

O Trade-Off dos Modais de Transporte no Brasil: Desafios e Soluções

Alice Alves de Macedo¹
alice.macedo@fatec.sp.gov.br

Jose Abel de Andrade Baptista¹
abel@fatec.sp.gov.br

The Trade-Off of Transport Modes in Brazil: Challenges and Solutions

Las disyuntivas de los modos de transporte en Brasil: desafíos y soluciones

Palavras-chave:

Logística.
Modais de transporte.
Trade-offs.

Keywords:

Logistics.
Modes of transportation.
Trade-offs.

Palabras clave:

Logística.
Modalidades de transporte.
Compensaciones.

Enviado em:

30 setembro, 2023

Apresentado em:

05 dezembro, 2023

Publicado em:

29 julho, 2024

Evento:

6º EnGeTec

Local do evento:

Fatec Zona Leste

Avaliadores:

Ronaldo Barros Órfão
Sandra Helena da Silva de Santis



Resumo:

Neste artigo, é examinada a evolução da mobilidade humana ao longo dos séculos, enfatizando a importância do transporte na logística e economia. Exploramos os principais modais de transporte no Brasil, como rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo, destacando seus prós e contras. Cada modal desempenha um papel crucial na movimentação de mercadorias e pessoas, com características específicas que podem ser vantajosas em diferentes contextos. Além disso, são analisados os trade-offs na escolha de modalidades, incluindo custos fixos e variáveis, velocidade, disponibilidade, confiabilidade, capacidade e frequência. Compreender esses fatores é fundamental para tomar decisões informadas no planejamento e na execução do transporte no Brasil. Também são identificados os desafios enfrentados por cada modal no Brasil, desde a infraestrutura deficiente até questões de segurança e ambientais, destacando a necessidade de investimentos em infraestrutura e modernização para aprimorar o sistema de transporte. Com base nessa análise, é fornecida uma sugestão para a opção que melhor se adapta ao cenário brasileiro, visando aprimorar a competitividade do Brasil em termos de logística e economia.

Abstract:

This article examines the evolution of human mobility throughout the centuries, emphasizing the importance of transportation in logistics and the economy. We explore the main modes of transportation in Brazil, such as road, rail, waterway, pipeline, and air, highlighting their pros and cons. Each mode plays a crucial role in the movement of goods and people, with specific characteristics that can be advantageous in different contexts. Furthermore, we analyze the trade-offs in choosing modalities, including fixed and variable costs, speed, availability, reliability, capacity, and frequency. Understanding these factors is essential for making informed decisions in the planning and execution of transportation in Brazil. We also identify the challenges faced by each mode in Brazil, from inadequate infrastructure to safety and environmental issues, emphasizing the need for investments in infrastructure and modernization to improve the transportation system. Based on this analysis, a suggestion is provided for the option that best fits the Brazilian scenario, aiming to enhance Brazil's competitiveness in terms of logistics and the economy.

Resumen:

En este artículo se examina la evolución de la movilidad humana a lo largo de los siglos, haciendo hincapié en la importancia del transporte en la logística y la economía. Exploramos los principales modos de transporte en Brasil, como la carretera, el ferrocarril, la vía fluvial, el oleoducto y el aire, destacando sus pros y sus contras. Cada modal juega un papel crucial en el movimiento de mercancías y personas, con características específicas que pueden ser ventajosas en diferentes contextos. Además, se analizan las compensaciones en la elección de las modalidades, incluidos los costos fijos y variables, la velocidad, la disponibilidad, la confiabilidad, la capacidad y la frecuencia. Comprender estos factores es fundamental para tomar decisiones informadas en la planificación y ejecución del transporte en Brasil. También se identifican los desafíos que enfrenta cada modal en Brasil, desde la infraestructura deficiente hasta los problemas de seguridad y medio ambiente, destacando la necesidad de inversiones en infraestructura y modernización para mejorar el sistema de transporte. A partir de este análisis, se ofrece una sugerencia sobre la opción que mejor se adapta al escenario brasileño, con el objetivo de mejorar la competitividad de Brasil en términos de logística y economía.

¹ Faculdade de Tecnologia da Zona Leste | Fatec Zona Leste

1. Introdução

A mobilidade humana entre lugares evoluiu ao longo dos séculos, passando da locomoção a pé nos estágios iniciais para viagens rápidas de longa distância, graças aos avanços nos meios de transporte. A infraestrutura de transporte diária da sociedade é tão integrada à vida das pessoas que sua sofisticação muitas vezes passa despercebida (Ribeiro, 2022).

