



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Tecnologia



Murilo Magalhães

Diagnóstico e Análise de Custos Logísticos da Rota de Exportação de Celulose: O Caso de Três Lagoas

**LIMEIRA – SP
JUNHO/2024**



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Tecnologia



Murilo Magalhães

Diagnóstico e Análise de Custos Logísticos da Rota de Exportação de Celulose: O Caso de Três Lagoas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de
Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas como
requisito parcial para a obtenção do título de
Engenheiro de Transportes.

Orientador: Profa. Dra. Fabiana Maria da Silva

**LIMEIRA – SP
JUNHO/2024**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Biblioteca da Faculdade de Tecnologia
Mariana Xavier - CRB 8/9615

M27d Magalhães, Murilo, 2001-
Diagnóstico e análise de custos logísticos da rota de exportação de celulose :
o caso de Três Lagoas / Murilo Magalhães. – Limeira, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: Fabiana Maria da Silva.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de
Campinas (UNICAMP), Faculdade de Tecnologia.

1. Logística - Brasil. 2. Transporte Ferroviário. 3. Celulose - Exportação. I.
Silva, Fabiana Maria da, 1987-. II. Universidade Estadual de Campinas
(UNICAMP). Faculdade de Tecnologia. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Diagnosis and logistic cost analysis of the cellulose export route: the
case of Três Lagoas

Palavras-chave em inglês:

Logistics - Brazil

Railroads

Cellulose - Export

Titulação: Engenheiro de Transportes

Banca examinadora:

Fabiana Maria da Silva [Orientador]

William Machado Emiliano

Augusto Carlos Gomes da Silva

Data de entrega do trabalho definitivo: 26-06-2024

RESUMO

Ao longo dos anos, o modal ferroviário no Brasil passou por diversas fases, desde a sua expansão no início do século 20 até a era das concessões federais a partir da década de 90. Mesmo com diversas mudanças, a ferrovia segue como a alternativa mais adequada para o transporte de cargas volumosas por grandes distâncias. Nesse contexto, existe uma grande e crescente demanda pelo transporte de celulose produzida no interior rumo à exportação. O trabalho buscou estudar o caso específico do transporte de celulose das empresas Suzano e Eldorado Brasil, desde as fábricas em Três Lagoas-MS até o Porto de Santos. Foi feita a comparação dos custos logísticos calculados para dois cenários diferentes: o primeiro cenário é a situação atual do transporte, que utiliza os modais rodoviário e ferroviário, além do transbordo da carga, e o segundo cenário é a rota futura, utilizando apenas o modal ferroviário, já com a implantação da ferrovia projetada EF-466. Os resultados foram favoráveis ao segundo cenário, que proporcionou um custo logístico 21% menor que o cenário atual para o transporte da celulose.

Palavras-chave: Custos Logísticos, Transporte Ferroviário, Celulose.

ABSTRACT

Over the years, the railway modal in Brazil passed through some stages, since their expansion at the beginning of the 20th century to the federal concessions era from the 1990s. Despite various changes, the railways continue as the most suitable alternative for the transport of high load volume along big distances. In this context, there is a great and growing demand for cellulose transport manufactured in the countryside to exportation. The work aimed to study the specific case of the transport of cellulose from the companies Suzano and Eldorado Brasil, from the industries in the city of Três Lagoas-MS to the Port of Santos. A comparison of logistic costs was made, for two different scenarios: the first scenario is the actual situation of the transport, that utilize the road and railway modals, as well as the cargo transshipment, and the second scenario is the future way, utilizing only the railway modal, already with the implementation of the projected railroad EF-466. The results were favorable to the second scenario, offering a logistic cost 21% smaller than the actual scenario for cellulose transport.

Keywords: Logistic Costs, Railway Transport, Cellulose.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa das ferrovias atuais e projetadas pela Valec.	12
Figura 2: Mapa das novas ferrovias autorizadas.	14
Figura 3: Mapa das ferrovias desativadas no Brasil.....	16
Figura 4: Matriz de transporte dos países.	18
Figura 5: Evolução da produção ferroviária de 2006 a 2022.	19
Figura 6: Cargas transportadas por ferrovia em 2022.	20
Figura 7: Produção por concessionária ferroviária em 2022.....	21
Figura 8: Capacidade instalada e taxa de utilização.....	23
Figura 9: Produtividade das florestas de eucalipto nos países.	24
Figura 10: Destinação da produção de celulose dos países.....	26
Figura 11: Composição de custos da produção de celulose.	27
Figura 12: Terminais ferroviários de embarque de celulose.	29
Figura 13: Transporte de celulose por ferrovia.	30
Figura 14: Rota para transporte da celulose de Três Lagoas ao Porto de Santos.....	32
Figura 15: Unidades fabris das empresas Suzano e Eldorado em Três Lagoas-MS.	33
Figura 16: Terminais Portuários de celulose usados pela ferrovia.....	36
Figura 17: Fluxograma logístico do transporte de celulose.	38
Figura 18: Caminhão bitrem de celulose da Suzano.	39
Figura 19: Locomotivas da Suzano.	40
Figura 20: Novos vagões modelo FLT da Suzano.	40
Figura 21: Fluxograma do trabalho.	43
Figura 22: Projeto da nova ferrovia EF-466.....	46
Figura 23: Custos de cada cenário.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Extensão das ferrovias (quilômetros) e empresas operadoras.....	13
Tabela 2: Maiores produtores de celulose em 2020.....	25
Tabela 3: Maiores exportadores de celulose em 2020.....	25
Tabela 4: Maiores empresas de celulose do Brasil por faturamento anual.	28
Tabela 5: Volume transportado por ferrovia origem-destino em 2023.....	37
Tabela 6: Custo de transporte da etapa rodoviária e custo de transbordo.	50
Tabela 7: Custo de transporte da etapa ferroviária.	51
Tabela 8: Custos do Cenário 1.....	52
Tabela 9: Custos do Cenário 2.....	53

LISTA DE SIGLAS

ANTF: Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários.

ANTT: Agência Nacional de Transportes Terrestres.

CNT: Confederação Nacional do Transporte.

DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

FEPASA: Ferrovia Paulista S.A.

IBÁ: Indústria Brasileira de Árvores.

RFSA: Rede Ferroviária Federal S.A.

SIAD: Sistema de Acompanhamento do Desempenho Operacional das Concessionárias.

SUPER: Superintendência de Transporte Ferroviário.

SUMÁRIO

1. Introdução	8
2. Revisão Bibliográfica	10
2.1. Caracterização do Sistema Ferroviário	10
2.2. Caracterização da Logística Ferroviária	18
2.3. Indústria e Mercado da Celulose	22
3. Estudo de Caso	31
3.1. Etapa 1	32
3.2. Etapa 2	34
3.3. Transbordo Intermodal	37
3.4. Operação	38
3.5. Projetos Relacionados	41
4. Metodologia	42
5. Desenvolvimento do Trabalho	44
5.1. Apresentação da Nova Ferrovia	44
5.2. Determinação dos Custos Logísticos	46
5.3. Discussão	54
6. Conclusão	57
7. Referências Bibliográficas	58

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que se destaca no mundo pelo seu potencial de produção agrícola. A sua competitividade no cultivo de grãos como soja e milho é amplamente conhecida, mas atualmente, um setor que vem ganhando destaque é a produção de celulose, que se trata de um produto da agroindústria que tem como matéria-prima a madeira, que no Brasil é proveniente na maior parte do eucalipto, possuindo uma base florestal de plantio altamente eficiente. Outro fator que compõe a cadeia de produção da celulose são as fábricas, que processam a madeira vinda das plantações e a transformam em celulose. A etapa de plantio possui como principal dificuldade a grande extensão de terras necessária para realizá-lo, enquanto a implantação de uma fábrica de celulose requer altos investimentos, na casa de R\$ 8 bilhões a R\$ 10 bilhões (DA HORA, 2017), por isso a indústria da celulose é composta por grandes empresas do setor com capital que possibilite a implantação de uma unidade fabril eficiente. Vale enfatizar que a produção de celulose muitas vezes se faz separada da produção de papel, sendo que a celulose pode ser considerada um segmento econômico à parte.

Nos últimos anos, o segmento da celulose vem ganhando força devido ao seu rápido avanço e potencial para crescer ainda mais, devido principalmente à alta competitividade do Brasil na etapa de plantio do eucalipto. Desde o ano 2000 até 2015, a capacidade de produção de celulose brasileira cresceu cerca de 270% (DA HORA, 2015), e a exportação do produto cresceu 280% no mesmo período (IBÁ, 2019). Além disso, o Brasil é atualmente o maior exportador de celulose do mundo: em 2020, foram 15,6 milhões de toneladas, correspondendo a 22,8% do total mundial (IBÁ, 2021).

A celulose, apesar de ser um produto industrializado, é considerada uma *commodity*, por possuir produção em larga escala, características físicas homogêneas, ser usada como matéria-prima para outros produtos e com preço determinado pelo mercado internacional. Assim, o transporte da celulose se torna um fator importantíssimo na sua comercialização, pois, já que a mercadoria em si possui um valor relativamente baixo, o custo do frete representa uma parcela significativa do custo total da cadeia, afetando o preço final para os compradores e assim impactando na competitividade internacional do País no setor.

Ao mesmo tempo em que o setor de *commodities* agrícolas cresce (CNA, 2024), surge a necessidade cada vez maior de meios logísticos para escoamento da carga de forma eficiente. O modal ferroviário é a alternativa ideal para realizar o transporte de celulose das regiões

produtoras até os portos, devido às suas características amplamente conhecidas de eficiência no transporte de cargas volumosas por grandes distâncias.

A matriz de transportes brasileira indica uma priorização excessiva do modal rodoviário para o transporte de cargas, em detrimento da subutilização da capacidade ferroviária. A indústria da celulose se destaca como um impulsionador do segmento ferroviário, já que o transporte ferroviário de celulose vem se consolidando ao longo dos últimos anos e ainda tem muito potencial de aprimoramento.

As características mencionadas acima, dentre outros fatores, servem como justificativa para a escolha do tema deste trabalho, que procura abordar como se dá a logística da celulose e apontar os gargalos e fraquezas do sistema de transportes, focando na análise de um caso específico de transporte de celulose.

Ao longo do trabalho, serão abordadas questões pertinentes que possam agregar conhecimento e que permitam inferir ideias e conclusões a respeito do tema. A indústria da celulose surge como a grande demanda a ser atendida pelo transporte, justificando todo o esforço em mapear, analisar e dimensionar o mesmo, e representando o contexto sobre o qual o trabalho será realizado. O modal de transporte ferroviário é o carro-chefe do trabalho, e será abordado por diversos parâmetros, mas com enfoque nos âmbitos logístico e de infraestrutura intrínsecos a esse modal.

Este trabalho tem como objetivo geral coletar dados e informações relevantes a respeito do modal ferroviário e da indústria da celulose, servindo como introdução para a análise do caso estudado por meio do cálculo dos custos logísticos.

Os objetivos específicos do trabalho são: Descrever e analisar a rota atual do transporte de celulose desde os centros produtivos em Três Lagoas-MS até o Porto de Santos, apresentar o projeto da nova ferrovia para o escoamento da celulose produzida, calcular os custos logísticos para dois cenários diferentes, e por fim analisar de maneira comparativa os resultados calculados, verificando as vantagens e desvantagens dos cenários.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização do sistema ferroviário

A história das ferrovias no Brasil começa no Rio de Janeiro, em 1854, com a construção da primeira ferrovia ligando Petrópolis a Porto Mauá, e sua principal motivação foi a exportação de café para a Europa. Graças à iniciativa de Barão de Mauá, o Brasil pôde perceber o benefício que uma ferrovia é capaz de proporcionar a uma rede de transporte. Mais tarde, outras ferrovias foram inauguradas em diferentes regiões do País, também com a função de exportação de produtos agrícolas, contando com a ajuda de capital inglês. Assim, o Brasil se consolida como uma potência exportadora.

Os incentivos governamentais foram imprescindíveis para a expansão do transporte ferroviário no século 19. A política da Garantia de Juros entre 1852 e 1880 possibilitou o aumento do investimento na construção de novas vias com um menor risco financeiro. Em 1877, 1120 km de ferrovias haviam sido construídas, e em 1920, o País já contava com 28500 km (LANNA, 2005). Em 1958, a malha ferroviária brasileira atingiu seu auge com 37967 km em operação (SILVA, MACAMBIRA, ROCHA, 2019). Nessa época, o modal ferroviário era o principal meio de transporte utilizado para cargas e passageiros.

O declínio do modal ferroviário no Brasil começou na década de 1950, devido a incentivos do governo federal ao setor rodoviário e priorização à construção de rodovias ao invés de ferrovias. Desde então, diversos ramais foram erradicados, sobrando as linhas principais e troncais, ou seja, apenas os trechos referentes a trajetos mais longos e com maior volume de carga continuaram sendo utilizados. Na década de 1990, devido ao endividamento das empresas estatais ferroviárias, foi iniciado o processo de desestatização, concedendo os ativos ferroviários à iniciativa privada. A malha pertencente às estatais RFFSA (Rede Ferroviária Federal SA), FEPASA (Ferrovia Paulista SA), Ferroeste e Companhia Vale do Rio Doce foi dividida em trechos e transferida a operadores privados através de edital de concessão. A privatização do transporte ferroviário se tornou imprescindível, pois, como explica Marques (1996), a ineficiência, a estagnação da competição intermodal no mercado do transporte, déficits operacionais e deterioração do nível de serviço, foram fatores que desencadearam a privatização da RFFSA.

O modelo do edital de concessão de 1992 teria como objetivos: aumentar a eficiência do sistema de transporte ferroviário, estimular a melhoria dos serviços prestados, a conservação,

racionalização e expansão das linhas, além de viabilizar o equilíbrio econômico-financeiro do empreendimento. Em resumo, a desestatização das ferrovias almejava fomentar investimentos no setor e proporcionar uma operação viável financeiramente para o sistema ferroviário.

Atualmente, existem 13 concessões ferroviárias em operação no Brasil, de acordo com a ANTT (2023). A maior parte da malha concedida é operada por quatro empresas: Rumo, VLI, MRS e Vale. A Rumo é uma empresa que foi criada pela Cosan, fabricante de açúcar e álcool, para englobar a malha ferroviária da extinta ALL, que compreende a Malha Sul, Malha Oeste, Malha Norte e Malha Paulista, esta última teve seu contrato renovado até 2058 recentemente. Em 2019 a Rumo adquiriu a concessão da Ferrovia Norte Sul tramos Central e Sul, que está em operação comercial desde 2021. Também em 2021, a empresa optou por desistir da concessão da Malha Oeste, a qual deverá ser relicitada no futuro. A VLI Logística, desde que foi criada pela Vale em 2011, possui a concessão da Ferrovia Norte Sul tramo Norte e da Ferrovia Centro Atlântica (FCA). A MRS Logística controla boa parte da malha herdada da antiga RFFSA em bitola larga, possuindo a concessão desde 1996. Recentemente o seu contrato de concessão foi renovado até 2056, com um plano sólido de investimentos como contrapartida. A Vale, diferentemente das empresas anteriores, é uma mineradora, privatizada em 1997 e que possui dois corredores ferroviários próprios: a Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) e a Estrada de Ferro Carajás (EFC).

Para os próximos anos, o futuro das ferrovias é promissor, pois em agosto de 2021 o Governo Federal promulgou o Marco Legal das Ferrovias (Lei 14273/2021), também chamado de Programa Pro Trilhos, um novo modelo regulatório que permite que empresas possam apresentar seus próprios projetos de ferrovias, construí-las e operá-las. As ferrovias implantadas nesse modelo não seguirão mais o regime de concessão, mas sim o de autorização, já que os ativos de infraestrutura serão inteiramente privados, diferentemente das atuais ferrovias concedidas que são propriedade da União.

Após um ano, o Pro Trilhos recebeu 89 propostas de novas ferrovias, apresentadas por 39 empresas diferentes, sendo 27 propostas já autorizadas pelo governo. Os projetos apresentados somam aproximadamente R\$ 258 bilhões em investimentos privados e representam 22442 quilômetros de novas ferrovias. Até a data mais recente (outubro de 2023), já ocorreram 106 propostas de novos projetos, das quais 46 foram autorizadas, por parte de 52 diferentes interessados da iniciativa privada. Sobre os interessados que apresentaram as propostas, não são apenas operadores ferroviários consolidados, mas

também empresas de diversos ramos da indústria, agronegócio e mineração que desejam uma alternativa para escoar suas cargas de forma mais eficiente (ANTT, 2023).

