

MBA EM FINANÇAS

Com Ênfase em Transporte

Benefícios da Intermodalidade para o custo logístico no fluxo de exportação de grãos pelo Porto de Santos

Adriano Senna

Alexandre Bielinski

Maria Cecília Paes Pereira Carvalho

José Amilton Júnior

São Paulo

2025

Benefícios da Intermodalidade para o custo logístico no fluxo de exportação de grãos pelo Porto de Santos

Projeto apresentado ao IBMEC como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Finanças com Ênfase no Transporte

Orientador: Prof. Lucas Gimenes

São Paulo

2025

DEDICATÓRIA

Gostaríamos de dedicar este trabalho ao Instituto de Transporte e Logística (ITL), que, por meio deste programa, juntamente com a Confederação Nacional do Transporte (CNT), o Serviço Social do Transporte (SEST), o Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte (SENAT) e o IBMEC, ofereceu a todos os membros do grupo uma valiosa oportunidade de crescimento tanto pessoal quanto profissional.

Epígrafe

"A integração dos modais de transporte é uma necessidade estratégica para o Brasil, pois a eficiência logística impacta diretamente na competitividade do país, especialmente nas exportações de commodities como grãos."

Marcos Jank, economista e ex-presidente da Associação de Comércio Exterior do Brasil (AEB)

RESUMO

A soja é uma das commodities mais importantes para a economia brasileira, desempenhando um papel central nas exportações e na geração de receitas para o país. O Brasil é, atualmente, o maior exportador mundial de soja, com produção de 153 milhões de toneladas em 2023. A maior parte dessa produção ocorre nas regiões Centro-Oeste e Norte, sendo essencial o escoamento eficiente dessa carga para os portos brasileiros, especialmente para o Porto de Santos, no estado de São Paulo, que é responsável por mais de 50% das exportações de soja do Brasil.

No entanto, o transporte de soja do Centro-Oeste até o Porto de Santos enfrenta diversos desafios logísticos, principalmente devido à infraestrutura deficiente, o elevado custo dos modais de transporte e os problemas ambientais associados ao transporte rodoviário. A escolha do modal de transporte adequado impacta diretamente os custos operacionais e, por consequência, a competitividade da soja brasileira no mercado internacional.

O Brasil possui uma infraestrutura logística composta majoritariamente por rodovias, que representam cerca de 60% do total de cargas transportadas no país. No entanto, o modal rodoviário enfrenta desafios, como a deterioração das estradas e o elevado custo do combustível, que podem reduzir a competitividade da soja brasileira. Além disso, o Brasil possui uma extensa malha ferroviária, que poderia ser melhor utilizada para o escoamento de cargas, mas essa malha ainda é subutilizada e carece de investimentos em expansão e modernização.

Neste cenário, a intermodalidade surge como uma alternativa para otimizar os custos logísticos. A combinação de diferentes modais de transporte, como rodovias e ferrovias, pode representar uma solução eficiente, reduzindo os custos totais e melhorando a competitividade da soja brasileira.

Palavras-Chave:

Soja. Intermodalidade. Exportação.

ABSTRACT

Soybean is one of the most important commodities for the Brazilian economy, playing a central role in exports and revenue generation for the country. Brazil is currently the world's largest exporter of soybeans, with a production of 153 million tons in 2023. The majority of this production occurs in the Central-West and North regions, making the efficient transportation of this cargo to Brazilian ports essential, particularly to the Port of Santos in São Paulo state, which is responsible for more than 50% of Brazil's soybean exports.

However, the transportation of soybeans from the Central-West to the Port of Santos faces various logistical challenges, mainly due to inadequate infrastructure, high transportation costs, and environmental issues associated with road transport. The choice of the appropriate transportation mode directly impacts operational costs and, consequently, the competitiveness of Brazilian soybeans in the international market.

Brazil's logistics infrastructure is primarily composed of highways, which account for about 60% of the total cargo transported in the country. However, the road transport mode faces challenges such as road deterioration and high fuel costs, which can reduce the competitiveness of Brazilian soybeans. Additionally, Brazil has an extensive railway network, which could be better utilized for cargo transportation, but this network remains underused and lacks investment in expansion and modernization.

In this context, intermodality emerges as an alternative to optimize logistics costs. The combination of different transport modes, such as highways and railways, can represent an efficient solution, reducing total costs and improving the competitiveness of Brazilian soybeans.

Keywords:

Soybean. Intermodality. Export.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Principais pontos de exportação de grãos com origem no Centro-Oeste **19**
- Figura 2. Produção Brasileira de Grãos por produto - Safra 2024/25 **20**

SUMÁRIO

1. RESUMO EXECUTIVO	8
2. BASES CONCEITUAIS	9
2.1 Introdução	9
2.2 Conceitos Fundamentais	9
2.2.1 Intermodalidade	10
2.2.2 Multimodalidade	10
2.3 Revisão da Literatura	10
2.4 Aplicação Prática no Brasil	16
2.4.1 Exemplos Práticos	18
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	17
4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES	17
4.1 Abordagem Escolhida	17
4.2 Mercado de grãos	18
4.3 Descrição dos cenários	19
4.3.1 Cenário 1: transporte 100% rodoviário	19
4.3.2 Cenário 2: transporte 100% ferroviário	20
4.3.3 Cenário 3: transporte intermodal	21
4.4 Análise comparativa dos custos	22
4.4.1 Cálculo do Custo Total por Cenário	22
4.4.2 Análise de Sensibilidade	23
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	25
5.1 Conclusão	25
5.2 Recomendação	26
6. REFERÊNCIAS	27

1. RESUMO EXECUTIVO

O principal objetivo deste trabalho é analisar economicamente três cenários de transporte de soja do Centro-Oeste para o Porto de Santos, com foco nos custos operacionais e no impacto desses custos na competitividade da soja brasileira:

1. Cenário 1: Transporte 100% Rodoviário – O transporte será feito exclusivamente por caminhões, desde as áreas produtoras no Centro-Oeste até o Porto de Santos.
2. Cenário 2: Transporte 100% Ferroviário – A soja será transportada de trem, com a expansão da malha ferroviária, cobrindo as regiões produtoras e o Porto de Santos.
3. Cenário 3: Transporte Intermodal (Rodoviário + Ferroviário) – O transporte começará por caminhões até terminais ferroviários, onde a carga será transferida para trens que seguirão até o Porto de Santos.