Segundo as perspectivas de Figueiredo *et al.* (2010), é essencial destacar a importância do transporte no contexto logístico e econômico. O transporte desempenha um papel crucial ao garantir o funcionamento eficiente das economias regionais e nacionais, bem como na operação das organizações produtivas. Um sistema de transporte eficaz e confiável é um pré-requisito para o crescimento e desenvolvimento das regiões e nações, visto que possibilita a circulação de bens e pessoas de forma eficiente. Além disso, as empresas dependem fortemente de sistemas de transporte eficazes para competir no mercado, atender às demandas dos clientes e evitar custos excessivos.

Uma matriz de transporte eficaz desempenha um papel tão crucial no desenvolvimento de uma nação que, segundo Vianna (2007), os países não possuem uma infraestrutura de transporte de qualidade simplesmente porque são desenvolvidos. Pelo contrário, eles alcançam o desenvolvimento porque investiram no momento adequado na manutenção e expansão de suas estradas e redes de transporte em geral.

Conforme observado por Ballou (2006), o transporte desempenha um papel decisivo nas escolhas relacionadas à logística. Com exceção das mercadorias compradas, o transporte é a atividade logística que consome a maior parte dos custos. Assim, considerando os percentuais envolvidos nos custos de uma operação, que podem chegar em média até 64% (Figueiredo *et al.*, 2010) a escolha do tipo de transporte representa uma das decisões indispensáveis a serem feitas pelos profissionais da área logística. Essa importância decorre do motivo de que cada modal possui custos e particularidades distintas, o que pode torná-lo viável ou inviável para a operação (Fleury, 2002).

Qual é o impacto dos diferentes modais de transporte utilizados no Brasil no desempenho e nos custos logísticos das operações, e de que maneira as informações teóricas e a análise do cenário atual podem ser efetivamente empregadas para embasar decisões estratégicas na escolha do meio de transporte nas operações logísticas, com o objetivo de melhorar a eficiência e reduzir os custos?

Pesquisas documentais em várias fontes, como artigos, websites, periódicos, livros e monografias, embasaram o estudo. O artigo visa oferecer informações abrangentes sobre os modais de transporte no Brasil, incluindo compreensão teórica, desempenho e infraestrutura. A metodologia inclui a coleta de dados e revisão de literatura. O foco é utilizar essas informações estrategicamente para otimizar operações logísticas e ganhar vantagem competitiva no Brasil.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Modais de Transporte no Brasil

2.1.1. Modais de Transporte

De acordo com as considerações de Nogueira (2012), o transporte é um processo fundamental que envolve o deslocamento de pessoas e mercadorias de um ponto a outro. Esse deslocamento é viabilizado por meio da utilização de diversos meios de locomoção, tais como veículos terrestres, aeronaves, embarcações e equipamentos de movimentação.

Conforme Figueiredo *et al.* (2010), há cinco modais de transporte de cargas: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo, cada um com custos e características específicas para tipos de operações e produtos. Na escolha do modal, é essencial avaliar custos e níveis de serviço, geralmente associando custos mais altos a níveis de serviço superiores. O transporte desempenha um papel fundamental, pois nenhuma empresa contemporânea é capaz de operar eficazmente sem tomar as medidas requeridas para movimentar suas matérias-primas ou produtos acabados (Ballou, 2006).

Segundo Ballou (2006), o transporte frequentemente assume um papel central nos custos logísticos de inúmeras empresas, representando de 1/3 a 2/3 dos gastos totais. Portanto, é crucial que os profissionais da área logística demonstrem uma competência excepcional nos assuntos concernentes ao transporte. Além disso, a eficiência e a economia de um sistema de transporte desempenham uma função primordial em reforçar a competitividade no mercado, otimizar a produção em grande escala e, conseqüentemente, reduzir os preços dos produtos de maneira geral.

O transporte rodoviário, realizado por caminhões e carretas em uma ampla rede de estradas e vias urbanas (Silva, 2013), é amplamente utilizado para transportar diversos produtos em curtas e médias distâncias. Proporciona serviços porta-a-porta, alta frequência, disponibilidade, velocidade e comodidade, eliminando a necessidade de carga e descarga entre origem e destino ao contrário de modais como o ferroviário e o aéreo. Além disso, oferece conveniência e rapidez (Ballou, 2006). No entanto, de acordo com Figueiredo *et al.* (2010), o transporte rodoviário no Brasil enfrenta desafios como baixa produtividade, insegurança nas estradas, ineficiência energética e poluição ambiental, além de sobrecarregar significativamente as estradas.

