

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VANESSA S. NEGRÃO MESSIAS

**MULTIMODALIDADE COMO ESTRATÉGIA LOGÍSTICA PARA O
TRANSPORTE DE *COMMODITIES* AGRÍCOLAS NO CENTRO-SUL
DO BRASIL: O PAPEL DO PNLT NO EQUILÍBRIO DA MATRIZ**

CURITIBA

2017

VANESSA S. NEGRÃO MESSIAS

**MULTIMODALIDADE COMO ESTRATÉGIA LOGÍSTICA PARA O
TRANSPORTE DE *COMMODITIES* AGRÍCOLAS NO CENTRO-SUL
DO BRASIL: O PAPEL DO PNLT NO EQUILÍBRIO DA MATRIZ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Comissão de Orientação:
Prof. Dr. Ricardo Mendes Junior
Prof. Dr. José Eduardo Pécora Junior

CURITIBA

2017

N385m

Negrão, Vanessa dos Santos Messias

Multimodalidade como estratégia logística para o transporte de commodities agrícolas no Centro-sul do Brasil: o papel do PNLT no equilíbrio da matriz / Vanessa dos Santos Messias Negrão. – Curitiba, 2017.
80 f ; il. color : 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2017.

Orientador: Ricardo Mendes Junior – Co-orientador: José Eduardo Pécora Junior
Bibliografia: p. 74-80.

1. Logística empresarial. 2. Distribuição de mercadorias. 3. Transportes – Planejamento. 4. Agronegócio. I. Universidade Federal do Paraná. II. Mendes Junior, Ricardo. III. Pécora Junior, José Eduardo . IV. Título.

CDD: 658.7



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **VANESSA DOS SANTOS NEGRAO MESSIAS** intitulada: **MULTIMODALIDADE COMO ESTRATEGIA LOGISTICA PARA O TRANSPORTE DE COMMODITIES AGRICOLAS NO CENTRO-SUL DO BRASIL: O PAPEL DO PNLT NO EQUILIBRIO DA MATRIZ**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua

Aprovação.

Curitiba, 24 de Fevereiro de 2017.

RICARDO MENDES JUNIOR
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

CASSIUS TADEU SCARPIN
Avaliador Interno (UFPR)

GUILHERME FRANCISCO FREDERICO
Avaliador Externo (UFPR)

AGRADECIMENTOS

O começo deste mestrado foi muito difícil. Entre todas as certezas que eu tinha naquele momento, uma era a de que eu chegaria ao final desta jornada sozinha, sem agradecer ninguém. No primeiro dia, uma das frases ditas a nós, recém ingressos, foi: “Façam amigos. Nenhum de vocês chegará ao final se não fizer amigos”. Seria possível fazer novas amizades? A resposta era sim. Hoje, meu maior agradecimento é dedicado aos amigos que fiz - e que permaneceram - neste período.

Agradeço aos amigos que já faziam parte da minha vida e, embora não sejam acadêmicos, mantiveram paciência com as minhas ausências e nos meus momentos de dificuldade - que não foram poucos!

Aos meus colegas de trabalho, agradeço pela compreensão em momentos de estudos em horário de trabalho, por algumas ausências, por terem possibilitado que eu pudesse continuar, sem prejudicar o andamento da unidade.

Aos amigos que vieram com o mestrado e mostraram que é possível encontrar amizade mesmo em momentos de adversidade, em sábados inteiros dedicados ao estudo de estatística, agradeço também. Vocês são pessoas que levarei por toda minha vida.

Agradeço especialmente à minha família, de quem estive bastante distante neste período. Aos meus pais, Janilce e Guilherme, cuja dedicação aos filhos permitiu que eu tivesse condições de estudar com tranquilidade, mesmo a esta altura da minha vida. Aos meus irmãos, Monique e Guilherme, por nunca me deixarem sem um motivo pra rir, mesmos nos dias mais pesados. Aos quatro, pela paciência que tiveram comigo durante os 24 meses regulares e outros tantos como aluna especial.

Também quero agradecer aos colegas, professores e amigos do GTAQ. Passar a fazer parte deste grupo teve diferença significativa na minha vida, tanto acadêmica quanto pessoal. Posso dizer que foi o lugar onde mais aprendi durante o mestrado, ensinamentos que transcenderam os estudos acadêmicos. Obrigada Talita, Kellen, Naty e Guilherme, por me receberem tão bem em um grupo em que cheguei por último. Ao Matheus, agradeço pela paciência em me explicar como algumas coisas funcionavam, por me ajudar com conhecimentos de Pesquisa Operacional que eram novos para mim e por dividir a mesa comigo. E à Eliete, que me recebeu com muito carinho desde o primeiro dia, a quem sempre admirei e a

quem devo muito do que aprendi no GTAQ, agradeço por toda a generosidade em dividir até os limões!

Durante esta jornada, temos muitos professores. Mas é preciso reconhecer aqueles que têm o dom de transmitir conhecimentos e vocação para garantir que nos tomemos estudantes, profissionais e pessoas melhores. Entre eles, agradeço ao Professor Cassius, que ouviu meu pedido de socorro e atendeu de maneira generosa, oferecendo um projeto incrível, que espero ter desenvolvido com o cuidado que merecia. Ao Professor Ricardo, por ter aceitado o desafio de presidir uma comissão de orientação, acreditado no projeto e me dado liberdade de seguir o plano que eu tinha para os meus estudos. Agradeço especialmente ao Professor Pécora, por ter aceitado me orientar e, mesmo sabendo o trabalho que teria pela frente, acreditou que seria possível. Agradeço, principalmente, por não me deixar desistir, por dar apoio e por nunca me deixar desanimar, mesmo quando nem eu acreditava mais em mim mesma; por dividir comigo tanto conhecimento e me transformar em uma escritora melhor. Obrigada por sempre me inspirar e por ser um dos melhores professores (e uma das pessoas mais legais!) que tive a felicidade de conhecer. Jamais serei capaz de agradecer aos três por tudo que fizeram por mim.

Agradeço também à família que eu escolhi: Cassio, Rafael, Karina, Maitê, Juliano, Manu, Isa, Thiago, Paloma, Oksana e Ana Márcia, e tantos outros cujos nomes preencheriam várias páginas. Sem vocês, eu não teria chegado tão longe. Cada um sabe o quanto foi importante que vocês estivessem comigo – ao vivo ou na tela do meu computador – durante esses dois anos.

Finalmente, agradeço aos amigos sem os quais esta dissertação não seria possível: Luana que, mesmo morando na Bélgica, a 10 mil quilômetros de distância, não mediu esforços para me ajudar no momento em que eu mais precisei. E, ao Leonardo, agradeço por sempre me fazer rir (mesmo nos dias em que eu já estava chorando), por me ajudar com a licença do programa que insistia em não funcionar, com as equações que eu não conseguia compreender e até com as linhas do código que eu não entendia por causa das "aspas de um".

Sem vocês, eu não teria sabido nem por onde começar.

Muito obrigada.

RESUMO

O Brasil é o maior exportador de soja do mundo, de acordo com a OCDE/FAO, (2015) e a CONAB (2016). Contudo, transportar o grão do interior do país com destino ao mercado externo é um desafio logístico. Devido à concentração da produção no eixo centro-sul do país, composto por estados do Centro-Oeste, Sudeste e Sul, os produtos agrícolas percorrem grandes distâncias para chegar até os portos marítimos. Apesar do volume produzido e da distância percorrida, mais da metade da produção depende de rodovias e caminhões para chegar ao destino, já que não há ampla oferta de outros modais de transporte. Neste contexto, tem havido um esforço estratégico de criação de novas rotas hidroviárias e ferroviárias para escoamento da produção, tanto dentro do Brasil, como com destino à exportação. A criação de programas como o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), que prevê obras de infraestrutura logística visando à desconcentração no modal rodoviário, a fim de criar equilíbrio na matriz de transportes brasileira, é um reflexo desta necessidade de mudança no transporte brasileiro. Assim, o objetivo deste trabalho é encontrar, dentre essas obras, aquelas que tenham relevância em termos de redução de custos para a cadeia agrícola, de forma a criar um ambiente multimodal para o transporte de cargas. Para isso, desenvolveu-se um modelo matemático de programação linear mista, para resolver o problema do fluxo de transporte desses grãos. Foram gerados cenários, escolhidos por critério de relevância nacional, otimizados com o auxílio do *software* AIMMS (Advanced Integrated Multidimensional Modeling Software). Os resultados do trabalho indicam que apenas 3 das 22 obras escolhidas do PNLT revertem-se em redução de custos logísticos. Além disso, dentre aqueles cenários favoráveis para a cadeia estudada, é possível notar um esgotamento da capacidade dos portos de exportação.

Palavras-chave: Logística, Infraestrutura de Transportes, Otimização, Custos do Agronegócio

ABSTRACT

Brazil is the world's biggest soy exporter, according to OCDE/FAO (2015) and (CONAB (2016). However, transporting the bean from the countryside destined to the foreign market is a logistical challenge. Due to the production concentration on the center-south axis of the country, formed by the States on the Midwest, Southeast and South regions, agricultural products go through great distances to reach the seaports. Despite the volume carried and the distance traveled, more than half the production will be transported by trucks to its destination since the offer of other modes of transport is not enough to handle the needs. In this context, there has been a strategic effort for the construction of new waterways and railroads for the flow of production, both within Brazil and for exporting. The creation of programs such as The National Plan for Logistics and Transport (in Portuguese, PNLT), which provides logistics infrastructure projects, aiming the balance in the Brazilian transportation matrix, is a reflection of the necessity to change Brazilian transport. Thus, the purpose of this work is to prioritize, among these projects, those that are relevant to the agricultural supply chain, when it comes to costs reduction, to create a multimodal scenario to the cargo transportation system. For this, a mathematical model was developed, using mixed linear programming, to solve the problem of the transport flow of these grains. The scenarios generated were chosen according to their national relevance and optimized using AIMMS (Advanced Integrated Multidimensional Modeling Software). The results of this work indicate that 3 of the 22 chosen roads included in the PNLT turns into logistics cost reduction. Also, among those favorable scenarios for the agricultural chain, it is possible to notice that the exportation ports are operating close to their capacity.

