



**Modal rodoviário: desafios para o transporte de equipamentos de grande porte de subestação de energia elétrica**

**Jaqueline Nunes da Silva**

*Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)*

*e-mail: [jack\\_nsilva@yahoo.com.br](mailto:jack_nsilva@yahoo.com.br)*

**Lucas Altoé Zandonadi**

*Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)*

*e-mail: [lucasaltoe@yahoo.com.br](mailto:lucasaltoe@yahoo.com.br)*

**Allyson Ferreira Machado**

*Centro Universitário de Belo Horizonte (UniBH)*

*e-mail: [allyson\\_machado@yahoo.com.br](mailto:allyson_machado@yahoo.com.br)*

## **Resumo**

A capacidade logística diferenciada tornou-se fonte de vantagem competitiva e desempenho superior das empresas, sendo o transporte a parte mais representativa do custo logístico. Esse artigo analisou 57 relatórios de transportes de equipamentos de grande porte para subestações de energia elétrica, realizados em Minas Gerais, entre 2020 e 2022. Foram relatados 279 obstáculos ao transporte, organizados em 19 subcategorias. A média de quilômetros rodados foi de 656,61 km sendo que 57,89% dos transportes foram realizados em estradas com algum trecho não pavimentado e pelo menos 29,82% deles necessitaram de algum apoio governamental. Os principais problemas identificados estão relacionados à regularização de desníveis, como meio fios e ressaltos, e cascalhos na pista, seguidos de problemas relacionados às pontes, vegetação e fios de energia ou telefonia. Por fim, o estudo propôs itens que devem ser considerados no planejamento do transporte de forma a mitigar ou eliminar os problemas relatados.

**Palavras-chave:** Modal rodoviário; Planejamento do transporte; Rotograma; Equipamentos elétricos de grande porte; Subestações.

## **Abstract**

*Differentiated logistical capacity has become a source of competitive advantage and superior performance between companies, with transportation being the most representative part of logistical costs. This article analyzed 57 large equipment transport for power substations, conducted in Minas Gerais between 2020 and 2022. A total of 279 obstacles to transportation were reported, organized in 19 subcategories. The average distance traveled was 656.61 km, with 57.89% of the transport carried out on roads with some unpaved sections, and at least 29.82% of them requiring some form of government support. The main problems identified were related to the leveling of bumps, such as curbs and humps, and gravel on the road, followed by issues related to bridges, vegetation and power or telephone lines. Finally, the study proposed items that should be considered in transportation planning to mitigate or eliminate the reported problems.*

**Keywords:** Road modal; Transport planning; Rotogram; Large electrical equipment; Substations.

## 1. Introdução.

---

Nenhum país é absoluto ou autossuficiente em suas relações comerciais, ou seja, necessitam trocar bens fazendo com que as empresas necessitem, cada vez mais, se tornarem ágeis, eficientes, eficazes e competitivas para atender as exigências dos diversos mercados nos quais operam (OLIVEIRA NETO; SHIBAO, 2015). Tal eficiência e agilidade buscadas passam necessariamente por um planejamento adequado dos transportes e escoamento de seus produtos. Assim, a escolha do modal de transporte correto para o escoamento da produção, significa a ampliação ou a redução da competitividade, já que, como ensinam Olavarrieta e Ellinger (1997) a presença de uma capacidade logística diferenciada é uma fonte de vantagem competitiva sustentável e desempenho superior por parte das empresas.

Eller, Sousa Junior e Curi (2011) afirmam que o transporte de carga no Brasil é muito dependente do modo rodoviário e que suas condições ruins oneram os custos dos produtos e reduzem a competitividade dos produtos brasileiros. Moreira, Freitas Junior e Tolo (2018) possuem a mesma opinião ao afirmarem que o transporte rodoviário responde por 65% do total de mercadorias transportadas no Brasil. Apesar da grande representatividade da matriz rodoviária, a qualidade do serviço prestado não acompanha o volume das operações.

É notório, portanto, que o principal modal de transporte no Brasil é o rodoviário e os custos de um mau planejamento reduzem, sobremaneira, a competitividade dos produtos e serviços nacionais, encarecendo toda a cadeia. O setor elétrico brasileiro não foge à regra de utilização do modal rodoviário para o transporte dos materiais e insumos envolvidos em suas obras e investimentos. Em muitos casos, esses transportes devem possuir características específicas para que atendam aos requisitos dos equipamentos de grande porte para subestações de energia. Dessa forma, este estudo possui a seguinte pergunta problema: Quais os principais desafios encontrados no planejamento do transporte de equipamentos de grande porte para subestações de energia elétrica?

O objetivo geral deste estudo é apresentar os principais desafios encontrados no planejamento do transporte de equipamentos de grande porte para subestações, no estado de Minas Gerais elencando tópicos para o planejamento desses transportes. No que diz respeito aos objetivos específicos, pretende-se apresentar pontos de atenção e/ou problemas no planejamento dos transportes de grandes equipamentos; fornecer insumos para um planejamento mínimo, visando evitar problemas durante a realização desse serviço; e elencar os impactos da não-realização de um bom planejamento dos transportes, de forma que seja possível uma avaliação prévia, buscando ações que poderão mitigá-los ou eliminá-los.

Este artigo está organizado em quatro partes, incluindo esta introdução, que consta como a primeira. Na segunda parte, explora-se a literatura que sustenta os conceitos contemplados no estudo; na terceira parte são elencados os pontos relevantes para o planejamento do transporte de equipamentos de grande porte para subestações e, por fim, são apresentadas as considerações finais do estudo.

## 2. Revisão de literatura.

---

Nesta seção está apresentado o referencial teórico sobre a atividade econômica e sua relação com a logística, a vantagem competitiva decorrente de uma logística de transporte bem feita e seus impactos na cadeia de suprimentos. Serão abordados, ainda, o conceito de multimodalidade dos transportes e os pontos importantes a serem considerados em um planejamento do transporte. Por fim, será feita uma explanação sobre a logística e transporte no Brasil e aspectos sobre o transporte de equipamentos de grande porte.

### 2.1. A atividade econômica e a logística.

---

Oliveira Neto e Shibao (2015) ensinam que a forte concorrência em relação à capacidade de fornecimento dos produtos no prazo e condições demandados pelo mercado, estimula a reflexão das organizações sobre a estratégia de fornecimento, visando a melhoria do desempenho das operações. Especialmente porque, como pensam Rozhkov *et al.* (2022), a cadeia de suprimentos pode ser caracterizada por sua complexidade e pela incerteza sobre a correspondência entre a demanda e a oferta.

Stadieseifi *et al.* (2013) afirmam que a demanda por transporte de cargas deriva da diferença da posição geográfica entre produtores e consumidores e da tendência de setorização e internacionalização das cadeias de abastecimento. Isso faz com que o transporte de mercadorias desempenhe um papel crucial no atendimento eficiente da demanda. (ELBERT; MÜLLER; RENTSCHLER, 2020). Na mesma linha está a Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2021, p. 12), para quem “o pleno desempenho das atividades econômicas e sociais, em geral, depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de sistemas de transporte com elevados níveis de eficiência e qualidade”, ou seja, podemos entender que a infraestrutura de transportes afeta diretamente a competitividade das empresas. Caixeta Filho e Martins (2001) são ainda mais enfáticos ao eleger o transporte como o principal componente da logística e o reconhecimento da importância estratégica da velocidade e agilidade na cadeia de suprimentos força as empresas a reconsiderar os serviços logísticos tradicionais (CARIS; MACHARIS, JANSSENS, 2008).