Além da análise dos custos, o trabalho também considerará outros fatores, como o impacto ambiental de cada modal, a infraestrutura necessária para suportar cada cenário e os potenciais benefícios de cada alternativa.

Para atingir os objetivos, abordaremos no capítulo 2 as bases conceituais com definição de intermodalidade e multimodalidade, além de revisões de literatura sobre o tema. A metodologia adotada para este estudo foi a qualitativa e quantitativa conforme especificado no capítulo 3.

No capítulo 4 falaremos das análises das informações encontradas. Já no capítulo 5 faremos a conclusão e recomendações do estudo realizado.

2. BASES CONCEITUAIS

2.1 Introdução

No cenário logístico brasileiro, o transporte intermodal e multimodal emerge como soluções essenciais para superar os desafios impostos pela geografia, infraestrutura e demanda crescente por eficiência. Ao integrar diferentes modais de transporte, essas práticas promovem a redução de custos operacionais, a sustentabilidade ambiental e o aumento da competitividade global.

No entanto, o transporte de soja do Centro-Oeste até o Porto de Santos enfrenta diversos desafios logísticos, principalmente devido à infraestrutura deficiente, o elevado custo dos modais de transporte e os problemas ambientais associados ao transporte rodoviário. A escolha do modal de transporte adequado impacta diretamente os custos operacionais e, por consequência, a competitividade da soja brasileira no mercado internacional.

Este capítulo tem como objetivo apresentar os fundamentos teóricos que sustentam o transporte intermodal e multimodal, além de discutir suas aplicações práticas no Brasil. A abordagem inclui uma revisão detalhada da literatura acadêmica, conceitos fundamentais e exemplos de sucesso na integração logística.

Com um território de dimensões continentais, o Brasil enfrenta desafios logísticos únicos, incluindo uma dependência significativa do modal rodoviário, muitas vezes caro e ineficiente para longas distâncias. Nesse contexto, a adoção de estratégias intermodais e multimodais não apenas atende às necessidades atuais, mas também se alinha às tendências globais de modernização e eficiência logística.

2.2 Conceitos Fundamentais

Os conceitos de intermodalidade e multimodalidade representam abordagens complementares, mas distintas, para a integração de modais de transporte em operações logísticas. Cada abordagem possui características específicas que devem ser compreendidas para sua aplicação eficaz.

2.2.1 Intermodalidade

A intermodalidade refere-se ao uso de dois ou mais modais de transporte em uma única operação logística, onde cada transportador é responsável por seu respectivo trecho. Essa prática é amplamente utilizada em operações internacionais e apresenta vantagens como flexibilidade na escolha dos modais e maior eficiência operacional em longas distâncias.

2.2.2 Multimodalidade

Já a multimodalidade concentra toda a operação em um único operador, conhecido como Operador de Transporte Multimodal (OTM). Esse modelo simplifica processos burocráticos e proporciona maior controle da operação. No entanto, requer um alto nível de confiança no OTM e maior planejamento estratégico.

2.3 Revisão da Literatura

Diversos estudos exploram os benefícios e desafios da intermodalidade e multimodalidade no Brasil. A pesquisa de Almeida (2009) enfatiza a importância do OTM para a coordenação eficiente de modais, enquanto Kussano e Batalha (2012) destacam a relevância de hidrovias e ferrovias no escoamento de commodities.

Este capítulo discute as principais contribuições acadêmicas e relatórios relacionados ao transporte intermodal e à logística de exportação de grãos pelo Porto de Santos. Cada fonte foi organizada cronologicamente, destacando a evolução do pensamento sobre intermodalidade e os desafios logísticos enfrentados no Brasil, especificamente na exportação de commodities agrícolas. Essa organização cronológica permite uma visão abrangente da literatura e uma análise das tendências no desenvolvimento de soluções logísticas intermodais.

O estudo de Almeida (2009) é um dos primeiros a tratar das vantagens da intermodalidade e da multimodalidade no contexto brasileiro. A pesquisa destaca a importância do Operador de Transporte Multimodal (OTM) como um agente fundamental na coordenação dos diferentes modais de transporte. No Brasil, onde a infraestrutura é fragmentada e enfrenta desafios significativos, o OTM desempenha um papel crucial na integração de rodovias, ferrovias e hidrovias para otimizar o transporte de cargas.

A intermodalidade é vista como uma solução promissora para reduzir os custos operacionais e melhorar a eficiência logística no Brasil. O estudo aponta que o uso combinado de diferentes modais, como rodovias para curtas distâncias e ferrovias para longas distâncias, pode reduzir os custos de transbordo e o tempo total de transporte, o que é especialmente relevante para a exportação de grãos. A pesquisa também sugere que o papel do OTM pode ser ampliado com investimentos em tecnologia e em infraestrutura logística.

O estudo de Kussano e Batalha (2012) oferece uma análise detalhada dos custos logísticos agroindustriais, com foco na exportação de soja a partir do estado do Mato Grosso. Este estudo é particularmente relevante, pois o Mato Grosso é um dos maiores produtores de soja do Brasil e enfrenta desafios logísticos significativos devido à sua distância dos principais portos de exportação, como o Porto de Santos.

A pesquisa sugere que o uso da hidrovia Tietê-Paraná, em combinação com rodovias e ferrovias, pode reduzir os custos de transporte e melhorar a eficiência logística. O estudo destaca que a escolha do modal de transporte adequado é essencial para reduzir os custos logísticos totais. A hidrovia, por exemplo, apresenta uma alternativa econômica e eficiente para o escoamento de grandes volumes de soja, mas sua utilização é limitada pela falta de infraestrutura adequada e pela sazonalidade do transporte.

