.

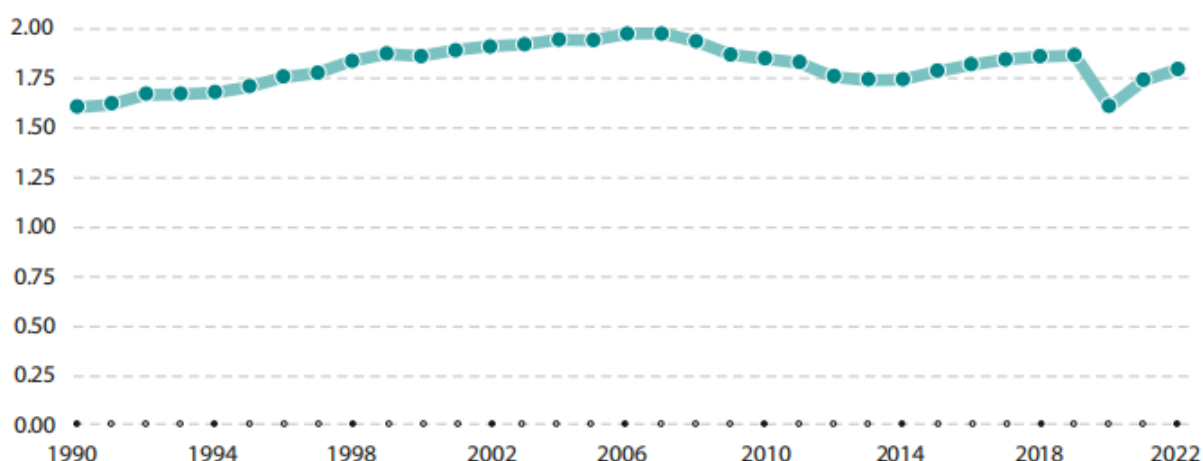


Figura 1 — Emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de combustível no transporte (1990-2022).

Fonte: Eurostat (2024).

Conforme a Figura 1, as únicas ocasiões em que houve uma redução significativa das emissões relacionadas ao transporte foram durante a crise da dívida da zona do euro, que teve impactos severos a partir de 2013, a atividade econômica desacelerou, reduzindo a movimentação de mercadorias e, consequentemente, as emissões poluentes geradas pelos meios de transporte. Da mesma forma, durante a pandemia de COVID-19, as restrições impostas ao deslocamento de pessoas e bens levaram a uma queda expressiva na poluição proveniente do setor, uma vez que houve uma redução abrupta no tráfego rodoviário, aéreo e marítimo. Assim, é possível notar que as políticas ambientais desempenhem um papel importante de freio no crescimento da degradação do meio de forma positiva, sem prejudicar outros fatores econômicos e sociais que também têm grande influência sobre os níveis de emissões no setor de transportes.

No Brasil, um país de dimensões continentais, o transporte rodoviário de cargas se destaca como o principal meio para a movimentação de mercadorias em todo o território nacional. Essa predominância se deve à vasta extensão geográfica e à infraestrutura ainda limitada de outros modais, como o ferroviário e hidroviário. Portanto, essa dependência do modal rodoviário traz uma preocupação crescente com a emissão de poluentes, uma vez que esse setor consome aproximadamente 98% de toda a energia utilizada no transporte (EPE, 2022). Essa alta concentração do consumo energético no transporte rodoviário reforça a urgência de estratégias para mitigar os impactos ambientais desse setor e buscar alternativas mais sustentáveis.

O cenário se torna ainda mais alarmante quando se considera a grande participação dos combustíveis fósseis na matriz energética do setor de transportes. De acordo com a EPE (2022), cerca de 72% do consumo total de energia no setor de transportes é proveniente de combustíveis fósseis. Dentro desse percentual, a dependência do modal rodoviário é ainda mais evidente, pois 74,8% da energia consumida no transporte rodoviário vem de combustíveis fósseis, como óleo diesel e gasolina. Esse alto índice de consumo de fontes não renováveis reflete a necessidade urgente de políticas públicas voltadas para a transição energética no setor.

Diante desse panorama, o predomínio do transporte rodoviário no Brasil não apenas aumenta os desafios ambientais, como também reforça a vulnerabilidade do país frente a oscilações no mercado de combustíveis fósseis (Soliani e Argoud, 2022). Nesse contexto, urge a necessidade de reduzir o consumo de energia não renovável, encontrar alternativas sustentáveis e a modernizar a infraestrutura. Dentre as opções mais promissoras, se destacam os veículos eletrificados, que operam com menor impacto ambiental, reduzindo significativamente as emissões de CO₂ ao eliminar ou diminuir o uso de combustíveis derivados do petróleo (Lima, 2020). Além disso, o uso de biogás como alternativa energética representa uma solução viável e sustentável, pois aproveita resíduos orgânicos para gerar energia, promovendo uma economia circular e reduzindo a dependência de combustíveis convencionais (Boscchi, 2022).

Outro aspecto fundamental para mitigar os efeitos ambientais do transporte é a implementação de técnicas logísticas avançadas. Segundo Endo (2020), a otimização de rotas e processos de transporte pode aumentar a eficiência operacional e minimizar desperdícios ao reduzir o número de viagens necessárias para a entrega de mercadorias. Conforme reforça o mesmo autor, estratégias como a consolidação de cargas, uso de rotas mais eficientes e planejamento inteligente da distribuição permitem diminuir o consumo de combustível, resultando em menores emissões de poluentes e custos operacionais mais baixos.

Em síntese, para que o impacto ambiental do modal rodoviário seja significativamente reduzido, é essencial investir tanto em tecnologias de transporte limpo, como a eletrificação de frotas e o uso de combustíveis alternativos, como também na melhoria da logística operacional, buscando otimizar processos e minimizar desperdícios no deslocamento de mercadorias e passageiros.

3.3. Caracterização dos participantes

Para a condução desta pesquisa, foram selecionados dez profissionais atuantes nas áreas de logística e gestão de frotas. A escolha dos participantes ocorreu por amostragem não probabilística por conveniência, considerando a rede de contatos profissionais do pesquisador estabelecida durante sua experiência no setor automotivo. Dessa forma, foram incluídos profissionais vinculados a empresas parceiras, cuja expertise e conhecimento no tema contribuíram para a obtenção de informações relevantes ao estudo. Todavia, apenas dois aceitaram participar do estudo. Dentre os demais, três não responderam às tentativas de contato por e-mail, nem retornaram as ligações, enquanto dois justificaram a recusa devido à indisponibilidade de agenda. Além disso, três entrevistados relataram restrições impostas pela empresa, mesmo com a confidencialidade e anonimato das informações.

Ademais, a pesquisa foi conduzida com profissionais de fabricantes de veículos de carga que ocupavam cargos que exigem tanto a visão estratégica como também a operacional do setor logístico de transportes, o que reduziu significativamente o universo de possíveis participantes. Essa exigência decorre da necessidade de captar o entendimento amplo sobre os desafios e dinâmicas da área, garantindo a coerência e relevância dos dados coletados para os objetivos do estudo.

Diante dessas limitações, a coleta de dados foi realizada com os dois participantes que se disponibilizaram, ambos pertencentes à mesma empresa. Apesar da amostra reduzida, as informações obtidas foram analisadas com profundidade e trouxeram contribuições relevantes para o estudo. Além disso, as respostas foram complementadas com uma revisão sistemática da literatura para enriquecer a discussão.

Os entrevistados foram selecionados com base em dois critérios fundamentais: ocupar uma posição de destaque, em cargos de nível gerencial e/ou de diretoria no setor de logística e transporte em uma fabricante de veículos rodoviários de carga e possuir ampla experiência na área logística. Essa seleção visa garantir uma perspectiva qualificada de profissionais com longa trajetória no setor, além de estarem posições de destaque em empresas líderes, que sempre buscam estar moldando seus processos e cogitando novas tecnologias em seu próprio benefício (Lai, 2007).

A amostra foi composta por 2 profissionais em altos cargos, ambos trabalham na mesma empresa, com formação superior e uma longa trajetória na área e na organização em que atuam. O Quadro 2 apresenta as informações quanto aos profissionais entrevistados.

Quadro 2 — Quadro-resumo dos profissionais de logística entrevistados

Entrevistados	Sexo	Cargo	Experiência
E ¹	Masculino	Coordenador de logística	15 anos de experiência em logística inbound/outbound e gestão de frota
E ²	Feminino	Gerente de Logística	22 anos de experiência em logística inbound/outbound e logística internacional

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4. Instrumentos de pesquisa

Para alcançar os objetivos específicos dessa monografia, foi adotado o modelo de entrevista semiestruturada, um método que se destaca pela sua flexibilidade na condução das perguntas e respostas. Esse formato permite que o entrevistador tenha um roteiro pré-definido de perguntas, mas também conceda espaço para aprofundamentos e novas abordagens ao longo da conversa, adaptando-se ao contexto e às respostas fornecidas pelos participantes (Fujisawa, 2000). Nunes et al. (2000), argumentam que a estrutura semiestruturada busca alcançar uma maior profundidade nos dados coletados, bem como nos resultados obtidos, possibilitando um equilíbrio entre organização e espontaneidade, permitindo que os entrevistados expressem suas percepções e experiências de maneira mais livre e detalhada. Além disso, esse modelo evita que as respostas sejam limitadas a opções rígidas, garantindo uma exploração mais aprofundada do tema em questão. Ao utilizar esse método, será possível obter insights mais ricos e subjetivos, pois as perguntas abertas incentivam os entrevistados, especialmente gestores, a compartilharem suas opiniões, experiências e reflexões de maneira mais completa. Isso contribui para uma análise mais aprofundada do tema, permitindo identificar padrões, desafios e perspectivas que poderiam não emergir em formatos mais fechados de entrevista.