Pamucar *et al.* (2022) afirmam que do transporte de cargas decorrem efeitos negativos como emissões de poluentes, ruídos e congestionamento e que o clamor global por atividades mais sustentáveis é um desafio aos tomadores de decisão. Nesse sentido, a avaliação da eficiência do modal escolhido é crucial e uma alternativa ao modo unimodal de transportes é a adoção do transporte multimodal, que se refere à combinação de diferentes modais. Baykasoğlu *et al.* (2018) e Elbert, Müller e Rentschler (2020) afirmam que devido à sensibilidade ambiental, bem como à eficiência geral obtida com o uso de vários modos de transporte, o transporte multimodal tornou-se um tópico importante devido à sua capacidade de aumentar a segurança, a satisfação do cliente, diminuir os custos, congestionamentos e poluição ambiental, gerando benefícios à sociedade ao reduzir os impactos climáticos.

Mas, como lembram Elbert, Müller e Rentschler (2020) apesar dos impactos econômicos e ambientais positivos da escolha de modais sustentáveis, em muitos casos, as soluções de transporte unimodal continuam a ser preferidas, mesmo que uma infraestrutura de rede multimodal esteja disponível. Um dos motivos para a decisão de permanecer com as alternativas unimodais é o aumento da complexidade do processo de transporte, já que a combinação de diferentes modais torna mais complexa as operações de transbordo e aumenta a quantidade de atores ao longo da cadeia de transporte (ELBERT; SEIKOWSKY, 2017).

## 2.2. Conceito, planejamento e a logística no Brasil.

---

Conforme ensina Rodrigues (2009, p. 147) o vocábulo logística

deriva do verbo francês *loger* (alojar) que era um termo militar significando a arte de transportar, abastecer e alojar tropas. Posteriormente, tomou um significado mais amplo, tanto para o uso militar como industrial, ou seja, a arte de administrar o fluxo de materiais e produtos, desde a fonte produtora até o seu usuário.

Já para Ballou (2006, p.27) a definição empresarial de logística abrange o fluxo de mercadorias de um ponto inicial – matérias-primas – até o ponto final – descarte, aplicando-se também aos serviços. Christopher (1997, p.2), conceitua logística como “o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados e os fluxos de informações correlatas através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades”. Sendo assim, o objetivo da logística é prover o cliente com os níveis de serviço desejados, como argumenta Ballou (1993, p. 38) e pelo menor custo possível, como mencionam Bowersox e Closs (2001, p. 21).

Estando a logística entrelaçada ao transporte, Alvarenga e Novaes (2000, p. 93) ensinam que para se organizar um sistema de transporte é preciso ter uma visão sistêmica, que envolva planejamento, conhecendo os fluxos nas diversas ligações da rede; o nível de serviço atual; o nível de serviço desejado; as características ou parâmetros sobre a carga; os tipos de equipamentos disponíveis e suas características (capacidade, fabricante, etc.); e os sete princípios ou conhecimentos, referentes à aplicação do enfoque sistêmico. Para cumprir essas premissas do planejamento da logística é preciso que o transporte das cargas seja adequado à carga transportada. Fleury, Figueiredo e Wanke (2000, p. 130), por sua vez, elencam cinco pontos importantes a serem levados em conta na definição do melhor

modal de transporte: velocidade, disponibilidade, confiabilidade, capacidade e frequência, mas, ainda assim, os tomadores de decisão optarão, como menciona Litman (2007), pelo meio de transporte que se adaptará melhor às suas necessidades e preferências.

No que diz respeito ao Brasil, Pereira e Lessa (2011) ensinam que as políticas de transportes terrestres, especialmente a rodoviária e ferroviária, foram importantes no ordenamento do território brasileiro, levando à ocupação das áreas litorâneas e interioranas, estruturando e criando cidades, atraindo investimentos e dinamizando as atividades comerciais. Além disso, a extensão e a infraestrutura da malha rodoviária sempre influenciaram os fluxos e os direcionamentos adotados por transportadores entre os estados brasileiros (ELLER; SOUSA JUNIOR; CURTI, 2011).

Apesar da importância estratégica da malha rodoviária e da infraestrutura de transportes terem facilitado o escoamento da produção até os mercados consumidores (PEREIRA; LESSA, 2011), a permanente necessidade de investimentos em conservação das rodovias faz com que os recursos nunca pareçam ser suficientes para manter a qualidade (ELLER; SOUSA JUNIOR; CURTI, 2011). Isso faz com que o setor de transportes seja responsável por limitações do crescimento e expansão da economia brasileira e a sua falta de infraestrutura é o maior problema em relação ao comércio exterior, como argumentam Erhart e Palmeira (2006).

### 2.3. O modal rodoviário.

Moreira, Freitas Junior e Toloí (2018, p. 2) afirmam que o “no Brasil, a matriz de transportes é composta por cinco diferentes modais, entretanto, o modal rodoviário se destaca ao longo dos últimos 30 anos como o mais utilizado [...]”. Conforme Moreira *et al.* (2019), o modal rodoviário é o segmento que mais emprega e com maior participação na produção de riqueza do setor de transporte e logística, sendo uma forte influência no desempenho desse setor. Para a CNT (2021, p.12) “o modal rodoviário é particularmente relevante, por constituir elemento de ligação a todos os demais modais, estando presente, em um contexto de multimodalidade, nas etapas iniciais e/ou finais das cadeias de transporte [...]” e “apresenta, como principal característica, a sua flexibilidade operacional com a facilidade da movimentação [...]” (MOREIRA; FREITAS JUNIOR; TOLOI, 2018, p.12).

De acordo a CNT, em seu relatório publicado em 2021, da extensão total de rodovias avaliadas o estado geral de 61,80% delas foi classificado como Regular, Ruim ou Péssimo, para as estradas federais e estaduais (CNT, 2021). Para a pesquisa, o estado geral foi obtido com base nos parâmetros de pavimentação, sinalização e geometria (distância de visibilidade, possibilidade de realizar ultrapassagens, acostamento, pista dupla) das vias, como apontado na Tabela 1.

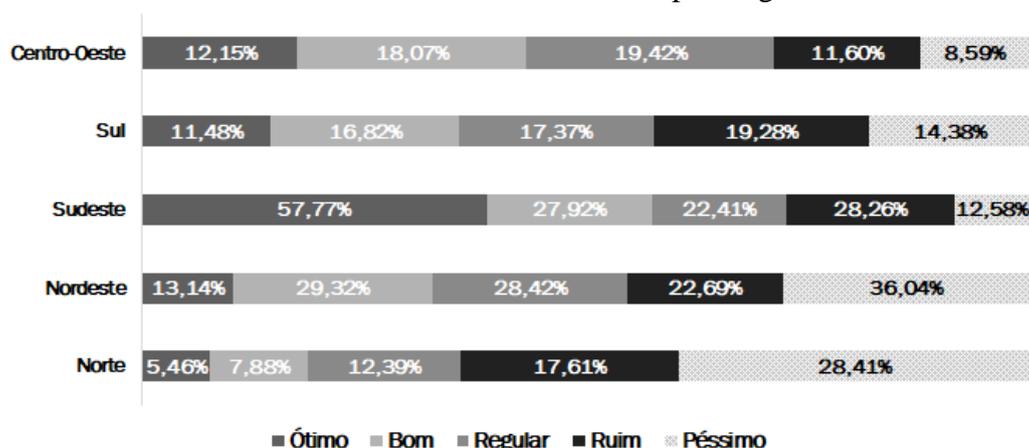
Tabela 1 – Classificação das Rodovias Federais e Estaduais.