Além disso, Kussano e Batalha argumentam que o uso de sistemas intermodais é fundamental para melhorar a competitividade do agronegócio brasileiro no mercado global. O estudo também aponta que a integração entre modais pode reduzir os custos ambientais, uma vez que o uso de hidrovias e ferrovias tende a ser menos poluente do que o transporte rodoviário.

Amaral et al. (2012) propõem um modelo matemático para otimizar a localização de terminais intermodais no Brasil, com foco no escoamento da soja. Este estudo é um dos primeiros a usar modelos de otimização para lidar com os desafios logísticos enfrentados no escoamento de grãos. O modelo proposto considera variáveis como a capacidade dos terminais, as distâncias percorridas e os custos associados ao transporte.

A relevância desse estudo reside na sua contribuição para o planejamento logístico de longo prazo. A localização estratégica de terminais intermodais é essencial para reduzir os custos e melhorar a eficiência do escoamento de grãos. O modelo proposto por Amaral et al. permite uma melhor compreensão de como o

transporte pode ser otimizado para atender à crescente demanda de exportação de grãos pelo Porto de Santos.

Além disso, o estudo destaca a importância de investimentos em infraestrutura para garantir que os terminais intermodais tenham capacidade suficiente para lidar com os crescentes volumes de grãos destinados à exportação. A pesquisa também sugere que a construção de novos terminais em áreas estrategicamente localizadas pode aliviar a pressão sobre os terminais existentes, melhorando a eficiência da cadeia de suprimentos.

Martins et al. (2014) examinam os principais fatores que influenciam a contratação de serviços intermodais no Brasil, com foco no transporte de grãos. A pesquisa revela que fatores como custo, confiabilidade e capacidade dos terminais intermodais são essenciais para o sucesso do escoamento de grãos. A eficiência dos terminais intermodais é destacada como um dos principais fatores para garantir que os grãos sejam transportados de maneira rápida e econômica até os portos de exportação.

O estudo também sugere que os terminais intermodais precisam estar localizados de forma estratégica para otimizar o fluxo de grãos entre os modais. Martins et al. recomendam o uso de tecnologias modernas de gestão de terminais, como sistemas de controle automatizados e monitoramento em tempo real, para garantir que os terminais operem com eficiência máxima.

A importância da eficiência operacional e da confiabilidade dos terminais é um tema recorrente na literatura sobre intermodalidade. O estudo de Martins et al. contribui para a discussão ao enfatizar que a eficiência dos terminais é tão importante quanto a escolha do modal de transporte em si.

Gemignani et al. (2014) discutem a aplicação da multimodalidade no escoamento de grãos, especialmente pelo Porto de Santos. O estudo destaca os benefícios da integração modal, com foco na redução de custos e na melhoria da eficiência no transporte de grandes volumes de produtos agrícolas. A pesquisa sugere que o uso de sistemas multimodais é essencial para atender à demanda crescente por exportações de grãos.

A multimodalidade é vista como uma solução promissora para os desafios logísticos enfrentados no Brasil. O estudo destaca que, ao combinar rodovias, ferrovias e hidrovias, é possível reduzir os custos de transporte, aumentar a capacidade de movimentação de cargas e diminuir o impacto ambiental das

operações logísticas. No entanto, os autores também alertam que, para que a multimodalidade seja bem-sucedida, é necessário investir em infraestrutura e modernizar os terminais de transbordo.

O relatório da CNT (2017) identifica os principais obstáculos logísticos enfrentados no escoamento de soja e milho no Brasil. O estudo destaca a falta de infraestrutura adequada, como a baixa capacidade das ferrovias e a ausência de terminais intermodais em regiões estratégicas. Esses fatores contribuem para o aumento dos custos logísticos e reduzem a competitividade do agronegócio brasileiro no mercado internacional.

O relatório também sugere que o uso de ferrovias e hidrovias poderia aliviar os problemas logísticos enfrentados pelo Porto de Santos. A expansão da malha ferroviária e a construção de novos terminais intermodais são apontadas como soluções viáveis para melhorar a eficiência do transporte de grãos. Além disso, o estudo destaca a importância de políticas públicas que incentivem investimentos em infraestrutura logística.

Kumimoto et al. (2017) apresentam uma análise detalhada da gestão de custos na cadeia logística, com foco na integração entre os diferentes modais de transporte. A pesquisa sugere que a combinação de rodovias e ferrovias é a solução mais eficiente para o escoamento de grãos no Brasil. Além disso, o estudo destaca que a padronização de tarifas e a harmonização dos serviços entre os modais são essenciais para garantir uma logística eficiente.

Barcelos e Reis (2019) discutem a importância do modal ferroviário no escoamento de grãos pelo Porto de Santos. O estudo destaca que o aumento da utilização de ferrovias poderia reduzir significativamente os custos de transporte e melhorar a eficiência logística. Além disso, o estudo sugere que a integração entre rodovias e ferrovias é fundamental para garantir o escoamento rápido e eficiente de grandes volumes de grãos.

Berti (2019) explora a utilização da hidrovia Tietê-Paraná como uma alternativa para o escoamento de soja do Mato Grosso para o Porto de Santos. O estudo destaca os benefícios do uso do modal hidroviário em combinação com ferrovias para reduzir os custos de transporte. A pesquisa também sugere que o uso de hidrovias pode aliviar a pressão sobre as rodovias e melhorar a competitividade do agronegócio brasileiro.

Carvalho e Galvão (2021) discutem as modificações logísticas e as limitações enfrentadas pelo Porto de Santos na exportação de soja. O estudo destaca a necessidade de investimentos em infraestrutura portuária e a importância da integração modal para aumentar a competitividade do porto no cenário global.