Na Figura 1, estão mapeadas todas as ferrovias sob concessão atualmente e os projetos de novas ferrovias apresentados pela Valec – empresa do Governo Federal responsável pela construção de infraestrutura. Desses novos projetos, apenas a FIOLE – Ferrovia de Integração Oeste-Leste e a FICO – Ferrovia de Integração Centro-Oeste estão com obras iniciadas, com previsão de conclusão para 2026 e 2025, respectivamente (Infra S.A. e ANTT, 2023).

Figura 1: Mapa das ferrovias atuais e projetadas pela Valec.



Fonte: DNIT, 2023.

Na Tabela 1 estão descritas as ferrovias atualmente concedidas, as respectivas extensões das concessões e as empresas concessionárias que as controlam. O que chama a atenção é a extensão administrada pela empresa Rumo, que chega a 12906 quilômetros de ferrovias.

Tabela 1: Extensão das ferrovias (quilômetros) e empresas operadoras.

Empresa	Ferrovia	Bitola			TOTAL
		Larga	Métrica	Mista	
Vale	EFC	996,7	-	-	996,7
Ferroeste	EFPO	-	248,1	-	248,1
Vale	EFVM	-	879,2	15	894,2
VLI	FCA	-	7709,7	147,1	7856,8
Rumo	RMC	855,8	-	-	855,8
VLI	FNSTN	744,5	-	-	744,5
Ferrovia Tereza Cristina	FTC	-	161,6	-	161,6
Ferrovia Transnordestina	FTL	-	4275,1	20	4295,1
MRS	MRS	1739,4	-	81,9	1821,3
Rumo	RMN	735,3	-	-	735,3
Rumo	RMO	-	1973,1	-	1973,1
Rumo	RMP	1545,8	304,2	269,2	2119,2
Rumo	RMS	-	7223,4	-	7223,4

Fonte: ANTT, 2021.

Na Figura 2, são apresentados os projetos das ferrovias decorrentes do Novo Marco Regulatório, que serão construídas com investimento totalmente privado.

Figura 2: Mapa das novas ferrovias autorizadas.



Fonte: ANTT, 2024.

A malha ferroviária nacional contém cerca de 28,2 mil quilômetros sob concessão, distribuídos em todas as regiões do País. A maior parte é proveniente das estatais ferroviárias que foram privatizadas na década de 90, mas algumas ferrovias foram construídas por outras formas de regulamentação. Assim é o caso da Estrada de Ferro Carajás, que surgiu como um plano do Governo Federal para explorar a produção de minério de Ferro no Pará, e foi dada a concessão para a empresa Amazônia Mineração S/A construir e operar, que posteriormente foi adquirida pela Vale. Outro exemplo é a Ferrovia Norte Sul, que também é fruto de um plano do Governo Federal, de conectar o País de Norte a Sul. A infraestrutura foi construída pela Valec, e então concedida à iniciativa privada (Infra S.A, 2023).

As ferrovias construídas em época mais recente já contam com um traçado mais adequado às demandas de transporte atuais. Os trens maiores e mais pesados da atualidade, usados pelas maiores concessionárias do País na modalidade *heavy haul*¹, exigem que o projeto das ferrovias seja de alto padrão, possuindo características técnicas suficientes para suportar

¹ *Heavy Haul*: Modalidade de operação ferroviária em que se utiliza o máximo da capacidade da ferrovia para o transporte de cargas pesadas, principalmente minério de ferro e grãos (Revista Ferroviária, 2023).

essas composições de forma segura e eficiente. A exemplo do projeto da Ferrogrão, proposto pelo Governo Federal em 2016, podem ser citadas algumas características técnicas satisfatórias para a demanda atual: rampa máxima de 1,45%, raio de curva mínimo de 529 m, capacidade de suporte de 32,5 toneladas por eixo, dormentação de concreto e trilhos modelo TR-68 (ANTT, 2021).

Em contrapartida a isso, a malha sob concessão herdada das antigas estatais se encontra defasada, como é o caso da Malha Oeste, a qual será abordada com mais detalhes em capítulo posterior, que possui especificações muito inferiores ao aceitável para novos projetos, como rampa máxima de 3,50%, raio de curva mínimo de 124 m e dormentação de madeira (ANTT, 2022). Essas características fazem com que a ferrovia não seja capaz de suportar trens mais pesados e locomotivas modernas, restringindo a capacidade e a eficiência do transporte de cargas.

Ainda sobre a malha atual concedida, proveniente das operadoras estatais, é importante ressaltar que uma grande porcentagem dessa malha está atualmente desativada, ou seja, sem tráfego de trens comerciais. Na Figura 3 estão mapeados os trechos ferroviários que foram desativados, mas que ainda pertencem às suas concessões.

Figura 3: Mapa das ferrovias desativadas no Brasil.



Fonte: Adaptado de ANTT, 2024.

De toda a malha ferroviária sob concessão, até o ano de 2017, são 8335 quilômetros de ferrovias que estão sem movimentação de carga, representando cerca de 38% do total. Desses, 6199 quilômetros foram declarados como sem capacidade instalada, ou seja, não possuem condição técnica mínima para o tráfego de trens. Esses dados foram fornecidos pelas próprias concessionárias à ANTT (Wanderley, 2019), porém, além desses trechos declarados oficialmente, existem outros trechos que estão ociosos. Na coleta de dados mais recente, até 2023, a extensão dos trechos desativados chega a 9866 quilômetros, considerando o encerramento das operações na linha tronco da Malha Oeste (ANTT, 2023).

Ao observar o mapa das ferrovias desativadas, pode-se notar um conjunto de características que estão presentes na maioria dessas ferrovias. Em relação à infraestrutura ferroviária, a principal questão notada é a bitola, que em 88% das ferrovias desativadas é a bitola métrica. A bitola métrica (também chamada de bitola estreita) possui 1,00 m de largura, apresentando capacidade de carga inferior à bitola larga, de 1,60 m, o que prejudica a eficiência e a

competitividade do transporte. Além da bitola, existem outras especificações inferiores da via que estão presentes nessas ferrovias, sendo a rampa máxima, o raio de curva e tipo de dormente utilizado, como já mencionado anteriormente, entre outras características.

A geografia dos trechos desativados também é um fator a ser ressaltado; observando-se o mapa, é possível notar que a maior parte desses trechos fazem parte de ramais menores, que se conectam com a linha tronco, mas não são a principal rota de escoamento das cargas. Ou então possuem traçado que não se caracteriza como rota de exportação de *commodities* do interior até os portos do País.

A discussão sobre as causas do abandono das ferrovias é bastante complexa, pois podem ser considerados diversos fatores econômicos, financeiros e operacionais, mas em geral o abandono de uma ferrovia acontece porque a sua operação se torna inviável economicamente para a empresa concessionária, que acaba concentrando seus investimentos em suas ferrovias mais lucrativas. Wanderley (2019) afirma que uma malha ferroviária se adapta às modificações nos fluxos econômicos e comerciais, o que determina a construção de novas ferrovias ou o abandono de ferrovias defasadas. Isso justifica a decisão da concessionária sobre qual trecho deve investir seus recursos financeiros.

Cabe destacar que a desativação de trechos ferroviários concedidos vai contra a Lei nº 8.987/1995, que estabelece que o serviço de transporte ferroviário deve garantir a continuidade do atendimento às demandas existentes, sendo permitida a interrupção apenas por razão técnica, de segurança ou por inadimplência do usuário. Porém, segundo Silveira (2016), as concessionárias não cumpriram as exigências legais e nem apresentaram justificativa ao desativar diversos trechos de suas concessões. O Governo Federal, em 2011, publicou a Deliberação nº 124, que obrigava as concessionárias a apresentarem planos de revitalização dos trechos abandonados e sem tráfego, mas não exigiu que as mesmas reestabelecessem o tráfego de cargas, dando a oportunidade às concessionárias de determinar a desativação definitiva de trechos (SILVEIRA, 2016).

Uma alternativa para solucionar essa realidade de desativação ferroviária é a proposta das *shortlines*, que significa um modelo regulatório que concede trechos menores e de menor demanda a outras empresas transportadoras, enquanto as linhas tronco e de maior movimentação continuam sob administração de grandes empresas.

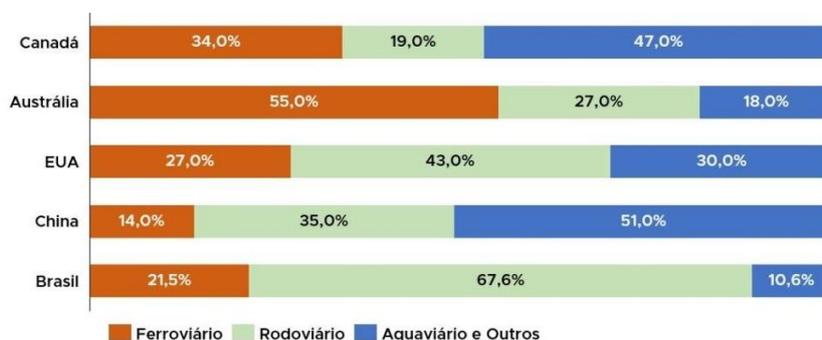
Lanza (2020) se dedicou a estudar a proposta das *shortlines*. Ele explica que uma *shortline* é uma ferrovia de abrangência regional, em comparação a uma ferrovia de abrangência

nacional. A aplicação desse modelo nos Estados Unidos possibilitou a entrada de pequenos e médios empreendedores no mercado ferroviário prestando serviços em linhas regionais, que antes vinham sendo descontinuados pelas empresas maiores. Wanderley (2019) conclui que o modelo norte-americano é uma “unanimidade paradigmática” quando se precisa enfrentar o processo de abandono de trechos ferroviários de menor demanda.

2.2. Caracterização da Logística Ferroviária

As ferrovias no Brasil estão concentradas principalmente nas regiões Sul e Sudeste, contando com extensão muito abaixo do ideal para um sistema de transporte abrangente. A má distribuição da malha nacional, assim como a utilização de duas bitolas diferentes, dificulta a integração do País pelo modal ferroviário. Apesar disso, avanços têm sido feitos no setor, as concessionárias aumentaram consideravelmente o volume transportado e reduziram o número de acidentes (CNT, 2013). As novas ferrovias projetadas pelo regime de autorizações também prometem um futuro promissor a esse cenário. A Figura 4 ilustra a distribuição de volume de carga transportado por cada modal em comparação a diferentes países.

Figura 4: Matriz de transporte dos países.



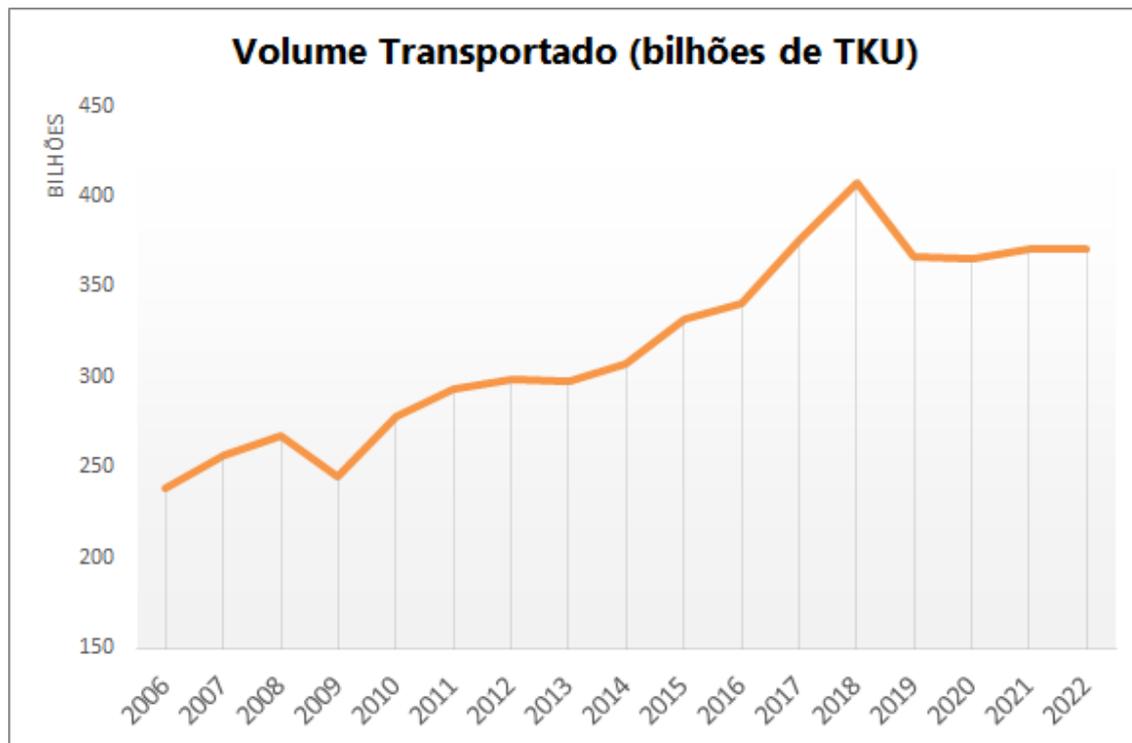
Fonte: ANTF, 2022.

As Figuras 5, 6 e 7 possuem como propósito apresentar um diagnóstico da logística ferroviária atual brasileira. O conhecimento das diferentes cargas, volumes transportados e distribuição da malha ferroviária são importantes para compreender o funcionamento do sistema de transporte nacional, assim como possibilitam a discussão de soluções e melhorias para tal.

Desde o início das concessões ferroviárias na década de 90, o volume transportado por ferrovias vem crescendo constantemente. Graças ao investimento privado, a produção em

TKU (Tonelada-Quilômetro Útil) cresceu 55% de 2006 a 2022 (Figura 5). Apesar disso, a extensão da malha ferroviária nacional não experimentou aumento significativo ao longo desses anos, pois, segundo CNT (2013), o investimento das concessionárias se concentrou na compra de material rodante e manutenção da via permanente.

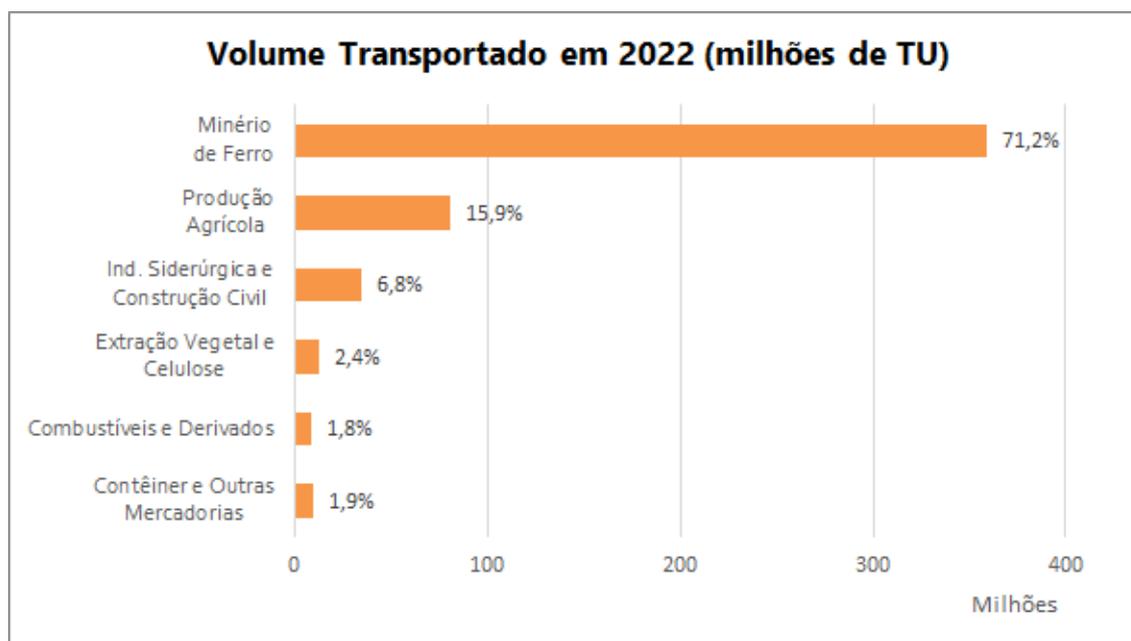
Figura 5: Evolução da produção ferroviária de 2006 a 2022.