Estado Geral	Extensão Federal		Extensão Estadual	
	km	%	km	%
Ótimo	5.080	7,5	5.506	13,2
Bom	24.636	36,6	6.405	15,3
Regular	27.497	41,0	14.735	35,2
Ruim	7.753	11,5	10.004	23,9
Péssimo	2.320	3,4	5.167	12,4
TOTAL	67.286	100,0	41.817	100,0

Fonte: CNT (2021), modificado pelos autores.

O relatório da CNT (2021) concluiu que o modal rodoviário participa de cerca de 65% da movimentação de mercadorias e de 95% da de passageiros, um percentual de 12,4% da extensão total das rodovias brasileiras é pavimentada, sendo que desse total, a maioria se concentra no sul (18,4%), sudeste (18,6%) e nordeste (30,7%). No período de 2010 a 2020, ocorreu um crescimento de apenas 3,7% das rodovias federais. A pesquisa da CNT (2021), ainda classifica o estado de conservação das rodovias por região do país, conforme Gráfico 1.

Gráfico 1 – Estado das Rodovias por Região.



Fonte: CNT (2021), modificado pelos autores

O Brasil possui 61,85% do seu total de estradas (109.103 km) classificadas como Regular (38,71%), Ruim (16,28%) ou Péssima (6,86%). Sendo que, desses percentuais, as regiões Norte e Nordeste concentram 64,45% das rodovias classificadas como péssimas e 40,30% das classificadas como ruins. Por estradas entende-se a soma das rodovias federais, rodovias estaduais transitórias, rodovias estaduais, rodovias municipais pavimentadas, não pavimentadas e planejadas.

Com relação ao estado de Minas Gerais, a Tabela 2, posiciona o estado no que diz respeito à conservação de sua malha rodoviária em comparação aos dados da região sudeste e aos dados gerais do Brasil.

Tabela 2 – Conservação das Estradas de MG em relação ao Sudeste e ao Brasil, em km.

Região e UF	Estado Geral					Total
	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	
Brasil	10.586	31.041	42.232	17.757	7.487	109.103
Sudeste	6.116	8.666	9.463	5.019	942	30.206
Minas Gerais	664	3.925	6.024	3.860	786	15.259

Fonte: CNT (2021), modificado pelos autores.

O estado de Minas Gerais possui mais da metade (50,52%) da malha rodoviária do Sudeste, o que corresponde a 13,99% da malha nacional. O Estado responde por 77,94% das estradas ruins ou péssimas do Sudeste e por 18,40% dessas mesmas estradas em relação ao Brasil. Apenas 6,27% das estradas em ótimo estado de conservação do Brasil estão em Minas Gerais.

#### 2.4. O transporte de cargas especiais e o rotograma.

A Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET) (1987, p. 1) define cargas especiais, como aquelas que demandarão veículos de transporte “que ultrapassem as dimensões e/ou os pesos máximos definidos por lei ou que possuam características físicas ou operacionais que prejudiquem a segurança e a fluidez do tráfego”. Já Soares (2022b), através do Cobli Blog, conceitua cargas especiais como sendo aquelas que possuem necessidades específicas para a realização de seu transporte, seja a respeito da temperatura, da umidade, da sua fragilidade, perecibilidade ou ainda aquelas de peso elevado, não podendo ser transportadas da forma padrão, exigindo um maior planejamento.

O transporte de cargas pesadas, um tipo de carga especial, consiste “no processo de transportar bens ou materiais que pesam mais do que o normal ou são de grandes dimensões [...] e exigem veículos

especializados” (SOARES, 2023, n. p.). Para Oliveira Neto e Shibao (2015) o transporte de cargas pesadas possui especificidades que o diferem do transporte de uma carga convencional, exigindo atenção no manejo e adequações do modal de transporte às características da carga.

Outra especificidade da carga a ser considerada, diz respeito à sua divisibilidade. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2021), em sua Resolução nº 01/2021, Art. 4º, IV, define carga indivisível como a “carga unitária que, quando carregada, apresenta peso ou dimensões excedentes aos limites regulamentares, ou cujo transporte requeira o uso de veículos apropriados com lotação, dimensões, estrutura, suspensão e direção adequadas [...]”, a própria resolução traz exemplos desse tipo de carga, como pás eólicas, vagões, transformadores e reatores. Conforme ensinam Araújo e Rodrigues (2019), as restrições no transporte de cargas indivisíveis incluem as restrições quanto ao trajeto, legislação específica, necessidade de infraestrutura operacional e relacionamento comercial com diversos órgãos, exigindo um estudo dos diversos aspectos técnicos e institucionais

O Art. 5º da Resolução nº 01/2021 do DNIT menciona que o transporte de carga indivisível deve ser realizado em veículos que possuam características compatíveis com a carga, tais como estrutura, conservação e potência motora. Também determina que a distribuição de pesos brutos por eixo observe os limites máximos permitidos, as especificações do fabricante e/ou de órgãos certificador competente, reconhecido pelo Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO). Por fim, torna-se obrigatória a emissão da Autorização Especial de Trânsito (AET), de expedição do DNIT, para transportes de cargas indivisíveis, e necessário observar o horário permitido para o trânsito bem como a necessidade ou não de batedores.

Para atender todo o regramento legal, faz-se necessário um planejamento de rotas, identificando riscos e implementando ações mitigadoras ou eliminadoras. Um dos documentos ou procedimentos essenciais nesse planejamento é o Rotograma de Transporte. Soares (2022a) define o rotograma como sendo um documento que mapeia os riscos de uma rota e que faz parte do planejamento preventivo na preparação para transportar uma carga. Ou seja, o rotograma é um documento que reúne pontos determinados da rota para os quais a atenção deve ser redobrada, pela capacidade que esses pontos possuem de causar danos à carga e problemas à continuidade do transporte. Pessanha (2021) aponta alguns pontos de atenção a serem considerados na elaboração do rotograma como, por exemplo, curvas acentuadas, deficiências ou ausência de sinalização e desníveis como aclives e declives.

O objetivo do rotograma é, portanto, para Soares (2022a), definir estratégias que diminuam os riscos de sinistros e acidentes, aumentando a segurança do motorista e da carga transportada, apresentando a possibilidade de redução do custo do seguro. Visão compartilhada por Artero *et al.* (2023), para quem o rotograma possibilita uma avaliação mais adequada da rota e que garante operações logísticas mais seguras.

## **2.5. Equipamentos de grande porte para subestações de energia elétrica.**

---

Muitas são as cargas especiais que demandam transportes especificamente planejados. Entre essas cargas encontram-se os equipamentos de grande porte para subestações de energia elétrica. Serão conceituados quatro desses grandes equipamentos a seguir.