Keywords: Logistics, Transportation Infrastructure, Optimization, Agribusiness' Costs

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição Modal da Matriz Brasileira de Transportes Regionais de Cargas em 2011	12
Figura 2 - Distribuição Modal da Matriz de transporte de soja e milho dos Estados Unidos em 2011	13
Figura 3 - Distribuição Modal da Matriz de transporte de soja e milho da Argentina em 2011	14
Figura 4 – Protocolo de Pesquisa	18

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Metodologia da Pesquisa	17
Quadro 2 – Trabalhos Correlatos	46
Quadro 3 – Classificação das obras do PNLT	54
Quadro 4 – Obras inseridas no modelo	56
Quadro 5 – Portos por cenário	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custos de Transporte por modal (km/tonelada)	21
Tabela 2 – Rede Hidroviária Brasileira	29
Tabela 3 – Dados do modelo matemático	48
Tabela 4 – Resultados	60
Tabela 5 – Ganhos logísticos em cada cenário	62
Tabela 6 – Utilização dos portos no cenário original	62
Tabela 7 – Utilização dos portos no Cenário 2	63
Tabela 8 – Utilização dos portos no cenário 16	63
Tabela 9 – Utilização dos portos no cenário 18	64
Tabela 10 – Preço Sombra Cenário Base	65
Tabela 11 – Preço Sombra Cenário 2	65
Tabela 12 – Preço Sombra Cenário 16	66
Tabela 13 – Cenário 16 modificado	66
Tabela 14 – Preço Sombra – Cenário 18	67
Tabela 15 – Cenário 18 modificado	67
Tabela 16 – Preço Sombra por cidade	68
Tabela 17 – Custo Total dos cenários de redução de custos	70
Tabela 18 – Comparação entre custo e investimento	70

LISTA DE SIGLAS

EVTEA	-	Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental
OTM	-	Operador de Transporte Multimodal
PAC	-	Programa de Aceleração do Crescimento
PIL	-	Programa de Investimentos em Logística
PIB	-	Produto Interno Bruto
PHE	-	Plano Hidroviário Estratégico
PLOA	-	Projeto de Lei Orçamentária Anual
PNHT	-	Política Nacional de Transporte Hidroviário
PNLT	-	Plano Nacional de Logística e Transportes
TKU	-	Tonelada Transportada por Quilômetro Útil

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 MÉTODO DA PESQUISA.....	17
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	18
1.6 PROTOCOLO DE PESQUISA	18
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO EM LOGÍSTICA.....	20
2.2 PLANEJAMENTO LOGÍSTICO BRASILEIRO	22
2.2.1 Contexto Histórico	24
2.2.2 Rodovias.....	25
2.2.3 Ferrovias.....	27
2.2.4 Hidrovias.....	28
2.2.5 Intermodalidade, Multimodalidade e Transbordo.....	29
2.2.6 Programa de Investimento em Logística	33
2.2.7 Plano Nacional de Logística e Transportes	34
2.2.8 Planejamento estratégico da logística brasileira.....	36
2.2.9 Análise de cenários estratégicos multimodais	38
2.2.10 Análise de custos e fluxos de transporte	39
2.2.11 Produção agrícola no Brasil.....	41
2.2.12 Soja no centro-sul.....	42
2.3 OTIMIZAÇÃO E MODELAGEM MATEMÁTICA	43
2.4 TRABALHOS CORRELATOS	44
3 PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O AGRONEGÓCIO	48
3.1 O MODELO MATEMÁTICO	48
3.2 ANÁLISE DOS CENÁRIOS PARA INVESTIMENTOS	52
3.3 CENÁRIOS PROPOSTOS	53
4 ANÁLISE E RESULTADOS	60
4.1 EXPERIMENTOS	60
4.2 UTILIZAÇÃO DOS PORTOS.....	62
4.3 ANÁLISE DO PREÇO SOMBRA	64
4.3.1 Preço sombra dos portos.....	64
4.3.2 Preço Sombra por cidade	68
4.4 INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA	70
5 CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

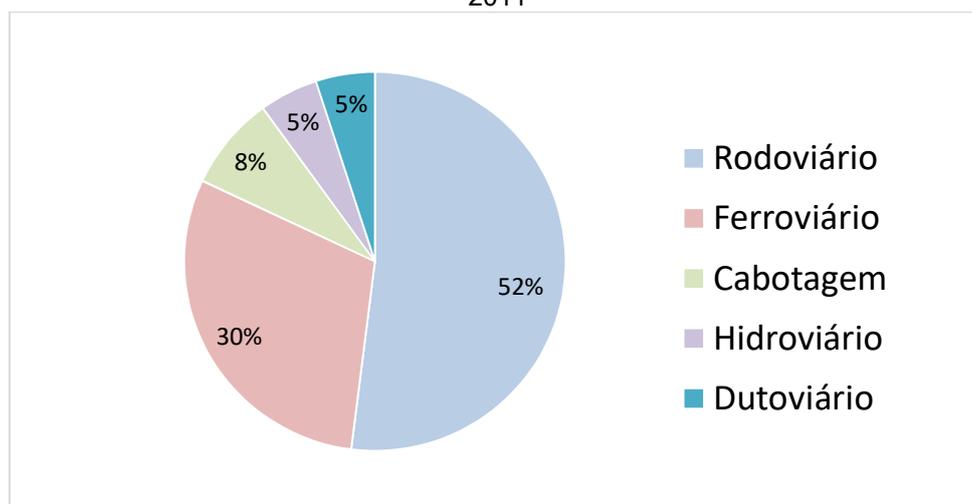
O Brasil é um dos líderes mundiais em produção e exportação de produtos agropecuários. No entanto, a produção agrícola geralmente acontece afastada de grandes centros urbanos e industriais. Desta forma, a produção rural depende do transporte de longas distâncias e de um eficiente planejamento logístico, para que seus produtos possam chegar do campo às empresas de beneficiamento, aos consumidores locais e aos consumidores internacionais. Em um país de forte presença no mercado de *commodities*, em que 56% da produção de soja tem como destino o mercado exterior (EMBRAPA SOJA, 2016), a estratégia de logística e transportes é fundamental para a redução de custos e crescimento do mercado. Um bom planejamento de transportes pode melhorar os fluxos de cargas, tanto regionalmente, quanto nacionalmente, permitindo a dispersão das atividades econômicas e desenvolvimento de diferentes regiões.

Contudo, assim como acontece no transporte de passageiros, o transporte de cargas no Brasil realiza-se, predominantemente, por rodovias. O modal rodoviário, apesar do custo alto do frete, é aquele que oferece maior flexibilidade e extensão de malha (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2014a). Devido às suas características, as rodovias permitem alto grau de ramificação, além de relativa facilidade de implantação, já que sua estrutura é mais barata e mais simples de construir que aquela necessária para a construção de ferrovias e viabilização de hidrovias. No curto prazo, a implementação de uma rodovia pode parecer um melhor investimento dos recursos públicos, pois, além do uso para transporte de mercadorias, é usada para transporte de pessoas.

No entanto, o transporte rodoviário não é adequado para cargas que viajam grandes distâncias. As estradas brasileiras ainda apresentam mau estado de conservação, além de serem trafegadas por caminhões obsoletos, que criam congestionamento no período de safra, quando a produção se destina para os portos (GONÇALVES, 2008). Mesmo assim, o caminhão é usado para o escoamento da produção brasileira por ser considerado um modal com maior capilaridade, e também pela dificuldade de acesso em algumas áreas do país em que só é possível chegar com esse tipo de veículo.

“Observa-se que o Brasil possui forte dependência do modo de transporte rodoviário se comparado a outros países que também possuem grandes dimensões territoriais” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012). As características da matriz podem ser vistas na Figura 1, representada em tonelada por quilômetro útil (TKU):

Figura 1 – Distribuição Modal da Matriz Brasileira de Transportes Regionais de Cargas em 2011



FONTE: adaptado de PNLT (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012)

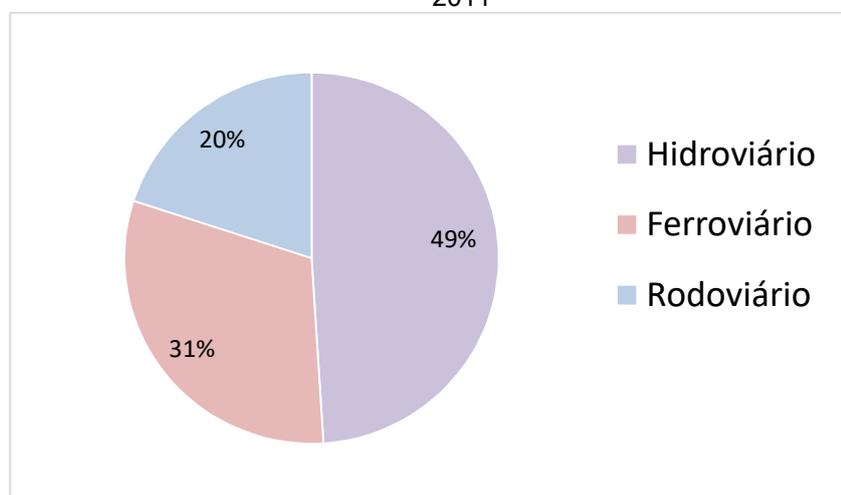
Na Figura 1 é possível notar que o transporte brasileiro é predominantemente rodoviário, com 52% de participação, sendo que o segundo modal mais usado, o ferroviário, tem pouco mais da metade da participação que o rodoviário – com um total de 30%, apenas. Transportes terrestres correspondem, portanto, a 82% do total. A expressão de transportes por meio aquático é bastante pequena, compreendendo 5% do total.