Fonte: Adaptado de ANTT, 2022.

Como pode ser observado na Figura 6, o minério de ferro representa uma enorme parcela do volume transportado por ferrovia no Brasil em TU (Tonelada Útil), seguido da produção agrícola, categoria que engloba grãos e açúcar. O fato de apenas uma carga representar mais de 70% das cargas transportadas evidencia a baixa variedade de mercadorias que passam pelo sistema ferroviário brasileiro, e que as ferrovias estão sendo usadas para atender um número restrito de clientes.

Figura 6: Cargas transportadas por ferrovia em 2022.



Fonte: Adaptado de ANTT, 2022.

As mercadorias classificadas como *commodities* são especialmente sensíveis ao preço do frete. O modal ferroviário é consolidado como o melhor meio de transporte terrestre para matérias-primas minerais e agrícolas. Por ter um custo de frete menor que o rodoviário para grandes volumes e longas distâncias, o ferroviário possibilita um significativo ganho de escala ao se transportar essas *commodities*, ou seja, o aumento da produção ferroviária não incorre em grande aumento no custo da operação, permitindo que o volume transportado cresça ao longo dos anos (CNT, 2013). Essa análise justifica o grande volume de minério de ferro transportado, porém há potencial de diversificação das cargas na ferrovia, visto que o modal rodoviário ainda é responsável pela maior participação no transporte.

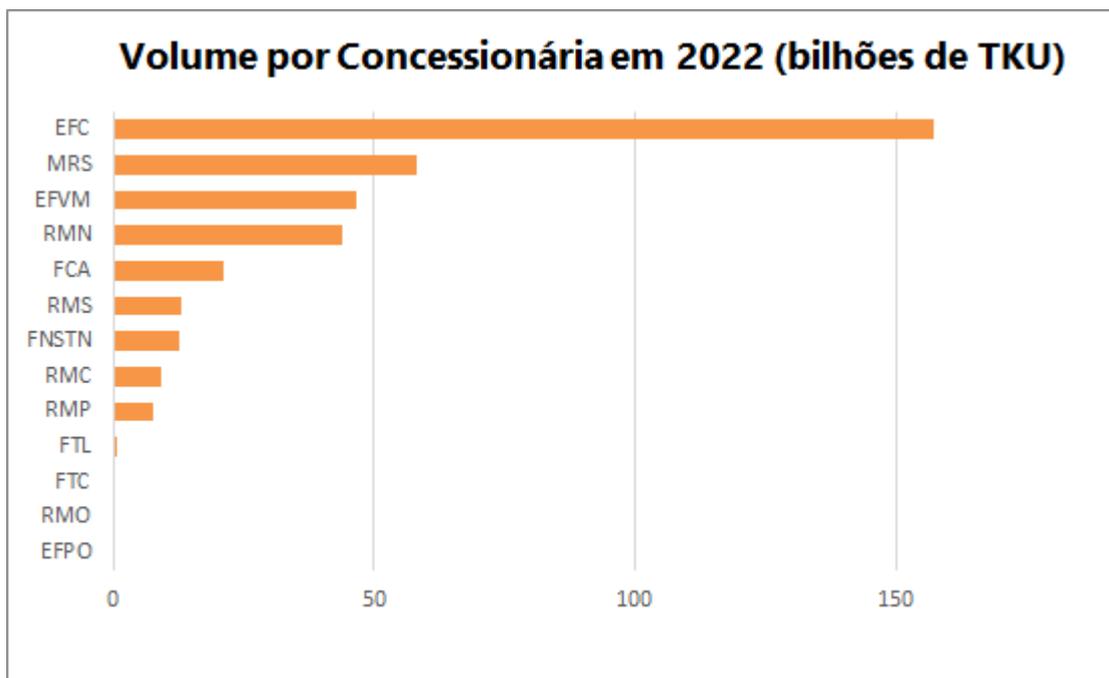
Martin (2002) explica que o desenvolvimento das ferrovias no Brasil, desde o início de sua história, se caracterizou com o intuito de atender a demandas de exportação de matérias-primas. Esse panorama se repete até a época atual, em que a logística ferroviária é desenhada para atender às exportações de *commodities*. As mercadorias com maior participação na matriz ferroviária, que são o minério de ferro e os produtos agrícolas, são majoritariamente destinadas ao mercado externo.

Essa especialização das ferrovias em poucos tipos de carga está relacionada diretamente com a desativação de ramais e trechos ferroviários. Como já mencionado anteriormente, as transportadoras ferroviárias acabam por desativar trechos de menor demanda da sua

concessão para concentrar os investimentos em corredores de maior volume, e esses corredores se caracterizam como rotas de exportação, com pouca variedade de cargas, assim, a operação se torna mais simples e com menor risco financeiro. Segundo Lanza (2020), outra justificativa desse fenômeno é a priorização por parte das concessionárias de transportar apenas os produtos das suas acionistas em detrimento dos demais clientes. Assim, a capacidade de produção da ferrovia é direcionada às demandas internas da base acionária da empresa transportadora, e a demanda restante de outras cargas fica dependente da ociosidade e sazonalidade da ferrovia.

A Figura 7 resume a produção por cada concessionária. A ferrovia com a maior produção em 2022 é a EFC, que chama a atenção pela disparidade em relação às outras ferrovias, contando com 157,2 bilhões de TKU. A EFC é uma ferrovia construída com o intuito de atender à produção de minério de ferro do Pará, e foi concedida à Vale, que opera a ferrovia para escoar a produção de suas minas.

Figura 7: Produção por concessionária ferroviária em 2022.



Fonte: Adaptado de ANTT, 2022.

2.3. Indústria e Mercado da Celulose

Este capítulo tem como propósito apresentar um breve panorama sobre a indústria da celulose e como esse segmento está diretamente relacionado com o modal ferroviário, assim como mapear as demandas e fluxos dessa mercadoria.

A celulose é um polímero de cadeia longa, sendo um dos principais constituintes da parede celular das plantas. Em termos industriais, a celulose é obtida da madeira de árvores como o pinus e o eucalipto (BIAZUS, DA HORA, LEITE, 2010). O processo produtivo inclui o cozimento da madeira, gerando um líquido preto, a lixívia, que é queimado em caldeiras para a produção da celulose. Todos os processos industriais demandam altas quantidades de energia, que pode ser produzida a partir da biomassa resultante do próprio processo, gerando uma compensação de cerca de 85% da energia gasta, segundo a Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ (2022). A celulose pode ser utilizada como matéria-prima para diversos produtos, como papel, tecido, fraldas, papelão, materiais de construção e fármacos. O principal destino das exportações brasileiras do produto são os países do hemisfério norte.

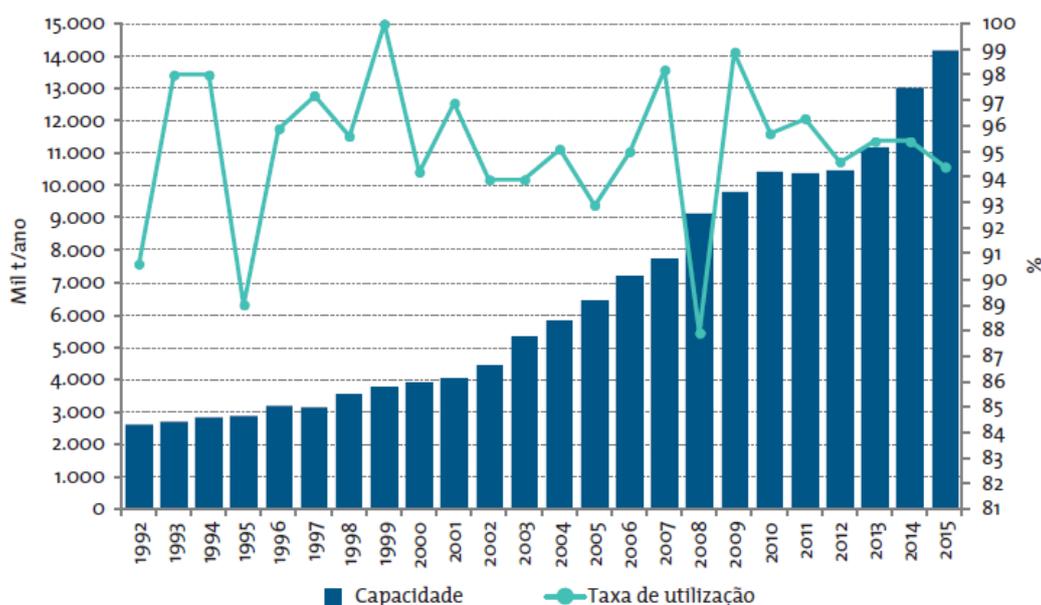
Existem dois tipos de indústrias no segmento da celulose: as indústrias integradas, nas quais são produzidos tanto a celulose quanto o papel, em uma mesma linha de produção; e as indústrias de mercado, que fabricam apenas a celulose para comercialização, nas quais a celulose passa por um processo de secagem e é empacotada em fardos. Este último tipo será o objeto de estudo do presente trabalho, caracterizando a celulose de mercado.

Da Hora (2017) explica que a indústria mundial da celulose é altamente globalizada, sendo muito influenciada pelo mercado internacional, e que possui grandes barreiras à entrada, o que significa que poucos players do mercado possuem capacidade para iniciar um empreendimento de celulose, visto que a implantação de uma fábrica de alta eficiência exige requisitos como: recursos financeiros da ordem de R\$ 8 bilhões a R\$ 10 bilhões, longo prazo para retorno dos investimentos, já que é necessário realizar o plantio cerca de 7 anos antes da produção ter início, e grandes extensões de terras para a base florestal, entre 150 mil e 300 mil hectares, para abastecimento da indústria. Apesar dessas dificuldades, o Brasil tem posição privilegiada nesse mercado, contando com condições climáticas favoráveis e com um longo histórico de pesquisa e desenvolvimento florestal.

A indústria da celulose é um dos setores da economia que mais apresentou crescimento nos últimos anos no Brasil. Em 2020, representou cerca de 2% do PIB do país. O principal estado produtor é a Bahia, seguido de Mato Grosso do Sul e São Paulo.

Desde a década de 90, o Brasil tem explorado seu potencial como produtor de celulose. A Figura 8 mostra o crescimento da capacidade instalada para produção de celulose de mercado, que em 23 anos cresceu mais de 460%. Segundo dados de IBÁ (2019), entre 2010 e 2020 a produção teve um aumento de 48%.

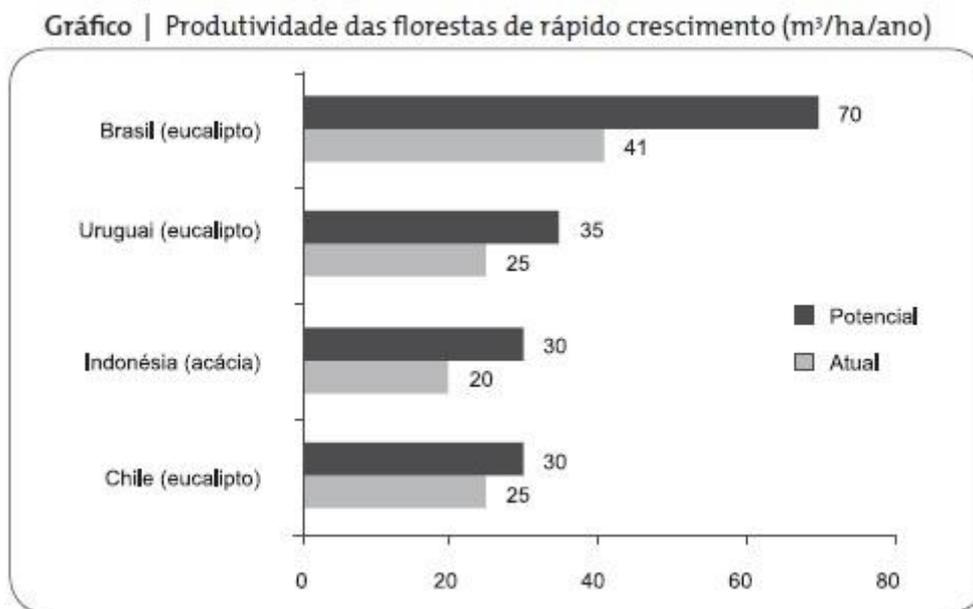
Figura 8: Capacidade instalada e taxa de utilização.



Fonte: DA HORA, 2017.

A produtividade brasileira em plantações de eucalipto, tanto a atual quanto a potencial, se mostra muito superior ao restante dos países produtores, proporcionando uma vantagem competitiva ao País no mercado global de celulose, conforme a Figura 9. Em dados mais atuais, em 2021 o Brasil continuou liderando o ranking mundial de eficiência no cultivo de eucalipto com 38,9 m³/ha/ano (IBÁ, 2022). Além disso, o Brasil é referência mundial quando se trata da qualidade da celulose e sustentabilidade ambiental na produção.

Figura 9: Produtividade das florestas de eucalipto nos países.



Fonte: BNDES apud Pöyry, 2010.

O alto valor do investimento requerido faz com que esse setor se caracterize como um oligopólio competitivo, com algumas grandes empresas detendo uma parcela significativa do mercado, mas mantendo a concorrência e a competitividade por preços. As principais empresas de grande porte do setor, destacam-se pelo alto nível de investimento, e estímulos a projetos florestais para suprir as fábricas com madeira (BIAZUS, DA HORA, LEITE, 2010).

A Tabela 2 exibe os países que mais produziram celulose em 2020, com os Estados Unidos liderando, seguido por Brasil e Canadá.

Tabela 2: Maiores produtores de celulose em 2020.

País	Produção (10 ⁶ t)	% da produção
EUA	50,9	27,4%
Brasil	21,0	11,3%
Canadá	15,4	8,3%
China	14,9	8,0%
Suécia	12,0	6,5%
Finlândia	10,5	5,7%
Rússia	8,8	4,7%
Indonésia	8,4	4,5%
Japão	7,2	3,9%
Chile	5,2	2,8%

Fonte: IBÁ, 2021.

Já em relação às exportações de celulose, o Brasil se destaca em primeiro lugar, representando 22,8% do total mundial. Os principais destinos das exportações brasileiras em 2021 são China e Estados Unidos, com 43% e 17% de participação, respectivamente, conforme a Tabela 3 (IBÁ, 2022)

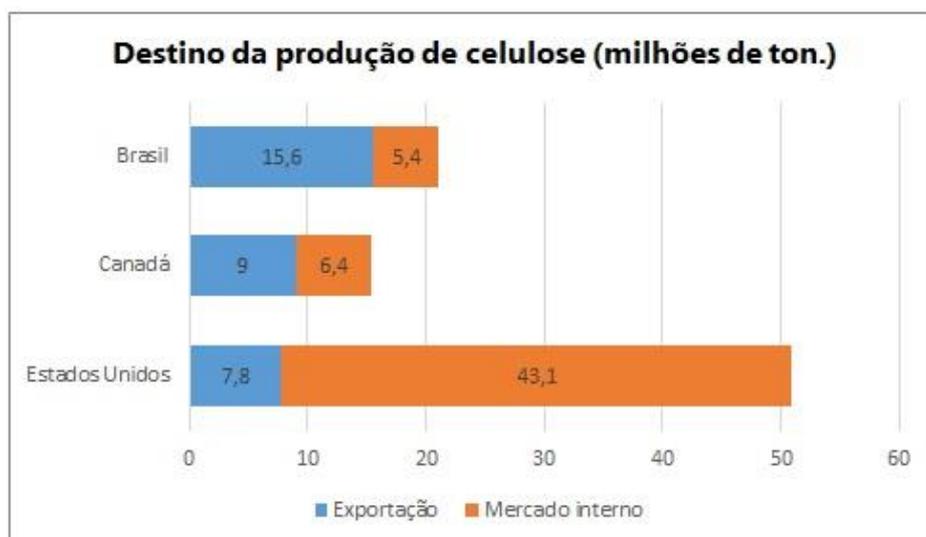
Tabela 3: Maiores exportadores de celulose em 2020.