As perguntas presentes no Apêndice A foram elaboradas com o propósito de garantir que os resultados obtidos estivessem alinhados com os objetivos específicos estabelecidos para esta pesquisa. Assim, a estruturação do roteiro seguiu uma abordagem lógica e sistemática, na qual os quatro objetivos específicos foram desmembrados em dezesseis perguntas, sendo quatro questões direcionadas para cada objetivo. O processo de elaboração do instrumento de pesquisa visou assegurar clareza, relevância e coerência nas perguntas formuladas. Para garantir a

validade e confiabilidade do instrumento, as perguntas foram submetidas à avaliação crítica do orientador, que analisou sua adequação aos objetivos da pesquisa. Dessa forma, as questões ficaram claras, objetivas e alinhadas com o escopo do estudo, possibilitando a coleta de dados de forma estruturada.

Portanto, a aplicação da entrevista semiestruturada se mostrou a mais adequada para atingir os objetivos específicos dessa pesquisa.

3.4.1. Roteiro de entrevistas

O roteiro de entrevistas aprovado pelo orientador foi elaborado com base nos objetivos específicos da pesquisa. As perguntas foram divididas em categorias temáticas, abrangendo aspectos como desenvolvimento tecnológico, desafios regulatórios, impactos econômicos e estratégias de implementação.

A entrevista foi síncrona conduzida por meio da plataforma Teams com perguntas visando atender aos objetivos específicos definidos na introdução. As questões, apresentadas no Apêndice A, foram direcionadas aos dois participantes da pesquisa, com o intuito de orientar a entrevista de forma alinhada aos objetivos do estudo. O entrevistador seguiu estritamente o roteiro de perguntas, oferecendo explicações apenas quando solicitado, a fim de contextualizar e facilitar a compreensão dos entrevistados.

As duas entrevistas ocorreram normalmente em horários agendados seguindo a melhor conveniência para os entrevistados. Elas foram realizadas por meio videoconferência online. Cada entrevista possuiu duração aproximada de 60 minutos, sendo gravada e transcrita, com o consentimento dos entrevistados, para posterior análise dos resultados. A pesquisa seguiu rigorosamente os princípios éticos estabelecidos para estudos com seres humanos. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo, seus direitos e a confidencialidade das informações fornecidas.

3.5. Procedimentos de coleta e análise de dados

O método de análise adotado neste estudo é a Análise de Conteúdo, uma técnica amplamente utilizada na pesquisa qualitativa, cuja origem remonta às primeiras tentativas da humanidade de interpretar textos sagrados (Bardin, 2011). Essa abordagem consiste em um

conjunto de técnicas sistemáticas e objetivas de descrição das mensagens, com o propósito de identificar indicadores quantitativos e qualitativos que possibilitem a inferência de conhecimentos sobre as condições de produção e recepção das comunicações analisadas (Câmara, 2013).

No presente estudo, a construção da análise é feita em três etapas fundamentais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, conforme Bardin (2011). O primeiro passo consiste na identificação e organização dos documentos a serem analisados, que, neste caso, correspondem às entrevistas realizadas com os participantes. A estruturação desse processo é essencial para garantir a coerência na categorização dos dados e a validade da análise. O segundo passo trata-se da exploração do material, que envolve a codificação e classificação das unidades de significado, permitindo a extração de padrões e categorias emergentes. Por último, a etapa de tratamento dos resultados, possibilita a contextualização dos achados com base nos referenciais teóricos, assegurando uma análise crítica e aprofundada das informações coletadas.

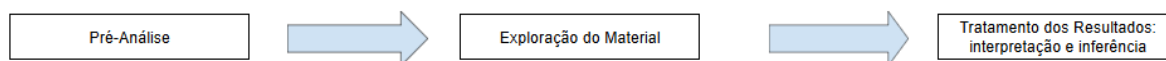


Figura 2 — Análise de Conteúdo

Fonte: Adaptado, Bardin (2011).

Conforme o processo explicitado na Figura 2, a partir da condução das entrevistas, foi feita a transcrição integral dos diálogos, permitindo a organização estruturada dos dados coletados. Inicialmente, o material foi explorado e segmentado de acordo com as perguntas formuladas no roteiro de entrevista, possibilitando a sistematização das respostas de forma clara e objetiva. Em seguida, foi realizado um processo de agrupamento dos dados, organizando as respostas conforme os grupos de objetivos específicos previamente estabelecidos. Essa etapa foi essencial para garantir que a análise estivesse diretamente vinculada aos propósitos da pesquisa, permitindo uma melhor interpretação dos achados. Após a organização inicial, o conteúdo foi estruturado em um quadro analítico, no qual as respostas dos participantes foram categorizadas de acordo com características em comum. Esse procedimento seguiu os princípios da Análise de Conteúdo de Bardin (2011), possibilitando a identificação de padrões

e a construção de categorias emergentes que refletissem os aspectos centrais da pesquisa. Com essa categorização, foi possível realizar um tratamento detalhado dos dados, promovendo uma inferência fundamentada no Referencial Teórico e nos trabalhos encontrados da Revisão Sistemática da Literatura, garantindo um embasamento sólido para a interpretação das informações coletadas.

A partir dessa organização e análise, os resultados foram correlacionados diretamente com os objetivos específicos do estudo, permitindo avaliar se as respostas obtidas atenderam às expectativas da pesquisa e aos critérios estabelecidos inicialmente. Esse cruzamento entre os dados da entrevista e os objetivos do estudo foi essencial para verificar se a investigação alcançou as metas propostas, possibilitando reflexões críticas sobre os resultados e suas implicações.

3.6. Aspectos éticos com a pesquisa

Conforme a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), pesquisas de opinião pública com participantes não identificados não necessitam de registro ou avaliação pelo sistema de Comitês de Ética em Pesquisa do CEP/CONEP. De acordo com essa resolução, é considerada uma pesquisa de opinião pública aquela realizada de forma verbal ou escrita, com metodologia específica, em que os participantes expressam suas opiniões, avaliações ou percepções sobre temas, organizações, produtos ou serviços, sem possibilidade de identificação (CNS, 2016, inciso XIV, art. 2º).

Neste trabalho, não houve participação de população vulnerável, nem foram realizados experimentos com seres humanos ou abordadas questões sensíveis. Além disso, os entrevistados foram devidamente informados sobre os objetivos da pesquisa no momento do contato, realizado por e-mail e/ou telefone, e expressaram seu consentimento para participação por meio da gravação da entrevista e da posterior transcrição do conteúdo, dispensando, assim, a entrega formal do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Aos participantes foi garantido o direito de não responder a qualquer questão do roteiro de entrevista, bem como a possibilidade de solicitar a retirada de seu depoimento da pesquisa a qualquer momento, sem necessidade de justificativa e sem qualquer prejuízo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste ponto, foi realizada a análise das respostas dos entrevistados. Primeiramente, foi feita a análise de conteúdo da entrevista, categorizando as respostas, separadas em 4 blocos que atendem aos objetivos específicos, seguida pela discussão dos depoimentos com base no referencial teórico e na revisão sistemática constituída anteriormente.

4.1. Análises e Discussões

A definição das categorias emergentes foi realizada com base na análise de conteúdo proposta por Bardin (2011), uma metodologia que permite a identificação e organização de padrões recorrentes nas respostas obtidas. A categorização das informações teve como propósito sintetizar e estruturar os dados coletados, reduzindo as transcrições originais a conjuntos específicos de palavras-chave que facilitam a compreensão dos desafios e oportunidades no transporte rodoviário de cargas. Dessa forma, a aplicação desse método permitiu uma abordagem mais sistemática da pesquisa, possibilitando que os principais fatores influentes na logística rodoviária fossem analisados de maneira objetiva, favorecendo a identificação de tendências, limitações e possíveis soluções para aprimorar a eficiência e sustentabilidade do setor.

4.1.1. O Estado Atual do Transporte Rodoviário de Cargas

Com o objetivo de delimitar o panorama atual do transporte rodoviário de cargas e proporcionar uma compreensão mais ampla do contexto analisado, foram identificadas categorias emergentes que representam os principais aspectos do setor. Essas categorias incluem “Eficiência do transporte”, “Gestão e Terceirização”, “Conservação das Rodovias” “Diversidade da Frota”, “Regulamentação”, e “Infraestrutura Deficiente”, conforme Quadro 2.

Quadro 3 — Categorias da Análise de Conteúdo para o Objetivo Específico 1

Pergunta	Categoria Emergente	Resposta Entrevistado 1	Resposta Entrevistado 2
Quais são as principais características e práticas operacionais atuais no transporte rodoviário de cargas na sua empresa?	Eficiência do Transporte	“É um transporte seguro, relativamente rápido e com custo mais atrativo, atrelado as condições de infraestrutura que o país oferta.”	“A gente tem várias práticas, mas adotamos a contratação de uma empresa só para fazer todo o transporte, então facilita a gestão além dos custos, a qualidade na entrega.”
	Gestão e Terceirização		
Como a Infraestrutura rodoviária existente impacta a eficiência das operações de transporte de cargas?	Conservação das Rodovias	“Encarece o transporte, dadas as condições de infraestrutura que possuímos no nosso país. Causa atrasos, desvios de rota e até mesmo extravios.”	“Ah, impacta muito, tem muito atraso pela condição ruim das estradas cheias de buracos, muitas não têm asfalto”
Quais são os principais tipos de veículos utilizados atualmente no transporte de cargas e como eles influenciam a eficiência e o custo operacional?	Diversidade da Frota	“Desde fiorino à carreta.”	“Depende do material, tem carretas, trucks, o gestor quem decide qual veículo vai usar dependendo do tipo de material e também a quantidade, porque não pode levar o caminhão vazio”
Quais são os maiores desafios enfrentados no transporte rodoviário de cargas atualmente, em termos de logística, manutenção e regulamentação?	Regulamentação	“Para a empresa em que trabalho, o maior desafio é encontrar transportadores aptos para realizar a atividade e com certificação apropriada.”	“A infraestrutura das rodovias prejudica muito o transporte das peças”
	Infraestrutura deficiente		

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do Quadro 2, à luz da pergunta “Quais são as principais características e práticas operacionais atuais no transporte rodoviário de cargas na sua empresa?” percebe-se características fundamentais e práticas operacionais no setor de transporte rodoviário de cargas, revelando dois elementos centrais que influenciam diretamente o desempenho das empresas nesse segmento altamente competitivo, que são a busca constante por eficiência operacional percebida pela categoria “Gestão e Terceirização” e a necessidade de reduzir custos logísticos de categoria “Eficiência do Transporte”. Esses aspectos desempenham um papel essencial na estruturação das estratégias das organizações, uma vez que um transporte rodoviário mais eficiente permite uma maior agilidade na entrega das mercadorias e otimização dos recursos financeiros e operacionais (Lima, 2021). A análise desses aspectos reforça a argumentação de Gonzáles (2002), que discute a importância da implementação de estratégias voltadas à eficiência operacional como um meio de diferenciação no mercado. Segundo esse autor, quando as empresas investem na melhoria contínua de seus processos logísticos, conseguem um desempenho mais dinâmico e produtivo e aprimoram seu controle de custos, permitindo que se tornem mais sustentáveis e competitivas diante dos desafios do setor. Assim, a adoção de práticas que priorizam a otimização logística coloca as organizações em uma posição estratégica mais favorável, assegurando sua permanência no mercado e aumentando sua capacidade de adaptação às transformações do setor de transporte de cargas.