O estudo de Panzam et al. (2022) apresenta uma análise da viabilidade da solução intermodal piggyback na região Sudeste do Brasil, com foco na redução de custos e no aumento da eficiência do transporte de cargas, especialmente de grãos. A solução piggyback, conforme definida no estudo, consiste no transporte de caminhões ou carretas sobre vagões ferroviários. Esse sistema oferece uma forma de combinar o transporte rodoviário e ferroviário, utilizando a infraestrutura ferroviária para longas distâncias, enquanto o modal rodoviário é utilizado para a distribuição final.

Essa integração entre os dois modais permite otimizar o transporte, reduzindo o desgaste nas rodovias e melhorando a eficiência energética do transporte. O sistema piggyback é particularmente útil em regiões onde a infraestrutura ferroviária está disponível, mas a distribuição final ainda depende de rodovias. O estudo conclui que essa solução pode ser um grande diferencial para o escoamento de grãos na região Sudeste, especialmente em termos de custos e tempo de transporte, sendo uma opção viável para aumentar a competitividade do agronegócio brasileiro no mercado internacional.

A matéria da Forbes (2023) destaca um aumento de 11% na exportação de grãos, farelo de soja e açúcar pelo Porto de Santos em 2022. Esse crescimento foi impulsionado pela maior utilização de ferrovias para o transporte desses produtos, o que permitiu o escoamento de grandes volumes com maior eficiência. A integração entre os modais rodoviário e ferroviário foi essencial para sustentar esse crescimento e para que o Porto de Santos mantivesse sua relevância como principal terminal de exportação de grãos do Brasil.

O transporte intermodal e multimodal apresenta soluções estratégicas para superar os desafios logísticos no Brasil. A integração eficiente de modais não apenas otimiza custos, mas também promove a sustentabilidade ambiental e a competitividade das cadeias de suprimento. Para que essas práticas sejam amplamente adotadas, é necessário investir em infraestrutura, tecnologia e regulamentação que favoreçam a integração modal.

A importância da intermodalidade e multimodalidade se torna evidente ao analisar os desafios logísticos brasileiros. Com um território extenso e variado, a integração de modais permite uma melhor distribuição de mercadorias, reduzindo custos e aumentando a eficiência. Em termos ambientais, de acordo com o Plano Nacional de Logística da ANTT, o uso de hidrovias e ferrovias reduz significativamente a emissão de gases poluentes, uma questão crítica na agenda global de sustentabilidade.

Intermodalidade e multimodalidade são conceitos frequentemente usados como sinônimos, mas possuem diferenças cruciais. Enquanto a intermodalidade distribui responsabilidades entre diferentes operadores, a multimodalidade centraliza todas as operações em um único operador. Essa distinção afeta diretamente a forma como os custos são gerenciados e como as operações são planejadas. Empresas que operam em contextos internacionais frequentemente optam por intermodalidade devido à flexibilidade que ela proporciona.

Diversos autores, como Almeida (2009) e Martins et al. (2014), destacam que a intermodalidade oferece benefícios diretos em termos de custo e eficiência. Em contrapartida, Berti (2019) ressalta que a falta de infraestrutura limita a expansão dessas práticas no Brasil. Esse ponto é corroborado por estudos da CNT (2017), que identificam gargalos logísticos em ferrovias e hidrovias, essenciais para uma integração modal efetiva.

O Brasil possui potencial significativo para se tornar uma referência global em intermodalidade. Projetos como a expansão da malha ferroviária e o fortalecimento da hidrovia Tietê-Paraná são exemplos claros de como o país pode aproveitar sua geografia e infraestrutura existente para melhorar sua competitividade no mercado global. Além disso, políticas públicas que incentivem investimentos privados podem acelerar esse processo, promovendo um cenário logístico mais eficiente e sustentável.

Em conclusão, a intermodalidade e multimodalidade não são apenas ferramentas logísticas, mas também estratégias de desenvolvimento econômico e ambiental. A adoção dessas práticas em larga escala pode transformar o Brasil em um modelo global de eficiência logística, desde que os investimentos necessários sejam realizados e as políticas adequadas implementadas.

A importância da intermodalidade e multimodalidade se torna evidente ao analisar os desafios logísticos brasileiros. Com um território extenso e variado, a integração de modais permite uma melhor distribuição de mercadorias, reduzindo

custos e aumentando a eficiência. Em termos ambientais, o uso de hidrovias e ferrovias reduz significativamente a emissão de gases poluentes, uma questão crítica na agenda global de sustentabilidade.

Intermodalidade e multimodalidade são conceitos frequentemente usados como sinônimos, mas possuem diferenças cruciais. Enquanto a intermodalidade distribui responsabilidades entre diferentes operadores, a multimodalidade centraliza todas as operações em um único operador. Essa distinção afeta diretamente a forma como os custos são gerenciados e como as operações são planejadas. Empresas que operam em contextos internacionais frequentemente optam por intermodalidade devido à flexibilidade que ela proporciona.

Diversos autores, como Almeida (2009) e Martins et al. (2014), destacam que a intermodalidade oferece benefícios diretos em termos de custo e eficiência. Em contrapartida, Berti (2019) ressalta que a falta de infraestrutura limita a expansão dessas práticas no Brasil. Esse ponto é corroborado por estudos da CNT (2017), que identificam gargalos logísticos em ferrovias e hidrovias, essenciais para uma integração modal efetiva.

O Brasil possui potencial significativo para se tornar uma referência global em intermodalidade. Projetos como a expansão da malha ferroviária e o fortalecimento da hidrovia Tietê-Paraná são exemplos claros de como o país pode aproveitar sua geografia e infraestrutura existente para melhorar sua competitividade no mercado global. Além disso, políticas públicas que incentivem investimentos privados podem acelerar esse processo, promovendo um cenário logístico mais eficiente e sustentável.

Em conclusão, a intermodalidade e multimodalidade não são apenas ferramentas logísticas, mas também estratégias de desenvolvimento econômico e ambiental. A adoção dessas práticas em larga escala pode transformar o Brasil em um modelo global de eficiência logística, desde que os investimentos necessários sejam realizados e as políticas adequadas implementadas.