A Subestação Compacta Integrada (SECI), figura 1, é uma subestação de energia elétrica, compacta, composta de seção de entrada com manobra de linha de alta tensão, seção de transformação, seção de saída, sistemas de controle, proteção, medição, alarmes, telecomunicações e sistema de serviços auxiliares. Todos os equipamentos são montados em um chassi metálico, projetado para suportar todos os esforços e as necessidades de movimentação (carregamento, transporte e instalação), completamente montada. É composta de sistema que possibilita o içamento do conjunto ou manobras de arraste.

O Módulo Integrado de Manobra e Controle de Média Tensão (MIMC-MT), figura 2, também chamado de eletrocentro ou sala elétrica, é definido por Cohen, May e Pople (1987) como sendo estruturas especializadas que contêm equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica, podendo ser de um ou dois andares. A composição da solução pode variar, mas, em geral, abriga a seção de saída de uma subestação de energia, sistemas de controle, proteção, medição, alarmes, telecomunicações e sistema de serviços auxiliares, além de sistema de sinalização, iluminação, força, telefonia e rede corporativa, sistema de exaustão, ventilação, ar-condicionado e pressurização, sistema

de detecção e combate a incêndio e sistema de vigilância patrimonial. O transporte pode ser modularizado e conta com olhais com capacidade de suportar os esforços necessários à movimentação do conjunto.

O Transformador de Potência (TRAFO), figura 3, conforme define a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2007) é um equipamento estático com dois ou mais enrolamentos que, por indução eletromagnética, transformam um sistema de tensão e corrente alternadas em outro sistema de tensão e corrente, de valores, geralmente, diferentes, mas, à mesma frequência, com o objetivo de transmitir potência elétrica.

Por fim, a Subestação Móvel, figura 4, é uma Subestação de energia elétrica, compacta, composta de seção de entrada com manobra de linha de alta tensão, seção de transformação, seção de saída, sistemas de controle, proteção, medição, alarmes, telecomunicações e sistema de serviços auxiliares. Todos os equipamentos são montados em um semirreboque que atenda as disposições do Código Nacional de Trânsito Brasileiro. Os componentes montados sobre o semirreboque, suportam as vibrações e impactos advindos da operação do conjunto e seu transporte por vias pavimentadas ou não. A Subestação Móvel é projetada para que o seu transporte seja realizado com o conjunto completamente montado, com a menor intervenção necessária para sua disponibilização para operação. Lopez-Roldan *et al.* (2008) concluem, em seu estudo, que os componentes da subestação móvel vão suportar tensões dinâmicas durante o transporte.



Figura 1 – SECI. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 2 – MIMC-MT. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 3 – Transformador de Potência. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 4 – Subestação Móvel  
Fonte: Silveira (2022).

### 3. Metodologia.

---

Gil (2019, p. 17) define a pesquisa científica como o “procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”, partindo como ensinam Nunes, Delmontes e Luz (2016), de uma dúvida ou problema em busca de respostas ou soluções.

Para a realização do presente artigo, foram levantados dados qualitativos bem como os conceitos relevantes a respeito do tema do estudo, através da pesquisa e análise em periódicos, relatórios institucionais e levantamento bibliográfico. Dessa forma, com relação a metodologia, a pesquisa se caracteriza como qualitativa. Oliveira (2011) afirma que a pesquisa qualitativa fornece interpretação única, obtenção de conhecimento que levanta questionamentos e reflexão sobre os resultados obtidos.

No que se refere aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como sendo dos tipos exploratória e descritiva. Munaretto, Corrêa e Cunha (2013, p. 12) ensinam que “a pesquisa exploratória visa o aprimoramento de ideias ou a confirmação de intuições” e Vieira (2002, p. 65) que a pesquisa exploratória proporciona “ao pesquisador uma maior familiaridade com o problema em estudo.”. A pesquisa descritiva, por sua vez, é definida por “descrever, narrar, classificar características de uma situação e estabelecer conexões entre a base teórico-conceitual existente ou de outros trabalhos já realizados sobre o assunto” (CHAROUX, 2006, p.39). Para Nunes, Delmontes e Luz (2016, p. 146) a contribuição mais relevante da pesquisa descritiva é “proporcionar novas visões acerca de uma realidade já conhecida.”.

No presente artigo as técnicas de pesquisa adotadas são: aplicada, documental e bibliográfica. No tocante à pesquisa bibliográfica, Severino (2007, p.122) afirma que esse tipo de pesquisa tem como fonte os registros disponíveis, que são decorrentes de pesquisas anteriores, em bibliografias diversas, tais como livros, artigos e teses.

Referente à coleta de dados, essa se dará através da pesquisa documental. Fávero e Centenaro (2019, p. 172) ensinam que “a pesquisa documental é compreendida como um processo que se utiliza de métodos e técnicas para a apreensão, compressão e análise de documentos dos mais variados tipos.”.

Serão analisados relatórios de transportes de equipamentos de grande porte de subestações de energia já realizados e extraídos deles pontos que auxiliarão no planejamento de transportes no futuro. Os equipamentos elétricos de grande porte, objetos desse estudo, são uma carga especial, pesada e indivisível, dado que possuem dimensões e peso relevantes e seu transporte não pode ser fracionado, ou

seja, que não pode ser realizado de maneira particionada. Os relatórios foram produzidos por empresas especializadas no transporte desse tipo de carga, mas não são dotados de padronização ou de formalidades metodológicas. O material produzido pelas transportadoras se propõe a relatar os pontos de problemas, obstáculos e entraves encontrados para a realização do transporte ao longo do trecho previsto e são apresentados em forma de rotograma. Apesar da falta de padronização de apresentação e da utilização de terminologias diversas, as informações são ricas em detalhamentos dos problemas encontrados, bem como de fotos, permitindo as análises sobre as limitações do trecho no qual se pretende realizar o transporte dos equipamentos. Os rotogramas foram produzidos por mais de uma empresa de transporte de cargas especiais.

Após a extração individualizada das informações dos rotogramas já elaborados, os dados serão listados e analisados conjuntamente. Essa análise conjunta permitirá o estabelecimento de categorias que aglutinarão as ocorrências de mesma natureza e servirão de base para as análises. Após as análises, por três pesquisadores, que são os autores desse estudo, serão propostos itens que devem ser considerados de forma aprofundada no planejamento do transporte de equipamentos de grande porte para subestações, de forma a mitigar ou eliminar os problemas relatados.

#### 4. Resultados e discussões.

Foram analisados um total de 57 relatórios de transportes de grandes equipamentos para subestações de energia no período de 2020 a 2022, todos realizados no estado de Minas Gerais. Os rotogramas apresentados foram do tipo descritivo, levantados a partir de visitas *in loco*, por 6 empresas independentes, contratadas para a realização dos transportes. Os documentos elaborados pelas empresas não apresentaram detalhamentos sobre pontos e infraestrutura de apoio aos motoristas e não possuem padronização da apresentação das informações.

A partir das narrações desses relatórios, foi possível extrair e categorizar 279 ocorrências de problemas, obstáculos ou dificuldades relacionados aos transportes. As categorias foram determinadas após a análise dos relatos sendo possível aglutinar aquelas de mesma natureza. A Tabela 3 evidencia as categorias e sua frequência de ocorrência.

Tabela 3 – Categorias dos problemas identificados nos transportes.