Ainda que a maior parte do transporte de cargas brasileiro seja feita por rodovias, a qualidade de infraestrutura rodoviária do país está apenas em 122º lugar entre os maiores exportadores mundiais de soja e milho, como Estados Unidos e Argentina. Entre os países de grandes dimensões, os EUA estão na 16ª posição, enquanto o Canadá está na 23ª. No MERCOSUL, a Argentina está em 110º lugar e o Paraguai em 133º, por exemplo. Quanto ao modal ferroviário, o Brasil está em 96º lugar, seguido pela Argentina, na 97ª posição. Dos principais concorrentes brasileiros na exportação de soja e milho, sua posição é favorável apenas com relação à Argentina, perdendo para todos os outros concorrentes. Os EUA figuram em 15º lugar e a Índia em 27º. Quando se

compara a densidade da infraestrutura hidroviária dos principais exportadores de soja e milho, o Paraguai tem quase três vezes mais hidrovias que o Brasil, com 7,6km de estrutura para cada 1.000km² de área territorial. A Índia tem 4,4km, os Estados Unidos 4,2km e a Argentina 4,0km (CNT, 2014a).

Na Figura 2, está representada a distribuição modal para o transporte de soja e milho dos Estados Unidos. Aproximadamente a metade de todo o transporte é feita por hidrovias e o transporte rodoviário participa de 20% do total. A distância média até os portos é de cerca de 1.000km, como também é o caso do Brasil, segundo a Confederação Nacional do Transporte (2014b).

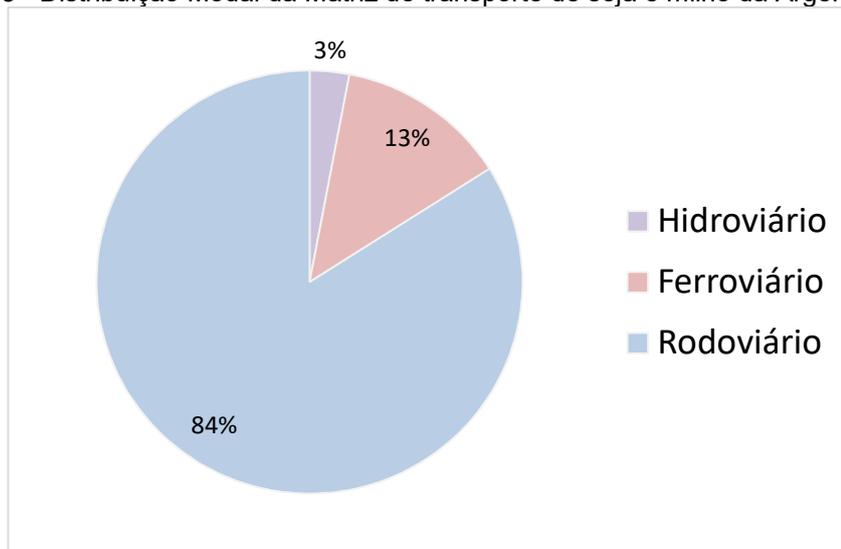
Figura 2 - Distribuição Modal da Matriz de transporte de soja e milho dos Estados Unidos em 2011



FONTE: Adaptado de Entraves logísticos para o escoamento de soja e milho (CNT, 2014b)

Na Figura 3, a distribuição modal Argentina, também para os grãos de soja e milho. Esta matriz é predominantemente rodoviária, com mais de 84% da produção transportada por este modal. Porém, a distância média entre a produção e os portos argentinos é de 300 km (CNT, 2014b), distância para a qual o transporte rodoviário ainda é adequado.

Figura 3 - Distribuição Modal da Matriz de transporte de soja e milho da Argentina em 2011



FONTE: Adaptado de Entraves logísticos para o escoamento de soja e milho (CNT, 2014b)

Corrigir a matriz de transporte de cargas será um processo longo, porque as obras de infraestrutura logística demandam tempo. São necessários seis meses para criar uma estrada de 500 quilômetros de extensão sem pavimentação, e cinco anos para construir uma ferrovia com a mesma dimensão (FRANÇA, 2014). Tratam-se, portanto, de investimentos de longo prazo e de altos custos, que necessitam de planejamento financeiro antes de serem iniciados. A estrutura hidroviária, apesar de usar vias naturais – quando possível a navegabilidade – precisa de estações de transbordo, portos e terminais, cujos custos de construção são elevados. Além disso, quanto mais intervenções são necessárias para tornar um rio navegável, mais a construção de uma hidrovía tem os custos equivalentes à construção de uma ferrovia (POMPERMAYER; CAMPOS NETO; DE PAULA, 2014).

Contudo, esta correção se faz necessária porque o problema de infraestrutura brasileiro dificulta a expansão do agronegócio, especialmente quanto à cultura da soja. Não são apenas os problemas das rodovias, mas também da malha dos outros modais, que são bastante deficientes. Com a criação dos programas do Governo Federal, como o Programa de Aceleração do crescimento (PAC), o Programa de Investimento em Logística (PIL) e o PNLT, o governo brasileiro demonstra a necessidade de adequar o panorama da logística de transportes brasileira à realidade do país: às suas grandes dimensões e à importância da produção agrícola. Como alterações na estrutura

de transporte nessas proporções demandam um grande volume de recursos, além de um longo período de tempo, é necessário que se definam prioridades de investimentos, de forma que o retorno seja o maior possível, no menor tempo viável.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Os planos de governo que compreendem o transporte de cargas preveem uma série de intervenções e novas obras de infraestrutura nos diversos modais. Considerando que os investimentos são limitados e devem-se priorizar as obras que obtiverem melhores resultados em termos de logística e redução de custos, a questão de pesquisa proposta é: Quais dos cenários apresentados pelo Plano Nacional de Política e Transportes podem melhorar a malha disponível para o escoamento de *commodities* agrícolas?

1.2 OBJETIVOS

Nesta Seção serão apresentados os objetivos geral e específicos para este trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

Identificar e apresentar cenários de execução do planejamento estratégico do sistema de transporte multimodal - com base no Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT) – que permitam redução de custos logísticos do agronegócio e da cadeia da soja a partir da sua implantação.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- Compreender, por meio da revisão bibliográfica, a situação atual do transporte de *commodities* agrícolas no Brasil;

- Analisar os documentos disponibilizados pelo governo, como o PNLT, para conhecer o planejamento de investimentos em transportes terrestres;
- Simular os cenários do PNLT que tenham origem nos Estados do centro-sul;
- Estabelecer as obras prioritárias para permitir a multimodalidade no transporte de *commodities* agrícolas no centro-sul do país.

1.3 JUSTIFICATIVA

A diminuição de custos deve ser o objetivo do planejamento do transporte de carga. No ano de 2008, enquanto no Brasil 60% desse transporte era realizado em modal rodoviário, nos Estados Unidos e Austrália – outros países de grandes dimensões – esse número era de 40%. Estes custos elevados têm grande impacto na cadeia de *commodities* e criam um ambiente desfavorável para a competitividade brasileira. Da mesma forma que os custos penalizam a agricultura, a economia decorrente de uma logística mais eficiente tem impactos positivos para o setor agrícola (GONÇALVES, 2008).

Devido à saturação do sistema rodoviário, seus altos custos, subutilização de outras modalidades de transporte, e vantagens logísticas dos modais hidro e ferroviário, é necessário definir o potencial de melhoria da cadeia quanto às obras de infraestrutura de transportes. No entanto, não foram encontrados estudos relacionados aos benefícios logísticos das obras de infraestrutura previstas nos planos de governo, ou estudos que relacionem obras propostas para melhoria de infraestrutura e sua importância para o transporte de *commodities* agrícolas. Por esta razão, é necessária a discussão para a readequação da matriz de transporte de cargas brasileira, especialmente para uma cadeia tão importante na geração do PIB do país.

Assim, contribuição do presente trabalho é simular e otimizar rotas com origem no centro-sul, de modo a sugerir a priorização de investimentos públicos para a construção de estrutura de transportes de carga, encontrando cenários que resultem em redução de custos logísticos.

1.4 MÉTODO DA PESQUISA

A metodologia escolhida para a realização deste trabalho está representada no Quadro 1, quanto à natureza, abordagem, objetivos e procedimentos:

Quadro 1 – Metodologia da Pesquisa

NATUREZA	ABORDAGEM	OBJETIVOS	PROCEDIMENTOS
Básica	Quantitativa	Exploratória	Bibliográfica
Aplicada	Qualitativa	Descritiva	Documental
		Explicativa	Experimental
			Levantamento
			Estudo de caso
			Ex-Post-Facto
			Pesquisa-Ação
			Pesquisa Participante

FONTE: A autora (2016)

A pesquisa é de natureza aplicada, porque produzirá conhecimento e auxiliará na resolução de um problema encontrado na realidade. Tem abordagem quantitativa, porque as variáveis utilizadas no trabalho são mensuráveis e analisadas por um modelo matemático. É exploratória quanto aos objetivos porque tem a finalidade de construir hipóteses. Finalmente, quanto aos procedimentos, é bibliográfica e documental, pois se apoia em artigos científicos livros e relatórios técnicos. É também experimental por “determinar um objeto de estudo e selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo” (GIL, 2002). Quanto à classificação, é uma pesquisa de simulação, realizada por meio de um processo de modelagem matemática, dado que um modelo “permite compreender melhor o ambiente em questão, identificar problemas, formular estratégias e oportunidades e apoiar e sistematizar o processo de tomada de decisões” (MIGUEL, 2012).