Além disso, a questão “Como a Infraestrutura rodoviária existente impacta a eficiência das operações de transporte de cargas?”, que aborda o impacto da infraestrutura rodoviária sobre as operações logísticas, evidencia desafios expressivos enfrentados pelas empresas do setor devido às condições precárias das rodovias brasileiras. Conforme apontado pelos entrevistados 1 e 2, a “Conservação das Rodovias” é um problema significativo. Esse obstáculo pode comprometer toda a eficiência operacional, seja ao gerar atrasos frequentes nas entregas e dificultar a previsibilidade do transporte, como também têm impacto direto no aumento dos custos logísticos. Segundo Soliani e Argoud (2022), a infraestrutura nacional compromete a competitividade das empresas, porque problemas como a necessidade de ajustes de rota, manutenções corretivas nos veículos e um planejamento mais complexo para lidar com estradas em más condições são fatores que elevam os gastos operacionais das transportadoras e dificultam o escoamento da produção e movimentação de mercadorias.

Em adição aos prejuízos econômicos, a falta de infraestrutura viária também contribui diretamente para o aumento da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE's) pelo setor de

transportes. De acordo com dados da EPE (2021), estradas mal conservadas exigem maior consumo de combustível por parte dos veículos de carga, já que a irregularidade do solo e a presença de buracos levam os caminhões a trabalharem com esforço adicional para manter a velocidade média, resultando em um impacto ambiental ainda maior. Esse cenário revela que a sustentabilidade do setor de transportes está diretamente ligada à necessidade de investimentos em infraestrutura rodoviária mais adequada e eficiente.

Já quando o questionamento foi: “Quais são os principais tipos de veículos utilizados atualmente no transporte de cargas e como eles influenciam a eficiência e o custo operacional?”. A descoberta, foi que a “Diversidade da Frota” a partir da seleção correta dos veículos influencia diretamente a eficiência da operação e os custos envolvidos no transporte, porque a adequação entre a carga e o meio de transporte pode reduzir desperdícios de espaço, combustível e tempo. Enquanto um veículo de menor porte pode ser mais eficiente para entregas de curta distância e cargas menores, caminhões maiores, como carretas e trucks, são preferíveis para grandes volumes e longas distâncias, garantindo melhor aproveitamento da capacidade de carga. Essa descoberta reforça a definição de logística proposta por Santana (2013), que descreve essa área como um conjunto de ações estratégicas voltadas para otimizar todas as etapas do ciclo de abastecimento, desde a obtenção da matéria-prima até a entrega final ao cliente. Esse conceito destaca que a redução de custos e o tempo de transporte são fatores determinantes para a competitividade das empresas do setor, justificando a importância de uma frota bem estruturada e adaptada às necessidades específicas de cada operação logística.

Por fim, ao indagar: “Quais são os maiores desafios enfrentados no transporte rodoviário de cargas atualmente, em termos de logística, manutenção e regulamentação?” enquanto o entrevistado 1 citou a dificuldade de encontrar transportadoras para fazer o processo que tenham “Certificação” adequada, algo que talvez seja visto como um caso isolado já que eles terceirizam a gestão de entregas de peças e veículos, na verdade está em linha com as práticas mais modernas de Cadeia de Suprimentos, no que toda a cadeia produtiva têm a mesma exigência de sustentabilidade (Soares, 2015). Já o entrevistado 2 mencionou que o principal desafio seria a “Infraestrutura deficiente” das vias públicas. A percepção dos entrevistados sobre as condições das rodovias ressalta que a baixa qualidade da infraestrutura é um fator que agrava ainda mais os custos operacionais e os impactos ambientais, já que a necessidade constante de manutenções nos veículos e o consumo excessivo de combustível aumentam os níveis de poluição gerados pelo setor. A ênfase nas reclamações sobre a precariedade das estradas reflete um dos principais entraves enfrentados pelo modal rodoviário, que não apenas

reduz a eficiência logística das empresas, mas também contribui significativamente para o aumento da poluição atmosférica no país. De acordo com a EPE (2021), a falta de investimento na manutenção e modernização das rodovias faz com que o Brasil continue a depender fortemente do transporte rodoviário movido a combustíveis fósseis, o que intensifica a emissão de poluentes e reforça a necessidade de soluções sustentáveis para o setor de cargas.

Em suma, os desafios destacados ao longo das entrevistas apontam para a necessidade urgente de investimentos em infraestrutura, regulamentação e inovação tecnológica, a fim de garantir que o transporte rodoviário de cargas possa se tornar mais eficiente, econômico e ambientalmente responsável.

4.1.2. Alternativas de transporte rodoviário de carga sustentável

No que se refere às questões relacionadas às alternativas de transporte sustentável, a análise das respostas obtidas nas entrevistas permitiu a identificação de categorias emergentes que sintetizam os principais aspectos abordados pelos participantes. Essas categorias incluem categorias emergentes “Otimização Logística”, “Alternativas de transporte sustentável”, “Infraestrutura e custo” e “Referências no Setor”.

A categorização das informações possibilitou a identificação das principais preocupações e barreiras enfrentadas pelo setor para a adoção de práticas sustentáveis, além de apontar caminhos viáveis para a redução das emissões de gases de efeito estufa e o aumento da eficiência energética. Dessa forma, a sistematização das informações, conforme apresentado no Quadro 3, oferece uma visão clara e estruturada sobre os fatores que influenciam a implementação de alternativas sustentáveis no transporte de cargas, permitindo uma abordagem crítica e embasada para a discussão sobre a viabilidade de novas soluções no setor.

Quadro 4 — Categorias da Análise de Conteúdo para o Objetivo Específico 2

Pergunta	Categoria Emergente	Resposta Entrevistado 1	Resposta Entrevistado 2
Quais tecnologias ou práticas sustentáveis estão sendo consideradas ou implementadas pela sua empresa para reduzir as emissões de gases poluentes?	Otimização Logística	Iniciativa verde, com redução de poluentes, redução do número de viagens por meio de otimização com Milk Run, Bi-trens, Double deck (saturação do veículo), etc.”	“As mais usadas são a saturação do veículo, que é usar o maior espaço possível dos veículos, além de repensar constantemente a otimização da logística das entregas”
Como você avalia a eficácia das opções de transporte sustentável disponíveis no mercado em termos de redução de emissões e eficiência operacional?	Alternativas de transporte sustentável	“Acho que hoje, as alternativas como os caminhões à gás e elétrico são inviáveis, por conta da distância de entrega, falando de transporte o ferroviário é uma das melhores opções visando custo e emissões, aplicáveis em alguns cenários, entretanto, limitada pela questão das ferrovias brasileiras.”	“É muito difícil ter outras tecnologias como caminhões à gás ou elétricos devido à falta de postos de abastecimento e recarga, então a eficácia da sustentabilidade tem que estar na otimização da logística, renovação de frota (...)”
Quais são as principais barreiras para a adoção de opções de transporte rodoviário de carga sustentável na sua empresa?	Infraestrutura e custo	“Infraestrutura local e nacional.”	“O custo ainda é muito alto, não temos infraestrutura adequada, tecnologias mais modernas não se sustentam por conta da baixa autonomia”
Existem exemplos de sucesso de implementação de transporte sustentável em outras empresas ou setores que poderiam ser aplicados na sua organização?	Referências no Setor	“Sim, ferroviário.”	“Acho que não”

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base no Quadro 3, o questionamento: “Quais tecnologias ou práticas sustentáveis estão sendo consideradas ou implementadas pela sua empresa para reduzir as emissões de gases poluentes?” traz dos participantes, que a adoção de práticas de “Otimização Logística” eficientes, como o Milk Run, que segundo Brar e Saini (2011) é um sistema logístico no qual um único caminhão, faz a entrega de vários fornecedores diferentes, aproveitando a mesma viagem até o comprador e enchendo o espaço vazio disponível, Bi-trens, os quais são caminhões com dois semi-reboques (Sartori, 2007) e Double Deck, as quais são carretas que tem dois compartimentos verticalmente para colocar as mercadorias, têm se mostrado uma solução estratégica para otimizar a cadeia de suprimentos e distribuição de mercadorias. Essas abordagens permitem a melhoria da eficiência operacional, reduzindo custos de transporte e o impacto ambiental, uma vez que diminuem a necessidade de múltiplas viagens ou de um número excessivo de veículos para realizar a mesma quantidade de entregas. Por consequência, ao utilizar métodos como a saturação da capacidade dos veículos e a otimização de rotas, as empresas conseguem minimizar o consumo de combustíveis fósseis e, consequentemente, reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE’s) no setor de transporte rodoviário. Esse conceito é sustentado por Bartholomeu (2016), que destaca que a eficiência operacional é um dos principais aliados na redução das emissões poluentes no transporte de cargas, uma vez que um planejamento logístico mais inteligente evita desperdícios de combustível e melhora a relação custo-benefício das operações. No entanto, apesar dessas iniciativas, o setor rodoviário brasileiro ainda enfrenta desafios significativos na implementação de medidas mais sustentáveis em larga escala, devido à predominância de modelos tradicionais de transporte e à falta de investimentos mais robustos em infraestrutura alternativa.