2.4 Aplicação Prática no Brasil

A integração logística no Brasil enfrenta desafios significativos devido à infraestrutura limitada e à predominância do transporte rodoviário. Apesar disso, iniciativas como o uso da hidrovia Tietê-Paraná e o modelo piggyback têm mostrado resultados promissores na redução de custos e no aumento da eficiência.

2.4.1 Exemplos Práticos

- Hidrovia Tietê-Paraná: Considerada uma das principais rotas para o escoamento de grãos, conecta o interior do Brasil ao Porto de Santos, reduzindo custos em até 30% comparado ao transporte rodoviário.

- Modelo Piggyback: Integra caminhões e trens em operações logísticas, permitindo que longas distâncias sejam percorridas com menor impacto ambiental e maior eficiência energética.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste trabalho adotou-se uma abordagem que combina pesquisa bibliográfica e análise de dados quantitativos, com o objetivo de explorar o tema. A pesquisa envolveu a revisão de estudos acadêmicos, relatórios técnicos e informações estatísticas sobre a produção e logística de grãos no Brasil. Essa etapa foi essencial para construir uma base teórica robusta, compreendendo conceitos fundamentais de intermodalidade e multimodalidade, além de identificar os principais desafios enfrentados pelo setor em questão.

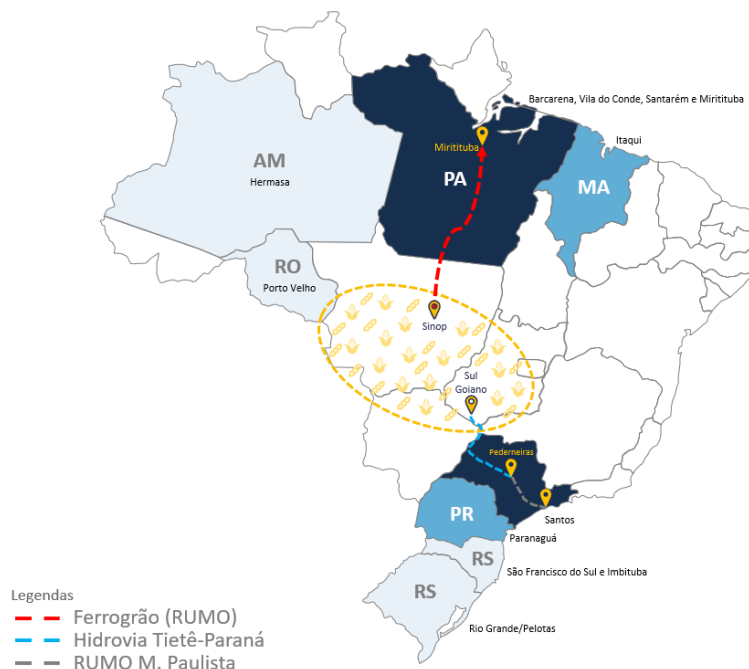
A coleta de dados quantitativos utilizou fontes amplamente reconhecidas, como os relatórios da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A etapa quantitativa foi essencial para validar os pontos levantados na pesquisa teórica, destacando a relevância de culturas como a soja e o milho no contexto da produção nacional.

4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES

4.1 Abordagem Escolhida

Para avaliar e entender o impacto da intermodalidade no processo de exportação de grãos pelo Porto de Santos, faremos uma análise do mercado do produto no país, o valor do transporte por cada modal e os possíveis investimentos associados para operação multimodal.

Figura 1 Principais pontos de exportação de grãos com origem no Centro-Oeste



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

4.2 Mercado de grãos

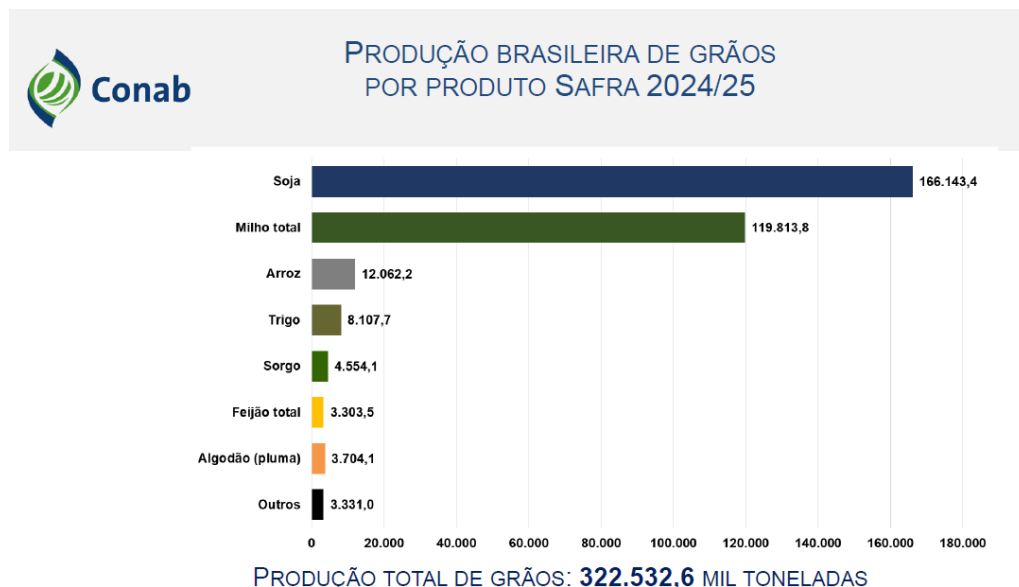
O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de grãos do mundo, assumindo a liderança na produção de soja (aproximadamente 40%) e o terceiro lugar na produção de milho (10%). De acordo com a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), a região Centro-Oeste é responsável por 47% da produção nacional de soja.

A soja e o milho são as culturas mais representativas da safra brasileira de grãos, consolidando sua importância no cenário agrícola nacional e global. De acordo com a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), na safra 2024/2025 a produção total de grãos é estimada em 322,5 milhões de toneladas, com a soja respondendo por 156,7 milhões de toneladas, o que equivale a 48,6% do total. Esse percentual reflete o papel central da soja na economia brasileira, especialmente devido à sua alta demanda no mercado internacional, sendo um dos principais produtos de exportação do país.