O transporte ferroviário, realizado por trens, envolve a utilização de vagões fechados e plataformas para transportar mercadorias ao longo das ferrovias, como indicado por Silva (2013). As ferrovias predominantemente desempenham o papel de transportadoras de longa distância e baixa velocidade, especialmente para matérias-primas como carvão, madeira e produtos químicos, bem como para produtos manufaturados de custo mais acessível, como alimentos, papel e produtos florestais, priorizando o transporte de cargas completas (Ballou, 2006). Uma das principais desvantagens do transporte ferroviário é a sua malha ferroviária de baixa densidade, o que resulta na necessidade de investimentos significativos e contínuos para construção de equipamentos e manutenção da infraestrutura. Além disso, esse modal possui itinerários fixos, limitando sua flexibilidade, e está sujeito a um alto risco de roubo e furtos, o que pode resultar em custos elevados durante o transporte. É importante destacar que o transporte ferroviário depende de outros modais para levar mercadorias ou pessoas ao seu destino final (Paulo, 2018).

O modal aquaviário compreende os modos de transporte marítimo, fluvial e lacustre, utilizando barcos e navios. O transporte aquaviário se divide em transporte marítimo, realizado nos oceanos, e transporte fluvial e lacustre, que ocorre em rios e lagos, respectivamente (Silva, 2013). O transporte marítimo é caracterizado por sua menor velocidade em comparação com o transporte ferroviário, e sua operação pode ser influenciada principalmente pelas condições climáticas. O transporte aquaviário apresenta uma capacidade de transporte elevada. No caso de cargas de alto valor, como as internacionais, é comum empregar contêineres e navios porta-contêineres para reduzir o tempo de manuseio e minimizar riscos de danos. Os custos associados a perdas e danos são relativamente baixos, mas a embalagem desempenha um papel fundamental na proteção das mercadorias durante as operações de carga e descarga (Ballou, 2006). O modal aquaviário no Brasil enfrenta desafios, como a distância das principais bacias hidrográficas dos centros de produção e consumo, falta de investimento governamental, manutenção deficiente, regulamentação inadequada e restrições ambientais (Figueiredo *et al.*, 2010).

O transporte dutoviário movimenta cargas em dutos, como grânéis líquidos, sólidos e gasosos, que são mercadorias transportadas sem embalagem ou fracionadas, abrangendo, por exemplo, produtos como petróleo, derivados, produtos químicos, GLP (gás liquefeito de petróleo, o gás de cozinha), óleos vegetais, sucos concentrados e grânéis sólidos como minérios, carvão, grãos, fertilizantes e cimento (Silva, 2013). O transporte dutoviário, embora lento a uma velocidade de três a quatro milhas por hora, funciona ininterruptamente, 24 horas por dia e sete dias por semana, tornando-se eficaz quando comparado a outros modais. Possui alta capacidade e é confiável no tempo de trânsito (Ballou, 2006). Este modal enfrenta um desafio significativo devido à inflexibilidade causada pela fixação dos dutos. Para abranger uma ampla área de distribuição, são necessários investimentos substanciais em capital. Além disso, os dutos são utilizados apenas para grupos específicos de mercadorias, a fim de evitar misturas indesejadas durante o transporte (Vaz *et al.*, 2005).

No transporte aeroviário as mercadorias são movimentadas pelo ar, utilizando aviões para cruzar o espaço aéreo (Silva, 2013). Apesar de ter um alto custo o transporte aéreo se destaca pela velocidade excepcional, especialmente em longas distâncias. Geralmente, é confiável, mas a pontualidade pode ser afetada por manutenção mecânica, condições climáticas e congestionamento. A capacidade do modal é limitada devido ao espaço de carga e às restrições de potência das aeronaves (Ballou, 2006). Além disso, é importante destacar que ele também implica custos significativos relacionados ao consumo de combustível (FIESP, 2012).

O quadro 1 destaca as vantagens e desvantagens dos diferentes modos de transporte. De acordo com Ballou (2006), a intermodalidade refere-se ao uso de múltiplos modos de transporte para a entrega de uma mercadoria e isso gera benefícios econômicos notáveis. Conforme a perspectiva de Roberto Pansonato (Intermodal, 2021), a intermodalidade se destaca ao permitir a exploração das qualidades mais vantajosas oferecidas por cada modal de transporte, já que não se pode afirmar que um modal seja superior em todos os aspectos em comparação aos demais.

Em resumo, a intermodalidade oferece uma abordagem flexível e eficiente para o transporte de mercadorias, explorando as vantagens de diferentes modos de transporte e mitigando as desvantagens, essa estratégia proporciona economia de custos e maior eficiência nas operações logísticas.