A partir da pergunta: “Como você avalia a eficácia das opções de transporte sustentável disponíveis no mercado em termos de redução de emissões e eficiência operacional?” Chama atenção, que teve como categoria “Alternativas de transporte sustentável”, a menção dos entrevistados sobre o uso do transporte ferroviário para longas distâncias, que reforça os achados do estudo da EPE (2021), que apresenta esse modal como uma alternativa de baixo impacto ambiental, com emissões significativamente menores por tonelada-quilômetro transportada quando comparado ao rodoviário. Assim, a ferrovia surge como uma solução mais eficiente para longas distâncias, reduzindo a dependência do modal sobre vias, ao permitir o deslocamento de grandes volumes de carga com menor consumo de energia e menor emissão de poluentes. No entanto, no Brasil, o transporte ferroviário ainda não é amplamente explorado, pois o custo de instalação é muito alto (EPE, 2021). Esse quadro reflete a falta de investimentos

estratégicos em alternativas mais limpas e eficientes, limitando a expansão do transporte ferroviário como uma solução viável para os transportes. As respostas do entrevistado 2, demonstram uma descrença quanto a investimentos em infraestrutura para outras tecnologias, como veículos movidos à eletricidade ou a gás e foca em alternativas já conhecidas como a otimização logística e modernização das frotas. Isso vai consoante a lógica do trabalho de Soares (2015), que considera a logística como uma poderosa ferramenta capaz de não só otimizar os processos, aumentando a produtividade, reduzindo custos e desperdícios, como também reduzir a poluição sem ultrapassar os gastos necessários.

Esses desafios são discutidos por Silva e Pizzolatto (2022), que analisam o papel das políticas públicas internacionais na expansão da frota de veículos elétricos para o transporte de carga. Segundo os autores, diversos países adotaram incentivos governamentais para acelerar a substituição de veículos a combustão por alternativas elétricas e movidas a combustíveis renováveis. No entanto, no contexto brasileiro, essa transição enfrenta diversas barreiras estruturais e econômicas, dificultando a implementação em larga escala. Os gestores após a questão: “Quais são as principais barreiras para a adoção de opções de transporte rodoviário de carga sustentável na sua empresa?”, que teve como categoria de resposta “Infraestrutura e custos” entrevistados destacam que, apesar do interesse na adoção de práticas sustentáveis, a falta de infraestrutura adequada e os altos custos de adaptação impedem uma aplicação mais efetiva dessas tecnologias no Brasil. Lima (2020), cita que problemas como alcance limitado, autonomia, vida útil e os elevados custos para aquisição de veículos elétricos de carga, são fatores que somam ao desinteresse de investimento.

Esse fator está diretamente ligado à baixa alocação de recursos para viabilizar o uso de veículos movidos a combustíveis renováveis, como biocombustíveis e eletricidade. Conforme argumentado por Silva e Pizzolatto (2022), adaptar políticas públicas internacionais à realidade brasileira poderia facilitar a expansão da frota de veículos elétricos de carga, tornando a transição para um transporte mais sustentável mais acessível para as empresas. No entanto, sem investimentos expressivos em infraestrutura e incentivos fiscais adequados, essa mudança permanece limitada a um pequeno grupo de organizações que possuem maior capacidade financeira para investir nessas inovações.

Ao questionar se “Existem exemplos de sucesso de implementação de transporte sustentável em outras empresas ou setores que poderiam ser aplicados na sua organização?” a categoria de respostas de “Referências no setor”, o transporte ferroviário surge mais uma vez como uma alternativa sustentável para substituir, ao menos parcialmente, o modal rodoviário.

Esse achado, tem por objetivo diminuir a dependência do rodoviarismo e corrobora com a análise da EPE (2021), que aponta que tanto os modais ferroviário quanto aquaviário representam alternativas mais sustentáveis para o escoamento de cargas, reduzindo significativamente as emissões de poluentes na atmosfera. Entretanto, para que essa transição seja viável, é necessário um planejamento governamental mais eficiente, que garanta a ampliação da malha ferroviária e a integração entre diferentes modais de transporte.

Por fim, a pesquisa evidencia que o caminho para um transporte de cargas mais sustentável no Brasil depende de uma combinação de fatores. O aprimoramento da logística rodoviária, por meio de práticas como otimização de rotas e melhor aproveitamento da capacidade dos veículos, pode contribuir para a redução das emissões no curto prazo. No entanto, a longo prazo, a diversificação dos modais de transporte e a transição para tecnologias menos poluentes serão essenciais para minimizar o impacto ambiental do setor. Para que isso aconteça, investimentos em infraestrutura, incentivos fiscais e políticas públicas direcionadas serão determinantes para viabilizar soluções efetivas que conciliem sustentabilidade e viabilidade econômica.

4.1.3. Discutir a aplicação de medidas sustentáveis no transporte rodoviário de cargas sem aumentar os custos de logística

A partir da análise dos questionamentos organizados no Quadro 4, foi possível identificar categorias emergentes que sintetizam os principais temas abordados pelos entrevistados em relação à aplicação de medidas sustentáveis no modal, sem aumentar os custos logísticos. Obtiveram-se as categorias de respostas de “Controle de Emissões”, “Gestão Eficiente do Transporte”, “Parcerias Sustentáveis e Otimização Logística”, e “Modernização de Frota”.

Dessa forma, a sistematização das respostas, conforme apresentado no Quadro 4, possibilitou uma análise estruturada e aprofundada sobre as estratégias que vêm sendo utilizadas para tornar o transporte de cargas mais eficiente e alinhado às demandas de sustentabilidade do mercado.

Quadro 5 — Categorias da Análise de Conteúdo para o Objetivo Específico 3

Pergunta	Categoria Emergente	Resposta Entrevistado 1	Resposta Entrevistado 2
Quais medidas sustentáveis foram ou estão sendo implementadas na sua empresa sem comprometer os custos de logística?	Controle de Emissões	“Controle de emissões, meta de redução anual (5% este ano).”	“Nós temos metas, tem uma equipe que fica dedicada exclusivamente para garantir que as metas sejam cumpridas”
Como a sua empresa equilibra a necessidade de sustentabilidade com a manutenção da competitividade e viabilidade econômica?	Gestão Eficiente do Transporte	“A gente tem exigências dos controles de emissões das empresas que são parceiras do grupo, que fazem os transportes de peças e veículos de forma mais barata e usando a saturação do veículo, temos um departamento que cuida de cada parte do transporte desde à compra de peças até a entrega para o cliente”.	“O fato da gente preferir usar o transporte de uma empresa só, fazemos a gestão de modo a aproveitar todo o espaço do caminhão de transporte e fazemos o Milk Run, que é quando o mesmo caminhão passa em vários fornecedores até chegar na fábrica”
Que tipo de investimento inicial é necessário para implementar tecnologias sustentáveis e como isso pode ser compensado por economias a longo prazo?	Parcerias Sustentáveis e Otimização Logística	“Fica mais para o processo de contratação, que sempre pensamos em outras parcerias com selos de sustentabilidade.”	“A otimização da logística além de reduzir custos também torna mais sustentável o negócio”
Existem incentivos financeiros ou regulatórios que poderiam facilitar a adoção de práticas sustentáveis na sua empresa sem aumentar os custos operacionais?	Modernização de Frotas	“Existe um incentivo do governo para modernização de frotas, não resolve a questão da sustentabilidade, mas ajuda porque se você tem a operação com caminhões mais novos rodando, você vai emitir menos poluentes, por regulamentação e por tecnologia polui menos.”	“Há mudanças de motorização ao longo dos anos, as empresas fabricantes trabalham com o padrão europeu de emissões Euro 6”

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como apresentado no quadro 4, a pergunta: “Quais medidas sustentáveis foram ou estão sendo implementadas na sua empresa sem comprometer os custos de logística?”, o foco dos entrevistados foi em “Controle de emissões”. A citação das metas de redução de emissões estabelecidas pela fabricante, demonstra um certo nível de preocupação com a sustentabilidade na empresa. Essa menção indica que há um esforço, ainda que indireto, para alinhar as práticas organizacionais às exigências ambientais contemporâneas. Boff (2017) destaca que esse tipo de iniciativa não é um caso isolado, mas, na verdade, faz parte de um movimento crescente entre diversas empresas que buscam demonstrar responsabilidade socioambiental. Segundo o autor, muitas organizações estão adotando compromissos públicos relacionados à sustentabilidade, tanto para atender às regulamentações ambientais quanto para fortalecer sua imagem corporativa no mercado. Essa estratégia está alinhada com a análise de Claro et al. (2008), que ressaltam que a associação entre uma empresa e práticas sustentáveis não ocorre apenas por razões ambientais, mas também como uma ferramenta de marketing e diferenciação competitiva. Dessa forma, companhias utilizam a construção de um discurso institucional para transmitir um compromisso ecológico, alcançando stakeholders internos e externos, incluindo clientes, parceiros e até concorrentes. Isso reforça a ideia de que a sustentabilidade, além de um desafio operacional, se tornou um elemento estratégico na gestão empresarial moderna.

No entanto, ao perguntar: “Como a sua empresa equilibra a necessidade de sustentabilidade com a manutenção da competitividade e viabilidade econômica?” e as respostas foram “Gestão Eficiente do Transporte” essa preocupação com o meio ambiente não se traduz, necessariamente, em ações diretas da empresa para a redução de emissões. A cobrança de certificações e metas de emissões, vai em linha com as práticas modernas de Gestão de Cadeia de Suprimentos, levando o Operador Logístico a ter um papel maior nos serviços logísticos, não sendo apenas uma terceirização, mas um compromisso integrado entre empresas para o cliente (Soares, 2015). Esse modelo transfere a gestão da sustentabilidade para parceiros comerciais, de modo que a empresa se beneficie indiretamente de uma logística mais limpa, sem precisar fazer investimentos significativos em mudanças estruturais.