O milho, por sua vez, ocupa a segunda posição em representatividade, com uma produção de 115,4 milhões de toneladas, correspondendo a 35,8% da safra total.

Essa participação reafirma sua relevância para o suprimento interno de alimentos, insumos para a pecuária e exportações. Juntas, a soja e o milho representam 84,4% da produção de grãos no Brasil, evidenciando sua dominância no setor e sua contribuição decisiva para a balança comercial e a geração de renda no agronegócio.

Figura 2 Produção Brasileira de Grãos por produto – Safra 2024/25



Fonte: CONAB

4.3 Descrição dos cenários

4.3.1 Cenário 1: transporte 100% rodoviário

No primeiro cenário, todo o escoamento da soja do Centro-Oeste ao Porto de Santos é realizado exclusivamente por caminhões. Este é o modelo atualmente predominante no Brasil, devido à flexibilidade do transporte rodoviário e à ampla cobertura das estradas.

Características principais:

- Cobertura: A malha rodoviária brasileira cobre áreas extensas, permitindo acesso direto às áreas produtoras.
- Custo Operacional: Inclui custos com combustível, manutenção de veículos, pedágios, salários de motoristas e depreciação da frota.

- Desvantagens: Elevados custos de operação, desgaste acelerado de rodovias, aumento no tempo de transporte devido a congestionamentos e infraestrutura precária.
- Impactos ambientais: Maior emissão de gases de efeito estufa (GEE), devido à queima de combustíveis fósseis.

Tabela 1: Estimativa de custos rodoviários por tonelada transportada (2023) – custo médio do trecho Centro-Oeste / Santos

Componente	Custo por tonelada (R\$)
Combustível	120,00
Pedágio	25,00
Manutenção	30,00
Salários e encargos	40,00
Total	215,00

Fonte: Estudos de mercado do autor

4.3.2 Cenário 2: transporte 100% ferroviário

Este cenário assume que toda a soja será transportada por ferrovia, exigindo investimentos significativos para conectar as áreas produtoras ao Porto de Santos. Nesse modelo, a infraestrutura ferroviária deve ser ampliada, incluindo a construção de short lines para atender regiões mais remotas.

Características principais:

- Cobertura: A expansão da malha ferroviária é necessária para integrar áreas produtoras que atualmente não possuem acesso.
- Custo Operacional: Inclui custos de manutenção da ferrovia, energia, operação de locomotivas e pessoal.
- Desvantagens: Altos investimentos iniciais e tempo de implementação prolongado.
- Impactos ambientais: Menores emissões de GEE por tonelada transportada.

Tabela 2: Estimativa de custos ferroviários por tonelada transportada (2023)

Componente	Custo por tonelada (R\$)
Operação	80,00
Manutenção	20,00
Amortização de investimento	40,00
Total	140,00

Fonte: Estudos de mercado do autor

4.3.3 Cenário 3: transporte intermodal

Neste cenário, o transporte combina rodovias e ferrovias. A soja é transportada inicialmente por caminhões das áreas produtoras até terminais ferroviários, e de lá segue por trem até o Porto de Santos.

Características principais:

- Flexibilidade: Uso do modal rodoviário para curtas distâncias e do ferroviário para longas.
- Custo Operacional: Reduzido em comparação ao cenário 100% rodoviário, mantendo investimentos mais modestos em infraestrutura do que no cenário 100% ferroviário.
- Impactos ambientais: Redução significativa de emissões de GEE devido à menor dependência de caminhões.

Tabela 3: Estimativa de custos intermodais por tonelada transportada, considerando *handlings* (2023) – custo médio do trecho Centro-Oeste / Santos

Componente	Custo por tonelada (R\$)
Rodoviário (curto trecho)	50,00
Ferroviário (longo trecho)	90,00
Total	140,00

Fonte: Estudos de mercado do autor

4.4 Análise comparativa dos custos

4.4.1 Cálculo do Custo Total por Cenário

A análise financeira comparativa foi baseada nos custos estimados por tonelada transportada e na produção anual de soja no Centro-Oeste. A tabela abaixo resume os custos totais para o transporte de 50 milhões de toneladas, considerando cada cenário:

Tabela 4: Custo total anual por cenário (R\$ milhões)

Cenário	Custo por tonelada (R\$)	Produção (toneladas)	Custo Total (R\$ milhões)
100% Rodoviário	215,00	50.000.000	10.750
100% Ferroviário	140,00	50.000.000	7.000
Intermodal	140,00	50.000.000	7.000

4.4.2 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é um instrumento essencial para avaliar como diferentes variáveis impactam a viabilidade e os custos dos modais de transporte, permitindo identificar os principais fatores que influenciam a tomada de decisão. Neste caso, ela busca entender as consequências de mudanças em quatro variáveis-chave: custo de combustíveis, investimentos em infraestrutura, eficiência operacional e impacto ambiental. O objetivo principal é antecipar como esses fatores podem alterar a dinâmica do transporte e fornecer subsídios para a adoção de soluções mais eficientes e sustentáveis. A seguir, cada um desses aspectos será analisado, destacando suas implicações no sistema logístico brasileiro.

1. Impacto dos custos de combustíveis: Tanto o modal rodoviário quanto o ferroviário dependem majoritariamente do diesel para suas operações. No modal rodoviário, o diesel representa cerca de 35% do custo operacional total de um caminhão. No modal ferroviário, o diesel é utilizado para tracionar locomotivas diesel-elétricas, que, devido à maior capacidade de carga das ferrovias, apresentam um custo por tonelada transportada mais competitivo em comparação aos caminhões.

De acordo com a ANTT (2023), um aumento de 10% no preço do diesel resulta em um aumento proporcional de até 7% no custo total por tonelada transportada no modal rodoviário. Para as ferrovias, embora o impacto também seja significativo, a maior eficiência no transporte de grandes volumes dilui esse aumento, limitando-o a cerca de 3% nos custos totais.