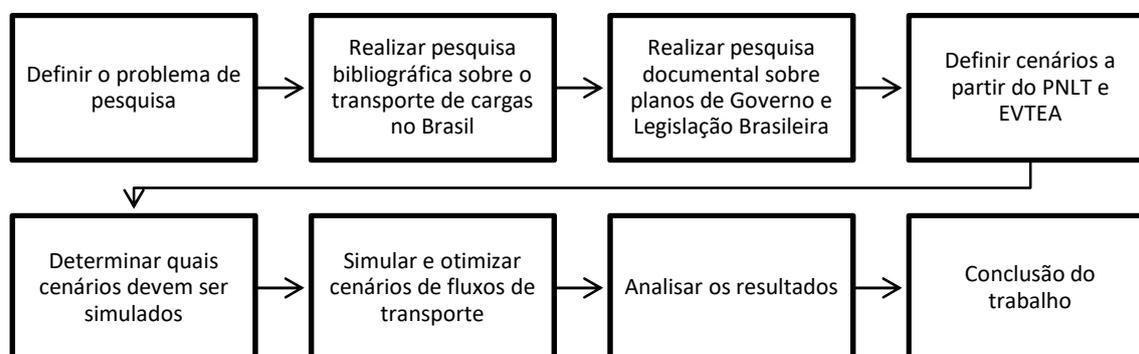
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O estudo contemplará exclusivamente obras que estejam compreendidas no Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012) e será baseado no modelo de infraestrutura multimodal proposto no Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA da Bacia do Rio Paraguai (PÉCORA JUNIOR; SCARPIN; SCREMIN, 2015), para priorizar o transporte de cargas agrícolas do Centro-Oeste, interior do Estado de São Paulo e Paraná, o eixo centro-sul.

1.6 PROTOCOLO DE PESQUISA

O protocolo para esta pesquisa é representado pela Figura 4. Inicialmente, definiu-se o problema de pesquisa, que é a deficiência da malha disponível para o transporte de cargas. A seguir, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, a fim de estabelecer o cenário atual brasileiro, assim como uma pesquisa documental para a compreensão dos planos de governo para esta área. A partir do documento do PNLT e do Estudo de Viabilidade Técnica do Rio Paraguai, estabeleceram-se cenários para a multimodalidade e, então, foram determinados aqueles a serem simulados. Esses cenários foram otimizados, analisaram-se os resultados e, por fim, concluiu-se o trabalho.

Figura 4 – Protocolo de Pesquisa



Fonte: A autora (2016)

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 2 é composto pelo referencial teórico sobre o planejamento logístico. Trata de planejamento estratégico, do planejamento brasileiro e do contexto histórico do transporte de cargas no país. Na Seção 2.2, são explicados brevemente os modais de transporte considerados para o trabalho, que são o rodoviário, o ferroviário e o hidroviário, além de uma elucidação a respeito dos termos multimodalidade, intermodalidade e transbordo, uma apresentação sobre PIL e PNLT e, finalmente, as características da produção agrícola no Brasil e na região centro-sul. Na Seção 2.4, estão os trabalhos correlatos. O Capítulo 3 traz a proposta metodológica do trabalho, sendo que o modelo matemático está na Seção 3.1 e os cenários propostos na Seção 3.3. O Capítulo 4 trata das análises e resultados e a Seção 4.1 mostra os experimentos. O Capítulo 5 refere-se às conclusões do trabalho, seguido das referências utilizadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para auxiliar o estudo, é apresentada a seguir a revisão bibliográfica do assunto, compreendendo a logística, os modais de transporte e a possibilidade combinação entre eles, além de um tópico para a otimização e modelagem matemática.

2.1 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO EM LOGÍSTICA

O transporte é um dos fatores-chave para o desempenho da cadeia de suprimentos, já que os produtos são geralmente consumidos em locais diferentes de onde são fabricados. É um componente significativo dos custos da cadeia e pode, portanto, ser usado de forma estratégica para permitir sua redução, quando a cadeia é sensível ao preço. Isto pode ser feito por meio da combinação de diferentes modais, se menores custos representarem vantagem competitiva. “Uma rede de transporte bem projetada permite que a cadeia de suprimento alcance o grau desejado de responsividade a um baixo custo” (CHOPRA; MEINDL, 2003).

Uma das características do mercado como o de *commodities* é o baixo valor agregado do produto. Mas, apesar do baixo valor de comercialização, a produção agrícola conta com constantes avanços tecnológicos para a melhora de produtividade e redução de custos de produção. Esses avanços são feitos à custa de investimentos e, mesmo assim, nem sempre o valor final de venda desses produtos é competitivo.

Outra característica importante é a localização geográfica das plantações e de algumas indústrias de beneficiamento, afastadas dos locais de beneficiamento e consumo. São maiores ainda as distâncias quando se considera a exportação para o mercado internacional. O afastamento dos centros produtores em relação aos consumidores e o grande volume de exportação fazem com que essas mercadorias sejam transportadas por grandes distâncias, uma vez que a maior parte da produção está concentrada no interior do país e os portos estão localizados no litoral.

Em um cenário em que o transporte é feito majoritariamente por caminhões, o modal mais caro para altas quilometragens – com exceção do

transporte aéreo, não considerado neste estudo –, o impacto no custo logístico é significativo. Enquanto o custo hidroviário para se transportar uma tonelada por quilômetro, na faixa entre 501 e 800km, é de R\$0,042, o mesmo trecho custaria R\$0,0635 em uma ferrovia e R\$0,11 em uma rodovia (PÉCORA JUNIOR; SCARPIN; SCREMIN, 2015). Isso quer dizer que, para esta faixa, o custo rodoviário é maior que duas vezes e meia o custo hidroviário. Desta forma, pode-se usar o planejamento logístico e a multimodalidade para a criação de vantagem competitiva para a comercialização desses produtos, escolhendo-se o modal adequado para cada parte do transporte, considerando-se a distância percorrida e a característica do bem transportado, por exemplo, caso haja disponibilidade de ferrovias e hidrovias. Na Tabela 1, é possível comparar os custos de transporte para diferentes distâncias e modais.

Tabela 1 – Custos de Transporte por modal (km/tonelada)

Faixa inferior	Faixa superior	Rodoviário	Ferrovário	Hidroviário
0 km	200 km	0,174	0,0855	0,042
201 km	500 km	0,131	0,0855	0,042
501 km	800 km	0,11	0,0635	0,042
801 km	1100 km	0,102	0,0635	0,042
1101 km	1000000 km	0,088	0,0635	0,042

Fonte: EVTEA Paraguai (2015)

Mesmo com menores custos, “o transporte hidroviário no Brasil dificilmente percorre distâncias acima de 1.000 km, em que seria mais eficiente” (KUSSANO; BATALHA, 2012, p.623). Contudo, de acordo com Correa e Ramos (2010, p. 452), isto acontece porque “o modal hidroviário nem sempre atende a todos os quesitos para a movimentação de uma produção (características do produto, locais de origem e destino, entre outros)”. Os mesmos autores definem ainda que “a tonelada transportada por 1.000 km custaria R\$ 100,00 pela rodovia, R\$ 65,00 pela ferrovia, enquanto pela hidrovias o custo seria bem inferior, de R\$ 40,00”.

O transporte rodoviário foi importante para o desenvolvimento do país, contudo, é necessário saber que “sob certas condições e para determinados fluxos de carga, os fretes hidroviários e ferroviários podem ser 62% e 37% mais

baratos do que os fretes rodoviários” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012, p. 26).

O transporte é o responsável pela maior parcela do custo logístico, devido ao alto nível de despesas que geram. Além disso, a produção é dependente do transporte e do planejamento da cadeia de suprimentos. Seu planejamento eficiente é essencial para as operações da cadeia (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2007). As operações de transporte têm impacto crítico sobre o desempenho logístico. Alguns fatores e características devem ser levados em consideração para o desenvolvimento de uma estratégia logística eficaz: distância, peso, densidade, capacidade de acondicionamento, manuseio, risco e mercado.

Ganhos logísticos geralmente significam redução de custos, tornando o planejamento logístico parte fundamental da cadeia de produtos agrícolas. “O agronegócio brasileiro, em função de sua grande inserção no mercado internacional, é um dos segmentos econômicos em que as estratégias de transporte impactam significativamente o nível de sua competitividade” (OLIVEIRA, 2011a). Por isso, é importante que existam arranjos logísticos que contemplem os diferentes modais, adequados para cada fase do transporte.

A configuração da rede logística é essencial para atender os objetivos da empresa, uma vez que melhora sua competitividade por meio da geração de economias. “A estruturação da rede logística de distribuição é um desafio para os especialistas, pois demanda a integração de diversas funções principais e secundárias da logística, assim como, do sistema produtivo de forma a oferecer um determinado nível de serviço ao menor custo” (FONSECA; GUERRA NETO; SILVA, 2010, p. 51).

2.2 PLANEJAMENTO LOGÍSTICO BRASILEIRO

O planejamento logístico brasileiro é desafiador. Segundo Oliveira (2011, p. 35) “tais desafios [são] representados pelas condições precárias das rodovias, pela baixa eficiência e falta de capacidade das ferrovias e pela desorganização e excesso de burocracia dos portos”. Além disso, mesmo com as características geográficas e econômicas do país, não houve planejamento e implantação de estrutura para outros modais de distribuição no país durante

muitos anos. Apenas recentemente, na última década, planos de investimentos e recursos passaram a ser destinados para a melhoria e ampliação da rede logística do país. No entanto, não basta que se criem novas rotas de ferrovias e hidrovias se não houver possibilidade de integração entre os modais, para que possam ser usados adequada e conjuntamente.

Diminuir a dependência rodoviária é difícil, porém, porque entre suas vantagens estão seus baixos custos relativos de construção e a característica de serem predominantemente de livre acesso. Isso não acontece nos modais ferroviário e hidroviário. Por isso, um dos objetivos dos Planos do governo é quebrar o monopólio de serviços ferroviários, como nas ferrovias operadas pela empresa Vale S.A., por exemplo, com direito de passagem em todas as malhas. Assim como alguns portos, que podem operar em terminais privados, inacessíveis ou consideravelmente caros para pequenos produtores. Para eles, o uso da rodovia se torna a única alternativa para o transporte de um grande volume de grãos.