País	Produção (10 ⁶ t)	% da produção
Brasil	15,6	22,8%
Canadá	9,0	13,2%
Estados Unidos	7,8	11,5%
Indonésia	5,4	7,9%
Chile	4,7	6,9%
Finlândia	4,3	6,4%
Suécia	4,3	6,4%
Uruguai	2,6	3,8%
Rússia	2,4	3,6%
Portugal	1,3	2,0%

Fonte: IBÁ, 2021.

O Brasil, apesar de não ser o maior produtor de celulose do mundo, é o país que mais exporta, visto que cerca de 74% da produção do país é destinada ao mercado externo. A Figura 10 ilustra a destinação da produção dos três principais países no setor da celulose. A celulose de fibra curta é a categoria com maior participação na produção brasileira, representando 87% do total da celulose, em seguida vem a fibra longa com 11%.

Figura 10: Destinação da produção de celulose dos países.

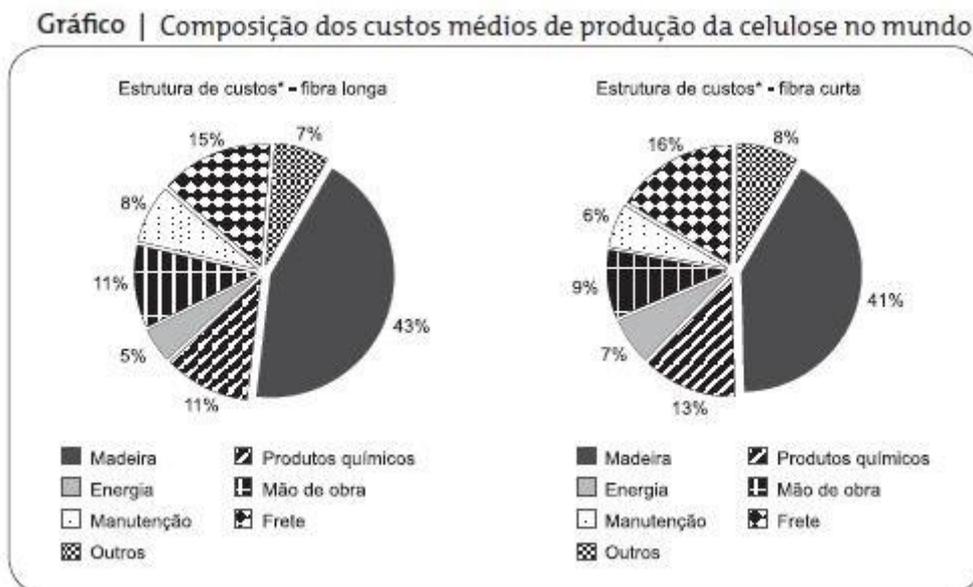


Fonte: Adaptado de IBÁ, 2021.

O mercado da celulose possui a característica de ser altamente competitivo, tanto em âmbito nacional quanto mundial, devido ao grande volume exportado. Diversos aspectos estão presentes e devem ser levados em consideração nesse setor, como o aumento constante de escala na produção e nos investimentos, o câmbio do dólar ou o fato das grandes distâncias entre os polos produtores e os polos consumidores. Uma empresa que deseja obter sucesso na indústria de mercado necessita observar atentamente os seus custos de produção, para que continue sendo competitiva diante dos concorrentes.

O custo da madeira é o mais relevante na indústria, e está relacionado com características geográficas e investimentos em pesquisa e em melhoramento de espécies. Nesta etapa o Brasil leva vantagem, contando com alta eficiência no cultivo florestal. Já o custo da logística vem em segundo lugar, representando sobretudo os custos para transporte da celulose dos centros produtivos até os portos para exportação. Essa composição de custos pode ser observada na Figura 11. A celulose de mercado, sendo considerada uma *commodity*, tende a ter o seu custo afetado significativamente pelo fator logístico (KUSSANO, 2010), assim, esse tópico ganha enorme importância dentro da cadeia produtiva da celulose.

Figura 11: Composição de custos da produção de celulose.



Fonte: BNDES, 2010.

A logística de exportação da celulose está, a princípio, relacionada com a localização das fábricas, que por sua vez está ligada às regiões produtoras de madeira. Nota-se uma interiorização da produção de celulose, visto que Mato Grosso do Sul é atualmente o maior estado exportador da mercadoria. O principal motivo do estabelecimento das indústrias de celulose no interior é permitir a proximidade com as áreas de plantio florestal, facilitando a logística da madeira para abastecimento das fábricas, o que acaba sendo um diferencial competitivo para as empresas que aplicam esse modelo. De acordo com Teixeira et al. (2014), a unidade fabril da antiga Fibria, atual Suzano, em Três Lagoas (MS) tem um raio de captação de madeira que não ultrapassa os 150 km, e essa matéria-prima é transportada via modal rodoviário. Além dessa questão, é importante que as fábricas possuam acesso a alternativas eficientes para transporte da celulose rumo à exportação, como ferrovias e hidrovias.

O Brasil conta com algumas grandes empresas do setor que respondem por boa parte da produção total. Entre elas estão Suzano, Eldorado Brasil, Bracell, LD Celulose, CMPC, Klabin, Veracel etc. A Tabela 4 exhibe o ranking das maiores empresas por faturamento anual.

Tabela 4: Maiores empresas de celulose do Brasil por faturamento anual.

Empresa	Faturamento (bilhões de R\$)
Suzano Papel e Celulose	41,1
CMPC Brasil	17,0
Eldorado Brasil	14,0
Bracell	9,3
LD Celulose	9,1

Fonte: Econodata, 2024.

A Suzano é uma empresa nacional que em 2019 se fundiu com a Fibria, se tornando a maior produtora de celulose do Brasil. Eldorado Brasil, Bracell e LD Celulose também são empresas nacionais. A CMPC é uma multinacional chilena, que atua no Brasil desde 2009.

Como já explicado anteriormente, o modal ferroviário tem grande aplicabilidade no transporte de celulose. Algumas das grandes empresas do setor já utilizam o modal para a exportação da mercadoria, como é o caso de Suzano, Eldorado, Bracell, LD Celulose, Klabin e Cenibra. Na Figura 12 estão mapeados os terminais rodoferroviários de celulose, onde a mercadoria é embarcada nos trens para seguir para a exportação.

Figura 12: Terminais ferroviários de embarque de celulose.



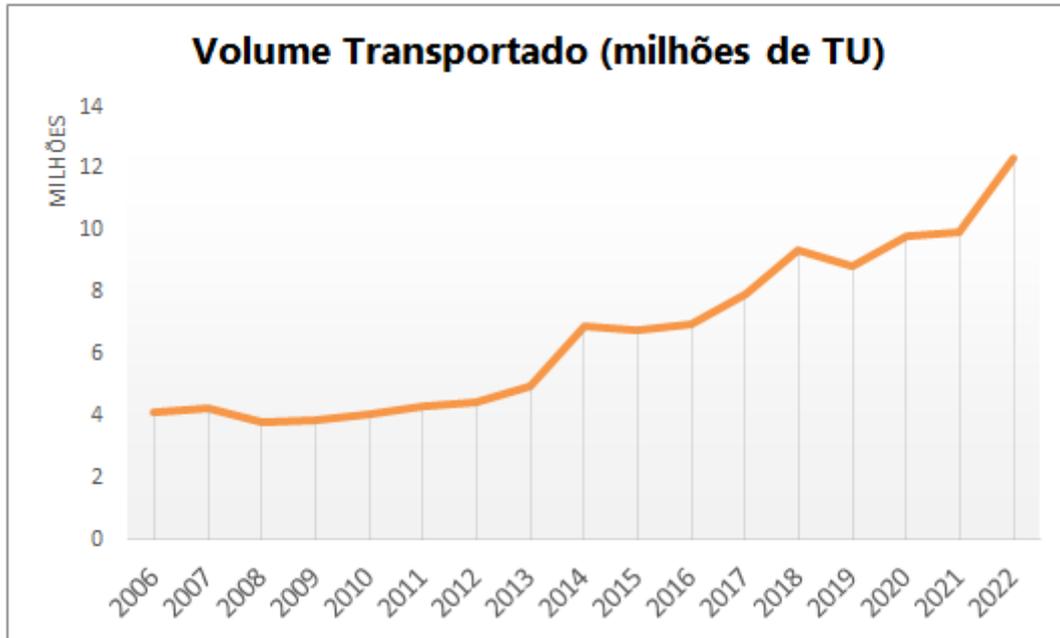
Fonte: Autor, 2024.

Essa solução é adotada pelas empresas há um bom tempo, mas a operação está em constante expansão. A Bracell adotou o transporte ferroviário em 2021, quando começou a embarcar celulose pelo terminal de Pederneiras-SP. Já a LD Celulose começou a utilizar a ferrovia em 2022 para escoamento da produção. Destaque para esta última, que optou por construir sua fábrica às margens da ferrovia FCA, justamente visando o escoamento da totalidade da sua produção pelo modal ferroviário. A Klabin, por sua vez, foi pioneira em 2021 ao criar o Projeto KBT, que representa a união da fabricante de celulose com a Brado Logística e com o Terminal de Contêineres de Paranaguá, para o transporte ferroviário de celulose em contêineres. Nesse ano foi inaugurado um novo terminal ferroviário ao lado da fábrica da empresa, visando exclusivamente o embarque de celulose em contêineres para exportação.

À medida em que a produção de celulose aumentou nos últimos anos, o transporte ferroviário da mercadoria também apresentou grande crescimento, saindo dos 4,1 milhões de toneladas no ano de 2006 para 12,3 milhões em 2022, um aumento de 200% em 16 anos, conforme a Figura 13. Isso demonstra a preferência das indústrias ao modal ferroviário, assim como o

engajamento das concessionárias de ferrovia em alavancar ainda mais o transporte dessa mercadoria.

Figura 13: Transporte de celulose por ferrovia.



Fonte: Adaptado de ANTT, 2022.

Esse crescimento do uso das ferrovias para o transporte de celulose foi impulsionado principalmente pela ferrovia Rumo Malha Paulista, que é utilizada para o transporte de celulose de três empresas: Suzano, Eldorado e Bracell.

3. ESTUDO DE CASO

Este capítulo tem o intuito de apresentar o Estudo de Caso deste trabalho, que trata da logística do escoamento da celulose desde as fábricas da Suzano e da Eldorado em Três Lagoas-MS até o Porto de Santos, através dos modais rodoviário e ferroviário, além de dados relevantes a respeito do transporte de celulose no geral, servindo como embasamento para a continuidade do trabalho.

Atualmente, existem algumas rotas ferroviárias de exportação de celulose no país, que se iniciam nos terminais no interior (Figura 12) e chegam até os portos. O embarque da mercadoria pode ser realizado diretamente a partir da fábrica, ou então através de terminais intermodais com o complemento do modal rodoviário.

A rota de transporte a ser estudada se trata do fluxo da celulose a partir da cidade de Três Lagoas-MS até o Porto de Santos, que é realizada pelas empresas Suzano Celulose e Eldorado Brasil. As duas empresas possuem unidade fabril na cidade de Três Lagoas, e contam com uma logística de celulose bastante similar: A mercadoria sai das fábricas e percorre pelo modal rodoviário até os terminais intermodais em Aparecida do Taboado-MS, onde é feito o transbordo para os trens e de lá segue por ferrovia até o Porto de Santos. As duas empresas possuem terminais distintos em Aparecida do Taboado e no porto. A Figura 14 exhibe essa rota mapeada.

Figura 14: Rota para transporte da celulose de Três Lagoas ao Porto de Santos.



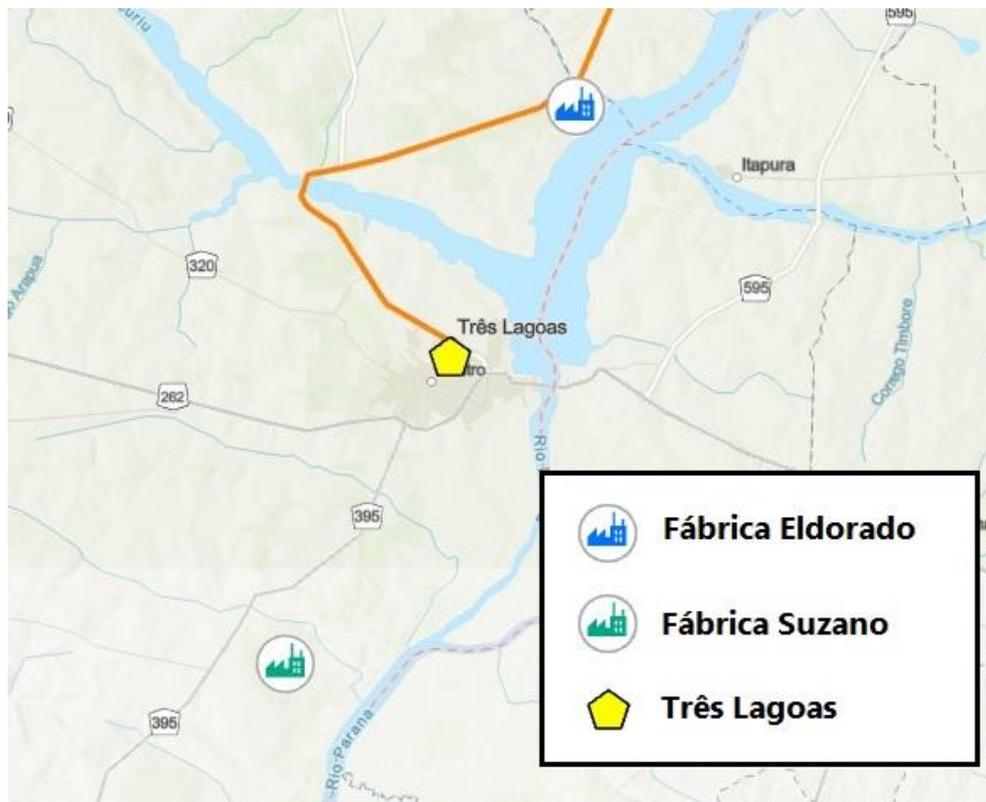
Fonte: Autor, 2024.

O processo logístico de exportação da celulose no caso estudado é composto por duas etapas principais: a Etapa 1, que compreende o trajeto rodoviário da fábrica até o terminal intermodal, e a Etapa 2, que consiste no trajeto ferroviário desde o terminal de transbordo até o porto. Essa rota de transporte se trata do transporte intermodal, pois as etapas rodoviária e ferroviária são realizadas sob contratos de transporte diferentes.

3.1. Etapa 1

É a etapa rodoviária, que conecta as fábricas de celulose aos terminais intermodais das empresas Suzano e Eldorado, através da rodovia BR-158. As unidades fabris das empresas estão localizadas no município de Três Lagoas-MS, contando com cerca de 73 km de distância entre elas, porém será estabelecido como ponto de partida o centro da cidade de Três Lagoas, que é um local equidistante das duas fábricas. O transporte rodoviário é realizado por transportadores terceirizados, contratados pelas fabricantes de celulose. A Figura 15 indica a localização das duas fábricas de celulose no município de Três Lagoas-MS, e o centro da cidade, que será o ponto inicial do trajeto estabelecido.

Figura 15: Unidades fabris das empresas Suzano e Eldorado em Três Lagoas-MS.



Fonte: Autor, 2024.

As duas fábricas se localizam às margens da BR-158, com fácil acesso rodoviário tanto para o escoamento da celulose quanto para o recebimento das toras de madeira para alimentar a produção. Se caracterizam como fábricas de celulose de mercado, construídas através de grande aporte financeiro com o objetivo de atender as exportações. A unidade da Suzano, que pertencia anteriormente à Fibria, foi inaugurada em 2009 e teve uma grande expansão em 2017, possuindo capacidade produtiva de 3,25 milhões de toneladas, o que faz dessa a maior planta de celulose do mundo (SUZANO, 2023). Já a Eldorado inaugurou sua unidade em 2011, contando com capacidade produtiva de 1,8 milhão de toneladas (ELDORADO BRASIL, 2021).