Categorias do Problemas Identificados nos Transportes	Quantidade	%
Terraplenagem/Nivelamentos	30	10,75%
Ondulações/Aclives/Cascalhos	29	10,39%
Ponte estreita/Madeira/Sem cálculo estrutural/Guarda-corpo	28	10,04%
Árvores/Arbustos/Capim	26	9,32%
Fios de energia/Telefonia	24	8,60%
Muros/Portões	23	8,24%
Curvas acentuadas	18	6,45%
Rua/Estrada estreita	16	5,73%
Cercas/Postes/Mourões	15	5,38%
Desimpedimento da área de descarregamento	12	4,30%
Semáforos/Placas	11	3,94%
Cidade histórica/Centro de cidade	10	3,58%
Área de manobra insuficiente	8	2,87%
Circulação noturna	8	2,87%
Circulação na contramão	7	2,51%
BR Pista simples/Infraestrutura de apoio	4	1,43%
Sem empecilhos	4	1,43%
Maquinário especial	3	1,08%

Obras na pista	3	1,08%
----------------	---	-------

Fonte: Elaborado pelos autores.

Percebe-se, pelos dados, que os principais problemas identificados estão relacionados à terraplenagem ou regularização de desníveis, como meios-fios e ressaltos, (10,75%), presença de ondulações, aclives e cascalhos na pista (10,39%), seguidos de problemas relacionados às pontes (10,04%), árvores e arbustos (9,32%) e fios de energia ou telefonia (8,60%). O relatório do CNT (2021) atestou que mais da metade das rodovias (52,20%) possuem pontes ou viadutos e embora para essa pesquisa representem a terceira ocorrência dos problemas relatados, quando acontecem, são grandes entraves, principalmente nas áreas rurais e em estradas não pavimentadas. Dos 57 transportes realizados, apenas 01 (um) deles, ou seja, 1,8%, se utilizou de mais de um modal de transporte, podendo ser classificado como multimodal. A multimodalidade identificada envolveu os modais rodoviário e fluvial, dado que foi necessária a utilização de balsa para a transposição de rio. Esse dado mostra que apesar da importância do transporte multimodal para as operações logísticas atuais, esse não se mostrou viável para o transporte de equipamentos elétricos no estado de Minas Gerais, seja pelo tempo demandado, pelo custo ou pela disponibilidade. Como a grande maioria dos transportes foi realizado pelo modal rodoviário, os Gráficos 2 e 3 evidenciam a quantidade de transportes realizados em estradas não pavimentadas, bem como em quantos deles foi necessário o apoio dos órgãos governamentais para que fossem realizados.

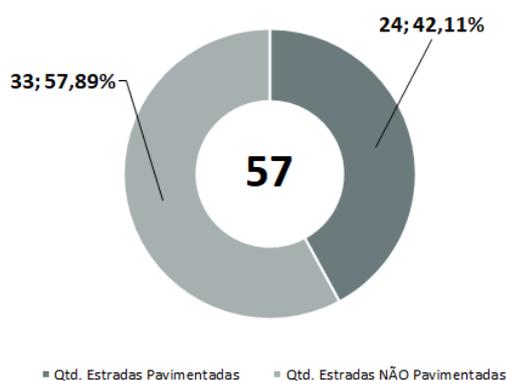


Gráfico 2 – Pavimentação das estradas.  
Fonte: Elaborado pelos autores.

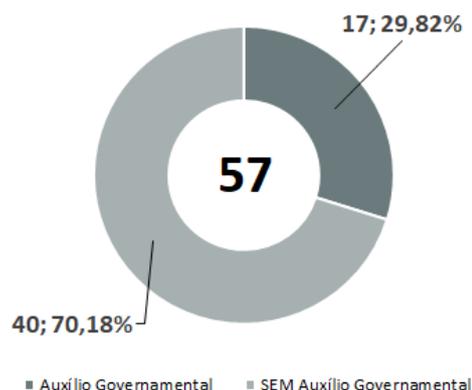


Gráfico 3 – Auxílio governamental.  
Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados revelam que a maior parte dos 57 transportes, quase 60% (33 transportes), foram realizados em estradas não pavimentadas, mas apenas 29,82% (17 transportes) deles necessitaram de algum tipo de auxílio de órgãos governamentais, como concessionária de energia elétrica, DNIT, Departamento de Estradas e Rodagem (DER) ou prefeituras. A média de quilometragem rodada foi de 656,61km. As Tabelas 4 e 5, por sua vez, mostram a distribuição das quantidades de transportes efetuados, bem como os problemas identificados por tipo de equipamento e por região do estado de Minas Gerais.

Tabela 4 – Quantidades de transportes e problemas relatados por tipo de equipamento.

	Equipamentos transportados		Problemas relatados no transporte		Transporte via não pavimentada		Transporte com auxílio governamental	
	Quant.	%	Quant.	%	Quant.	%	Quant.	%
MIMC-MT	15	26,32%	69	24,73%	8	24,24%	8	47,06%
SECI	26	45,61%	136	48,75%	14	42,42%	6	35,29%
TRAFO	15	26,32%	66	23,66%	10	30,30%	2	11,76%
MOVEL	1	1,75%	8	2,87%	1	3,03%	1	5,88%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados pesquisados mostram, através da Tabela 4, que a maioria dos transportes pesquisados foi de SECI (26 transportes) o que, naturalmente, reflete uma maior quantidade de problemas identificados (136, no total). Esse tipo de equipamento foi o que mais possuiu transportes realizados em vias não pavimentadas (14 transportes), ainda assim não foi o que mais necessitou de apoio governamental. Nesse quesito – transporte com auxílio governamental, os transportes de MIMC-MT foram os que mais requisitaram apoio de algum órgão público (8 transportes). Provavelmente este fato está ligado às dimensões e peso do equipamento, que tornam o transporte mais complexo e delicado. No que diz respeito às regiões do estado de Minas Gerais onde o transporte ocorreu, os dados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Quantidades de transportes e problemas relatados por região do estado.

	Transportes Realizados		Problemas Relatados no Transporte		Transporte realizado em via Não Pavimentada	
	Quanti.	%	Quant.	%	Quant.	%
CENTRO	4	7,02%	13	4,66%	1	3,03%
NORTE	19	33,33%	83	29,75%	15	45,45%
MANTIQUEIRA	6	10,53%	30	10,75%	3	9,09%
LESTE	14	24,56%	90	32,26%	9	27,27%
OESTE	4	7,02%	28	10,04%	2	6,06%
TRIÂNGULO	4	7,02%	15	5,38%	1	3,03%
SUL	6	10,53%	20	7,17%	2	6,06%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados mostram que as regiões Norte e Leste do estado de Minas Gerais concentraram 57,89% do total dos transportes e também a maior parte dos problemas relatados, 62,01%. Um dado correlato é o de que essas mesmas regiões concentram a maior parte dos relatos de transporte em vias não pavimentadas, 72,72%, indicando que regiões menos desenvolvidas e desprovidas de infraestrutura, são mais passíveis de apresentarem problemas.

Considerando os dados levantados e o fato de que os transportes são parte crítica no planejamento logístico, o Quadro 1 propõe itens que devem ser considerados no planejamento do transporte de equipamentos de grande porte para subestações, de forma a mitigar ou eliminar os problemas relatados.

Quadro 1 – Tópicos para o planejamento do transporte de equipamentos de grande porte para subestações de energia elétrica.