Quadro 1- Vantagens e Desvantagens dos modais

Modal	Vantagens	Desvantagens
Rodoviário	Ideal para viagens de curta e média distâncias; Fácil troca de veículos em caso de acidente ou quebra; Melhora na agilidade e flexibilidade no manuseio de cargas; Oferece serviço porta-a-porta; Reduz o manuseio e a necessidade de embalagem; Simplifica o atendimento das demandas e agiliza o acesso às cargas; Maior agilidade no transporte; Ideal para viagens curtas	Custos elevados de frete e combustível; Capacidade de carga limitada; Preocupações com segurança; Estradas em más condições; Menos competitivo para longas distâncias.
Ferrovário	Adequado para trajetos extensos e grandes quantidades; Menores despesas com o seguro contratado; Menor custo de frete;	Limitações de trajetos pré-determinados; Requer modalidades de transporte adicionais; Carência de apoio financeiro por parte do governo; Necessidade de mais trocas entre diferentes meios de transporte.
Aéreo	Adequado para bens de elevado valor econômico, envios de pequeno porte e entregas urgentes; É o transporte mais rápido; Segurança; Não necessita embalagem mais reforçada (manuseio mais cuidadoso); Os custos com seguro, estocagem e embalagem são menores.	Restrição na capacidade de transporte; Despesa mais alta em comparação com outros modais; Dependência de terminais específicos; Pode necessitar de conexões com outros meios de transporte;
Aquaviário	Alto potencial de carregamento; Carrega qualquer tipo de carga; Despesas de transporte menores.	Transporte lento e demorado; Documentação complexa; Requer terminais específicos para embarque e desembarque; Seguro de cargas alto; Necessidade de transbordo nos portos; Distância dos centros de produção; Maior exigência de embalagens; Menor flexibilidade nos serviços aliado a frequentes congestionamentos nos portos.
Dutoviário	Adequado para trajetos extensos; Possui grande capacidade; Opera constantemente; Alta segurança e confiabilidade.	Custo inicial e despesas elevados; Risco de acidentes ambientais graves; Exige licenciamento; Rota inflexível.

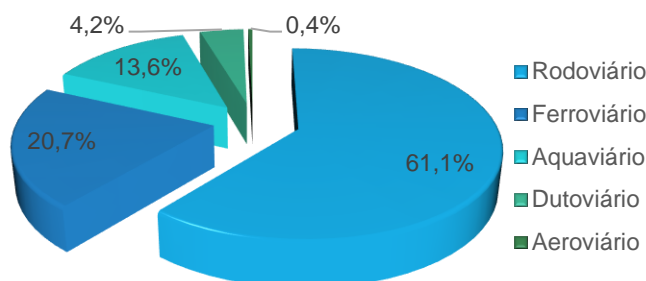
Fonte: Adaptado de Ballou (2006), FIESP (2012).

2.1.2. Modais de Transporte no Brasil

No Brasil, em comparação com nações de vasta extensão territorial, como os Estados Unidos, Canadá, China e Rússia, a escolha de modais de transporte é desproporcional. Enquanto esses países priorizam ferrovias e transporte aquaviário, o Brasil depende principalmente de rodovias, assemelhando-se mais a nações europeias com territórios menores. Isso impacta negativamente a eficiência e produtividade do sistema de transporte no Brasil. (Figueiredo *et al.*, 2010).

O sistema de transporte no Brasil enfrenta desafios. As empresas buscam modernização para serem competitivas em um mundo globalizado, onde a logística é essencial. No entanto, problemas estruturais afetam a matriz de transportes, prejudicando o desenvolvimento econômico e social do país (FIGUEIREDO *et al.*, 2010). Para competir globalmente, é essencial entregar produtos de forma eficaz em termos de tempo e custo, o que aprimora a confiabilidade e eficiência (Ballou, 2006). Portanto, é crucial possuir conhecimento sólido sobre a infraestrutura de transporte do país, ilustrada na Figura 1 com a distribuição espacial da logística de transportes no território brasileiro.

Figura 1- Participação (%) dos modais na Matriz de transporte brasileira



Fonte: Elaborado a partir de CNT (2019).

Em 2019, cerca de 61,1% das mercadorias no Brasil foram transportadas por rodovias, embora essa prevalência não assegure eficiência. O país possui uma extensa malha rodoviária de 1,7 milhão de quilômetros, com apenas 12,4% pavimentados. Uma pesquisa de 2022 pela CNT avaliou 110.333 km de estradas pavimentadas, revelando deficiências na maioria delas, com problemas na condição geral (66,0%), pavimento (55,5%), sinalização (60,7%) e geometria (63,9%). A frota de veículos de carga no Brasil totaliza cerca de 1,8 milhão de unidades, com uma média de idade de 18 anos. Preocupantemente, 67% desses veículos têm mais de 10 anos de uso, e 87% das empresas de transporte não têm programas de renovação de frota. Além disso, aproximadamente 78% das rodovias têm condições de tráfego inadequadas (Figueiredo *et al.*, 2010). A CNT (2022) estima que o Brasil requer um investimento de aproximadamente R\$ 95 bilhões para restaurar suas rodovias federais, com R\$ 72,26 bilhões destinados à reconstrução e restauração, e R\$ 22,67 bilhões para a manutenção de trechos desgastados.