Sobre a rodovia BR-158, é uma rodovia federal, pavimentada, e conta com infraestrutura de pista simples com 1 faixa de rolamento em cada sentido. Observando seu traçado através do Google Maps, concluiu-se que a rodovia possui algumas rampas que podem influenciar na velocidade dos veículos pesados. O trecho entre Três Lagoas e Selvíria está sob administração do DNIT, já o trecho de Selvíria a Aparecida do Taboado é concedido à iniciativa privada, administrado pela concessionária Way-112 que realiza cobrança de pedágio desde fevereiro de 2024.

O trajeto total da etapa 1 tem 133 km de extensão, passando pelos municípios de Três Lagoas, Selvíria e Aparecida do Taboado, no Mato Grosso do Sul. A velocidade regulamentada para essa rodovia é de 80 km/h, portanto, caso o veículo se mantenha nessa velocidade por todo o trajeto, o tempo estimado do percurso seria de 1 hora e 40 minutos. O pedágio nessa rodovia se localiza em Aparecida do Taboado, cuja tarifa é de R\$ 116,10 para um caminhão bitrem de 9 eixos, que é o veículo comumente utilizado para transporte de celulose (WAY-112, 2024).

3.2. Etapa 2

Esta etapa representa o transporte da celulose pelo modal ferroviário. O trajeto é realizado, na maior parte, pela ferrovia Rumo Malha Paulista, onde a própria empresa Rumo opera os trens para atender as duas fabricantes de celulose. A malha ferroviária conecta os terminais intermodais de transbordo em Aparecida do Taboado-MS até o Porto de Santos. As ferrovias Rumo Malha Norte e MRS também são utilizadas em pequenos trechos, a primeira para acesso aos terminais de Aparecida do Taboado, e a segunda para acesso aos terminais portuários. A ferrovia está estrategicamente localizada como uma linha tronco que interliga as regiões produtoras no Mato Grosso do Sul e Mato Grosso até o Porto de Santos.

Partindo dos terminais de transbordo, os trens percorrem um pequeno trecho de cerca de 9,1 km na Malha Norte, então entram na Malha Paulista por onde percorrem 885 km, e por fim passam pela malha da MRS para acessar os terminais portuários, representando 19,3 km. O percurso ferroviário total é de 913,4 quilômetros. A infraestrutura da Malha Norte é mais moderna, já que a ferrovia foi inaugurada em 1999, e conta com dormentação de concreto e bitola larga. A Malha Paulista, que representa 97% do trajeto ferroviário, tem a infraestrutura herdada da antiga Fepasa, com dormentes de madeira e alguns trechos com dormentes de concreto atualmente. A maior parte dessa ferrovia foi construída pelas antigas Companhia Paulista de Estradas de Ferro e Estrada de Ferro Araraquara, em bitola larga, e o traçado tem a característica de cruzar pelo meio de diversas cidades, resultando em muitos conflitos urbanos. O restante da Malha Paulista foi construído mais recentemente pela Fepasa, chamado de Corredor de Exportação, que é uma importante ligação entre o interior de São Paulo até o Porto de Santos, eliminando a necessidade de cruzar a capital paulista. Seu traçado já passa por fora das cidades, resultando em menos conflitos urbanos e maior eficiência logística, e sua bitola é a mista. A MRS, ferrovia utilizada para acesso ao porto, conta com bitola mista e dormentes de madeira.

A ferrovia em estudo é, na maior parte, composta por via singela, o que significa que os trens precisam parar para realizar cruzamento com outros trens no sentido contrário. Apenas o trecho do Corredor de Exportação, que representa 249,3 km ou 27%, possui infraestrutura de via dupla, em que há uma via para cada sentido de tráfego, o que elimina a necessidade de parada para cruzamento aumentando a eficiência do transporte.

A Velocidade Máxima Autorizada (VMA) desse trajeto, considerando uma média ponderada de todos os trechos, é de 58,6 km/h. Essa velocidade considera os trechos em que o trem possui menor resistência ou impedimentos para sua circulação, além de não considerar paradas em pátios de diversos tipos, portanto, não deve ser utilizada para estimar o tempo de percurso. Outro indicador existente para as ferrovias é a Velocidade Média Comercial (VMC), que mede a relação entre o percurso dos trens e o somatório dos tempos totais (LOBO, 2019). A VMC resultou em 16,6 km/h, significando um tempo de percurso ou *transit time*² de 55 horas ou 2 dias e 7 horas. O modal ferroviário pode ser eficiente para o transporte de grandes volumes, porém o tempo gasto para o transporte é significativamente maior em comparação com o modal rodoviário. Tratando-se do transporte de celulose, sendo uma *commodity*, esse tempo elevado de percurso não tende a afetar o preço final da mercadoria.

Cada uma das empresas possui terminal portuário próprio para recebimento e exportação da celulose, conforme a Figura 16. A Suzano tem dois terminais, um na margem esquerda e outro na margem direita do Porto de Santos, porém atualmente apenas o da margem esquerda, que é o mais recente, é utilizado pelo transporte ferroviário. A Eldorado possui um terminal na margem direita do porto, que passou por grande ampliação recentemente.

O terminal utilizado pelos trens da Suzano surgiu de uma parceria entre a DP World e a antiga Fibria, para a construção de um terminal que oferecesse maior eficiência, chamado de Projeto Vertere. Está localizado na Ilha Barnabé, possui uma pêra ferroviária e capacidade para movimentação de 3,6 milhões de toneladas de celulose por ano, e começou a operar em 2020, com investimento de R\$ 700 milhões para a sua construção (SUZANO, 2020). Esse terminal recebe não só a produção da fábrica em Três Lagoas-MS, mas também da unidade de Jacareí-SP.

Já o terminal portuário da Eldorado recebeu investimentos de R\$ 500 milhões em 2023 para ampliação da capacidade de escoamento, passando de 1 milhão para 3 milhões de toneladas

² *Transit Time*: Indicador que representa o intervalo de tempo que uma carga leva para ser transportada desde a sua origem até o seu destino (TOTVS, 2023)

de celulose por ano. O novo terminal conta com quatro linhas ferroviárias para recebimento de trens (ELDORADO BRASIL, 2023). Esses investimentos volumosos por parte das fabricantes de celulose demonstram como esse mercado possui perspectiva de crescimento nos próximos anos, e que investir em logística é o passo primordial para alavancar seus negócios. A Figura 16 apresenta a localização dos terminais portuários utilizados pelos trens para exportação de celulose.

Figura 16: Terminais Portuários de celulose usados pela ferrovia.



Fonte: Autor, 2024.

Foi possível obter o volume de celulose transportado pela ferrovia no ano de 2023, com dados do Sistema de Acompanhamento do Desempenho Operacional das Concessionárias (SIADe), órgão sob responsabilidade da ANTT. Os volumes em milhares de TU estão expressos na Tabela 5, com o pátio de origem e o pátio de destino da carga. O pátio Barnabé entende-se como o terminal da Suzano/DP World na margem esquerda do Porto de Santos, e o pátio Santos significa a margem direita do porto, sendo, portanto, o terminal da Eldorado.

Tabela 5: Volume transportado por ferrovia origem-destino em 2023.

Empresa	Origem	Destino	Milhares de TU
Suzano	Aparecida do Taboado	Barnabé	2280
Eldorado*	Aparecida do Taboado	Santos	68

**Eldorado voltou a transportar a partir de setembro/2023*

Fonte: Adaptado de SIADE/ANTT, 2024.

Há uma ressalva para a Eldorado Celulose, que paralisou as operações de transporte ferroviário de celulose em 2017, em decorrência de envolvimento em processo de corrupção pela venda da empresa para uma Holding estrangeira (Época Negócios, 2017). Nessa ocasião, a Eldorado teve seus bens bloqueados pela justiça, inclusive os vagões e as locomotivas para transporte da celulose, o que interrompeu o transporte da mercadoria via ferrovia. Esse transporte só retornou em setembro de 2023, em volume reduzido, com menos vagões sendo usados, conforme a Tabela 5. Durante esse período de bloqueio de bens, os ativos ferroviários foram alugados à Rumo para serem utilizados no escoamento da produção da Suzano.

3.3. Transbordo Intermodal

Além das etapas de transporte, uma outra etapa muito importante que compõe os custos logísticos é o transbordo da carga, que é realizado nos terminais intermodais em Aparecida do Taboado. O transbordo significa a transferência de mercadorias de um meio de transporte para outro, e se faz necessário na situação em estudo que se trata de um transporte intermodal rodoferroviário (IMAM, 2023). Essa operação consiste na chegada dos caminhões com celulose no terminal, descarga dos caminhões, armazenagem da carga e por fim o carregamento dos vagões do trem.

O terminal de transbordo da Suzano começou a operar em 2017 e possui capacidade de escoamento de 1,95 milhão de toneladas de celulose por ano. A infraestrutura ferroviária do terminal é de um dispositivo chamado pêra ferroviária, que permite que o carregamento seja feito sem a necessidade de manobras ou desmembramentos do trem, o que proporciona um aumento da produtividade.

Já o terminal de transbordo da Eldorado, por sua vez, foi inaugurado em 2012, e na época foi dimensionado para escoar 1,5 milhão de toneladas de celulose por ano. O terminal possui uma infraestrutura mais simples, com um ramal de apenas 1 linha ferroviária de 3,4 km.

O transbordo de carga desempenha um papel crucial em qualquer cadeia logística. No caso em estudo, o transbordo permite a interconexão do modal rodoviário com o modal ferroviário, possibilitando que a carga tenha uma logística mais eficiente ao utilizar o modal de menor custo. Nos terminais de celulose, trata-se de um transbordo indireto, que consiste no armazenamento temporário da carga antes que ela possa ser embarcada nos trens (IMAM, 2023). Isso é comum em terminais desse tipo, pois em boa parte do tempo é necessário esperar que o trem chegue ao terminal para dar início ao carregamento.

A Figura 17 explica de forma resumida como acontece o transporte intermodal de celulose das empresas Suzano e Eldorado rumo ao Porto de Santos.

Figura 17: Fluxograma logístico do transporte de celulose.



Fonte: Autor, 2024.

3.4. Operação

Para que o escoamento da celulose seja feito da fábrica até o porto, é utilizado um sistema intermodal de transporte que combina rodovia com ferrovia, conforme descrito anteriormente. Este subcapítulo tem por objetivo apresentar a questão operacional do transporte em estudo, que envolve principalmente os veículos e os equipamentos utilizados nessa operação, através de exemplos, descrições detalhadas e fotos explicativas.

Transporte Rodoviário: é a modalidade de transporte utilizada na Etapa 1, e possui a vantagem de realizar o transporte porta-a-porta, ou seja, diretamente da fábrica até o terminal de transbordo. Emprega veículos especializados para maximizar o transporte de celulose, que são caminhões bitrem, bi-articulados, carroceria tipo sider, e com 9 eixos. O peso bruto

máximo do caminhão é 74 toneladas, de acordo com a Resolução do CONTRAN 12/1998. A Figura 18 mostra um exemplo de caminhão para transporte de celulose da Suzano.

Figura 18: Caminhão bitrem de celulose da Suzano.



Fonte: Google Maps.

Transporte Ferroviário: utilizado na Etapa 2, é o modal mais adequado à situação, já que comporta grandes quantidades de carga e demonstra eficiência energética para rotas de longa distância. O transporte é realizado pela empresa Rumo, e utiliza um trem padronizado para transporte de celulose, com cerca de 64 vagões e duas locomotivas. Os vagões são do modelo FTT e comportam 96,5 toneladas de carga cada um, chegando a um peso bruto total (PBT) de 130 toneladas. As locomotivas, na maioria das vezes, são do modelo GE AC44i, com 4400 HP de potência e peso de 195 toneladas. Assim, um trem de celulose padrão pode transportar 6176 toneladas de carga.

A Suzano e a Eldorado, como fabricantes de celulose, já realizaram e ainda realizam grandes investimentos no transporte ferroviário, através da compra de locomotivas e vagões. A Eldorado adquiriu 447 vagões modelo FTT da fabricante Usiminas Mecânica, em 2012, além de 21 locomotivas do modelo EMD SD70ACe, que são utilizados no transporte de celulose. A Suzano utiliza vagões da antiga Fibria e vagões alugados da Eldorado, mas em 2022 fez uma encomenda de cerca de 500 novos vagões modelo FLT lonado da fabricante Greenbrier Maxion, que já estão sendo utilizados. Esse modelo de vagão, diferentemente do FTT convencional, permite a descarga pela parte de cima, aumentando a eficiência e a produtividade na operação de carga e descarga. A Suzano utiliza 21 locomotivas modelo AC44i da antiga Fibria, e também 17 novas locomotivas modelo ES44ACi encomendadas pela própria Suzano. A Figura 19 e a Figura 20 exemplificam o material rodante utilizado pelas empresas de celulose para o transporte ferroviário.

Figura 19: Locomotivas da Suzano.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 20: Novos vagões modelo FLT da Suzano.



Fonte: Autor, 2022.

A Eldorado foi a empresa pioneira ao implantar o transporte ferroviário pela ferrovia de bitola larga Malha Paulista, que posteriormente se tornaria o maior corredor de exportação de celulose do Brasil. Contudo, viu seus investimentos em logística serem interrompidos devido a problemas jurídicos da empresa, enquanto a concorrente Suzano, utilizando um modelo logístico muito similar, surge como protagonista do cenário do transporte ferroviário de celulose, através de seus grandes investimentos em material rodante.

A celulose é uma mercadoria que exige cuidados especiais no seu transporte. A temperatura nos locais de armazenamento deve ser controlada, assim como a carga não deve ser exposta ao sol nem ao calor. Deve-se dar atenção especial à umidade do ambiente, que pode

comprometer a integridade da celulose. A mercadoria também deve ser protegida contra água da chuva, o que exige que os veículos possuam características especializadas para realizar o transporte (JOANINI LOGÍSTICA, 2022).

3.5. Projetos Relacionados

Existe um grande projeto em andamento no setor da celulose, por parte da Suzano, que é a nova fábrica em Ribas do Rio Pardo-MS. Será a maior fábrica de celulose em linha única do mundo, com capacidade de produção de 2,55 milhões de toneladas, e conclusão da obra prevista para junho de 2024 (SUZANO, 2024). É mais um indicativo do potencial produtivo do Brasil e do Mato Grosso do Sul na indústria da celulose. O projeto vai demandar um grande esforço logístico para escoamento da carga, por isso a Suzano está construindo mais um terminal de transbordo intermodal na ferrovia Malha Norte, em Inocência-MS. O seu funcionamento será similar ao caso de Aparecida do Taboado-MS: os caminhões transportam a carga desde a fábrica até o terminal e de lá a mercadoria vai pela ferrovia até o Porto de Santos.

Uma ferrovia muito importante envolvida na exportação de celulose é a Rumo Malha Oeste. Como já explicado, a concessionária Rumo optou por desistir da concessão dessa ferrovia em 2021, que deve ser relicitada e receber vultuosos investimentos para retornar à operação. O tráfego da ferrovia, em seus últimos anos, era majoritariamente de trens de celulose com carga da Suzano, procedente de Três Lagoas com destino ao Porto de Santos. A quantidade de celulose transportada, em seu último ano completo de operação, 2020, foi de 363 mil toneladas (ANTT, 2020).

A Malha Oeste é uma ferrovia que tinha enorme potencial como rota de escoamento de celulose, já que seu traçado de bitola métrica passa pela cidade de Três Lagoas-MS, onde se localizam as fábricas da Suzano e da Eldorado. Porém, ao longo dos anos, acabou sofrendo com a falta de investimentos da concessionária e sua via permanente foi se deteriorando, até o ponto em que a sua operação não se tornava mais viável, sendo um argumento da concessionária para a devolução da ferrovia à União. A Rumo optou por concentrar seus recursos no seu corredor de bitola larga para suprir a demanda por transporte de celulose do Mato Grosso do Sul.

4. METODOLOGIA

A elaboração deste trabalho buscou reunir informações e dados relevantes e incorporá-los ao estudo prático. A revisão bibliográfica foi conduzida por meio de pesquisa qualitativa, servindo de preparação para o estudo de caso e o desenvolvimento do trabalho.

A seção do estudo de caso possui um papel importante, pois é a partir dele que será conduzido o desenvolvimento do trabalho. No estudo de caso, foram reunidos dados do caso real, obtidos por meio de pesquisa quantitativa.