A cadeia logística de exportação é mais bem estruturada do que as cadeias do mercado interno. Cadeias de produtos destinados à exportação são planejadas por grandes empresas de classe mundial, enquanto o mercado interno é composto de produtores que ainda estão em “um processo de aprendizado e conhecimento de técnicas gerenciais” (FONSECA; GUERRA NETO; SILVA, 2010).

É importante salientar que os custos logísticos compõem uma grande fatia dos preços finais dos produtos, especialmente daqueles que percorrem grandes distâncias no mercado interno, além do externo (OLIVEIRA, 2011b). No Brasil, estes custos correspondem a 20% do valor do PIB (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012). Por esse motivo, planeja-se “equilibrar a matriz de distribuição modal” por meio do PNLT, o Plano Nacional de Logística e Transportes, do Governo Federal. “Para tanto, tem-se o PNLT como principal instrumento dessa transformação, fundamentado em adequadas metodologias e calcado na configuração geográfica e na realidade da economia brasileira” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012, p.11). O PNLT será detalhado na Seção 2.2.7.

Na cadeia agrícola, acredita-se que 25% das receitas geradas pela soja sejam gastas em transporte, pelos produtores brasileiros. Uma razão para

esses altos custos é a utilização do modal rodoviário para distâncias acima de 1000km (CORREA; RAMOS, 2010). Nos Estados Unidos, gasta-se menos de 10% da receita para o mesmo fim, tornando os produtos estadunidenses muito mais competitivos perante o mercado internacional.

Naquele país, que também tem um grande território, 61% do transporte de soja é feito por hidrovias, seguido de ferrovias e, por último, pelas rodovias. Na Argentina, a maior parte da distribuição de soja é feita por rodovias, 82% do total, mas as distâncias são, em média, de 300km (CORREA; RAMOS, 2010).

Todavia, a logística brasileira está distante de um modelo eficiente de transporte de grãos, o que prejudica a competitividade do produto (LANDIVAR et al., 2013). O primeiro passo para a mudança da matriz brasileira é tomar como exemplo países de dimensões equivalentes ou com economias parecidas, mas que operam em maior eficiência logística, com menores custos e matrizes mais equilibradas. Dessa forma, é possível identificar quais as melhores práticas para o transporte de produtos agrícolas por grandes distâncias e concentrar os investimentos em obras que garantam a qualidade do sistema logístico do país.

2.2.1 Contexto Histórico

A dependência brasileira das rodovias é histórica. Os estudos relacionados a transportes no Brasil mencionam a influência da indústria automobilística na configuração dos modais usados tanto para carga quanto para passageiros. De acordo com a ANTT (BRASIL, 2012, p.12) a expansão da indústria automobilística aconteceu na década de 1950 – após a perda da influência da indústria ferroviária inglesa na década de 1930 – e contribuiu para a consolidação do modal rodoviário no Brasil. Em um período de 30 anos, o número de vias da malha rodoviária aumentou em dez vezes, enquanto a rede ferroviária sofreu redução de 38 mil para 30 mil quilômetros.

Além da expansão da indústria automobilística, o baixo preço do petróleo na década de 1950 também impulsionou a criação de rodovias. Naquela década, acreditava-se que a concentração da produção no estado de São Paulo e no eixo Centro-Sul dificultava a integração às linhas férreas. Também existia a ideia de que automóveis eram um reflexo da modernidade e

trens e ferrovias eram o “transporte do passado”, criando uma cultura “rodoviarista” como sinônimo de progresso (CORREA; RAMOS, 2010).

As rodovias permanecem sendo aumentadas e melhoradas até os dias atuais, enquanto as ferrovias não tiveram crescimento expressivo. Apesar da contribuição do *rodoviarismo* para o desenvolvimento brasileiro, devem-se levar em conta os custos sociais, econômicos e ambientais de se manter a predominância deste tipo de transporte em um país (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012).

Ao longo deste Capítulo, serão detalhadas características dos modais tratados neste trabalho: rodovia, ferrovia e hidrovia, além de uma breve introdução aos conceitos de multimodalidade e intermodalidade, e explicação sobre os planos de governo.

2.2.2 Rodovias

O transporte rodoviário foi o modal escolhido nos anos 1950 e passou a ser o mais utilizado no Brasil, para todo tipo de carga, independentemente de seu valor agregado. Entre os produtos de maior valor, 87% da carga é realizada por transporte rodoviário, mesmo que por estradas em estado precário de conservação. Em 2006, 83% das rodovias apresentavam o estado de conservação deficiente, ruim ou péssimo, de acordo com Novaes et al. (2006). Em 2014, 63,4% das vias apresentavam deficiência no pavimento. “As rotas com origem no Centro-Oeste direcionadas a Santarém (pela BR-163), no Estado do Pará, têm 100% da extensão com problemas” (CNT, 2014b). Em 2017, atoleiros impediram o escoamento da safra de grãos do Mato Grosso pela BR-163, que liga o Centro-Oeste aos portos de Miritituba e Santarém. Esses portos são destino de 7 milhões de toneladas de soja, mas a rodovia não asfaltada dificulta o tráfego de caminhões o setor acumula R\$1,2 milhão de prejuízo por dia de interdição da estrada (VILLELA, 2017). Responsável pelo maior volume de produção brasileira, o Mato grosso depende da BR-163 como principal via de escoamento, com um tráfego de aproximadamente sete mil caminhões por dia. Nas atuais condições, a rodovia comporta cinco dos quinze milhões de toneladas produzidos na região (BRANCO et al., 2010).

Além da má qualidade das rodovias brasileiras, o custo do transporte rodoviário pode ser bastante elevado quando feito por grandes distâncias. Esse modal é adequado para distâncias de até 300 quilômetros, para o transporte “de pontas”, da origem até um terminal intermodal, integrado com uma ferrovia ou hidrovia, que são adequados para maiores distâncias. “A ineficiência no transporte da soja produzida no Centro-Oeste do Brasil se dá justamente pela escolha do modal rodoviário como meio unimodal – interligando a origem e o destino das cargas –, em vez de utilizá-lo como conexão multimodal (rodo-hidroviário ou rodo-ferroviário)” (CORREA; RAMOS, 2010, p.450). Ainda que o transporte rodoviário seja ineficiente para o transporte de *commodities* por longas distâncias, ele se mantém como principal modal brasileiro porque os outros modais não têm malha ou estrutura suficiente para atender a demanda de transporte da produção, especialmente do Centro-Oeste brasileiro.

Em relação ao planejamento de transportes brasileiro, podem-se encontrar planos de expansão e melhorias da malha rodoviária brasileira em documentos como o PIL e o PNLT. Grandes trechos estão previstos em programas e investimentos. “Como resultado das elevadas inversões públicas na infraestrutura de transportes rodoviários, o Centro-Oeste foi contemplado com importantes rodovias federais. É o caso das rodovias BR 163 e BR 364, que hoje se constituem em rotas de escoamento da produção de soja com destino aos portos de exportação das regiões Sul e Sudeste” (CORREA E RAMOS, 2010, p. 452).

Tamanho investimento em rodovias é consequência dos menores custos fixos iniciais e da possibilidade de investimentos de forma espaçada, com relação às etapas necessárias para a criação de uma estrada. Apesar disso, seu custo de uso depende “do preço do combustível e dos pedágios, os quais representam a maior parte do custo do transporte rodoviário” (KUSSANO; BATALHA, 2012, p. 623). Por isso, frete da soja chega a ficar 30% mais caro na época da safra, devido ao aumento do tempo consumido nas rodovias em decorrência de congestionamentos, por exemplo.

2.2.3 Ferrovias

A estrutura para a implantação de ferrovias é onerosa, por isso, são construídas apenas onde haja demanda de carga. A malha atual é bastante deficiente e nem sempre está próxima de produtores que necessitam enviar sua produção para longas distâncias, para o mercado consumidor ou para exportação.

A quantidade de tempo compreendida entre o transbordo e o destino final também é uma característica negativa deste modal. A malha antiga, seus problemas de traçado e a velocidade que esses problemas impõem às vias férreas causam redução da produtividade e diminuem a competitividade deste modal (BRANCO et al., 2010).

O setor ferroviário tem grande potencial de captação de cargas que são transportadas pelas rodovias. “Logo, a expansão do sistema ferroviário permitirá a racionalização do uso das rodovias e trará um melhor equilíbrio na distribuição modal na matriz de transportes de cargas do País” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012, p.37). Os investimentos são necessários, especialmente porque “(...) a extensão da malha férrea brasileira é pequena (principalmente, levando-se em conta a extensão continental do Brasil) e parte das linhas existentes está em péssimas condições de tráfego. A rede ferroviária está longe de compor um sistema eficiente e integrado” (FERNANDES et al., 2009, p.193).

Percebe-se a deficiência da estrutura ferroviária brasileira ao compará-la à existente em outros países. A malha brasileira perde comparativamente tanto em relação a países de mesma dimensão quanto a países da América do Sul. “O Brasil tem 3,4 km de infraestrutura ferroviária para cada 1.000 km² de área. Os EUA têm 22,9 km, e a Argentina, 13,3 km” (CNT, 2014b).

Apesar da revitalização pela qual esse setor passou a partir da Lei de Concessões de 1995 (NOVAES et al., 2006), o método adotado – em que a concessionária é responsável pela manutenção, operação e controle de tráfego da malha – se torna pouco competitivo, especialmente para pequenos produtores.

Como os custos ferroviários só são competitivos em grandes volumes, o transportador dá preferência a grandes empresas, que contratam

antecipadamente o volume a se transportar e comprometem-se a pagar o valor integral do transporte previsto em contrato, ainda que o volume total não seja transportado. Por isso, muitas companhias deixam de atender clientes menores, a menos que seja conveniente ou haja disponibilidade (KUSSANO; BATALHA, 2012).