Essa diferença se explica pela capacidade das locomotivas ferroviárias de transportar um volume muito maior de carga por unidade de energia consumida. Em uma rota típica entre o Centro-Oeste e o Porto de Santos, um trem pode substituir até 80 caminhões, reduzindo significativamente o custo operacional agregado.

2. Investimentos em infraestrutura: A expansão da malha ferroviária no Brasil é um fator crucial para a viabilidade do transporte intermodal. Estudos da CNT (2021) apontam que o custo médio de construção de ferrovias no país é de R\$ 12 milhões por quilômetro, podendo atingir R\$ 18 milhões em regiões com alto relevo e necessidade de pontes e viadutos. Esses investimentos, embora elevados, são amortizados por sua vida útil de mais de 50 anos e pela capacidade de reduzir custos logísticos em até 30% em comparação ao modal rodoviário.

3. Eficiência operacional e sazonalidade: O transporte intermodal apresenta a maior resiliência frente às variações de demanda, especialmente durante os picos de safra. De acordo com dados do IBGE (2023), a produção de soja no Centro-Oeste atinge seu pico entre abril e junho, aumentando a demanda por transporte em até 40%. Nesse cenário, a combinação de modais permite uma distribuição mais eficiente da carga, reduzindo gargalos logísticos. Além disso, a flexibilidade do transporte intermodal garante maior agilidade na adaptação às flutuações de mercado.

4. Impacto ambiental: O modal ferroviário é significativamente mais eficiente em termos ambientais. Um estudo da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2023) indica que as emissões de CO₂ por tonelada transportada em ferrovias são cerca de 70% menores do que no modal rodoviário. Em um contexto de pressão internacional por metas de descarbonização, a adoção do modal ferroviário e intermodal pode representar uma vantagem competitiva para o agronegócio brasileiro.

Dessa forma, os resultados apresentados na análise de sensibilidade indicam que o transporte intermodal emerge como a opção mais vantajosa para atender às demandas logísticas do escoamento da soja do Centro-Oeste ao Porto de Santos. Essa configuração não apenas apresenta custos reduzidos em relação ao modal rodoviário tradicional, mas também contribui significativamente para a sustentabilidade ambiental, com emissões reduzidas de CO₂. Além disso, a combinação dos modais rodoviário e ferroviário permite maior flexibilidade para lidar com os desafios sazonais da produção de grãos. Para que essa transição seja plenamente viável, é fundamental que sejam implementadas políticas públicas que incentivem investimentos consistentes em infraestrutura e na adoção de tecnologias que otimizem a integração modal.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

A principal vantagem do transporte intermodal consiste em combinar as potencialidades dos diferentes modos de transporte. Desta combinação podem resultar importantes reduções dos custos económicos, segurança rodoviária, poluição, consumo de energia, redução do tráfego rodoviário, e, conseqüente, diminuição de acidentes. Permite, caso seja utilizado o modo ferroviário ou marítimo, que o transporte seja efetuado ao fim de semana ou de noite, com segurança, por exemplo.

Entende-se que o transporte intermodal só poderá ser uma realidade se for competitivo perante o transporte rodoviário (unimodal) e, para que tal aconteça, será decisivo que, no processo de mudança de modo de transporte, este seja eficaz e de baixo custo; caso contrário, este sistema poderá não ser eficiente para o objetivo final. O processo de mudança de modo de transporte poderá tornar todo o sistema menos eficiente, implicar um aumento dos custos, provocar demoras e menor viabilidade nos prazos de entrega, devido aos processos administrativos burocráticos. Será necessário reduzir tais custos e apostar numa correta gestão da armazenagem e da informação. Além disso, será necessário normalizar e unificar as várias unidades de carga de transporte intermodal dos diferentes países, por exemplo, contentores.

Para que tudo seja um sucesso é necessário possuir uma rede de infraestruturas, novas tecnologias, simplificação de processos administrativos e redução dos custos na mudança de modo de transporte. O transporte intermodal é utilizado com o objetivo de facilitar o serviço, mesclando os modais. No final do transporte de cargas com intermodalidade, os custos são mais satisfatórios e a qualidade do transporte, e não só de cargas, pode ser ainda melhor.

A análise realizada demonstra que o cenário intermodal é a solução mais equilibrada para o escoamento da soja do Centro-Oeste ao Porto de Santos, considerando custos, impactos ambientais e necessidade de investimentos. As principais conclusões incluem:

1. Custo por Tonelada: o cenário intermodal apresenta custo competitivo (R\$ 140 por tonelada), equivalente ao cenário 100% ferroviário, mas com menor necessidade de investimento inicial (R\$ 15 bilhões contra R\$ 30 bilhões).

2. Impactos Ambientais: o transporte intermodal reduz significativamente as emissões de gases de efeito estufa em comparação ao rodoviário (40% menos CO₂ por tonelada transportada), contribuindo para os compromissos de sustentabilidade do Brasil no Acordo de Paris.
3. Viabilidade Operacional: o modelo intermodal aproveita a infraestrutura existente e requer menos obras de infraestrutura pesada do que o cenário ferroviário, com maior flexibilidade para atender à sazonalidade da produção agrícola.

5.2 Recomendação

Para garantir a implementação do cenário intermodal, recomenda-se:

1. Investimentos Estratégicos:
Priorizar a construção e modernização de terminais intermodais, além de estimular parcerias público-privadas para viabilizar investimentos na malha ferroviária.
2. Incentivos Fiscais e Regulatórios:
Implementar políticas de incentivo, como redução de impostos para operadores intermodais, financiamento facilitado para a compra de locomotivas e vagões, e melhorias nos processos de concessão ferroviária.
3. Integração de Modais:
Criar programas que promovam a integração tecnológica entre rodovias e ferrovias, incluindo sistemas de gestão de carga e logística em tempo real para otimizar fluxos e reduzir custos operacionais.
4. Monitoramento e Ajustes Contínuos:
Estabelecer mecanismos de monitoramento do desempenho intermodal, incluindo medições de custos, tempos de transporte e emissões de carbono, para ajustar estratégias conforme necessário.