Para o desenvolvimento do trabalho, onde se deseja dimensionar e analisar os custos logísticos relacionados ao estudo de caso sobre o transporte da celulose, foram utilizadas metodologias de pesquisa quantitativa, revisão de literatura e coleta de dados. Essa é a etapa final do trabalho, na qual pretende-se englobar todos os conhecimentos reunidos no decorrer da revisão bibliográfica e do estudo de caso.

O ponto principal desta etapa final é a análise da nova ferrovia a ser implantada entre Aparecida do Taboado-MS e Três Lagoas-MS, que servirá como rota de escoamento da celulose das empresas Suzano e Eldorado.

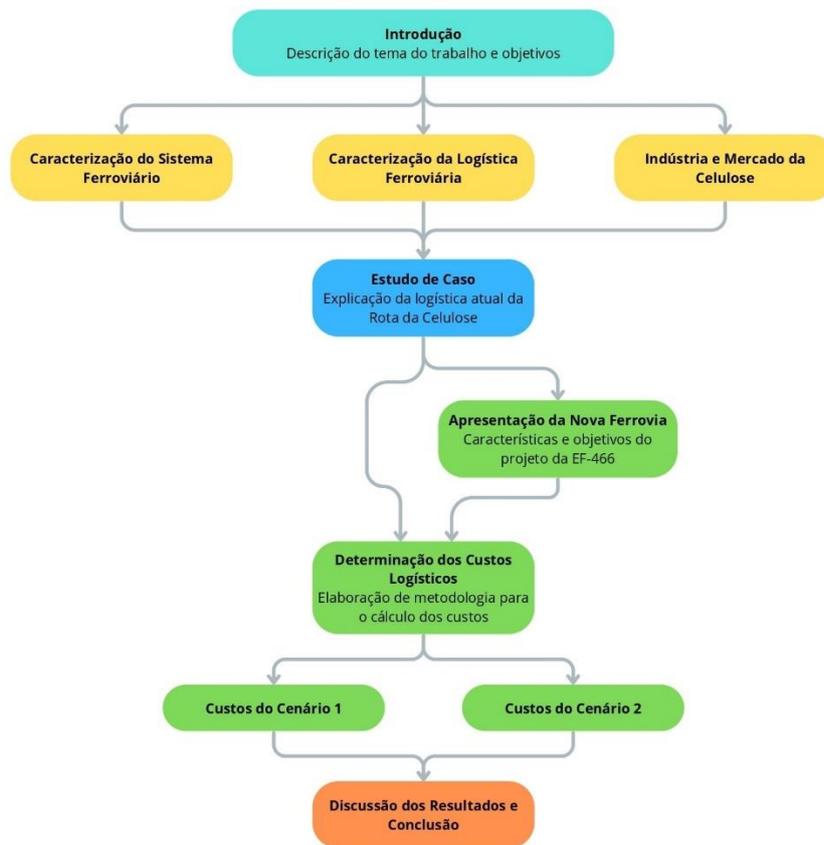
Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito da nova ferrovia em questão, utilizando dados fornecidos pela ANTT e por outras fontes na internet, para que se pudesse compreender a magnitude desse projeto e como ele poderia auxiliar na redução de custos logísticos para a exportação de celulose.

A seguir, a pesquisa focou em definir um referencial teórico para que se pudesse calcular os custos logísticos. Com a metodologia de dimensionamento de custos definida, foi possível utilizar os dados coletados para simular dois cenários diferentes: com e sem a implementação da nova ferrovia.

Com os dados calculados dos custos logísticos, é possível estabelecer uma comparação entre os dois cenários, o que torna possível verificar e analisar qual cenário é mais vantajoso e quantificar o benefício da implantação da nova ferrovia.

A Figura 21 apresenta o fluxograma adotado na realização deste trabalho, detalhando a sequência lógica utilizada e a ordem de cada etapa. O fluxograma permite estabelecer a relação entre cada capítulo para facilitar a compreensão do trabalho como um todo.

Figura 21: Fluxograma do trabalho.



Fonte: Autor, 2024.

Para realizar as diversas etapas do trabalho, foram utilizados os softwares ArcGIS Pro e Excel, que possuem grande aplicabilidade para a elaboração do trabalho. O primeiro foi usado para a construção de mapas analíticos, enquanto o segundo foi utilizado para a realização de cálculos, organização de dados em tabelas e elaboração de gráficos.

5. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

De acordo com Ballou (1999), a logística pode ser definida como “o processo de planejamento do fluxo de materiais, objetivando a entrega das necessidades na qualidade desejada no tempo certo, otimizando recursos e aumentando a qualidade nos serviços”. Aplicando-se ao presente estudo, a logística da celulose deve ter como princípio a otimização do fluxo da mercadoria desde a sua origem até seu destino, visando o menor gasto de recursos e a maior qualidade do serviço.

O desenvolvimento deste trabalho irá se basear na análise comparativa de dois cenários logísticos para o transporte de celulose – o Cenário 1 e o Cenário 2. A análise servirá para mensurar os custos logísticos de cada cenário e verificar as vantagens e desvantagens de cada um.

O Cenário 1 representa a situação atual do transporte da celulose, utilizado por ambas as empresas Suzano e Eldorado. Este primeiro cenário se trata da rota logística apresentada no estudo de caso deste trabalho, que utiliza os modais rodoviário e ferroviário para realizar o transporte, além do transbordo intermodal.

O Cenário 2 se trata da situação futura dessa rota de escoamento de celulose, na qual o transporte será realizado inteiramente pelo modal ferroviário, eliminando as etapas de transporte rodoviário e de transbordo intermodal. Neste cenário já será considerada e incluída a nova ferrovia, que conectará as fábricas de celulose à malha ferroviária existente.

5.1. Apresentação da Nova Ferrovia

A ferrovia a ser estudada se trata da ligação entre as cidades de Aparecida do Taboado-MS até Três Lagoas-MS, mais especificamente conectando a ferrovia Rumo Malha Norte até as fábricas de celulose das empresas Suzano e Eldorado. O intuito da ferrovia é fazer com que as fabricantes de celulose possam realizar o escoamento da mercadoria totalmente pelo modal ferroviário até o Porto de Santos, eliminando a necessidade do trajeto rodoviário e do transbordo da carga.

A motivação para a implantação da ferrovia é a redução dos custos logísticos, já que o modal ferroviário tende a ser mais eficiente e mais barato que o rodoviário. Assim, os custos do

transporte rodoviário e os custos do transbordo da carga nos terminais de Aparecida do Taboado-MS seriam substituídos pelos custos do transporte ferroviário nessa nova ferrovia.

Essa ferrovia será construída por meio do Marco Legal das Ferrovias, e regulada pelo Governo Federal segundo o regime de autorizações, que é o novo modelo regulatório para as novas ferrovias no Brasil, já explicado anteriormente neste trabalho. Ambas as empresas Suzano e Eldorado possuem projetos vigentes na ANTT para a construção de ferrovia própria para atender as suas fábricas. O projeto da Suzano prevê uma extensão de 135,98 km, resultado da combinação da EF-466 com a EF-A15, enquanto o da Eldorado apresenta 88,90 km de extensão, nomeado como EF-A05. A diferença entre os comprimentos dos dois projetos de ferrovias se dá devido à distância entre as fábricas de celulose das duas empresas, apesar de estarem estabelecidas na mesma cidade, em Três Lagoas-MS. A data de conclusão para o projeto da Suzano está como 2032, já o projeto da Eldorado está previsto para ser concluído em 2027. Esses dados foram obtidos de ANTT (2024).

Apesar de existirem dois pedidos de autorização na ANTT para praticamente o mesmo projeto de ferrovia, por parte das duas empresas de celulose, ainda não se sabe ao certo como será feito o processo de autorização para ambos, se os dois serão autorizados ou apenas um deles. O Marco Legal das Ferrovias é um modelo muito recente, que ainda tem espaço para aprimoramento. Esse tipo de conflito não é o único dentro do novo regime regulatório, pois também há o projeto de uma ferrovia ligando Uberlândia-MG a Chaveslândia (Santa Vitória-MG), com 276,5 km, que está sendo requerido pelas empresas Rumo e VLI (ANTT, 2024)

Assim, para realizar a análise dos custos logísticos, será utilizado o projeto da ferrovia EF-466, proposto pela Suzano, com comprimento de 111,7 km. Esse projeto liga a ferrovia existente Malha Norte até o centro da cidade de Três Lagoas, perfazendo um trajeto muito parecido com o utilizado no Estudo de Caso para o transporte rodoviário. O traçado da ferrovia é como apresentado na Figura 22, de acordo com o portal de autorizações ferroviárias da ANTT.

Figura 22: Projeto da nova ferrovia EF-466.



Fonte: Autor, 2024.

5.2. Determinação dos Custos Logísticos

5.2.1. Cenário 1

Transporte Rodoviário e Transbordo Intermodal

As empresas realizam o transporte da celulose desde as fábricas até os terminais de transbordo por meio da contratação de transportadores terceirizados. Já no transbordo intermodal, a operação é realizada pelas próprias empresas de celulose.

A análise dos custos do transporte rodoviário seguirá a metodologia básica proposta por Kussano e Batalha (2012), que propõe a divisão do custo do transporte entre custo de frete e custo do estoque em trânsito.

O custo de frete pode ser definido como “a quantia estabelecida entre o embarcador e a empresa transportadora referente ao transporte de uma carga desde a sua origem até o endereço de destino final” (GKO FRETE, 2024), ou seja, se refere ao valor pago pela empresa contratante ao transportador. Já o estoque em trânsito refere-se ao custo de oportunidade de capital imobilizado, que representa o valor que poderia ter sido ganho ao

investir o valor da mercadoria em alguma operação financeira (KUSSANO, 2010 apud ÂNGELO, 2005).

A metodologia também mencionava os custos de perda de mercadoria e de remuneração por estadia, porém estes podem ser desconsiderados. A celulose, sendo um tipo de carga geral paletizada, não gera perda de mercadoria no trajeto, como é o caso dos graneis sólidos. A remuneração por estadia significa a multa paga ao transportador pelo tempo de espera em filas de terminais de carga, mas segundo Kussano e Batalha (2012), esse custo não é contabilizado na maioria dos casos. Assim, os custos de transporte utilizados neste trabalho se limitam ao frete e ao estoque em trânsito.

Para a determinação do custo de frete no trecho rodoviário e do custo do transbordo, inicialmente foi definido para a análise um caminhão padrão de transporte. Como explicado no estudo de caso, o caminhão utilizado pelas empresas de celulose é um bitrem de 9 eixos. Segundo Ramos (2020), esse tipo de caminhão possui um Peso Bruto Total (PBT) máximo de 74 toneladas, de acordo com a legislação vigente no Brasil fornecida por ANTT e CONTRAN (1998), e que a tara desse veículo é de 24 toneladas, somando o cavalo mecânico de 10 toneladas mais os dois semirreboques com 14 toneladas. Assim, com um cálculo de subtração, entende-se que a lotação máxima de carga de um caminhão desse tipo é 50 toneladas. Como a celulose é uma carga com alta densidade, para o dimensionamento dos custos de transporte será utilizado o seu peso, e não o seu volume.

Portanto, para calcular todos os custos logísticos nos cenários 1 e 2, será utilizada a carga de 50 toneladas, definida como a carga máxima suportada pelo caminhão padrão.

Foi utilizada a Calculadora de Piso Mínimo de Frete da ANTT para obter o valor do custo do frete rodoviário e do custo de transbordo. A calculadora fornece esses dois componentes de custos de forma agregada, por isso optou-se por descrever tanto os custos de transporte rodoviário quando os custos de transbordo nesta mesma seção do trabalho. Os parâmetros de entrada na calculadora são o tipo de carga, número de eixos e distância percorrida. O tipo de carga foi definido como “carga geral”, já que essa classificação significa “a carga embarcada e transportada com acondicionamento, com marca de identificação e com contagem de unidades” (ANTT, 2020), sendo a classificação mais adequada à carga de fardos de celulose. O número de eixos, como já mencionado anteriormente no estudo de caso, será 9. A distância percorrida será de 133 km, também já obtida no estudo de caso. Será considerado o retorno do caminhão vazio, pois não foi possível obter dados a respeito do frete de retorno. A calculadora segue as premissas da Resolução ANTT n° 5.867/2020,

que trata da metodologia utilizada e parâmetros considerados. A Equação 1 explica como é calculado o custo da Etapa 1, utilizando como base a calculadora da ANTT.

Equação 1: Composição de custos rodoviários e de transbordo.

$$C_{R,T} = C_{calculadora} + C_{pedágio} + C_{tributos} + C_{lucro} + C_{estoque}$$

Sendo: $C_{R,T}$: Custos Rodoviários e de Transbordo Intermodal;

$C_{calculadora}$: Custo obtido pela calculadora de frete da ANTT;

$C_{pedágio}$: Custo de Pedágio;

$C_{tributos}$: Custo tributário;

C_{lucro} : Custo da margem de lucro da transportadora;

$C_{estoque}$: Custo de estoque em trânsito.

Fonte: Adaptado de ANTT (2020).

Com os parâmetros definidos, o valor calculado do frete com o transbordo é de R\$ 2757,81. A partir desse valor, pode-se discriminar o frete do transbordo, resultando em R\$ 2009,30 o custo apenas do frete e R\$ 748,51 o custo apenas do transbordo. O valor do frete é obtido por meio do Coeficiente de Custo de Deslocamento (CCD), que é igual a 7,8686 R\$/km; já o custo do transbordo da carga vem do Coeficiente de Custo de Carga e Descarga, que é igual a R\$ 748,51, sendo esses coeficientes definidos a partir do número de eixos do veículo. Esse valor calculado é referente ao custo bruto inicial, pois a calculadora não considera custos de pedágio, tributos e nem lucro. Portanto, esses itens deverão ser calculados separadamente.

Para o custo do pedágio, foi utilizada a tarifa fornecida pela concessionária Way-112, que opera uma praça de pedágio no trajeto da BR-158. Para um caminhão de 9 eixos, a tarifa é de R\$ 116,10, que é o valor de ida da viagem. Será considerado que no retorno vazio o caminhão terá 2 eixos suspensos, portanto, o pedágio na volta é de R\$ 90,30. Assim, o valor total do pedágio é de R\$ 206,40.

Na tributação do transporte foi considerado o ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, que é um imposto de competência estadual, e que incide em vários segmentos da sociedade, inclusive no transporte de cargas. Ele é calculado através de uma alíquota, que no Mato Grosso do Sul é 17% sobre o valor do frete. O valor do custo tributário

resultou em R\$ 341,58. Existem também outros impostos incidentes sobre o transporte, porém foi considerado apenas o ICMS por ser o mais representativo.

Ao exercer o serviço de transporte rodoviário de cargas, a transportadora também deve considerar a margem de lucro para compor o preço final do frete. O lucro do transporte rodoviário será obtido a partir de um valor percentual aplicado sobre os custos de frete. O percentual utilizado será de 10%, que é o fator normalmente adotado pelas empresas de transporte rodoviário, de acordo com um estudo feito por Araújo, Bandeira e Campos (2014). Assim, a margem de lucro será de R\$ 255,73.

O custo do estoque em trânsito representa o custo de oportunidade do capital imobilizado referente ao valor da carga transportada. Segundo Kussano (2010), pode ser calculado através de um fator chamado taxa de oportunidade, e para isso, foi utilizado o CDI (Certificado de Depósito Interbancário) como taxa de oportunidade, que é um indicador do mercado financeiro. O CDI em 2023 foi de 13,04% ao ano (NUBANK, 2024), e com esse valor, pode-se calcular a taxa de oportunidade por hora, que resultou em 0,00149% por hora. No estudo de caso deste trabalho foi estimado que o tempo de percurso do caminhão na ida no trajeto rodoviário é de 1 hora e 40 minutos, portanto, a porcentagem para esse percurso é 0,00248%. Essa porcentagem incide sobre o valor do custo da carga transportada. 1 tonelada de celulose tem um custo de produção de R\$ 918 por tonelada (INFOMONEY, 2024), assim, para 50 toneladas, há um custo de R\$ 45900. Aplicando-se a taxa de oportunidade, o custo do estoque em trânsito resultante para o transporte rodoviário será de R\$ 1,14. Não foi possível obter o custo do estoque em trânsito da carga parada no terminal de transbordo, devido à falta de dados concretos do tempo de permanência da carga.