Mesmo com os atuais investimentos constantes do planejamento logístico brasileiro, o volume destinado às ferrovias não é suficiente para atender a demanda brasileira. As linhas férreas não chegam a todos os pontos de produção do país, a estrutura existente carece de manutenção e é necessário uniformizar a bitola, para que diferentes composições possam acessar toda a malha.

2.2.4 Hidrovias

Devido às suas condições geográficas, nem todos os rios brasileiros são navegáveis. Os rios com maior navegabilidade estão na Amazônia, onde há pouca concentração de produção, ou seja, a maioria dos rios navegáveis está longe de onde seriam necessários para captação de produção. Os rios de baixo curso ou de planície são os mais favoráveis à navegação e, entre eles, está o rio Paraguai. Para que o rio seja naturalmente navegável, sua declividade deve ser baixa, de até 25cm/km. A do Rio Paraguai, no trecho brasileiro, é de 2 a 3cm/km (MARINHA DO BRASIL, [s.d.]). Ainda de acordo com a Marinha, é necessário um conhecimento prático para a navegação fluvial. É importante que haja familiarização com o trajeto, além de portos ou águas restritas, para que seja possível manobrar e manter a embarcação no canal de navegação.

O nível de especialização necessário para a navegação fluvial, juntamente com os altos custos de criação de navegabilidade nas hidrovias, mostra a dificuldade de se contar com o transporte hidroviário no Brasil. Além disso, segundo Andrade (2003), “o transporte hidroviário é extremamente dependente de outros modais para propiciar escoamento de um produto deste o local de produção até o consumidor final”. Isto porque o curso do rio é fixo, de modo que se torna necessário levar a produção até ele e depois dele até o destino final.

O país tem 27.400 km de rios navegáveis (GONÇALVES; MARTINS, 2009). A rede hidrográfica brasileira é dividida em bacias, de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2 – Rede Hidroviária Brasileira

BACIA	ESTADOS	EXTENSÃO APROXIMADA EM KM		
		NAVEGÁVEIS	POTENCIAIS	TOTAL
AMAZÔNICA	AM, PA, AC, RO, RR e AP	18300	723,5	19023,5
NORDESTE	MA e PI	1740	2975	4715
TOCANTINS/ ARAGUAIA	TO, MA e GO	2200	1300	3500
SÃO FRANCISCO	MG, BA, PE e SE	1400	2700	4100
LESTE	MG, ES e RJ	-	1094	1094
PARANÁ	SP, PR e SC	1900	2900	4800
PARAGUAI	MT, MS e PR	1280	1815	3095
SUDESTE	RS	600	700	1300
URUGUAI	RS e SC	-	1200	1200
TOTAL		27420	15407,5	42827,5

Fonte: adaptado de Panorama das Hidrovias Brasileiras (ANTAQ, 2009)

Estes números mostram um crescimento potencial de, pelo menos, 56% em quantidade de hidrovias navegáveis, além de incluir novas regiões, como Leste e Uruguai, entre as bacias navegáveis.

2.2.5 Intermodalidade, Multimodalidade e Transbordo

Uma forma de melhorar o aproveitamento da malha de transportes brasileira é combinar a utilização de diferentes modais ao longo da cadeia de transportes. Manter o modal rodoviário para pequenas e médias distâncias, para interligação com portos, hidrovias e ferrovias, para que os últimos sejam usados para grandes distâncias, pode garantir redução de custos, aumento de eficiência do sistema e melhoria da competitividade do produto brasileiro no mercado internacional.

O transporte realizado pela combinação de dois ou mais modais tem várias definições em diferentes partes do mundo. Em países como Estados Unidos, esse transporte é chamado *intermodal*. No Brasil, de acordo com a ANTT (2011), o Ministério dos transportes usa o termo *multimodal*. Sua

definição vem da Convenção sobre Transporte Multimodal, datada de 1980 e é a seguinte:

O transporte de mercadorias pelo menos por dois modos de transportes diferentes baseado no contrato multimodal de transporte, desde um local em um país de onde a carga é enviada sobre a responsabilidade do operador de transporte multimodal para um lugar designado para entrega situado em um país diferente. As operações de coleta e entrega de mercadoria utilizando o contrato de transporte unimodal, como definido no contrato, não deverá ser considerado transporte multimodal internacional (ANTT, 2011, p. 8).

Nessa definição, apresenta-se o conceito de Operador de Transporte Multimodal (OTM) que é “a pessoa jurídica, transportadora ou não, contratada como principal para a realização do Transporte Multimodal de Cargas, da origem até o destino, por meios próprios ou por intermédio de terceiros” (ANTT, 2016).

A diferença entre os termos vai além do nome, pois se refere à responsabilidade. O transporte chamado *intermodal* pode ser segmentado e ter um documento para cada atividade relacionada ao transporte, seja passando por diferentes modais, seja no momento da armazenagem ou do transbordo. Para o transporte *multimodal*, a responsabilidade da origem até o destino é do Operador do Transporte Multimodal, que é também o contato com o contratante do serviço (MOORI; RIQUETTI, 2014).

Apesar de parecer um problema superficial, a dificuldade da nomenclatura e de caracterização do transporte multimodal é um entrave para a sua utilização. Um deles é “a contradição da definição de transporte multimodal, onde o conhecimento de transporte de carga para cada modo de transporte deve ser emitido em separado” (FERNANDES et al., 2009, p. 139). Ainda quanto à nomenclatura, Amaral, Almeida e Morabito (2012) confirmam que no Brasil o termo intermodal está incorreto, devendo-se usar o termo multimodal, que tem contrato único e é de responsabilidade do operador multimodal. Ainda assim, alguns autores acadêmicos podem usar a palavra *intermodalidade* para se referirem à *multimodalidade*. É possível, também, que o transporte seja denominado multimodal, ainda que sem todas as

características necessárias, como em Fernandes et al. (2009), que se refere à operação conjunta de sistemas de diferentes modais como multimodal, mesmo que sem a figura do OTM.

A dificuldade quanto à nomenclatura mostra que se trata de uma modalidade de transporte pouco utilizada no Brasil, ao contrário do que acontece em outros países de grandes dimensões ou até mesmo em grandes blocos econômicos, como a União Europeia. Contudo, existem pesquisas sendo desenvolvidas quanto à estrutura de transporte existente, no sentido de mostrar alternativas de expansão e aproveitamento de malha, redução de custos, especialmente para a cadeia de produtos agrícolas com destino à exportação (AMARAL; ALMEIDA; MORABITO, 2012).

Um estudo realizado em 2010, concluiu que apenas 3,6% das cargas de granéis sólidos teriam disponibilidade dos três modais para serem transportadas, enquanto aproximadamente 68% do volume de carga de granéis sólidos tinha a disponibilidade exclusiva do modal rodoviário (BRANCO et al., 2010).

A definição de um termo para designar o transporte envolvendo mais de um modal não é o único obstáculo para a multimodalidade. Enquanto na Europa existem leis que definem claramente o papel de cada transportador envolvido no escoamento de cargas, existem também tratados entre países para movimentações que cruzam fronteiras (ANTT, 2011). Na América do Sul, Mercosul e grupos que englobam o Brasil, existem poucos acordos que abordam a multimodalidade, suas características e responsabilidades.

Quanto às características, o transporte multimodal “compreende, além do transporte em si, os serviços de coleta, unitização, desunitização, movimentação, armazenagem e entrega de carga ao destinatário, bem como a realização dos serviços correlatos que forem contratados entre a origem e o destino, inclusive os de consolidação e desconsolidação documental de cargas” (FERNANDES et al., 2009, p.139). A unitização ou containerização favorecem a multimodalidade, uma vez que facilitam a movimentação de carga e transbordo, diminuindo as perdas.

Em 2010, previa-se que a multimodalidade, poderia reduzir os custos entre 15% e 20% para o transporte de *commodities*. Porém, para que a redução de custos seja possível, é necessário que haja mais hidrovias e

ferrovias. A infraestrutura ferroviária atual não é suficiente para o volume de produção agrícola brasileiro, fazendo com que o modal rodoviário seja o escolhido para o transporte da soja brasileira mesmo para grandes distâncias (CORREA; RAMOS, 2010). “Nesse caso, a intermodalidade surge como uma alternativa para tornar o escoamento da soja mais econômico. No entanto, deve-se destacar o fato de que o funcionamento eficiente do transporte de cargas por mais de um modal depende não só da disponibilidade dos modais em si, mas também da existência de estruturas de apoio, como terminais intermodais” (AMARAL, ALMEIDA E MORABITO, 2012, p. 717). A falta de terminais que propiciem a prática de relações multimodais influenciam significativamente o transporte, sendo mais um dos entraves para a multimodalidade (BRANCO et al., 2010).

Na multimodalidade, o transporte rodoviário deve ser usado, preferencialmente, no início e no fim do trajeto, no que é chamado de “operação porta a porta”, em que os caminhões são usados nas “pontas” do transporte, associados a outros modais, geralmente o ferroviário e o hidroviário (FERNANDES et al., 2009).

Para que seja possível a integração entre os diferentes modais, é necessário um terminal de transbordo. “Transbordo é o processo pelo qual as mercadorias (...) são transferidas de um meio de transporte para outro e depois deixam o mesmo porto para outro destino. Em outras palavras, é a transferência direta de mercadoria de um para outro veículo” (PORTOGENTE, [s.d.]).

A multimodalidade acontece durante a exportação da soja brasileira, já que o transporte é feito de caminhão até o porto e, a partir daí, é levado de navio ao destino final. Nesse caso, o porto é considerado o ponto de transbordo da soja (ALMEIDA et al., 2013).