A malha ferroviária representa 20,7% do transporte de mercadorias no Brasil., a ferroviária abrange 31 mil quilômetros de extensão, a rede liga o Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais a regiões de mineração, indústria e agricultura, estabelecendo conexões cruciais com portos de destaque, como Santos, Itaquí, Vitória e Rio de Janeiro. (ANTF, 2023). No entanto, é importante notar que a extensão de nossa rede ferroviária é aproximadamente nove vezes menor que a dos Estados Unidos (Figueiredo *et al.*, 2010). A rede ferroviária desempenha um papel crucial ao transportar produtos para os portos, facilitando a exportação. Em 2020, as exportações atingiram US\$ 210 bilhões, correspondendo a 14,6% do PIB brasileiro (PRESTEX, 2021). Contudo, a falta de investimento e manutenção adequados afetou negativamente a infraestrutura ferroviária do país, tornando-a ineficaz e pouco utilizada (INTERMODAL, 2020), o que por sua vez resulta em baixas velocidades, prejudicando a produtividade e a competitividade do modal ferroviário. Isso fica claro devido ao fato de que nos EUA, os trens têm

uma velocidade média de 40 quilômetros por hora, enquanto no Brasil, essa média é mais baixa, atingindo apenas 25 quilômetros por hora (Figueiredo *et al.*, 2010).

O transporte aquaviário no Brasil equivale a 13,6% da movimentação de cargas. Embora o país disponha de um potencial de 48.000 quilômetros de vias navegáveis, apenas 28.000 quilômetros são utilizados. Todas as nossas hidrovias movimentam 22 milhões de toneladas, enquanto nos EUA, o rio Mississippi movimenta 472 milhões de toneladas. O Brasil possui cerca de 64 terminais intermodais, em contraste com os aproximados 1.200 dos EUA. A média de contêineres movimentados por hora nos portos brasileiros é de apenas 16, enquanto o padrão internacional é de 40 contêineres por hora, o que demonstra uma considerável diferença em termos de produtividade. Mesmo o terminal portuário considerado o mais eficiente no Brasil não consegue superar a marca de 27 contêineres por hora. Isso significa que a infraestrutura portuária no Brasil está abaixo dos padrões internacionais, o que pode resultar em atrasos e ineficiências na movimentação de mercadorias (Figueiredo *et al.*, 2010).

O modal dutoviário representa apenas 4,2% das cargas transportadas no Brasil. É predominantemente utilizado para operações específicas, principalmente pela Petrobras. Notáveis dutos brasileiros incluem o Oleoduto São Sebastião/Paulínia (226 km), Angra dos Reis/Caxias (125 km), Paragominas/Barcarena, Pará (250 km), e o Gasoduto Brasil-Bolívia, com 3.150 km (2.593 km em território brasileiro), um dos maiores na América Latina e mundialmente (BRASIL, 2022). O Brasil possui cerca de 22 mil quilômetros de dutos, classificando-se em 16º lugar globalmente. No entanto, é importante notar que essa extensão é inferior à de países como México (40 mil quilômetros), Argentina (38 mil quilômetros) e Austrália (32 mil quilômetros), mesmo que o Brasil tenha um território maior. Por outro lado, os Estados Unidos e a União Europeia possuem redes de dutos muito mais extensas, com mais de 400 mil e 800 mil quilômetros, respectivamente, destacando a significativa diferença de escala (IBRAM, 2014). Nos Estados Unidos, 19% das cargas são movimentadas através de dutos, com custos operacionais 36% menores do que no Brasil, demonstrando maior eficiência e competitividade (Costa, 2014).

O transporte aéreo corresponde a mínima parte de cargas transportadas no território brasileiro e possui apenas 0,4% do total. De acordo com a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) em 2022, o Brasil registrou um recorde histórico na movimentação de cargas pelo transporte aéreo, atingindo 1.421 milhões de toneladas, com aproximadamente 70% desse volume representado por cargas internacionais. Esse marco reflete um crescimento de 12% desde 2012. Além disso, quatro rotas aéreas movimentadas no Brasil envolvem o aeroporto de Manaus (SBEG) e os aeroportos de Guarulhos (SBGR) e Campinas (SBKP) em São Paulo. Essa conexão intensa se deve à remota localização de Manaus, sua produção de produtos de alto valor pela Zona Franca e ao papel econômico central de São Paulo no país (Medeiros, 2023). Segundo a *Air Cargo Excellence*, uma pesquisa anual que avalia o desempenho global de aeroportos e companhias aéreas no transporte de cargas, os aeroportos de carga na Coreia do Norte, China e Cingapura têm a capacidade de movimentar mais de 1 milhão de toneladas de carga, destacando sua significativa presença na logística de transporte de mercadorias. Em contrapartida, o Brasil enfrenta uma limitação, com uma capacidade de apenas 399 mil toneladas de carga (AIR CARGO, 2020).