Assim, definidos os custos que compõem o frete rodoviário, o custo de transbordo e o custo de estoque em trânsito, o custo total resultou em R\$ 3562,66. Esse valor é referente ao transporte de 50 toneladas de celulose desde as fábricas até os terminais de transbordo, mais o transbordo da carga. A partir desse valor pode ser feita a separação entre custo de transporte rodoviário, que resultou em R\$ 2814,15 e custo de transbordo, igual a R\$ 748,51. A Tabela 6 resume a composição dos custos calculados.

Tabela 6: Custo de transporte da etapa rodoviária e custo de transbordo.

Custo	Valor
Frete (Calculadora)	R\$ 2.009,30
Transbordo (Calculadora)	R\$ 748,51
Pedágio	R\$ 206,40
Tributos	R\$ 341,58
Lucro	R\$ 255,73
Estoque em Trânsito	R\$ 1,14
Total	R\$ 3.562,66

Fonte: Autor, 2024.

Com o intuito de verificar se o custo calculado é realista, foi utilizada uma outra calculadora para o cálculo do custo de transporte rodoviário. É a calculadora fornecida pelo ONTL – Observatório Nacional de Transporte e Logística, controlado pela Infra S.A. Essa calculadora é mais simples, e requer apenas a distância percorrida como parâmetro de entrada. O resultado foi R\$ 46,60 por tonelada, que multiplicado por 50 toneladas, resulta em um custo de transporte de R\$ 2330,00. É um valor parecido com o calculado por meio da calculadora da ANTT de R\$ 2814,15, o que atesta a eficácia da metodologia.

Transporte Ferroviário

Para dimensionar os custos do transporte ferroviário, será utilizada uma metodologia similar à utilizada no transporte rodoviário, que considera o custo do frete e o custo do estoque em trânsito.

O custo do frete será calculado através de uma tabela de tarifas de frete, fornecida por cada concessionária ferroviária à ANTT. Essa tabela apresenta um valor de tarifa em R\$/ton.km, para cada tipo de carga e para cada faixa quilométrica, e uma tarifa fixa em R\$/ton. As tarifas representam o valor máximo homologado pela ANTT que pode ser praticado pelas concessionárias. Será utilizada a tabela da Rumo Malha Norte, que é onde estão localizados os terminais de transbordo de celulose. Para compor o custo do frete, deve-se somar o valor da tarifa com o valor do ICMS.

Neste cenário, o transporte ferroviário é realizado entre os terminais de Aparecida do Taboado-MS até o Porto de Santos. O percurso passa pelas ferrovias Rumo Malha Norte, Rumo Malha Paulista e MRS com uma extensão de 913,4 km, conforme o estudo de caso. O peso da carga utilizado para a análise é de 50 toneladas, definido na etapa do transporte rodoviário.

Foi utilizada a tarifa de 0,1329 R\$/ton.km para o cálculo, referente à faixa quilométrica de 801 km a 1600 km de distância de percurso. À medida que a distância aumenta, essa tarifa fica menor. Essa tarifa representa a parcela variável do frete, que deve ser somada à parcela fixa. O custo do frete resultou em R\$ 8310,50.

Também deve ser considerado o custo tributário para compor o frete final. Assim como no transporte rodoviário, na etapa ferroviária será considerado apenas o ICMS para o cálculo. A alíquota utilizada é de 12% sobre o valor do frete, referente ao trânsito de mercadorias entre os estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo. O valor do custo tributário resultou em R\$ 997,26.

Por se tratar de um cálculo utilizando tarifas máximas, o lucro não será considerado para o transporte ferroviário, pois já está incluído no valor do frete.

Assim como no transporte rodoviário, nas ferrovias deve-se considerar o custo do estoque em trânsito, devido ao tempo em que o capital fica imobilizado. Utilizando valores obtidos no estudo de caso do trabalho, verifica-se que o *transit time* médio, ou o tempo médio de percurso no trajeto ferroviário, é de 55 horas, calculado através da VMC. A taxa de oportunidade será a mesma utilizada anteriormente para o transporte rodoviário, que é de 0,00149% por hora. Assim, a taxa referente ao percurso ferroviário é de 0,082%. Aplicando-se essa taxa sobre o valor da carga de 50 toneladas de celulose, que é R\$ 45900, obtém-se o custo do estoque em trânsito, que resultou em R\$ 37,62.

Somando-se os custos da etapa ferroviária, o resultado para o custo de transporte é de R\$ 9354,38. A Tabela 7 apresenta os valores considerados que compõe o custo do transporte ferroviário. Esse custo é referente ao transporte da carga de 50 toneladas de celulose dos terminais de transbordo até o Porto de Santos.

Tabela 7: Custo de transporte da etapa ferroviária.

Custo	Valor
Tabela Tarifa	R\$ 8.310,50
Tributos	R\$ 997,26
Estoque em Trânsito	R\$ 37,62
Total	R\$ 9.345,38

Fonte: Autor, 2024.

Vale ressaltar que esse valor apresentado na Tabela 7 é uma estimativa majorada, pois se refere ao valor máximo do frete autorizado pela ANTT que a concessionária pode cobrar de seus clientes. O valor praticado pela concessionária para o transporte de celulose provavelmente é menor que o calculado. Não foi possível obter a tarifa praticada pela concessionária para seus clientes, pois esse tipo de informação geralmente é confidencial.

Com os custos calculados das etapas de transporte rodoviário, transbordo intermodal e transporte ferroviário, é possível determinar o custo logístico total do Cenário 1, que resultou em R\$ 12908,03. A divisão dos custos de cada etapa logística se encontra na Tabela 8.

Tabela 8: Custos do Cenário 1.

Etapa	Valor
Transporte Rodoviário	R\$ 2.814,15
Transbordo Intermodal	R\$ 748,51
Transporte Ferroviário	R\$ 9.345,38
Custo Logístico Total	R\$ 12.908,03

Fonte: Autor, 2024.

5.2.2. Cenário 2

No Cenário 2, o transporte da celulose será realizado inteiramente por ferrovia, representando a situação futura da logística da celulose, utilizando a ferrovia existente e a nova ferrovia projetada. Portanto, o cálculo do custo logístico será mais simples, considerando apenas uma etapa que é o transporte ferroviário.

A metodologia para o cálculo será a mesma utilizada no transporte ferroviário no Cenário 1, que, para o custo de transporte, considera o custo do frete e o custo do estoque em trânsito.

Para o custo do frete no Cenário 2, será utilizada novamente a tabela de tarifas máximas de frete, fornecida pelas concessionárias ferroviárias à ANTT. A ferrovia Rumo Malha Norte é a utilizada como referência para obter a tarifa de frete, pois é onde se localizam os atuais terminais de transbordo de celulose.

O percurso do transporte de celulose no Cenário 2 terá 1025,1 km, passando por quatro ferrovias: A nova ferrovia projetada pela Suzano (EF-466), Rumo Malha Norte, Rumo Malha Paulista e MRS. No projeto da nova ferrovia, a conexão da mesma com a ferrovia existente acontece em local muito próximo aos terminais de transbordo, portanto, para obter a distância total de percurso deste cenário, foi feita a soma do comprimento do percurso

ferroviário do Cenário 1 com o comprimento da nova ferrovia. A carga de celulose a ser analisada será de 50 toneladas, assim como no Cenário 1.

A tarifa utilizada foi de 0,1329 R\$/t.km, referente à faixa quilométrica de 801 km a 1600 km, que representa a parcela variável do frete, à qual deve ser somada também a parcela fixa. O resultado para o valor do frete é de R\$ 9053,00.

Para compor o frete final, também deve ser considerado o custo tributário. Assim como anteriormente, será utilizada a alíquota do ICMS de 12% sobre o valor do frete, referente à circulação entre os estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo. O custo tributário resultou em R\$ 1086,36.

O custo do estoque em trânsito também será considerado neste cenário. Para obter o tempo de percurso, será utilizada a VMC determinada no estudo de caso, de 16,6 km/h. Sendo a distância total igual a 1025,1 km, obtém-se um tempo de percurso igual a 61 horas e 45 minutos. A taxa de oportunidade será igual à anterior, de 0,00149% por hora, que referente ao tempo de percurso resulta em 0,092% sobre o valor da carga. Assim, o custo do estoque em trânsito será de R\$ 42,23.

Com todos os custos calculados, obtém-se o custo logístico total do Cenário 2, resultando em R\$ 10181,59. A Tabela 9 exibe a divisão dos custos.

Tabela 9: Custos do Cenário 2.

Custo	Valor
Tabela Tarifa	R\$ 9.053,00
Tributos	R\$ 1.086,36
Estoque em Trânsito	R\$ 42,23
Total	R\$ 10.181,59

Fonte: Autor, 2024.

É importante esclarecer que, por se tratar de uma análise comparativa, alguns componentes de custos não foram considerados nos cálculos do custo logístico, como os custos portuários, que seria a taxa cobrada nos terminais portuários pelo uso de infraestrutura de transbordo e armazenagem (KUSSANO, 2010), pois é um custo intrínseco e constante para ambos os cenários.

A metodologia de cálculo objetivou utilizar ferramentas e dados de acesso aberto, fornecidos principalmente pela ANTT, para os custos rodoviários, ferroviários e de transbordo. O

trabalho buscou sintetizar como ocorre a composição de custos e estimar os valores dos custos logísticos praticados. Os valores no caso real podem variar em relação ao calculado neste trabalho, devido à limitação da impossibilidade de obter os dados diretamente das empresas fabricantes de celulose ou das empresas transportadoras.

5.3. Discussão

A análise dos custos logísticos buscou, dentro dos meios disponíveis, verificar o impacto de cada modal de transporte de forma quantitativa, e como a mudança de cenário poderia alterar a realidade da logística de celulose do caso estudado.

Observando os resultados dos dois cenários, primeiramente pode-se notar que os custos de frete são os mais representativos dentro da cadeia logística, sendo 80% do total no Cenário 1 e 89% do total no Cenário 2. Já o custo do estoque em trânsito é o menos representativo, podendo até ser desconsiderado para efeito de comparação. Em ambos os cenários a tributação sobre o transporte teve impacto significativo no valor final.

No Cenário 1, em que há a etapa de transbordo intermodal, o custo de transbordo chega a 6% do custo logístico total. Por ser uma rota de grande distância (mais de 1000 km), o transbordo não chega a ser um fator tão impactante no custo. O custo do pedágio representou 2% do total. A cobrança de pedágio na rodovia foi implantada no ano de 2024, e se torna um incentivo para a substituição do modal rodoviário pelo ferroviário. Olhando para a etapa ferroviária, é o custo mais representativo dentro do cenário, chegando a 72% do total. Porém, analisando dessa forma, gera uma conclusão enganosa, pois a distância percorrida pelo modal ferroviário é muito maior que pelo rodoviário, sendo 913,4 km por ferrovia e 133 km por rodovia. Assim, pode-se calcular o custo por quilômetro, resultando em 21,16 R\$/km no modal rodoviário e 10,23 R\$/km no modal ferroviário. Essa é uma das conclusões mais importantes do trabalho, mostrando que o custo para se transportar pelo modal rodoviário é mais que o dobro para se transportar pelo modal ferroviário, no caso estudado.

Já no Cenário 2, há apenas o transporte ferroviário a ser observado, o que torna mais simples a análise. Neste cenário, pode ser calculado o custo por quilômetro, que resulta em 9,93 R\$/km, ao longo de 1025,1 km. É um valor muito parecido com o obtido para o transporte ferroviário no Cenário 1.

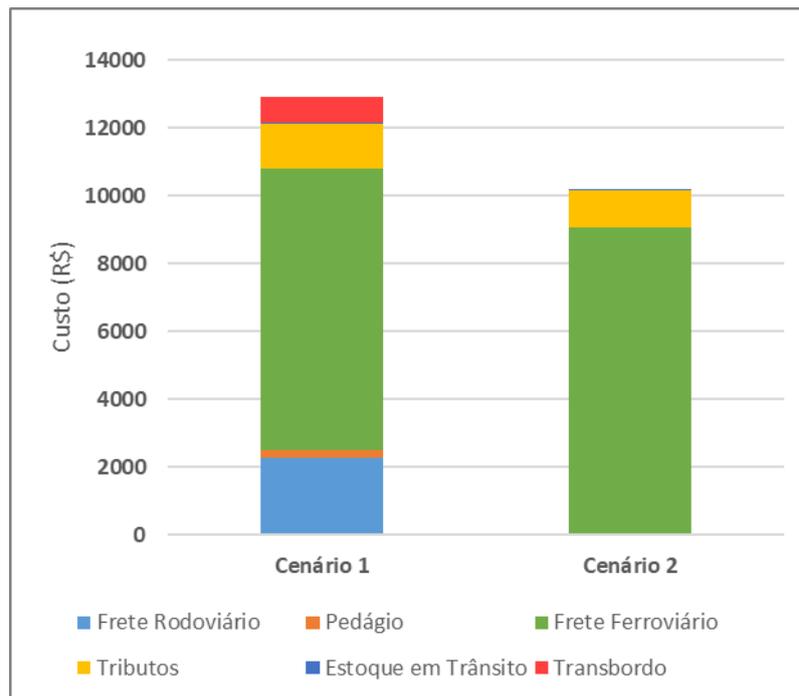
Comparativamente, o Cenário 2 se mostrou melhor que o Cenário 1, devido à diferença de valor de custo logístico final. O Cenário 2 obteve um resultado R\$ 2726,44 mais barato que o Cenário 1, equivalente a 21% de diferença. O principal trunfo do segundo cenário é a substituição das etapas rodoviária e de transbordo pelo transporte ferroviário. O resultado da comparação dos dois cenários já era esperado, já que o modal ferroviário é, reconhecidamente, menos custoso que o modal rodoviário. Além disso, vale ressaltar que a metodologia de cálculo para o transporte ferroviário considerou a tabela de tarifas máximas, ou seja, o custo do Cenário 2 provavelmente seria ainda menor caso fosse possível obter a informação da tarifa praticada pela concessionária.

Partindo dessa diferença de custo para 50 toneladas de carga, podem ser feitas projeções para outras situações. Em um mês de operação da nova rota de transporte do Cenário 2, a economia de custos seria de R\$ 10,36 milhões, e para um ano de operação, a economia chega a R\$ 124,32 milhões, considerando o volume exportado por ferrovia da unidade da Suzano em Três Lagoas-MS exibido na Tabela 5, de 2,28 milhões de toneladas de celulose por ano.

Uma outra comparação ainda pode ser feita, baseando-se apenas na rota entre Três Lagoas e Aparecida do Taboado. Se considerar o custo do transporte rodoviário e o custo do transporte pela nova ferrovia, o transporte ferroviário fica R\$ 645,14 mais barato que o rodoviário, representando uma diferença de 23%.

A Figura 23 apresenta os resultados obtidos para os custos logísticos, para cada cenário. Na seção do frete rodoviário foi somado o valor do frete com a respectiva margem de lucro. Nessa figura, é possível observar visualmente a contribuição de cada componente de custo no valor total. Pode-se notar que no Cenário 2 já não existem os custos de transporte rodoviário, de pedágio e de transbordo.

Figura 23: Custos de cada cenário.



Fonte: Autor, 2024.

Após a discussão dos resultados de cada cenário, pode-se concluir que o Cenário 2 é mais vantajoso que o Cenário 1, oferecendo um custo menor às empresas de celulose para a exportação da carga. A longo prazo, as empresas poderiam obter grande economia de recursos caso usem o trajeto inteiramente ferroviário, justificando o investimento necessário para a construção da infraestrutura.

Além dos benefícios financeiros, o Cenário 2 apresenta outras vantagens nos âmbitos social e ambiental. A substituição do transporte rodoviário pelo ferroviário acarreta na diminuição de caminhões circulando nas rodovias, trazendo benefícios para a população no entorno, além da redução das emissões de CO₂ na atmosfera. O modal ferroviário é menos poluente que o rodoviário, proporcionando maior eficiência energética.