Macro área	Tópico do planejamento	Impacto da não realização
Legislação	Conferência de Leis, normas e regulamentações vigentes	Multas; atrasos

	Prazos legais para concessão de autorizações/Permissões	Atrasos no cronograma
	Disponibilidade de empresas de transporte/Içamento	Elevação do custo; atraso do cronograma
	Disponibilidade de modais	Elevação do custo; atraso do cronograma
	Pavimentação das vias	Avárias; atraso no transporte
	Sinalização das vias	Avárias
Infraestrutura	Curvaturas das vias	Inviabilidade do transporte; atraso, caso a curva precise ser alargada no momento do transporte
	Inclinações/Depressões	Inviabilidade do transporte; atraso, caso os desníveis precisem ser regularizados no momento do transporte
	Pontes	Inviabilidade do transporte; atrasos; refazer cálculo e/ou reforço estrutural; alargamentos ou retirada de guarda-corpos
	Viadutos	Inviabilidade do transporte; atrasos; refazer cálculo e/ou reforço estrutural; alargamentos ou retirada de guarda-corpos
	Cidades/Patrimônio histórico	Inviabilidade do transporte; atrasos; Dano ao patrimônio histórico; multas
Ambientais	Rios	Contaminação; danos ao patrimônio ambiental; multas
	Reservas/Parques	Inviabilidade do transporte; multas
	Matas/Florestas	Multas; danos ao patrimônio ambiental
	Vazamento de óleo mineral isolante (quando aplicável)	Multas; danos ao patrimônio ambiental
Geral	Região do transporte	Avárias; atraso no transporte; falta de empresas especializadas disponíveis; maior tempo necessário ao transporte
	Elaboração ou contratação de empresa especializada em rotograma	Avárias; atraso no transporte; retrabalhos em campo; substituição de peças
	Acompanhamento online do trajeto	Perdas; roubos; extravios
	Monitoramento de impactos (registrador de impactos)	Avárias; atraso no transporte; retrabalhos em campo; substituição de peças
	Seguro financeiro	Prejuízo financeiro

Fonte: Elaborado pelos autores.

No que diz respeito aos tópicos sugeridos e apresentados no Quadro 1 para a consideração durante o planejamento dos transportes é possível constatar, que a maioria deles, se negligenciados, trarão impactos para os prazos e custos da obra para as quais os equipamentos foram previstos. Os aspectos relacionados à legislação poderão ser tratados através de uma pesquisa detalhada do regramento legal mais atual, sendo um problema contornável, embora precise de atenção e atuação tempestiva. Os principais responsáveis por essa etapa são as próprias empresas que realizam o transporte, uma vez que são as especialistas e acompanham de forma mais próxima as alterações e novas publicações de requisitos legais.

Os itens de planejamento relacionados à infraestrutura, por sua vez, envolvem órgãos públicos em sua maioria. Fatores ligados à suportabilidade de pontes e viadutos, curvaturas, pavimentação e

sinalização de estradas e vias, bem como a presença de cidades históricas na rota de transporte têm sua resolução dificultada pela lentidão e falta de recursos do poder público para solucionar os problemas de forma ágil. O impacto desses fatores é considerável no que diz respeito aos custos e ao prazo para a conclusão do transporte e da obra que receberá o equipamento. Por esse motivo, seu planejamento deve ser adiantado para que as soluções ou mitigações sejam alcançadas em momento adequado. A desconsideração antecipada desse tipo de fator possui consequências severas, uma vez que as rotas precisam ser alteradas intempestivamente, estudos mais aprofundados sobre a suportabilidade ao peso (conjunto equipamento e carreta de transporte) precisam ser providenciados para pontes e viadutos ou mesmo o reforço dessas estruturas precisa ser feito. Embora a retirada de obstáculos menores (vegetação, desníveis, fiação ou sinalização de trânsito) seja uma tarefa de mais fácil solução, também poderá causar impactos especialmente no prazo.

As soluções, no caso de problemas de infraestrutura de responsabilidade de outros órgãos públicos, devem ser viabilizadas ou intermediadas pela concessionária de energia local, proprietária dos equipamentos transportados. Nesse ponto, é importante salientar que atrasos em obras que envolvem instalações do sistema elétrico, em última análise, significam que o desenvolvimento local também atrasará, dado que a energia a ser fornecida é o início de muitas cadeias produtivas e comerciais e também representam uma importante política pública de inclusão social.

Além dos problemas de prazo e custo, a integridade da carga é outro fator primordial. A falta da solução de problemas de infraestrutura da rota poderá provocar danos consideráveis que, no pior cenário, impedirão a instalação e utilização imediata dos equipamentos, podendo ser necessários reparos e/ou intervenções dos fabricantes para seu restabelecimento. Podemos listar como danos: impacto acima do limite para a carga, deslocamento de estruturas, afrouxamento de conexões, quebra de equipamentos.

Ainda com relação à infraestrutura, mesmo que o planejamento se dê satisfatoriamente, é preciso considerar que não existam, na região da execução do transporte, empresas especializadas no transporte de cargas especiais ou mesmo mais de um modal disponível. A consideração desses fatores com antecedência proporcionará um melhor planejamento financeiro, principalmente. Esse fator poderá ser tratado com a contratação de empresas de outras regiões ou estados, embora o custo tenda a se elevar.

As questões socioambientais a serem consideradas no planejamento do transporte são cada vez mais importantes e sensíveis. Quando a preservação do ambiente e do patrimônio e a segurança para a realização dos transportes em regiões protegidas não puderem ser atendidas concomitantemente, conforme requisitos legais, poderá ser necessária a alteração do trajeto ou do horário previsto para o serviço de transporte, de forma a amenizar os impactos. Esses requisitos podem elevar o custo e lentificar a operação, além de estarem sujeitos a elevadas multas em caso de descumprimentos da legislação. A responsabilidade da solução de problemas dessa natureza deverá ser dividida entre a concessionária de energia e a empresa contratada para o transporte. Esta deverá elencar os principais problemas da rota, rotas alternativas e os custos envolvidos em cada alternativa. Àquela caberá a negociação com os demais órgãos públicos de forma a regularizarem os problemas apontados ou viabilizarem demais soluções que atendam ao transporte especial.

Os aspectos gerais do planejamento contribuirão, especialmente, com a qualidade final do transporte. O monitoramento do trajeto, dos impactos físicos na carga e a experiência da empresa contratada evitarão custos adicionais de regularização dos equipamentos em caso de avarias, antes de sua instalação e energização. O próprio contratante, munido dos requisitos mínimos a serem considerados, poderá demandar das empresas de transporte a adoção dos mecanismos que garantam esses aspectos.

## **5. Conclusões.**

---

A logística se tornou uma ferramenta relevante na definição de estratégias competitivas pelas organizações, ao reorganizar os procedimentos operacionais e buscar reduções de custos e prazos. Sendo o transporte o principal componente da logística, o planejamento dos transportes passou a ser um pilar fundamental do sucesso das cadeias de suprimentos, garantindo a movimentação e a disponibilidade dos produtos conforme a demanda. Assim, a avaliação constante da eficiência do modal de transporte escolhido é fundamental na busca pelo desempenho e competitividade das empresas. O setor elétrico não escapa à essa regra e o transporte de seus equipamentos de grande porte, da mesma forma, precisa de um planejamento detalhado para que ocorra nas condições requeridas.