De acordo com a perspectiva de Figueiredo *et al.* (2010), o Brasil enfrenta uma situação peculiar no que se refere ao seu sistema de transporte. As deficiências estruturais no transporte brasileiro são resultado da má distribuição de investimentos públicos, regulamentação inadequada, carência de fiscalização e questões relacionadas ao custo de capital. Por um lado, há um significativo esforço de modernização por parte das empresas que enviam ou transportam mercadorias. No entanto, por outro lado, o país lida com sérias deficiências na infraestrutura e na regulamentação do setor de transporte. Como resultado, observam-se distorções significativas na matriz de transportes do Brasil.

Portanto, é fundamental que o governo, as empresas do setor e outros envolvidos colaborem para solucionar as deficiências na rede de transportes brasileira. Isso requer investimentos em modernização e aprimoramentos que terão um impacto significativo na competitividade e no crescimento econômico do país, bem como na eficiência do sistema de transporte em todo o país.

3. Fatores que Influenciam a no Trade-Off de Modal

3.1. Trade-Offs

Na obra de Faria (2003), o termo "*trade-off*" é usado para descrever todas as situações em que ocorrem trocas relacionadas a custos de forma compensatória, envolvendo a renúncia a um serviço ou qualidade em favor da obtenção de um serviço ou qualidade diferente.

De acordo com as observações de Fleury (2002) e Figueiredo *et al.* (2010), a seleção de modais de transporte é um aspecto crucial em decisões estratégicas no campo logístico. Essa escolha é guiada por dois critérios principais, que incluem preço/custo e desempenho logístico, medido pelo tempo de entrega, variabilidade e danos. Para tomar decisões eficazes, é fundamental não apenas avaliar os custos envolvidos, mas também considerar as particularidades inerentes a cada modal, de forma a determinar qual deles se adapta melhor ao tipo de carga a ser transportada. Essa abordagem permite que as empresas equilibrem custos e desempenho, alinhando sua estratégia logística com as necessidades específicas dos produtos e da demanda.

Portanto, com o objetivo de reduzir despesas sem comprometer a excelência do serviço oferecido, ou aprimorar a qualidade do serviço mantendo os custos sob controle, os tomadores de decisão devem escolher entre várias alternativas de trade-off por meio de análises fundamentadas em indicadores de confiança (Faria e Costa, 2012).

Assim, a habilidade dos tomadores de decisão em analisar e compreender os *trade-offs* é um componente crítico para o sucesso e a sustentabilidade das operações empresariais e dos projetos. A tomada de decisão embasada em dados confiáveis e indicadores de confiança permite às organizações encontrar soluções que equilibrem eficazmente as compensações entre custos, qualidade e desempenho, garantindo uma vantagem competitiva no mercado em constante evolução.

3.2. Fatores a Considerar na Escolha do Modal

A importância de cada modal de transporte pode ser medida considerando critérios como a extensão do sistema, o volume de tráfego, a receita gerada e a composição do tráfego. A Tabela 1 apresenta um resumo dos custos fixos e variáveis de cada modal. (Wanke, 2000).

Tabela 1 – Estrutura de custos para cada modal

•	Ferroviário Altos custos fixos em equipamentos, terminais, vias férreas etc. Custo variável baixo.
•	Rodoviário Custos fixos baixos (rodovias estabelecidas e construídas com fundos públicos). Custo variável médio (combustível, manutenção etc).
•	Aquaviário Custo fixo médio (navios e equipamentos). Custo variável baixo (capacidade para transportar grande quantidade de tonelage).
•	Dutoviário Custo fixo mais elevado (direitos de acesso, construção, requisitos para controles das estações e capacidade de bombeamento). Custo variável mais baixo (nenhum custo com mão-de-obra de grande importância).
•	Aeroviário Custo fixo alto (aeronaves e manuseio, e sistemas de carga) Alto custo variável (combustível, mão-de-obra, manutenção etc).

Fonte: Adaptado de Wanke (2000).

Segundo Wanke (2000), no seu quadro de Características Operacionais, há cinco pontos importantes a serem avaliados ao classificar e selecionar o modal de transporte mais apropriado para cada situação.