A atividade de transbordo é de grande dificuldade operacional, especialmente para os grãos, pela da forma como são transportados. É uma parte do processo que implica em perda de mercadorias, em torno de 0,20% do volume transportado. Além da operação de transbordo, em terminais em que ocorrem outros processos – como limpeza e secagem de grãos – pode haver mais uma perda, de aproximadamente 0,10% do volume da produção. Quanto mais processos, maior a taxa de perda durante o manuseio dos grãos

(KUSSANO; BATALHA, 2012). Diante disso, é necessário que esta atividade seja realizada por agentes capacitados, para não seja mais um obstáculo competitivo na cadeia.

2.2.6 Programa de Investimento em Logística

O PIL é um pacote de investimentos que visa modernizar a infraestrutura do país por meio de concessões, privatizações e leilões, para a construção de novos trechos, reformas de trechos existentes e modernização.

A primeira fase do programa foi lançada em agosto de 2012 e tinha o objetivo de “(...) dotar o país de um sistema de transporte adequado às dimensões do Brasil. Tendo como base um modelo de investimentos que privilegia a parceria entre o setor público e o privado, a iniciativa prevê a adoção de contratos de concessão no caso das rodovias e das ferrovias” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2014b).

“Com previsão de investimentos de R\$ 198,4 bilhões nos próximos anos, o governo federal anunciou (...) a nova fase do Programa de Investimento em Logística (PIL), que vai privatizar aeroportos, rodovias, ferrovias e portos. Desse total, R\$ 69,2 bilhões devem ser aplicados entre 2015 e 2018” (AMATO; MATOSO, 2015). Os investimentos previstos pelo PIL são de 86,4 bilhões para ferrovias, 66,1 bilhões para rodovias e 37,4 bilhões para portos, valores expressos em Reais. De acordo com o Portal Planalto, “O modelo de concessões tem como premissas garantir serviços de qualidade e preços justos e remuneração adequada aos concessionários por seus investimentos e pelos serviços que vão prestar. Além disso, os investimentos ajudarão no escoamento da produção agrícola nacional” (PORTAL PLANALTO, 2015a).

“O objetivo do programa é aumentar a escala dos investimentos públicos e privados em infraestrutura de transportes e promover a integração de rodovias, ferrovias, portos e aeroportos, reduzindo custos e ampliando a capacidade de transporte, além de promover a eficiência e aumentar a competitividade do País” (PORTAL DO PLANALTO, 2012).

Uma das vantagens do PIL é incentivar a participação do setor privado da economia, trazendo um maior volume de investimentos para o setor de transportes.

2.2.7 Plano Nacional de Logística e Transportes

Uma importante estratégia do governo federal para melhorar a logística de transportes foi a criação do PNLT, que servirá para equilibrar a matriz de transporte e desconcentrá-la das rodovias, com leis como a “Lei Geral dos Portos (Decreto n. 8.033, 2013), de modo a permitir que as empresas privadas também participem da infraestrutura logística em Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte e dos grandes e estruturados portos públicos” (MOORI; RIQUETTI, 2014).

O PNLT é um plano de ação para atender a demanda de transportes brasileira, de acordo com a necessidade de cada setor e “(...) representa a retomada do processo de planejamento no setor de transporte, dotando-o de estrutura permanente de gestão, com base em um sistema de informações georreferenciadas, contendo os principais dados de interesse do setor, tanto na oferta quanto na demanda” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2016). Também é definido como uma “retomada do planejamento setorial estratégico”, que tem caráter contínuo. A importância do PNLT é recuperar a estrutura logística brasileira, que teve baixos investimentos durante muitos anos, sendo a maior parte desses investimentos concentrada em rodovias.

O Plano teve sua primeira versão em 2007 e previa “integração e complementaridade entre os diferentes modais” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012, p. 1). É considerado um “planejamento setorial de transportes”, auxílio para tomada de decisões de investimentos privados em transporte, que permite acompanhar o desenvolvimento do setor.

O documento que contém as características do PNLT lista várias de suas peculiaridades, entre elas: o “caráter indicativo, de médio e longo prazos, associado às demandas resultantes do processo de desenvolvimento socioeconômico do País, e não meramente um elenco de projetos e ações” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012, p. 4). A intenção é promover os vários modais e toda a logística de transportes do país, nas várias esferas de

governo, envolvendo também órgãos governamentais e instituições públicas e privadas, que tenham atividade relacionada ao setor de transportes.

“Em síntese, o principal objetivo do PNLT é o de formalizar e perenizar instrumentos de análise para dar suporte ao planejamento de intervenções públicas e privadas na infraestrutura e na organização dos transportes” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012, p. 2).

O plano não é considerado um plano de governo, mas um plano de Estado e teve, inicialmente, um horizonte de planejamento até o ano de 2023. Esse prazo foi estendido até o ano de 2031 em versões posteriores, compreendendo mais dois períodos – cada etapa ou período do planejamento compreende um ciclo de três anos. Ele leva em consideração não apenas a logística, mas também o planejamento territorial, o meio ambiente, projetos sociopolíticos que visam à diminuição de desigualdades regionais, desenvolvimento, integração e segurança nacional (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012). Envolve também os setores produtivos e deve ser constantemente atualizado. Essa perspectiva de planejamento de longo prazo demonstra o comprometimento com a administração do setor de transportes do país.

Este projeto tem um caráter de renovação e reavaliação de estimativas e metas, de forma periódica, que leva em consideração as condições econômicas do Brasil e do restante do mundo, assim como seus impactos em comércio e serviços. No, entanto, embora seja um programa revisto e estendido frequentemente, o documento mais recente disponibilizado pelo Ministério dos Transportes data de 2012.

Também está entre os objetivos do PNLT diminuir a distorção da matriz de transportes, por meio do desenvolvimento e uso mais intensivo das modalidades ferroviária e hidroviária. “Busca-se, ainda, uma melhor integração multimodal com o sistema rodoviário, para o qual se propõe um concentrado esforço de restauração e manutenção, acompanhado de importantes obras de construção, pavimentação e ampliação da capacidade” (CORREA E RAMOS, 2010, p. 467).

Para os transportes hidroviários, por exemplo, existem programas específicos ligados ao PNLT (ANTAQ, 2014). Entre eles está o PNHT, que é a Política Nacional de Transporte Hidroviário, que tem como objetivo aumentar a

participação do uso de hidrovias para transporte de pessoas e cargas; também existe o PHE – o Plano Hidroviário Estratégico – cujo objetivo é alcançar melhorias logísticas para o escoamento de cargas com menor custo e de forma mais sustentável. O horizonte de planejamento do PHE é 2031, e visa à criação de estratégias para promover a navegação de interior.

2.2.8 Planejamento estratégico da logística brasileira

No Brasil, nem toda empresa pode contar com uma estratégia logística. Mesmo deficiente, a estrutura de transporte de cargas não está disponível para muitos produtores de agrícolas brasileiros, que formam empresas familiares e de pequeno porte. Esse tipo de produtor tem bastante dificuldade de acesso aos canais logísticos. “Eles terminam comercializando seus próprios produtos sem contar com as devidas estruturas administrativa, logístico-operacional e física, incidindo dessa forma na competitividade, atratividade e preços de seus produtos” (FONSECA, GUERRA NETO E SILVA, 2010, p. 51).

O transporte é parte estratégica da logística e fator decisivo na competitividade, mas vários fatores dificultam o planejamento logístico brasileiro, desde a grande dependência de rodovias, até a dificuldade de multimodalidade. O mercado de terminais multimodais é bastante concentrado, como um oligopólio, com muitas barreiras de entrada: altos custos para pequenos produtores que não atingem economias de escala, reação das empresas já operantes e localização (LANDIVAR et al., 2013). As empresas existentes são estrategicamente fixadas. É considerada localização favorável aquela próxima de um centro produtor de grãos ou na intersecção entre modais de transporte (um “nó”). “Este elo do agronegócio pode propiciar a perda de competitividade do país na exportação de *commodities*, pois a infraestrutura logística no país é restrita, e a indústria dos terminais intermodais apresenta eficiência limitada, podendo acarretar assim maiores custos na movimentação de grãos das regiões produtoras aos portos de exportação dos grãos” (LANDIVAR et al., 2013, p. 71).

Além das dificuldades encontradas com relação ao modal de transporte, existe o problema de infraestrutura brasileiro. Nem mesmo os grandes investimentos concentrados em rodovias evitam que grande parte das

estradas esteja em condições ruins de manutenção e a frota rodoviária em circulação tenha a idade média superior a 17 anos (GONÇALVES; MARTINS, 2009). O aumento do número de caminhões em circulação, de tonelagem e vias não planejadas para essa quantidade de carga tornam imperativo que se melhore a infraestrutura deste tipo de transporte. A necessidade dessas infraestruturas é imediata, porém o planejamento e a execução são de longo prazo (SILVEIRA, 2013, p.45). Por isso, é necessário um planejamento contínuo, para evitar deficiências no sistema logístico e para que esse sistema possa ser constantemente adaptado às novas características de uso.

Mesmo com os esforços atuais para a mudança das proporções da matriz de transporte, essa decisão foi tomada tardiamente, dado o volume de investimentos necessário e o tempo que se leva para construir estrutura para os variados modais de transporte.

Com a expansão dos outros modais, espera-se a diminuição do uso do transporte rodoviário. As “más condições do pavimento e o volume de tráfego elevado comprometem a qualidade da viagem, a depreciação dos veículos e aumenta o risco de acidentes e roubo de cargas” (FERNANDES et al., 2009). E, quando existente, a malha férrea é insuficiente e tem péssimas condições de tráfego e integração, tornando seu sistema ineficiente.

O problema se agrava quando se trata do transporte da produção agrícola, por que ela está concentrada no interior do país, onde são maiores os problemas de infraestrutura e logística, além de maiores os custos médios de transporte de grãos. Levando-se em conta que a produção brasileira é de grandes volumes e continuará concentrada nos estados do centro-oeste – precisando cruzar grandes distâncias – é necessário aperfeiçoar a operação logísticas e buscar a eficiência de custos para esta cadeia (KUSSANO; BATALHA, 2012).