O objetivo geral desse estudo foi, portanto, elencar os principais desafios encontrados no transporte de equipamentos de grande porte para subestações de energia. Por meio da pesquisa foi possível elencar os problemas ocorridos durante 57 eventos de transportes, sendo relatados 279 obstáculos, categorizados em 19 subcategorias. Os principais problemas identificados estão relacionados à terraplenagem ou regularização de desníveis, seguidos de problemas relacionados às pontes, vegetação e fios de energia ou telefonia. Os dados mostraram que as regiões Norte e Leste do estado de Minas Gerais concentraram a maioria dos transportes e dos problemas relatados. Foi possível constatar ainda que a multimodalidade, ou seja, a utilização de mais de um modal durante o transporte, foi inviável para os equipamentos sob estudo.

As análises dos dados culminaram em tópicos para o planejamento dos transportes de grandes equipamentos de subestações de energia. Os pontos de planejamento elencados podem ser tratados como insumos para um planejamento mínimo, visando evitar problemas no transporte desse tipo de equipamento. Também foi possível elencar os impactos da não realização de um planejamento mínimo dos transportes. Realizando uma análise prévia e detalhada dos pontos mínimos que foram elencados no estudo, será possível mitigar ou eliminar os principais riscos no transporte desse tipo de carga atendendo, portanto, aos objetivos específicos do presente estudo.

A relevância desse trabalho se justifica no fato de que a desconsideração de fatores mínimos no planejamento do transporte de grandes cargas culminará, por exemplo, em atrasos que podem comprometer cronogramas inteiros das obras para as quais os equipamentos tenham sido adquiridos. Relevante ainda apontar que a falta de análise prévia poderá aumentar os custos da operação de transporte, na medida em que rotas precisem ser alteradas, estudos e reforços estruturais precisem ser feitos. Mesmo obstáculos menores (vegetação, desníveis, fiação ou sinalização de trânsito) poderão causar impactos, justificando ainda mais a necessidade de um bom planejamento. Menciona-se ainda a questão ambiental e patrimonial, cuja primordial preservação poderá ensejar atrasos e custos mais elevados se não considerada tempestivamente.

Com relação às limitações desse estudo, podemos elencar a falta de padronização dos relatórios (rotogramas) emitidos pelas transportadoras. Os documentos, por muitas vezes, podem utilizar nomenclaturas diversas ou apontar informações que culminarão em categorizações equivocadas e que refletirão nas estatísticas e conclusões. Outra limitação é o próprio tamanho da amostra. Embora o transporte de cargas especiais possua, naturalmente, um volume menor, o pequeno tamanho da amostra poderá comprometer as conclusões.

Para novos estudos sugere-se aumentar a amostra buscando elencar outras ações que ficaram de fora do campo amostral, ampliando a capacidade de planejamento e o contorno de problemas. Também é uma fonte futura de estudos a correlação entre a identificação de registros de impacto e a região onde se deu o transporte e a quantidade de problemas relatados. Por fim, sugere-se ainda, para novos estudos, uma proposta de rotograma padrão, uma vez que a falta dessa padronização é uma limitação ao estudo.

## Referências.

---

ALVARENGA, Antônio Carlos; NOVAES, Antônio Galvão Novais. **Logística Aplicada – suplemento e distribuição Física**. São Paulo: Edgar Blücher, 2000.

ARAÚJO, Elson; RODRIGUES, Ênio Fernandes. How variables on the morphology of an indivisible load plays an important role on the choice of the set of carriers and transport routes. The transportation of an electric capacitor in city areas. **Independent Journal Of Management & Production**, v. 10, n. 4, 2019. Disponível em: <http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/999> . Acesso em: 16 jul. 2024.

ARTERO, Gabriel Giovanini; CÉSAR, Francisco Ignácio Giocondo; OIAN, Daniele Maria Bruno Falcone; OIAN, Carlos Alberto; MAKIYA, Ieda Kanashiro. Transporte de combustível: um estudo de caso da importância do monitoramento para a segurança rodoviária. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 8, 2023. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/3790> . Acesso em: 16 jul. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 5356-1: Transformadores de potência Parte 1: Generalidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

BALLOU, Ronald. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BALLOU, Ronald. H. **Logística Empresarial – transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1993.

BAYKASOĞLU, Adil; SUBULAN, Kemal; TAŞAN, A. Serdar; DUDAKLI, Nurhan. A review of fleet planning problems in single and multimodal transportation systems. **Transportmetrica A: Transport Science**, 2018. doi: 10.1080/23249935.2018.1523249.

BOWERSOX, Donald. J. CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001.

CAIXETA FILHO, José Vicente; MARTINS, Ricardo Silveira. **Gestão logística do transporte de cargas**. São Paulo: Atlas, 2001.

CARIS, An; MACHARIS, Cathy; JANSSENS, Gerrit K. **Planning problems in intermodal freight transport: accomplishments and prospects, transportation planning and technology**, v. 31, n. 3, p. 277 - 302, 2008. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/03081060802086397?needAccess=true>. Acesso em 09 jul. 2024.

CHAROUX, Ofélia. M. G. **Metodologia: processo de produção, registro e relato do conhecimento**. 3. ed. São Paulo: DVS Editora, 2006.

eller

CHRISTOPHER, Martin. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhorias de serviços**. São Paulo: Pioneira, 1997.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DE SÃO PAULO (CET). **Tipos de transportes especiais de carga: NT 114/87**. São Paulo: CET, 1987. Disponível em: < <https://www.cetsp.com.br/media/20533/nt114.pdf> >. Acesso em jun. 2024.

COHEN, Robert M.; MAY, Jerrold H.; POPE, Harry E. JR. An intelligent workstation for electrocenter design. **IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics**, v. SMC-17, n. 2, 1987. doi:10.1109/tsmc.1987.4309035.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de rodovias 2021**. – Brasília: CNT, SEST, SENAT, 2021. Disponível em: <https://cnt.org.br/pesquisas>. Acesso em 10 jul. 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT) (Brasil). **Resolução nº 11, de 21 de setembro de 2022**. Estabelece normas sobre o uso de rodovias federais por veículos ou combinações de veículos e equipamentos, destinados ao transporte de cargas indivisíveis e excedentes em peso ou dimensões, observados os limites e os requisitos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Trânsito. Diário Oficial Da União, Brasília, ed. 182: seção 1, p. 70. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-11-de-21-de-setembro-de-2022-431330450>. Acesso em 10 jul. 2024.

ELBERT, Ralf., SEIKOWSKY, Lowis. The influences of behavioral biases, barriers and facilitators on the willingness of forwarders' decision makers to modal shift from unimodal road freight transport to

intermodal road–rail freight transport. **Journal of Business Economics**. n. 87, p. 1083 - 1123, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11573-017-0847-7>.

ELBERT, Ralf; MÜLLER, Jan Philipp; RENTSCHLER, Johannes. Tactical network planning and design in multimodal transportation – A systematic literature review. **Research in Transportation Business & Management**, v. 35, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100462>.