6. REFERÊNCIAS

Artigo de Rui Rodrigues www.maquinistas.org)

<<https://portogente.com.br/portopedia/74025-intermodal-e-intermodalidade>>

Site da empresa Mitsui Rail Capital Participações Ltda <<https://mrcla.com.br>>

Site da empresa Axi Shipping <<https://axisshipping.com.br/transporte-maritimo-vantagens-e-desvantagens/>>

Site da empresa TOTVS <<https://www.totvs.com/blog/gestao-logistica/transporte-dutoviario-no-brasil/>>

Nazario, Paulo. Papel do transporte na estratégia logística. In: [Logística empresarial: a perspectiva brasileira](#) / (organização) Paulo Fernando Fleury, Peter Wanke, Kleber Fossati Figueiredo. São Paulo: Atlas, 2000. <<https://ilos.com.br/intermodalidade-importancia-para-a-logistica-e-estagio-atual-no-brasil/>>

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. Plano Nacional de Logística. www.antt.gov.br. Brasília, 2021.

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. Relatório Anual de Transporte Ferroviário. www.antt.gov.br. Brasília, 2023.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. *Pesquisa de Custos Logísticos no Brasil*. São Paulo, 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal 2023*. Rio de Janeiro, 2023.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). *Relatório de Sustentabilidade Logística no Brasil*. Paris, 2023.

ALMEIDA, Renato Bruno Longo. ***Vantagens da intermodalidade e da multimodalidade nos transportes e a importância do OTM (Operador de Transporte Multimodal)***. 2009. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/18330/1/RENATO%20BRUNO%20LONGO%20ALMEIDA.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

KUSSANO, Marilin Ribeiro; BATALHA, Mário Otávio. ***Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo***. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, n. 4, p. 859-871, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/fsxNvjK6dF9wBmYLY97dPdF/?lang=pt>. Acesso em: 26 set. 2024.

AMARAL, Mônica do; ALMEIDA, Marina Soares; MORABITO, Reinaldo. **Um modelo de fluxos e localização de terminais intermodais para escoamento da soja brasileira destinada à exportação**. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 19, n. 4, p. 821-838, 2012. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/gp/a/TJfkGhCht3Mp6qnr7kY79nq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 set. 2024.

MARTINS, Ricardo Silveira; LOBO, Débora da Silva; ALVES, Alexandre Florindo; SPROESSER, Renato Luiz. **Fatores relevantes na contratação de serviços em terminais intermodais para graneis agrícolas**. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 52, n. 4, p. 633-652, 2014. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/resr/a/3BGNZrwKNZNM6tKc8jmx4Xp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 set. 2024.

GEMIGNANI, Marcelo; LAMBAIS, Thaion B.; ROCHA, Thais C. F.; SILVA, Pedro José da. **Multimodalidade aplicada ao escoamento das principais massas econômicas com destino à exportação pelo Porto de Santos**. *Society for Engineering and Welfare*, São Paulo, 2014. Disponível em:
<https://copec.eu/congresses/shewc2014/proc/works/39.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

CONSELHO NACIONAL DE TRANSPORTE (CNT). **Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho**. Brasília: CNT, 2017. Disponível em:
<https://cnt.org.br/entraves-logisticos-escoamento-soja-milho>. Acesso em: 26 set. 2024.

KUMIMOTO, Cristina; CHAVES, Leandro; MARCOVISTZ, Luciana; SHIBAO, Luiz Estevão. **Gestão de custo na cadeia logística, visando integração entre modais**. 2017. Disponível em:
<https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/22/1/Gest%c3%a3o%20de%20custo%20na%20cadeia%20log%c3%adstica%2c%20visando%20integra%c3%a7%20c3%a3o%20entre%20modais.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

BARCELOS, Tadeu França Pires; REIS, Thalyta Cristina de Carvalho. **Relação do modal ferroviário com o Porto de Santos**. *Encontro Nacional de Logística, Transportes e Mobilidade Urbana*, 2019. Disponível em:
<https://www.unisantos.br/wp-content/uploads/2019/12/Anais-do-1o-Encontro-Nacional-de-Log%20C3%ADstica-Transportes-e-Mobilidade-Urbana.pdf#page=9>. Acesso em: 26 set. 2024.

BERTI, Luis Carlos. **O modal hidroviário como oportunidade de integração logística: a utilização da hidrovia Tietê-Paraná como alternativa para o escoamento

de soja para exportação do estado do Mato Grosso para o Porto de Santos**. 2019. Tese (Mestrado em Logística). Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-11072019-175449/publico/2019_LuisCarlosBerti_VCorr.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-11072019-175449/publico/2019_LuisCarlosBerti_VCorr.pdf). Acesso em: 26 set. 2024.

CARVALHO, Andressa Bossa; GALVÃO, Breno Dantas. **Exportação da soja pelo Porto de Santos: modificações e limitações logísticas**. *FATEC*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2021/parte2/976-1350-1-RV.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

PANZAM, Anacelia; SANTOS, Jeans; GADELHA, Mônica; AMARAL, Rafael; GOMES, Rogério; LUDWIG, Victor. **Estudo de viabilidade de solução intermodal (PIGGYBACK) na região Sudeste**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/578/1/Estudo%20de%20viabilidade%20de%20solu%c3%a7%c3%a3o%20intermodal%20%28PIGGYBACK%29%20na%20regi%c3%a3o%20Sudeste.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

FORBES. **Exportação de grãos, farelo de soja e açúcar pelo porto de Santos cresceu em 11% em 2022, diz VLI**. *Forbes Agro*, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2023/05/exportacao-de-graos-farelo-de-soja-e-acucar-pelo-porto-de-santos-cresceu-em-11-em-2022-diz-vli/>. Acesso em: 26 set. 2024.