Alguns outros fatores que não foram incluídos no cálculo também podem ser mencionados, como a qualidade das rodovias, que pode influenciar negativamente no transporte rodoviário. Ao observar imagens da rodovia, percebe-se que a BR-158 é uma rodovia que não possui pavimento de alta qualidade, além de possuir muitas rampas, podendo ser um fator de elevação de custos operacionais de transporte. A respeito do transporte ferroviário no Cenário 2, caso fosse implantado, exigiria uma infraestrutura de estocagem de mercadoria dentro das fábricas, de modo que pudesse abastecer um trem eficientemente.

6. CONCLUSÃO

Ao final do trabalho, conclui-se que os objetivos propostos foram atingidos, tanto os objetivos gerais quanto os específicos. Foi possível apresentar um conjunto de informações a respeito do sistema ferroviário e da indústria da celulose no Brasil e estabelecer uma correlação com o estudo de caso, principalmente esclarecendo a motivação para a construção da nova ferrovia. Além disso, a análise de custos logísticos foi satisfatória e possibilitou a mensuração e comparação dos custos.

As ferrovias no Brasil tiveram um papel muito importante como ferramenta de desenvolvimento no século 20, levando riqueza e proporcionando a logística necessária para todo o País. Nos tempos atuais, esse modal assume uma responsabilidade estratégica diferente, servindo principalmente como infraestrutura de escoamento de *commodities* do interior para os portos.

A nova ferrovia proposta pela Suzano surge como um ótimo exemplo desse contexto atual, explorando o alto potencial agrícola do Brasil. O projeto foi apresentado através do Marco das Ferrovias, o novo modelo regulatório que permite a construção e a exploração de ferrovias por empresas privadas. Isso demonstra o interesse dos grandes produtores em alternativas mais eficientes para transportar suas mercadorias.

Esse e outros projetos, concretizados no futuro, são uma forma de aumentar a participação do modal ferroviário na matriz de transportes, que atualmente é muito desequilibrada, devido ao uso majoritário das rodovias para o transporte. A diversificação da matriz de transportes contribui para a diminuição do Custo Brasil e permite uma produção mais eficiente.

Este estudo comparativo de custos dos dois cenários serviu para indicar, de maneira técnica, as vantagens do modal ferroviário sobre o modal rodoviário no caso estudado, e reforçar o potencial de desenvolvimento da malha ferroviária do País.

A contribuição deste trabalho se limitou a calcular e comparar os custos logísticos da rota da celulose. Para um trabalho futuro, fica a sugestão de analisar a viabilidade econômica da construção da nova ferrovia e seus custos de implantação (Capex). Saber o tempo de *payback* da nova ferrovia, ou seja, em quanto tempo o gasto com sua construção se pagaria, é um assunto relevante a ser pesquisado. Outra pesquisa que poderia ser feita no futuro é a análise do caso da ferrovia Malha Oeste, que era a antiga rota de escoamento da celulose de Três Lagoas-MS e acabou sendo desativada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTF. Informações Gerais. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>>. Acesso em: 10 dez. 2023.

ANTT. Autorizações Ferroviárias. Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/autorizacoes-ferroviarias-1>>. Acesso em: 29 out. 2023.

ANTT. Calculadora de Piso Mínimo de Frete. Disponível em: <<https://calculadorafrete.antt.gov.br/?Length=4>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

ANTT. Declaração de Rede 2022. Disponível em: <<https://portal.antt.gov.br/declaracao-de-rede-2022>>. Acesso em: 09 jan. 2024.

ANTT. Obras do lote 1F da FIOL I terão início nesta segunda-feira (3/7). Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/obras-do-lote-1f-da-fiol-i-terao-inicio-nesta-segunda-feira-3-7>>. Acesso em: 10 dez. 2023.

ANTT. Projeto EF-170 Ferrogrão. Disponível em: <<https://portal.ppi.gov.br/ef-170-mt-pa-ferrograo>>. Acesso em: 29 out. 2023.

ANTT. Sistema de Acompanhamento do Desempenho Operacional das Concessionárias – SIADE. Disponível em: <<https://dados.antt.gov.br/dataset/sistema-de-acompanhamento-do-desempenho-operacional-das-concessionarias-siade>>. Acesso em: 16 mar. 2024.

ARAÚJO, Maria da Penha S; BANDEIRA, Renata Albergaria de Mello, CAMPOS, Vania Barcellos Gouvea. Custos e fretes praticados no transporte rodoviário de cargas: uma análise comparativa entre autônomos e empresas. *Journal of Transport Literature*, Manaus, vol. 8, n. 4, p. 187-226, 2014.

BALLOU, Ronald. *Logística Empresarial*. São Paulo: Atlas, 1993.

BIAZUS, André; DA HORA, André Barros; LEITE, Bruno Gomes Pereira. Panorama de mercado: celulose. *BNDES Setorial* 32, p. 311-370, 2010.

BRASIL. Decisão SUFER/ANTT nº 92, de 26 de junho de 2023. Disponível em: <https://anttlegis.antt.gov.br/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&link=S&tipo=DCS&numeroAto=00000092&seqAto=000&valorAno=2023&orgao=SUFER/ANTT/MT&cod_modulo=423&cod_menu=8228>. Acesso em: 26 mai. 2024.

BRASIL. Deliberação ANTT nº 124, de 6 de julho de 2011.

BRASIL. Lei nº 14.273, de 23 de dezembro de 2021. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2021/lei/114273.htm>. Acesso em: 12 dez. 2023.

BRASIL. Resolução ANTT nº 5.867, de 14 de janeiro de 2020. Disponível em:

<https://anttlegis.antt.gov.br/action/ActionDatalegis.php?acao=detalharAto&tipo=RES&numeroAto=00005867&seqAto=000&valorAno=2020&orgao=DG/ANTT/MI&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_menu=7114&cod_modulo=421&pesquisa=true>. Acesso em: 28 abr. 2024.

CNA. Panorama do Agro. Disponível em: <<https://cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>>. Acesso em: 18 jun. 2024.

CNI. Transporte Ferroviário: Colocando a Competitividade nos Trilhos. Confederação Nacional da Indústria. Brasília, 2018.

CNT. O Sistema Ferroviário Brasileiro. Confederação Nacional do Transporte. Brasília, 2013.

DA HORA, André Barros. Panoramas Setoriais 2030: Papel e Celulose. 2017.

DE JESUS, Marcia Silva. O Contexto da Produtividade e Qualidade das Florestas no Brasil. Matanativa, 2018. Disponível em: <<https://matanativa.com.br/o-contexto-da-produtividade-florestal-no-brasil/#:~:text=Os%20fatores%20determinantes%20para%20a,e%20a%20competitividade%20das%20%C3%A1rvores>>. Acesso em: 01 fev. 2024.

DNIT/ANTT. Quadro resumo da legislação de pesos e dimensões. Disponível em:

<<https://www.antt.net.br/artigos/13022>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

ECONODATA. Ranking das 100 Maiores empresas de papel e celulose no Brasil por faturamento. Disponível em: <<https://www.econodata.com.br/maiores-empresas/todo-brasil/papel-e-celulose>>. Acesso em: 05 fev. 2024.

ELDORADO BRASIL. Eldorado Brasil Celulose inaugura terminal portuário no Porto de Santos, em São Paulo. 2023. Disponível em:

<<https://www.eldoradobrasil.com.br/pb/eldorado-brasil-celulose-inaugura-terminal-portuario-no-porto-de-santos-em-sao-paulo/>>. Acesso em: 16 mar. 2024.

ELDORADO BRASIL. Nossa História. Disponível em:

<<https://www.eldoradobrasil.com.br/pb/a-eldorado-brasil/nossa-historia/>>. Acesso em: 29 fev. 2024.

EXAME. Usiminas terá segunda fábrica de vagões em MG. 2012. Disponível em:

<<https://exame.com/negocios/usiminas-tera-2a-fabrica-de-vagoes-em-mg/>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

GKO FRETE. Definição de custo de frete. 2020. Disponível em:

<<https://gkofrete.com.br/blog/custo-de-frete/#:~:text=Defini%C3%A7%C3%A3o%20de%20custo%20de%20frete,o%20endere%C3%A7o%20de%20destino%20final>>. Acesso em: 29 abr. 2024.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores; EPE - Empresa de Pesquisa Energética; IEA - International Energy Agency. A indústria de Papel e Celulose no Brasil e no Mundo. 2021.

IMAM. Transbordo de Carga. 2023. Disponível em:

<<https://blog.imam.com.br/transbordo-de-carga/>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

INFRA S.A. Ferrovia de Integração Centro-Oeste (FICO). Disponível em:

<<https://www.infrasa.gov.br/ferrovias-da-infra-s-a/ferrovia-de-integracao-centro-oeste/>>. Acesso em: 10 dez. 2023.

INFRA S.A. Operação na Ferrovia Norte-Sul. Disponível em:

<<https://portal.valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-norte-sul/operacoes/a-operacao-na-ferrovia-norte-sul>>. Acesso em: 10 dez. 2023.

JOANINI LOGÍSTICA. Fardos ou Bobinas: Saiba mais sobre o transporte de celulose.

Disponível em: <<https://joanini.com.br/fardos-ou-bobinas-saiba-mais-sobre-o-transporte-de-celulose/#:~:text=Sua%20movimenta%C3%A7%C3%A3o%20deve%20ser%20feita,n%C3%A3o%20haja%20avarias%20na%20carga>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

KUSSANO, Marilin Ribeiro. Proposta de modelo do custo logístico do escoamento da soja brasileira para o mercado externo: O caso do Mato Grosso. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (Dissertação de Mestrado). São Carlos, 2010.

KUSSANO, Marilin Ribeiro; BATALHA, Mário Otávio. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. Gest. Prod., São Carlos, v. 19, n. 3, p. 619-632, 2012.

LANNA, Ana Lúcia Duarte. Ferrovias no Brasil 1870-1920. 2005.

LANZA, João Felipe Rodrigues. Livre Concorrência no Transporte Ferroviário: Um Estudo Liberal da Proposta das Shortlines. MISES: Interdisciplinary Journal of Philosophy Law and Economics, São Paulo, 2020; 8.

LOBO, Alexandre. Ferrovias: minério em alta, soja com espaço para crescer. 2019.

MARQUES, Sérgio de Azevedo. Privatização do Sistema Ferroviário Brasileiro. Texto para Discussão IPEA n° 434, 1996.

MARTIN, Brendan. Privatização Ferroviária através de Concessões - As origens e efeitos da experiência na América Latina. Federação Internacional dos Trabalhadores de Transporte (ITF), Public World, 2002.

MASSA. Ferrovia Carajás: Entenda tudo sobre. Disponível em: <<https://massa.ind.br/ferrovia-carajas-entenda-tudo-sobre/>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

MASSA. Primeira ferrovia do Brasil. Disponível em: <<https://massa.ind.br/primeira-ferrovia-do-brasil/>>. Acesso em: 25 out. 2023.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. Em um ano, Pro Trilhos chega a 89 propostas e investimentos projetados de R\$ 258 bilhões. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/pt-br/assuntos/noticias/2022/09/em-um-ano-pro-trilhos-chega-a-89-propostas-e-investimentos-projetados-de-r-258-bilhoes>>. Acesso em: 29 out. 2023.

NUBANK. CDI 2024: acompanhe a taxa mês a mês. Disponível em: <<https://blog.nubank.com.br/cdi-2024/>>. Acesso em: 25 mai. 2024.

O GLOBO. Justiça de São Paulo bloqueia bens da Eldorado Celulose. 2017. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2017/08/justica-de-sao-paulo-bloqueia-bens-da-eldorado-celulose.html>>. Acesso em: 19 mar. 2024.

ONTL. Simulador de Custo de Transporte. Disponível em: <<https://ontl.infrasa.gov.br/aplicacoes/simulador-de-custo-de-transporte/>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

RAMOS, Andrea. Bitrenção e rodotrem: veja as vantagens de cada um. Estradão, 2020. Disponível em: <<https://estradao.estadao.com.br/caminhoes/bitrencao-e-rodotrem-as-vantagens/>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

REVISTA FERROVIÁRIA. Ferrovia e Sustentabilidade. Disponível em: <<https://revistaferroviaria.com.br/2023/06/ferrovia-e-sustentabilidade/>>. Acesso em: 09 dez. 2023.

REVISTA FERROVIÁRIA. Fico, a nova rota de saída do Vale do Araguaia. Disponível em: <<https://revistaferroviaria.com.br/2020/09/fico-a-nova-rota-de-saida-do-vale-do-araguaia/>>. Acesso em: 10 dez. 2023.

REVISTA FERROVIÁRIA. Suzano investe no modal ferroviário para agilizar transporte de celulose. 2022. Disponível em: <<https://revistaferroviaria.com.br/2022/12/suzano-investe-no-modal-ferroviario-para-agilizar-transporte-de-celulose/#:~:text=Algo%20que%20reflete%20diretamente%20na,500%20foram%20encaminhados%20pela%20Suzano>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

REVISTA FERROVIÁRIA. VLI recebe os primeiros vagões para atender operação com a LD Celulose. Disponível em: <<https://revistaferroviaria.com.br/2022/06/vli-recebe-os-primeiros-vagoes-para-atender-operacao-com-a-ld-celulose/>>. Acesso em: 05 fev. 2024.

SILVA, Francisco Gildemir Ferreira; MACAMBIRA, José Kleber; ROCHA, Carlos Henrique. MEDINDO A EFICIÊNCIA PRODUTIVA DO TRANSPORTE POR FERROVIAS BRASILEIRAS: UMA APLICAÇÃO DOS MODELOS DEA E TOBIT. Revista Pesquisa e Planejamento Econômico, V. 49, N. 3, 2019.

SILVEIRA, Airton Dornelles. A desativação de trechos ferroviários concedidos. Convibra, 2016.

SUZANO. Projeto Cerrado. Disponível em: <<https://site.suzano.com.br/projetocerrado/>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

SUZANO. Unidade Três Lagoas da Suzano alcança marco de 30 milhões de toneladas de celulose produzidas em tempo recorde. 2023. Disponível em: <<https://www.suzano.com.br/noticia/unidade-tres-lagoas-da-suzano-alcanca-marco-de-30-milhoes-de-toneladas-de-celulose-produzidas-em-tempo-recorde>>. Acesso em: 28 fev. 2024.

SUZANO. Suzano recebe visita do Ministro da Infraestrutura em seu mais novo complexo de movimentação de celulose. 2020. Disponível em:

<<https://www.suzano.com.br/noticia/suzano-recebe-visita-do-ministro-da-infraestrutura-em-seu-mais-novo-complexo-de-movimentacao-de-celulose>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

TEIXEIRA, André Lourenço, NETO, Samuel da Silva, FREITAS, Wisller.

CARACTERIZAÇÃO DA LOGÍSTICA DE MADEIRA E CELULOSE NO MUNICÍPIO DE TRÊS LAGOAS – MS. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

TOTVS. Transit time: fatores que influenciam no tempo da entrega e como otimizá-los.

2023. Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/gestao-logistica/transit-time/>>. Acesso em: 12 mar. 2024.

VALOR ECONÔMICO. Para Suzano, atual preço da celulose não é sustentável.

Disponível em: <<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2023/08/04/para-suzano-atual-preco-da-celulose-nao-e-sustentavel.ghtml>>. Acesso em: 25 mai. 2024.

VIEGAS, Anderson. MS se transforma na 'bola da vez' da indústria de celulose e ganha destaque mundial. G1 MS, 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ms/mato-grosso-do-sul/noticia/2023/01/30/ms-se-transforma-na-bola-da-vez-da-industria-de-celulose-e-ganha-destaque-mundial.ghtml>>. Acesso em: 06 fev. 2024.

VLI. Ferrovia Norte-Sul (FNS). Disponível em: <<https://www.vli-logistica.com.br/ativos-mapa/ferrovia-norte-sul-fns/>>. Acesso em: 29 out. 2023.

VLI. Renovação da Concessão da Ferrovia Centro-Atlântica. Disponível em:

<<https://www.fcatransforma.com.br/>>. Acesso em: 29 out. 2023.

WANDERLEY, Maurício Ferreira. Shortlines: Características e necessidades regulatórias para a viabilização de trechos e ramais ferroviários abandonados ou considerados de baixa demanda no Brasil. Coletânea de Pós-Graduação, v. 4, n. 17. Brasília, 2019.

WAY-112. Pedágios e Tarifas. Disponível em: <<https://way112.com.br/servicos/pedagios-e-tarifas/>>. Acesso em: 14 mar. 2024.