Ao se interrogar “Que tipo de investimento inicial é necessário para implementar tecnologias sustentáveis e como isso pode ser compensado por economias a longo prazo?” Outro aspecto além de “Parcerias Sustentáveis”, é observado a adoção de métodos de “Otimização Logística”, que são as principais estratégias adotadas pela empresa para reduzir tanto os custos operacionais quanto as emissões atmosféricas. Como detalhado por Bartholomeu (2016), a modernização da gestão logística desempenha um papel fundamental na

redução do impacto ambiental do setor de transportes, pois a renovação da frota, o melhor aproveitamento da capacidade dos veículos e a redução do número de viagens resultam em um menor consumo de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, em menores emissões de poluentes. Não há um investimento direto da empresa na aquisição de tecnologias sustentáveis ou veículos mais eficientes. Em vez de direcionar recursos para a implementação de novas tecnologias ambientais, a estratégia da empresa está centrada na otimização dos processos logísticos, buscando a redução de custos e ganhos operacionais a partir de melhorias no planejamento do transporte. Essa abordagem está de acordo com os estudos de Tovar (2019), que afirma que, para muitas empresas do setor, os custos elevados das inovações tecnológicas sustentáveis ainda são um grande obstáculo, fazendo com que a sustentabilidade seja viabilizada pela eficiência operacional, em vez de investimentos em infraestrutura limpa.

Além disso, ao se inquirir se “Existem incentivos financeiros ou regulatórios que poderiam facilitar a adoção de práticas sustentáveis na sua empresa sem aumentar os custos operacionais?”, a “Modernização da Frota” é um dos poucos incentivos sustentáveis que recebem apoio governamental, sendo um fator citado pelos participantes da pesquisa como um dos principais mecanismos para diminuir a poluição do setor de transportes. Esse achado corrobora com os estudos de Benvenuti et al. (2019), que apontam que um dos fatores decisivos para a degradação da qualidade do ar no Brasil é justamente a idade avançada da frota de veículos de carga. O envelhecimento dos caminhões, que ainda utilizam motores menos eficientes e altamente poluentes, contribui significativamente para altos níveis de emissões de CO₂ e material particulado, aumentando os impactos ambientais da atividade de transporte.

A substituição dos veículos antigos por modelos mais modernos e menos poluentes, portanto, aparece como uma estratégia essencial para mitigar os danos ambientais do setor. No entanto, como discutido na pesquisa realizada pela EPE (2021), esse processo é lento e financeiramente oneroso, dificultando sua implementação em larga escala. Para acelerar essa transição, os incentivos governamentais desempenham um papel crucial, pois permitem que empresas tenham acesso a linhas de financiamento e subsídios para investir na renovação da frota.

4.1.4. Identificar desafios e oportunidades para o transporte sustentável

A sistematização das categorias emergentes, conforme apresentada no Quadro 5, permite a organização das respostas em eixos temáticos que evidenciam os principais desafios e oportunidades para a implementação de um transporte rodoviário de cargas mais sustentável. As categorias identificadas incluem as categorias emergentes de “Baixa disponibilidade de tecnologia sustentável”, “Falta de Regulamentação para a Sustentabilidade”, “Falta de incentivo à inovação”, e “Infraestrutura”.

Dessa forma, a estruturação dessas categorias emergentes no Quadro 5 possibilita uma visão abrangente dos entraves existentes e das oportunidades que podem ser exploradas para promover um transporte mais sustentável, ressaltando a importância de investimentos em inovação, políticas regulatórias mais robustas e melhorias estruturais para viabilizar a transição para um modelo logístico ambientalmente responsável.

Quadro 6 — Categorias da Análise de Conteúdo para o Objetivo Específico 4

Pergunta	Categoria Emergente	Resposta Entrevistado 1	Resposta Entrevistado 2
Quais são os principais desafios tecnológicos enfrentados pela sua empresa ao tentar implementar práticas de transporte sustentável?	Baixa disponibilidade de tecnologia sustentável	“Tem as tecnologias de desenvolvimento mais sustentáveis, nós temos a oferta de caminhão a gás, que não é produzido em larga escala, é um desafio porque há poucos postos de abastecimento o que diminui a autonomia dos veículos”	“Um desafio é acompanhar o transporte de passeio, por exemplo, na Europa o grupo produz caminhões elétricos, mas no Brasil não é ofertado porque não temos estrutura o suficiente e não gera demanda por veículos desse tipo”
Quais regulamentações atuais impactam a implementação de tecnologias de redução de emissões e como sua empresa está se adaptando a essas regulamentações?	Falta de Regulamentação para a Sustentabilidade	“As regulamentações são necessárias porque forçam as empresas a adotarem as medidas sustentáveis, hoje a regulamentação infelizmente não é voltada para práticas mais sustentáveis”	“Em time que está ganhando não se mexe, as empresas começam a se movimentar quando o mercado se movimenta e quando se tem regulamentações mais rígidas, por exemplo, é interessantes as empresas produzirem veículo elétrico? Sim, mas não tem atrativo pela falta de infraestrutura”
Que oportunidades você enxerga para inovação e desenvolvimento tecnológico no setor de transporte rodoviário de cargas para promover a sustentabilidade?	Falta de incentivo à inovação	“Na Europa você tem regulamentações mais rígidas do que as que se têm no Brasil, hoje no Brasil, por exemplo, ainda vejo muito distante caminhões elétricos, o mercado é mais lento”	“Gostaria de ver caminhões híbridos, acho que podem ser mais úteis, por terem maior autonomia, não sei, hoje a gente tem foco mais na otimização logística porque a infraestrutura das rodovias é muito ruim”
Como a colaboração com outras empresas, governos ou instituições pode ajudar a superar os desafios e aproveitar as oportunidades para um transporte rodoviário de cargas mais sustentável?	Infraestrutura	“Acho que, o investimento em infraestrutura deveria ser focada na malha ferroviária, porque a logística ficaria mais sustentável, o rodoviário ficaria para trechos menores enquanto o ferroviário transportaria cargas maiores em longas distâncias”	“A gente sempre faz parceria com outras transportadoras, tanto peça quanto produto acabado, hoje precisamos de mais infraestrutura nas rodovias, tem motorista que para a entrega e manda foto do caminhão atolado para a gente porque não dá para passar nas estradas de chão em época de chuva, cheio de lama.”

Fonte: Elaborado pelo autor.

A pergunta: “Quais são os principais desafios tecnológicos enfrentados pela sua empresa ao tentar implementar práticas de transporte sustentável?”, traz desafios nas respostas, a categoria “Baixa disponibilidade de tecnologia sustentável” já explicita uma visão dos experientes gestores, de que as tecnologias sustentáveis atualmente não são suficientes para o transporte de cargas. Os desafios identificados, destaca-se a falta de infraestrutura adequada para suportar tecnologias mais sustentáveis no setor de transporte de cargas (Simão, 2020). Ainda segundo Simão (2020) a baixa disponibilidade de postos de abastecimento inviabiliza a adoção dessas soluções em larga escala, dificultando a competitividade desse tipo de tecnologia frente aos modelos tradicionais a diesel. Além disso, a ausência de investimentos estruturais e incentivos governamentais eficazes torna a substituição da frota um processo lento e economicamente desafiador para muitas empresas do setor.

Com a questão: “Quais regulamentações atuais impactam a implementação de tecnologias de redução de emissões e como sua empresa está se adaptando a essas regulamentações?” há uma certa súplica com a categoria “Falta de Regulamentação para a Sustentabilidade”. Os relatos dos entrevistados deixam evidente que as regulamentações e exigências do governo desempenham um papel essencial na transformação das práticas empresariais. Segundo Boff (2017), a crescente pressão para que empresas adotem medidas sustentáveis faz com que as mudanças ocorram de maneira mais acelerada. Sem um conjunto robusto de normas ambientais e sanções regulatórias, a adoção de práticas mais ecológicas ocorre de maneira gradual e fragmentada, dependendo exclusivamente das estratégias e interesses particulares de cada empresa. Estes pensamentos estão fortemente alinhados com a literatura de Kohlhepp (2010), que ressalta a crescente pressão internacional sobre o Brasil para que o país reduza sua dependência de combustíveis fósseis e acelere a transição para fontes de energia mais limpas e renováveis faz diferença para a implementação de regulações no setor. Países economicamente desenvolvidos têm estabelecido metas rigorosas de redução de emissões. Entretanto, apesar de essa questão ser amplamente discutida no cenário global, a realidade brasileira ainda apresenta obstáculos significativos. Os dados coletados indicam que, em muitos casos, as empresas não tomam a iniciativa de realizar mudanças significativas sem uma pressão externa clara, seja por meio de novas regulamentações, incentivos financeiros ou exigências do mercado. Assim, regulamentações ambientais mais rigorosas podem ser um dos principais motores para impulsionar a modernização do transporte de cargas, incentivando empresas a investir em frotas mais eficientes e sustentáveis.

Ao perguntar: “Que oportunidades você enxerga para inovação e desenvolvimento tecnológico no setor de transporte rodoviário de cargas para promover a sustentabilidade?” a categoria expressa “Falta de incentivo à inovação” foi contrária à expectativa, explicitando a ausência de mais apoio governamental. O entrevistado 1, afirma que “Na Europa você tem regulamentações mais rígidas do que as que se têm no Brasil, hoje no Brasil, por exemplo, ainda vejo muito distante caminhões elétricos, o mercado é mais lento”. Esta afirmação se torna mais interessante ao saber que o entrevistado trabalha em uma fabricante de caminhões a nível global, o que sugere que novos meios de energia para o transporte rodoviário de cargas no Brasil, ainda é muito incipiente.

O crescente interesse pelo uso de veículos elétricos e híbridos no setor de transporte de cargas, refletem uma tendência global de busca por soluções que reduzam o impacto ambiental e a deterioração da qualidade do ar. Conforme análise de Silva (2022), a eletrificação da frota de veículos pesados pode contribuir significativamente para a redução das emissões de poluentes, melhorando a qualidade do ar e minimizando os impactos negativos do setor de transporte na saúde pública. No entanto, a falta de infraestrutura adequada ainda impede que essa transição ocorra de maneira eficiente. Veículos elétricos apresentam limitações de autonomia para percursos de longa distância, tornando inviável sua utilização sem uma rede estruturada de postos de recarga ao longo das principais rodovias. Além disso, o custo elevado de aquisição e manutenção desses veículos ainda representa um grande desafio para as transportadoras, que muitas vezes priorizam alternativas que oferecem maior rentabilidade a curto prazo.