Tabela 2 - Características operacionais dos modais de transportes

Características operacionais	Ferroviário	Rodoviário	Aquaviário	Dutoviário	Aéreo
Velocidade	3	2	4	5	1
Disponibilidade	2	1	4	5	3
Confiabilidade	3	2	4	1	5
Capacidade	2	3	1	5	4
Frequência	4	2	5	1	3
Resultado	14	10	18	17	16

Fonte: Adaptado de Wanke (2000).

A velocidade se refere ao tempo de deslocamento, conhecido como "*transit time*", sendo o modal aéreo o mais rápido. A disponibilidade é a capacidade do modal em atender a demanda entre origens e destinos geográficos. Transportadoras rodoviárias destacam-se pela disponibilidade, realizando serviço porta-a-porta. Confiabilidade diz respeito a variações nas programações de entrega. Dutos são confiáveis devido à operação contínua, independentemente do clima ou trânsito. Capacidade se relaciona à quantidade de carga que o modal pode transportar, levando em conta o volume, tamanho, dimensões e tipo de carga; o modal marítimo e fluvial é indicado. Frequência está ligada a quantas vezes algo é planejado para acontecer, e os dutos lideram nesse quesito devido ao serviço contínuo (Wanke, 2000).

Segundo os dados apresentados na tabela 2, quanto menor a pontuação, melhor a classificação geral para os modais. O modal rodoviário, com a menor soma de pontos, lidera em todas as categorias, exceto em capacidade, onde é superado pelo modal aquaviário e ferroviário. Esses resultados explicam a preferência geral pelo modal rodoviário no país (Wanke, 2000).

4. Resultados e Discussões

O panorama atual dos diferentes modais de transporte no Brasil destaca de forma contundente a premente necessidade de investimentos em infraestrutura, modernização, manutenção e a implementação de melhorias em todos os setores. As más condições das estradas, a infraestrutura ferroviária subutilizada, os desafios enfrentados nos portos, a limitada flexibilidade dos dutos e as restrições observadas no transporte aéreo evidenciam as deficiências intrínsecas ao sistema de transporte do país.

Para aprimorar o desempenho logístico e, conseqüentemente, reduzir os custos operacionais, torna-se imperativo que o Brasil realize investimentos significativos em sua infraestrutura de transporte. Tais investimentos devem abranger a modernização e expansão da rede ferroviária, o aumento da eficiência operacional nos portos e a promoção de uma diversificação de modais, levando em consideração as características de cada carga e a rota mais adequada para sua movimentação.

Além disso, a implementação de políticas públicas voltadas para a segurança rodoviária é essencial para reduzir os índices de acidentes, bem como a promoção da eficiência energética e a redução dos impactos ambientais para garantir um sistema de transporte mais sustentável no Brasil. Somente por meio dessas medidas abrangentes será possível fortalecer efetivamente o sistema de transporte e, por conseguinte, impulsionar a competitividade do país em nível nacional e internacional.

5. Conclusão

Os dados apresentados consolidam a conclusão de que, apesar da predominância do modal rodoviário no Brasil, a transição para o modal ferroviário se revela uma escolha estratégica e vantajosa. O modal ferroviário, com sua capacidade econômica de transportar grandes volumes de carga e menor impacto ambiental, se alinha perfeitamente com a produção de commodities agrícolas no Brasil, um dos maiores exportadores de produtos como soja, milho, café, algodão, açúcar e carne. Além disso, sua eficiência no transporte de mercadorias a longas distâncias e para produtos como minérios e manufaturados destaca seu potencial.

No entanto, é inegável que essa transição exigirá investimentos substanciais na expansão e modernização da rede ferroviária brasileira, bem como um compromisso sólido com a manutenção e atualização contínua. Além disso, políticas públicas que promovam ativamente o uso do modal ferroviário e incentivem a intermodalidade entre diferentes modais de transporte são cruciais para o sucesso dessa mudança.

Resumindo, os dados reforçam a conclusão de que o Brasil pode otimizar sua matriz de transportes, tornando o modal ferroviário uma escolha mais eficaz e sustentável. Essa transição terá um impacto positivo na competitividade do país, na redução dos custos logísticos e na promoção da sustentabilidade no setor de transporte, resultando em benefícios significativos para sua economia e desenvolvimento.

Referências

ACN - Air Cargo Next. **Air Cargo Excellence, 2020**. Disponível em: <<https://aircargonext.com/Air-Cargo-Excellence/>>. Acesso em: 5 nov 2023.

ANTF. Associação Nacional dos Transportes Ferroviários. **Mapa ferroviário**. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>>. Acesso em: 20 out 2023.

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

BRASIL, Daniel. Hivecloud, 2022. **Modal dutoviário: saiba tudo sobre o assunto**. Disponível em: <<https://www.hivecloud.com.br/post/modal-dutoviario/>>. Acesso em: 21 out 2023.