ELLER, Rogéria de Arantes Gomes; SOUSA JUNIOR, Wilson Cabral de; CURI, Marcos Lopes Cançado. Custos do transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário. **Revista de Literatura dos Transportes**, v. 5, n. 1, p. 50-64. 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/50224270\\_Custos\\_do\\_transporte\\_de\\_carga\\_no\\_Brasil\\_rodoviario\\_versus\\_ferrovuario](https://www.researchgate.net/publication/50224270_Custos_do_transporte_de_carga_no_Brasil_rodoviario_versus_ferrovuario). Acesso em: 15 jul. 2024.

ERHART, Sabrina; PALMEIRA, Eduardo Mauch. Análise do setor de transportes. **Revista Acadêmica de Economía**. n.71, 2006. ISSN 1696-8352. Disponível em: <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/06/sem.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2024.

FÁVERO, Altair Alberto; CENTENARO, Junior Bufon. A Pesquisa documental nas investigações de políticas educacionais: potencialidades e limites. **Revista Contraponto**, v. 19, n. 1, p. 170-184, 2019. [http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S1984-71142019000100170&script=sci\\_arttext](http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S1984-71142019000100170&script=sci_arttext). Acesso em jun. 2024.

FLEURY, Paulo Fernando; FIGUEIREDO, Kleber Fossati; WANKE, Peter. **Logística Empresarial: A perspectivas Brasileira**. Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo: Atlas, 2000.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. Atlas: São Paulo: Atlas, 2019.

LITMAN, Todd. Evaluating rail transit benefits: a comment. **Transport Policy**, v. 14, n. 1, p. 94 - 97, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/223119991\\_Evaluating\\_rail\\_transit\\_benefits\\_A\\_comment](https://www.researchgate.net/publication/223119991_Evaluating_rail_transit_benefits_A_comment). Acesso em jun. 2024.

LOPEZ-ROLDAN, Jose; DEVRIENDT, Christof; ENNS, Jonathan; GIJS, Richard; GUILLAUME, Patrick. How to achieve a rapid deployment of mobile substations and to guarantee its integrity during transport. **IEEE Transactions on power delivery**, v. 23, n. 1, 2008. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4385727>. Acesso em jun. 2024.

MOREIRA, Luana de Almeida; SANTOS, Sâmara Ferreira dos; OLIVEIRA NETO, Rieder de; SILVA JUNIOR, Ladir Antônio. Bibliographic review of the mode of road transportation in Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. e2283728, 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/728/721>. Acesso em jul. 2024.

MOREIRA, Marco Antonio Laurelli; FREITAS, Moacir de; TOLOI, Rodrigo Carl. O transporte rodoviário no Brasil e suas deficiências. **REFAS: Revista FATEC Zona Sul**. v. 4, n. 4, 2018. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6606348>. Acesso em jul. 2024.

MUNARETTO, Lorimar Francisco; CORRÊA, Hamilton Luiz; CUNHA, Júlio Araújo Carneiro da. Um estudo sobre as características do método Delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisas exploratória. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 6, n. 1, p. 9-24, 2013. <https://periodicos.ufsm.br/reaufsm/article/download/6243/pdf> . Acesso em jul. 2024.

NUNES, Ginete Cavalcante; DELMONTES, Maria Cristina do Nascimento; LUZ, Maria Aparecida Carvalho Alencar. Pesquisa científica: conceitos básicos. **ID ONLINE – Revista de Psicologia**, v. 10, n. 29, p. 144-151, 2016. <https://doi.org/10.14295/idonline.v10i1.390>. Acesso em jul. 2024.

OLAVARRIETA, Sérgio; ELLINGER, Alexander E. Resource-based theory and strategic logistics research. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 27, n. 9-10, p. 559-587. 1997. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09600039710188594/full/html>. Acesso em jun. 2024.

OLIVEIRA NETO, Geraldo Cardoso Neto; SHIBAO, Fábio Ytoshi. Mitigação de riscos operacionais: estudo de caso em um operador logístico de transporte rodoviário de carga pesada. **Revista Produto & Produção**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 24-55, jun. 2015. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/49589/34142>. Acesso em jul. 2024.

OLIVEIRA, Antônio Benedito S. **Métodos e técnicas de pesquisa em contabilidade**. Saraiva: São Paulo, 2011.

PAMUCAR, Dragan; DEVECI, Muhammet; GOKASAR, Ilgin; MARTÍNEZ, Luis; KÖPPEN, Mario. Prioritizing transport planning strategies for freight companies towards zero carbon emission using ordinal priority approach. **Computers & Industrial Engineering**, v. 169, n. 1, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835222003291?via%3Dihub>. Acesso em jul. 2024.

PEREIRA, Luiz Andrei Gonçalves; LESSA, Simone Narciso. O processo de planejamento e desenvolvimento do transporte rodoviário no Brasil. **Caminhos de Geografia – Revista online**, Uberlândia, v. 12, n. 40, p. 26 - 46, dez. 2011. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16414>. Acesso em jun. 2024.

PESSANHA, Marina. Rotograma: O que é e como fazer de forma eficiente. *In*: PESSANHA, Marina, **Trimble Transportation Blog**, 10 ago. 2021. Disponível em: <https://tl.trimble.com/blog/rotograma-o-que-e-e-como-fazer/>. Acesso em: jun. 2024.

RODRIGUES, Paulo Roberto Ambrósio. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional**. São Paulo: Aduaneiras, 2009.

ROZHKOV, Maxim; IVANOV, Dmitry; BLACKHURST, Jennifer; NAIR, Anand. Adapting supply chain operations in anticipation of and during the COVID-19 pandemic. **Omega**, v. 110, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305048322000433?via%3Dihub>. Acesso em: jun. 2024.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVEIRA, Ronaldo. [Sem título]. 2022. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.tseaenergia.com.br/betim-entrega-a-primeira-subestacao-movel-de-energia-produzida-em-minas/#:~:text=O%20maquin%C3%A1rio%2C%20feito%20pelas%20empresas,serem%20utilizadas%20pela%20companhia%20energ%C3%A9tica.&text=A%20subesta%C3%A7%C3%A3o%20tem%20capacidade%20para,atender%20aproximadamente%20100%20mil%20pessoas>. Acesso em: jun. 2024.

SOARES, Isadora. Rotograma: o que é, sua importância e como fazer. *In*: SOARES, Isadora. **Cobli Blog**, [S. l.], 2022a. Disponível em: <https://www.cobli.co/blog/o-que-e-rotograma/>. Acesso em: jul. 2024.

SOARES, Isadora. Transporte de cargas especiais: o que é e quais os cuidados? *In*: SOARES, Isadora. **Cobli Blog**, [S. l.], 2022b. Disponível em: <https://www.cobli.co/blog/transporte-de-cargas/>. Acesso em: jul. 2024.

SOARES, Isadora. Tudo sobre o transporte de cargas pesadas. *In*: SOARES, Isadora. **Cobli Blog**, [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.cobli.co/blog/transporte-de-cargas-pesadas/>. Acesso em: jul. 2024.

STEADIESEIFI, M.; DELLAERT, N.; NUIJTEN, W.; VAN WOENSEL, T.; RAOUFI, R. Multimodal freight transportation planning: a literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 1, p. 1-15, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221713005638>. Acesso em jul. 2024.

VIEIRA, Valter Afonso. As tipologias, variações e características da pesquisa de marketing. **REVISTA FAE**, v. 5, n. 1, p. 61-70, 2002. Disponível em: <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/449/344>. Acesso em jun. 2024.