Como última pergunta do roteiro, ao se questionar: “Como a colaboração com outras empresas, governos ou instituições pode ajudar a superar os desafios e aproveitar as oportunidades para um transporte rodoviário de cargas mais sustentável?”, temos de novo como categoria “Infraestrutura” demonstrando uma deficiência grave nessa área. Com as respostas, temos que além da súplicas por melhorias na infraestrutura rodoviária, também há um clamor crescente pela ampliação da malha ferroviária, o que ressalta a importância do desenvolvimento de políticas públicas focadas na diversificação do transporte de cargas no Brasil, já que o país é altamente dependente de manejo de mercadorias por rodovias. Esse ponto é amplamente discutido por Wolffenbüttel (2022), que destaca o papel crucial do Estado na promoção de práticas de transporte mais sustentáveis e na criação de incentivos para a modernização do setor. A integração entre o modal ferroviário e rodoviário poderia tornar o transporte mais eficiente e menos poluente, permitindo que grandes volumes de carga fossem movimentados por ferrovias,

enquanto o modal rodoviário seria utilizado para percursos menores e entregas finais (Simão, 2020). No entanto, essa transição exige fortes investimentos em infraestrutura e planejamento estratégico, de modo a garantir que essa diversificação logística seja economicamente viável e beneficie o setor produtivo.

A colaboração entre empresas privadas e o governo surge como um fator essencial para superar esses desafios (Boschi, 2022). Parcerias estratégicas entre o setor público e privado podem viabilizar investimentos em infraestrutura, subsídios para renovação da frota e incentivos para tecnologias sustentáveis, criando um ambiente mais favorável para a transição do transporte de cargas no Brasil. Sem essas medidas, a adoção de práticas ambientalmente responsáveis continuará ocorrendo de forma fragmentada e limitada, sem impacto significativo na redução das emissões e na sustentabilidade do setor a longo prazo.

4.2. Relação dos Objetivos Específicos com os Resultados

Para uma melhor compreensão do grau de alcance dos objetivos específicos deste estudo, foi elaborado o Quadro 7, no qual são apresentados os objetivos estabelecidos e os principais resultados obtidos ao longo da pesquisa.

Quadro 7 — Objetivos Específicos e Principais Resultados

Objetivos Específicos	Principais Resultados
Avaliar o estado atual do transporte rodoviário de cargas.	Os entrevistados afirmam que o transporte rodoviário de cargas é altamente atrativo, pelo custo, rapidez e segurança. No entanto, enfrenta desafios significativos devido a infraestrutura ruim das vias públicas.
Comparar opções de transporte rodoviário de carga sustentável.	Os respondentes afirmam que a principal estratégia sustentável no modo rodoviário de cargas é a otimização logística do transporte. Afirmam ainda que alternativas como caminhões movidos a gás ou eletricidade são inviáveis devido à baixa autonomia, altos custos e falta de infraestrutura para abastecimento e recarga. Outra opção citada sendo eficaz sustentavelmente foi a renovação da frota. A alta dependência do modal é fator de preocupação.
Discutir a aplicação de medidas sustentáveis no transporte rodoviário de cargas sem aumentar os custos de logística.	Para os participantes das entrevistas, as empresas adotam metas de redução de emissões. Essas metas se aplicam a toda cadeia de suprimentos, exigindo os mesmos padrões para transportadoras parceiras. Grande parte das medidas sustentáveis

Objetivos Específicos	Principais Resultados
	se baseiam na otimização logística, com o uso eficiente da capacidade dos veículos (saturação de carga) e estratégias como Milk Run. Citada novamente, a renovação da frota é um meio importante para reduzir a emissão de GEE's sem aumentar os custos logísticos.
Identificar desafios e oportunidades para o transporte sustentável.	Para os entrevistados, os principais desafios do transporte sustentável no Brasil envolvem a falta de infraestrutura adequada para combustíveis alternativos, como o gás natural e a eletrificação de frotas. Outro ponto, foi a regulamentação ambiental insuficiente porque no Brasil as empresas só buscam aumentar investimentos em sustentabilidade quando o mercado ou a legislação exige mudanças. Entre as oportunidades, o uso de modais complementares, como o ferroviário, poderia tornar a logística mais sustentável.

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise do Quadro 7 evidencia que a presente pesquisa conseguiu alcançar integralmente os objetivos propostos no início do estudo.

Os resultados obtidos demonstram que os participantes da pesquisa possuem um amplo conhecimento sobre o setor de transporte de cargas no Brasil, apresentando uma visão detalhada tanto da perspectiva dos fabricantes de veículos quanto da dos profissionais e empresas responsáveis pelo transporte. Esse conhecimento abrangente permitiu uma análise mais profunda e fundamentada sobre os desafios, oportunidades e tendências do setor, contribuindo para a solidez dos achados desta investigação. Além disso, os dados coletados indicam que os participantes compreendem de forma clara e crítica a aplicação de tecnologias sustentáveis no setor, tanto no que se refere à modernização da frota de veículos quanto à implementação de estratégias logísticas sustentáveis dentro das empresas de transporte.

Com base nesses resultados, o próximo capítulo apresentará as conclusões gerais da pesquisa, sintetizando os principais achados e discutindo sua contribuição para a literatura existente. Além disso, serão expostas as limitações deste estudo, considerando os desafios enfrentados ao longo do processo de investigação, e serão propostas recomendações para pesquisas futuras, visando aprofundar questões ainda em aberto e contribuir para o avanço do conhecimento na área do transporte sustentável.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo está subdividido em três partes, para gerar uma melhor disseminação, sendo elas: considerações finais, limitações do trabalho e sugestões para estudos futuros.

5.1. Considerações Finais

O avanço do processo de urbanização e a expansão das cidades têm impulsionado um aumento significativo da demanda por energia, especialmente no setor de transportes, onde a dependência dos combustíveis fósseis ainda não foi superada (Christopher, 2013). Os resultados da pesquisa mostraram que apesar dos avanços científicos e tecnológicos voltados para a transição energética, a substituição dessas fontes de energia no transporte rodoviário de cargas ainda representa um desafio significativo. Enquanto os veículos de passeio vêm apresentando maior viabilidade na adoção de tecnologias mais limpas, como eletrificação e biocombustíveis como o etanol, o setor de transporte de cargas continua sendo um dos principais consumidores de combustíveis fósseis e um grande emissor de gases de efeito estufa (GEE).

No contexto brasileiro, essa realidade é ainda mais crítica, pois o país possui uma forte dependência do transporte rodoviário de cargas para a distribuição e movimentação de mercadorias em seu extenso território. A falta de diversificação dos modais logísticos, aliada à precariedade da infraestrutura viária, contribui para aumento dos custos operacionais, elevação do consumo de combustíveis fósseis e impactos ambientais negativos. Em diversas regiões, a qualidade inadequada das rodovias, marcada pela presença de pavimentação deficiente, ausência de manutenção e trechos de difícil acesso, compromete a eficiência logística, resultando em perdas econômicas e intensificação dos danos ambientais (EPE, 2021; 2023).

O presente estudo teve como objetivo analisar o transporte rodoviário de cargas no Brasil sob a perspectiva da sustentabilidade, considerando os desafios e oportunidades para a redução das emissões de gases poluentes e a implementação de práticas mais sustentáveis. A pesquisa, baseada em uma Revisão Integrativa da Literatura e em entrevistas semiestruturadas com gestores da indústria de transportes de carga, evidenciou que a dependência do modal rodoviário no país contribui significativamente para a emissão de gases de efeito estufa, tornando essencial a busca por soluções que conciliem eficiência logística e redução de

impactos ambientais. Além disso, o estudo revelou que a sustentabilidade no transporte não é apenas uma preocupação ambiental, mas também um fator determinante para a competitividade e modernização do setor logístico.

O tema é muito atual, mas vem ganhando relevância e despertando interesse na comunidade acadêmica, especialmente depois dos anos 2014. Os resultados apontaram que, apesar dos avanços tecnológicos e da adoção de estratégias como otimização de rotas, utilização de biocombustíveis e modernização da frota, os desafios estruturais e regulatórios ainda limitam a implementação efetiva de soluções sustentáveis. A falta de infraestrutura adequada, especialmente no que tange às rodovias e às opções de abastecimento para veículos elétricos e movidos a gás natural, se destaca como um dos principais entraves para a transição para um transporte mais limpo. A carência de incentivos governamentais para fomentar a eletrificação da frota e o uso de combustíveis alternativos impede que o setor adote soluções mais ecológicas de maneira abrangente e eficiente.

O estudo também revelou que a pressão regulatória desempenha um papel crucial na adoção de práticas mais sustentáveis. Conforme discutido ao longo do trabalho, países que estabeleceram metas mais rigorosas para a redução de emissões de gases poluentes conseguiram avançar significativamente na descarbonização do setor de transportes. No Brasil, embora algumas iniciativas estejam em curso, a regulação ainda carece de diretrizes mais objetivas e incentivos mais atrativos para estimular a adoção de soluções sustentáveis por parte das empresas transportadoras. A implementação de um arcabouço regulatório mais estruturado e coerente pode gerar um ambiente propício para investimentos em infraestrutura, novas tecnologias e aprimoramento das operações logísticas de maneira sustentável.

5.2. Limitações do Trabalho

A primeira limitação deste estudo está na Revisão Integrativa da Literatura, uma vez que a análise da produção acadêmica foi realizada com base nos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. É possível que, devido à seleção de palavras-chave, alguns estudos relevantes não tenham sido incluídos na revisão, seja por desconhecimento de termos específicos, seja pela escolha de *operadores booleanos* que possam ter restringido a busca. Além disso, embora o banco de dados do Google Acadêmico utilizado seja amplamente reconhecido pela quantidade e relevância dos seus conteúdos, existem outras bases de dados igualmente relevantes que poderiam oferecer perspectivas adicionais sobre o tema.