CNT :SEST SENAT : ITL, Brasília, 2023. **Agenda institucional transporte e logística 2023**.

CNT :SEST SENAT, 2022. **Pesquisa CNT de rodovias 2022**.

CNT. Confederação Nacional dos Transportes, 2019. **Boletins estatísticos**. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/boletins>>. Acesso em: 12 out. 2023.

COSTA, Evelyn. **Transporte dutoviário de combustíveis no brasil: desafios e oportunidade**. ILOS -Especialistas em Logística e Supply Chain, 2014. Disponível em: <<https://ilos.com.br/transporte-dutoviario-de-combustiveis-no-brasil-desafios-e-oportunidade/>>. Acesso em: 4 nov 2023.

FARIA, A. C. **Custos Logísticos: Uma Abordagem na Adequação das Informações de Controladoria à Gestão da Logística Empresarial**. Universidade de São Paulo, 2003.

FARIA, A. C.; COSTA, M. de F. G. **Gestão de custos logísticos**. São Paulo: Atlas, 2012.

FIESP. Federação das indústrias do estado de São Paulo, 2012. **Modais de Transporte**. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/transporte-e-logistica/modais-de-transporte/>>. Acesso em: 18 out 2023.

FIGUEIREDO, Kleber .F. FLEURY, Paulo. F. WANKE, Peter. (organizadores). **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. São Paulo: Atlas, 2010. (Coleção Coppead de Administração).

FIGUEIREDO, Kleber.; FLEURY, Paulo.; WANKE, Peter. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. 1. Ed. – 6. Reimp. – São Paulo: Atlas, 2010. – (Coleção Coppead de Administração)

FLEURY, Paulo. **Gestão estratégica do transporte** . ILOS - Especialistas em Logística e Supply Chain, 2002. Disponível em: <<https://ilos.com.br/gestao-estrategica-do-transporte/>>. Acesso em: 18 out. 2023.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineiração, 2010. **Dutos: Brasil atinge 22 mil quilômetros em operação**. Disponível em: <<https://ibram.org.br/noticia/dutos-brasil-atinge-22-mil-quilometros-em-operacao/>>. Acesso em: 4 nov 2023.

INTERMODAL, digital. **Transporte intermodal como vantagem nos custos e prazo de entrega**. Disponível em: <<https://digital.intermodal.com.br/modais/transporte-intermodal-como-vantagem-nos-custos-e-prazo-de-entrega>>. Acesso em: 19 out 2023.

INTERMODAL. 2020. **Ferrovias no Brasil: avanços e obstáculos para esse meio de transporte em nosso território.** Disponível em: <<https://digital.intermodal.com.br/modais/ferrovias-no-brasil-avancos-e-obstaculos-para-esse-meio-de-transporte-em-nosso-territorio>>. Acesso em: 20 out 2023.

MEDEIROS, Alex. **A importância da gestão de estoques.** ILOS - Especialistas em Logística e Supply Chain, 2023. Disponível em: <<https://ilos.com.br/transporte-de-cargas-por-meio-aereo-no-brasil/>>. Acesso em: 20 out 2023.

NOGUEIRA, A.S. **Logística Empresarial.** São Paulo: Atlas, 2012.

PAULO, José. **Modal ferroviário brasileiro: da descontinuidade dos investimentos aos desafios governamentais.** UFLA- Universidade Federal de Lavras, 2018.

PRESTEX. **Qual é a importância do modal ferroviário no Brasil?** – Prestex, 2021. Disponível em: <<https://www.prestex.com.br/blog/qual-e-a-importancia-do-modal-ferroviario-no-brasil/>>. Acesso em: 20 out 2023.

RIBEIRO, Caio C. B. **Estudo da matriz de transporte do brasil, com ênfase no transporte de passageiros nos modais rodoviário e aeroviário.** Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Goiás, 2022.

SILVA, Ana R. C. **Técnico em logística - tipos de transportes (modais).** Educação a distância – Secretaria de educação, Governo do estado de Pernambuco, 2013.

VAZ, Alexildo Velozo; OLIVEIRA, Kelly Nogueira de; DAMASCENO, Pedro Ernesto Gonçalves. **O modal dutoviário: Análise da importância e considerações sobre suas principais características.** UFC-Universidade Federal do Ceará, 2005.

VIANNA, Geraldo. **O mito do rodoviarismo brasileiro.** São Paulo: NTC&Logística, 2007.

WANKE, Peter. **O papel do transporte na estratégia logística.** ILOS - Especialistas em Logística e Supply Chain, 2000. Disponível em: <<https://ilos.com.br/o-papel-do-transporte-na-estrategia-logistica/>>. Acesso em: 17 out. 2023.