Outra limitação se refere aos critérios de seleção dos participantes da pesquisa. Foi selecionada a entrevista com gestores de ampla experiência no setor, considerando que seu conhecimento acumulado contribuiria significativamente para a compreensão aprofundada dos objetivos específicos estabelecidos. No entanto, essa escolha resultou em uma amostra reduzida, composta por apenas dois profissionais da área. Embora as respostas obtidas tenham possibilitado uma análise detalhada das dinâmicas do setor, uma amostra mais ampla poderia proporcionar maior diversidade de percepções, enriquecendo ainda mais as discussões e permitindo a identificação de diferentes perspectivas e desafios enfrentados por profissionais de distintos níveis hierárquicos e segmentos da logística de transportes.

Adicionalmente, o estudo não incluiu uma análise de viabilidade econômica das tecnologias sustentáveis aplicadas ao transporte rodoviário, o que limita a compreensão sobre a implementação prática dessas alternativas no contexto nacional. Da mesma forma, a pesquisa não contemplou uma comparação entre o transporte rodoviário brasileiro e os modelos internacionais, o que poderia fornecer um referencial mais amplo sobre práticas bem-sucedidas em outros países e possíveis adaptações para a realidade brasileira.

5.3. Sugestões para estudos futuros

Os futuros estudos poderiam explorar a viabilidade econômica de diferentes tecnologias sustentáveis no transporte rodoviário de cargas, e também a influência das políticas públicas na adoção de soluções de menor impacto ambiental. Além disso, pesquisas futuras podem abordar estratégias comparativas entre o transporte rodoviário brasileiro e modelos internacionais, a fim de identificar melhores práticas que possam ser adaptadas para a realidade nacional.

Futuras pesquisas podem aprimorar a Revisão Sistemática da Literatura ao utilizar diferentes operadores booleanos e ampliar a seleção de palavras-chave, possibilitando uma busca mais abrangente e a inclusão de estudos que possam ter sido inicialmente excluídos devido a critérios restritivos. Além disso, podem usar também a incorporação de produções acadêmicas internacionais, contemplando publicações em outras línguas, o que pode contribuir para uma visão mais global sobre a temática e proporcionar comparações entre diferentes abordagens e contextos de pesquisa.

Adicionalmente, investigações futuras podem expandir a amostra de participantes da entrevista, incluindo um número maior de profissionais do setor, bem como representantes de empresas de diferentes segmentos e portes, garantindo uma análise mais diversificada e

representativa. A ampliação da amostra e a inclusão de empresas em diferentes contextos nacionais possibilitariam uma compreensão mais aprofundada dos desafios e estratégias adotadas no transporte rodoviário de cargas, favorecendo comparações entre realidades distintas e a formulação de propostas mais aplicáveis a diferentes cenários logísticos.

Dentre as contribuições do estudo, destaca-se a análise da relação entre a infraestrutura, regulação e adoção de tecnologias sustentáveis no transporte rodoviário de cargas no Brasil. O estudo também reforça a importância de um planejamento logístico mais eficiente e da diversificação dos modais de transporte como estratégias para mitigar os impactos ambientais. A integração com o modal ferroviário e hidroviário aparece como uma alternativa promissora para reduzir a dependência excessiva das rodovias, trazendo benefícios tanto ambientais quanto econômicos. Ao mesmo tempo, é necessário um esforço conjunto entre o setor privado e os órgãos governamentais para viabilizar políticas e incentivos que permitam uma transição eficiente para modelos logísticos mais sustentáveis.

5.4. Contribuições do estudo

Diante dos desafios apresentados, as empresas do setor enfrentam desafios relacionados à dependência dos combustíveis fósseis, altos custos logísticos e infraestrutura deficiente, o que reforça a necessidade de adoção de estratégias inovadoras para minimizar impactos ambientais e otimizar recursos. Dessa forma, os gestores devem considerar abordagens que aliem eficiência operacional e responsabilidade socioambiental, garantindo maior competitividade no mercado.

Uma das principais lições está na necessidade de aprimoramento da gestão logística como ferramenta para redução de custos e mitigação de impactos ambientais. A adoção de práticas como *Milk Run*, otimização de rotas e melhor aproveitamento da carga dos veículos pode resultar em redução significativa da ociosidade de carga dos transportes, diminuindo a necessidade de deslocamentos desnecessários e, conseqüentemente, a emissão de gases poluentes.

Outro aspecto relevante é a necessidade de criação de estratégias como a intermodalidade, combinando transporte rodoviário com ferroviário e hidroviário, podem contribuir para a redução da dependência exclusiva das rodovias e maior sustentabilidade no transporte de cargas. Além do papel protagonista do governo, com a promoção dessas outras ferramentas, há também a força por meio de regulamentações mais rígidas, de modo a pressionar as empresas a mudarem suas políticas atuais para priorizarem mais sustentabilidade.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. O bom negócio da sustentabilidade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002. p. 191.
- AYRES, R. U. Sustainability economics: Where do we stand? *Ecological Economics*, v.67, n.2, p.281-310, 2008.
- BAÊTA, J. G. C. Metodologia experimental para a maximização do desempenho de um motor multicomcombustível turboalimentado sem prejuízo à eficiência energética global. 2006. 262 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Orientador: Ramon Molina Valle. Coorientador: Jose Eduardo Mautone Barros. Primeiro membro da banca: Amilcar Porto Pimenta. Segundo membro da banca: Carlos Rodrigues Pereira Belchior. Terceiro membro da banca: Paulo Henriques Iscold Andrade de Oliveira. Quarto membro da banca: Sergio de Moraes Hanriot. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/SBPS-757QWN>. Acesso em: 4 ago. 2024.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; PÉRA, Thiago Guilherme;
- BENVENUTTI, L. M.; URIONA-MALDONADO, M.; CAMPOS, L. M. S. The impact of CO2 mitigation policies on light vehicle fleet in Brazil. *Energy Policy*, v. 126, p. 370-379, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.014>. Acesso em: 4 ago. 2024.
- BOFF, L. Sustentabilidade: o que é – o que não é. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.
- BOORSARI, V. Caracterização das emissões de gases de efeito estufa por veículos automotores leves no Estado de São Paulo. 2009. 189 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- BOSCHI, G. Rotas tecnológicas para eficiência energética e descarbonização na cadeia de valor do setor de transporte rodoviário de carga no Brasil. 2022. 124 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Políticas Públicas) - Fundação Getulio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo. Orientador: Mario Monzoni.
- Bowersox DJ, Closs DJ. Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas; 2009.
- BRADSHAW, C.; ATKINSON, S.; DOODY, O. Empregando uma abordagem de descrição qualitativa na pesquisa em saúde. 2017.
- BRANCO, J. E. H.; BONATO, D. B. B.; ALVES JUNIOR, P. N.; CAIXETA FILHO, J. V. Ações e políticas para redução da emissão de CO2 no transporte de cargas do Brasil. *Revista*

Transportes, v. 31, nº 2, p. [inserir a página inicial e final do artigo], 26 de julho de 2023. ISSN 2237-1346. DOI: 10.58922/transportes.v31i2.2415.

BRASIL. Decreto n. 9.073, de 5 de junho de 2017. Promulga o Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, celebrado em Paris, em 12 de dezembro de 2015, e firmado em Nova Iorque, em 22 de abril de 2016. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 6 jun. 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9073.htm. Acesso em: 4 ago. 2024.

BRAR, Gurinder Singh; SAINI, Gagan. Milk Run Logistics: Literature Review and Directions. In: Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, v. I, p. 1-6, London, U.K., 2011. ISBN: 978-988-18210-6-5.

CAIXETA-FILHO, José Vicente. **Logística sustentável: avaliação de estratégias de redução das emissões de CO₂ no transporte rodoviário de cargas.** *Journal of Transport Literature*, v. 10, n. 3, p. 15-19, jul. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v10n3a3>.

CÂMARA, M. V. O.; RIBEIRO, G. M.; NASSI, C. D. Os transportes e as emissões de poluentes: panorama da realidade brasileira e apresentação de uma possível ferramenta para mitigação de emissões no transporte rodoviário de cargas. In: Anais do XII RIO de Transportes, Rio de Janeiro, Agosto de 2014, [inserir páginas inicial e final do artigo].

CÂMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia, v. 6, n. 2, p. 179-191, jul./dez. 2013.

CARREIRA, F. A.; PALMA, C. M. ANÁLISE COMPARATIVA DOS RELATÓRIOS DE SUSTENTABILIDADE DAS EMPRESAS BRASILEIRAS, ESPANHOLAS, PORTUGUESAS E ANDORRA. Revista Universo Contábil, [S.l.], v. 8, n. 4, p. 140-166, dez. 2012.

CARVALHO, J. C. Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento. Edições Sílabo, Lisboa, 2010.

CARVALHO, Taís Soares de. *Estratégias para a Descarbonização na Cadeia Logística Rodoviária de Transportes de Cargas Pesadas no Brasil*. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2023.

CASTRO, N. Mensuração de externalidades do transporte de carga brasileiro. *Journal of Transport Literature*, v. 7, n. 1, p. 163–181, jan. 2013.

CHAVES, L. E. C.; SANTOS, J. P. Reciclagem e produção mais limpa com sustentabilidade: modelo a ser implementado em transportadoras ou afins. Revista Prospectus, v. 2, n. 2, p. 292-308, Ago/Fev, 2020. ISSN 2674-8576.

CHRISTOPHER, M. Logística e gerenciamento na cadeia de suprimentos; tradução Ez2 Translate; revisão técnica James Richard Hunter. - São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CHICHILNISKY, G. An axiomatic approach to sustainable development. *Social Choice and Welfare*, v.13, n.2, p.231-257, 1996.

CLARO, P. B. de O.; CLARO, D. P.; AMANCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. *Revista de Administração*, [S. l.], v. 43, n. 4, p. 289-300, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. Boletim Unificado 2022. CNS. (2016). Resolução no 510, de 07 de abril de 2016. Dispõe sobre a pesquisa em Ciências Humanas e Sociais. Ministério da Saúde. <https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>

DIAS, S. L. F. G.; LABEGALINI, L.; CSILLAG, J. M. Sustentabilidade e cadeia de suprimentos: uma perspectiva comparada de publicações nacionais e internacionais. *Produção*, v. 22, n. 3, p. 517-533, maio/ago. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000034>.

EKINS, P. et. al. A Framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, v.44, n.2-3, p.165-185, 2003.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. *California Management Review*, v.36, n.2, p.90-100, 1994.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Estudos sobre a eficiência energética no setor de transporte de cargas no Brasil. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Estudos-sobre-a-eficiencia-energetica-no-setor-de-transporte-de-cargas-no-Brasil>. Acesso em: 4 ago. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Descarbonização do setor de transporte rodoviário: intensidade de carbono das fontes de energia. Rio de Janeiro: EPE Ministério de Minas e Energia. Anexo IX - Balanços Energéticos Consolidados 1970 – 2022, 2023.

ENDO, G. Y.; BRANDALISE, L. T.; LEISMANN, E. L. Análise dos aspectos da sustentabilidade do transporte rodoviário de cargas das organizações do oeste do Paraná. *Revista de Empreendedorismo e Inovação Sustentáveis*, Volume 6, Número 1, jan-abr/2021. ISSN 2526-0502.

EUROSTAT. Key figures on European transport – 2024 edition. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat>. Acesso em: 17/02/2025.

FIGUEIREDO, Antônio Macena; SOUZA, Soaraia Riva Goudinho. Como Elaborar, Projetos, Monografias, Dissertações e teses. – 4. ed.- Rio de Janeiro:Lumen Juris, 2011.

FUJISAWA, D. S. Utilização de jogos e brincadeiras como recurso no atendimento fisioterapêutico de criança: implicações na formação do fisioterapeuta. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação)- Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, 2000.

GOODE, W. J.; HATT, P. K. Métodos em pesquisa social. 5a ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1979.

GONZÁLES, Patrícia. **A logística: custo total, processo decisório e tendência futura.** *Revista Contabilidade & Finanças - USP*, São Paulo, n. 29, p. 26-40, maio/ago. 2002.

GORDINHO, M. C. Do álcool ao etanol: trajetória única. São Paulo: UNICA, 2010.

HOEN, Anco; ZONDAG, Barry. Options for the road freight sector to meet long term climate targets. Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), 2015.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 68, p. 223–253, 2010.

LEAL, C. C. M. Transporte de carga no Distrito Federal: Questões e desafios. Texto para discussão, nº 53. Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, 2018.

LIMA, D. L. Uso de veículos elétricos em sistemas de transporte de cargas: avaliação dos benefícios em relação aos veículos movidos a óleo diesel. 2021. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2021. Orientador: Prof. Dr. Wagner Cezar Lucato.

LOGÍSTICA: uma abordagem conceitual e prática de suprimento, produção, distribuição e logística reversa/ Santana Santana (organizadora). - Canoas: Ed. ULBRA, 2013. 280p.

NEVES, C. J. T.; CAVALCANTE, A. W. A.; BERTONCINI, B. V.; TEIXEIRA, R. R.; PINHEIRO, D. T. O uso do defletor de ar em caminhões pesados na economia de combustível: Uma análise de viabilidade econômica e ambiental. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 19658-19669, out. 2019. ISSN 2525-8761. DOI: [inserir o DOI do artigo].

NUNES, Ginete C.; NASCIMENTO, Maria Cristina D.; LUZ, Maria Aparecida C. A. Pesquisa científica: conceitos básicos. *Id on Line Revista de Psicologia*, v. 10, n. 29, p. 144-151, fev. 2016. ISSN 1981-1179.

REGO, M. L.; FAILLACE, J. E. M. O projeto de implantação da indústria automotiva no Brasil: por uma abordagem sob a ótica da teoria dos stakeholders. *Organizações & Sociedade*, v. 24, n. 81, p. 216–236, abr. 2017.

RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1999.

RICO, P. J. C. Logística e sustentabilidade ambiental. 2014. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Empresariais) – Instituto Politécnico do Setúbal, Setúbal, 2014.

SANTANA, D. Logística: uma abordagem conceitual e prática de suprimento, produção distribuição e logística reversa / Dalva Santana (organizadora). - Canoas: Ed; ULBRA, 2013. 280p.

SILVA, A. C. A. C. DA.; PIZZOLATO, N. D. Utilização de veículos elétricos no transporte de carga e os desafios para implementação no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, v. 25, p. 1-7, 04 de novembro de 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210128r1vu2022L3AO>.

SILVA, Andressa Hennig; FOSSÁ, Maria Ivete Trevisan. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. *Qualit@s Revista Eletrônica*, v. 17, n. 1, 2015.

SILVA, G. R. F.; MACÊDO, K. N. F.; REBOUÇAS, C. B. A.; SOUZA, A. M. A. Entrevista como técnica de pesquisa qualitativa. *Online Brazilian Journal of Nursing* [Internet], v. 5, n. 2, p. 246-257, jan. 2006.

SIMÃO, V. G. Modelo de Avaliação da Ecoeficiência de Veículo Leve para Transporte de Carga com Apoio à Decisão. 2020. Tese (Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis) - Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ. Área de concentração: Sistemas de Gestão da Sustentabilidade. Orientadores: Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas, D.Sc.; Luís Alberto Duncan Rangel, D.Sc. Linha de pesquisa: Tecnologias aplicadas para organizações sustentáveis.

SOLIANI, R. D.; ARGOUD, A. R. T. A emissão de gases poluentes no transporte rodoviário de cargas brasileiro. *Revista Espacios*, vol. 39, nº 48, p. 14, 29/11/2018. ISSN 0798-1015.

SOLIANI, R. D.; ARGOUD, A. R. T. T.; LOPES, L. J. A sustentabilidade no transporte rodoviário de cargas no Brasil. In: XXIV Simpósio de Engenharia de Produção: Contribuições Da Engenharia De Produção Para Uma Economia De Baixo Carbono, Bauru, SP, Brasil, 8 a 10 de novembro de 2017.

SOARES, R. R. Descrição e análise de práticas de sustentabilidade de Operadores Logísticos no Brasil [Manuscrito]. 2015. ix, 105 f., enc.: il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Orientador: Leandro Cardoso. Coorientador: David José Ahouagi Vaz de Magalhães. Bibliografia: f.75-105.

SOUZA, R. A. de; TERAZZI, L. F. Um estudo sobre a utilização de tecnologias de transporte rodoviário de cargas em empresas de médio e grande porte. In: FATECLOG - OS DESAFIOS DA LOGÍSTICA REAL NO UNIVERSO VIRTUAL, 23-24 out. 2020, Bragança Paulista. Anais [...]. Bragança Paulista: FATEC, 2020.

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 1, p. 01–22, jan. 2014.

THEODORSON, G. A. & THEODORSON, A. G. A modern dictionary of sociology. London, Methuen, 1970.

TOVAR, L. G. O veículo conectado: perspectivas sobre a aplicação da internet das coisas no transporte de carga rodoviária. 2019. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2019.

WALLIMAN, N. Research methods: the basics. 2. ed. Londres: Routledge, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9780203836071>. Acesso em: 30 de janeiro de 2025.

WCED. Our common Future. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005.

WOLFFENBÜTTTEL, R. F. Políticas setoriais e inovação: entraves e incentivos ao automóvel elétrico no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, v. 21, e022017, p. 1-34, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/rbi.v21i00.8665264>. Acesso em: 4 ago. 2024.

APÊNDICES

APÊNDICE A - ROTEIRO DA ENTREVISTA

Objetivo Específico 1: Avaliar o estado atual do transporte rodoviário de cargas

- Quais são as principais características e práticas operacionais atuais no transporte rodoviário de cargas na sua empresa?
- Como a infraestrutura rodoviária existente impacta a eficiência das operações de transporte de cargas?
- Quais são os principais tipos de veículos utilizados atualmente no transporte de cargas e como eles influenciam a eficiência e o custo operacional?
- Quais são os maiores desafios enfrentados no transporte rodoviário de cargas atualmente, em termos de logística, manutenção e regulamentação?

Objetivo Específico 2: Comparar opções de transporte rodoviário de carga sustentável

- Quais tecnologias ou práticas sustentáveis estão sendo consideradas ou implementadas pela sua empresa para reduzir as emissões de gases poluentes?
- Como você avalia a eficácia das opções de transporte sustentável disponíveis no mercado em termos de redução de emissões e eficiência operacional?
- Quais são as principais barreiras para a adoção de opções de transporte rodoviário de carga sustentável na sua empresa?
- Existem exemplos de sucesso de implementação de transporte sustentável em outras empresas ou setores que poderiam ser aplicados na sua organização?

Objetivo Específico 3: Discutir a aplicação de medidas sustentáveis no transporte rodoviário de cargas sem aumentar os custos de logística

- Quais medidas sustentáveis foram ou estão sendo implementadas na sua empresa sem comprometer os custos de logística?
- Como a sua empresa equilibra a necessidade de sustentabilidade com a manutenção da competitividade e viabilidade econômica?
- Que tipo de investimento inicial é necessário para implementar tecnologias sustentáveis e como isso pode ser compensado por economias a longo prazo?
- Existem incentivos financeiros ou regulatórios que poderiam facilitar a adoção de práticas sustentáveis na sua empresa sem aumentar os custos operacionais?

Objetivo Específico 4: Identificar desafios e oportunidades para o transporte sustentável

- Quais são os principais desafios tecnológicos enfrentados pela sua empresa ao tentar implementar práticas de transporte sustentável?
- Quais regulamentações atuais impactam a implementação de tecnologias de redução de emissões e como sua empresa está se adaptando a essas regulamentações?
- Que oportunidades você enxerga para inovação e desenvolvimento tecnológico no setor de transporte rodoviário de cargas para promover a sustentabilidade?
- Como a colaboração com outras empresas, governos ou instituições pode ajudar a superar os desafios e aproveitar as oportunidades para um transporte rodoviário de cargas mais sustentável?