O centro-oeste não foi contemplado com a rede logística adequada para escoar grãos. Mesmo que a produção de soja estivesse em expansão, não se projetava uma infraestrutura adequada e suficiente, “ou seja, não houve aparente preocupação com a criação de alternativas para o transporte” (CORREA; RAMOS, 2010).

Dessa forma, pode-se notar que o planejamento logístico brasileiro tem problemas de eficiência, mesmo para uma área de produção que tem grande impacto no PIB do país.

2.2.9 Análise de cenários estratégicos multimodais

Para que o transporte de cargas possa se tornar mais eficiente, uma das alternativas é o transporte multimodal, em que cada parte do trajeto é feita por aquele modal mais adequado. Países que têm grandes dimensões – como o Brasil – assim como blocos econômicos de grande extensão territorial, já fazem esse tipo de planejamento. A União Europeia usa um programa tecnológico – PROMIT, Promote Innovative Intermodal Freight Transport¹ – que, segundo (MOORI; RIQUETTI, 2014, p. 750), que leva em consideração os pontos de origem e destino das cargas, o tempo de trânsito, o desempenho de atendimento ao cliente, e trata o transporte como recurso logístico ao escolher seus componentes, entre os modais, armazéns, corredores logísticos, estações de transbordo e até sistemas de informação.

Entre as barreiras para o transporte multimodal, estão: muitos atores envolvidos, dificuldade de manuseio nas estações de transbordo, incompatibilidade e falta de padronização entre veículos e problemas estruturais, como a diferença entre as bitolas ferroviárias. Outras dificuldades são a nomenclatura, a estrutura, a legislação, e a implantação (GONÇALVES, 2008). “Ainda é frequente nas empresas não se considerar a importância das combinações dos modais de transporte que são utilizadas para movimentar os produtos nas cadeias de suprimentos ou nos canais de produção-distribuição. (...) muitas vezes as opções de multimodalidade não são consideradas, por dificuldades de implantação, seja por motivos operacionais ou de regulamentação da legislação e tributação” (FERNANDES et al., 2009).

Além disso, para que a multimodalidade tenha sucesso, é necessário que existam terminais intermodais e que eles estejam em locais adequados. Essas condições permitem “o uso de modais mais baratos, como o ferroviário e o hidroviário para a transposição de longas distâncias, e o modal rodoviário

¹ Promoção de Inovação para frete e transporte intermodal, tradução da autora.

apenas em pequenos trechos” (AMARAL; ALMEIDA; MORABITO, 2012, p. 720). Nesses terminais multimodais, uma das atividades mais importantes é a de transbordo. A “estação de transbordo atua como variável estratégica que vincula e sincroniza a cadeia produtiva como um processo contínuo, de tal modo que seu efetivo funcionamento contribui, de fato, para a gestão logística adicionar valor, reduzir custos e ser considerada parte do processo de gestão da cadeia de suprimentos” (MOORI e RIQUETTI, 2014, p. 754), segundo o Conselho de Profissionais de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (CSCMP).

Para o agronegócio do interior do país, é possível combinar o modal rodoviário com o hidroviário. “Com aproximadamente 1.500 km de “costa” para os rios Paraguai e Paraná, que dão acesso ao Oceano Atlântico e aos mercados consumidores do centrosul, o estado de Mato Grosso do Sul possui um grande potencial para a multimodalidade” (GONÇALVES, 2008, p. 6). Existem também ferrovias nesse trecho, que ligam os rios ao porto de Santos e as rodovias não são descartadas da integração. Elas “(...) determinam corredores importantes que interligados às ferrovias e hidrovias constituirão um sistema integrado de transportes de grande relevância”.

2.2.10 Análise de custos e fluxos de transporte

Para produtos de baixo valor agregado, como geralmente são os produtos agrícolas, o custo de transporte e de logística é bastante elevado. Controlar esses custos é fundamental para a lucratividade do negócio (AMARAL, ALMEIDA E MORABITO, 2012). O custo de frete é o mais representativo na estrutura de custos de transporte e responde por cerca de 80% do custo de transporte total dos fluxos estudados (...)” (KUSSANO E BATALHA, 2012, p. 623). Com os altos custos finais do transporte rodoviário de soja, o Brasil tem um custo logístico consideravelmente maior que os de seus concorrentes (ALMEIDA et al., 2013).

No Brasil, os custos portuários são 27% superiores que os de Argentina e Uruguai, além de sofrerem com atrasos e burocracias (GONÇALVES, 2008). A característica do setor agrícola, que exige transportes de grandes volumes, por grandes distâncias de cargas de baixo valor, torna

mais pesados os custos de transporte e portuários. “Para se ter uma idéia da situação existente em 1995, basta dizer que o custo para se embarcar uma tonelada de soja em New Orleans era de apenas 3 dólares a tonelada, enquanto que o custo de embarque do mesmo produto no porto de Paranaguá chegava a mais de 14 dólares” (GONÇALVES; MARTINS, 2009). Em dados do ano de 2008, o custo de movimentação de um contêiner no Porto de Santos era o dobro do custo do Porto de Paranaguá – US\$ 300 –, que por sua vez, custava mais que o dobro da movimentação em Rotterdam – US\$120 (GONÇALVES, 2008, p. 1), de acordo com a Confederação Nacional da Indústria. Os custos logísticos da atual configuração de transporte de *commodities* no Brasil também são afetados por outros dois fatores: “inadequação desse modal às características do produto e às distâncias percorridas e (...) a precária malha rodoviária do País” (CORREA; RAMOS, 2010, p. 453). O custo logístico é significativo, especialmente no caso de produtos agrícolas, devido ao seu baixo valor agregado. De acordo com Kussano e Batalha, (2012, p. 620) “os custos de transporte para a soja podem chegar a 25% do valor do produto”.

Além dos custos de transporte, existem os custos de perda de produção. Estima-se que até meio por cento da carga se perca no transporte curto – do campo aos silos – e de até 0,25% no transporte longo, do armazém até os portos ou indústrias, sendo esse valor o limite para perda estabelecido pelos produtores. Em 2014, somente no estado do Mato Grosso, presumia-se 115 mil toneladas de perda em todo o transporte feito pelas estradas, na safrinha de 15 milhões de toneladas. Em termos relativos, uma perda menor que 1%, porém um “volume suficiente para encher mais de 3.100 caminhões, com capacidade para 37 toneladas cada um” (GLOBO RURAL, 2014).

Além disso, não é incomum a formação de filas em áreas portuárias, em determinadas épocas do ano. O tempo que o caminhão permanece parado se reflete apenas em custos para a cadeia produtiva. Tanto na depreciação do bem perecível que se carrega, como em custo de ociosidade. A movimentação nos portos do sudeste é mais intensa que no restante do país. Por isso, as condições de acesso a esses portos são insatisfatórias. O porto de Santos é um dos portos com acessos precários e capacidade próxima da saturação. Neste porto, devido à intensa movimentação e cruzamentos rodo-ferroviários,

há conflito no deslocamento trânsito de trens e caminhões (BRANCO et al., 2010).

O custo interfere na competitividade da empresa e um bom planejamento logístico pode ajudar a reduzir esses custos, por isso, esse planejamento deve fazer parte da estratégia corporativa, de modo a criar vantagem de valor (MAIA; CERRA, 2006). Uma gestão eficiente de transportes pode melhorar a economia brasileira e de toda a América do Sul, integrando esta parte do continente e diminuindo a participação do transporte rodoviário (SILVEIRA, 2013).

Para que seja possível a integração entre os países do Mercosul, a infraestrutura precisa ser adequada e adaptada, por exemplo, quanto às medidas das bitolas. Por isso, quanto mais se investe em rodovias em detrimento de outros modais, menos se caminha na direção de uma matriz mais equilibrada, “mantendo-a e até mesmo ampliando os desequilíbrios e os altos custos logísticos existentes no Mercosul” (SILVEIRA, 2013 p. 51). “A competitividade do Brasil no mercado agrícola poderia ser muito maior se os exportadores contassem com uma estrutura de escoamento com menor custo”, de acordo com Kussano e Batalha (2012, p. 630). Esses autores afirmam que, geralmente, são levados em consideração apenas custos de frete, armazenagem e infraestrutura – portos, terminais, armazéns – para o cálculo de custos logísticos da soja. Porém, não se consideram os custos de perda de mercadoria, custos de oportunidade de estoques parados ou em trânsito. Considerar estes custos pode auxiliar nas decisões estratégicas de transportes e em políticas de investimento para esta cadeia.

Em síntese, o volume de soja (e de produtos agrícolas) movimentado pelo país mostra a necessidade de um modal com maior capacidade e menor custo unitário (CORREA E RAMOS, 2010).

2.2.11 Produção agrícola no Brasil

O Brasil é o segundo maior produtor rural do mundo, de acordo com a Federação de Agricultura do Estado do Paraná, além de ser “o país com a melhor Produtividade Total dos Fatores (PTF) do mundo. O índice se refere à quantidade de produto que se obtêm com uma unidade ponderada de todos os

fatores de produção” (AMORIM, 2016). “O PIB do setor, no ano de 2011, foi de R\$638,84 bilhões, correspondendo a 23,82% do valor total; já a balança comercial do agronegócio brasileiro em uma década mais que quintuplicou, alcançando o valor de US\$77,74 bilhões entre os anos 2000 e 2011. Sendo assim, o Brasil enquadra-se em um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo” (LANDIVAR et al., 2013, p.61). Sua participação no PIB se manteve superior a 20% do PIB nacional entre os anos de 1994 e 2013, sendo que no ano de 2013, foi de 22,54% do total (CEPEA - USP/CNA, 2013). Além da participação no PIB e na geração de riqueza do país, o agronegócio também é responsável “por 35% da mão de obra empregada e por 40% das exportações nacionais” (CORREA E RAMOS, 2010, p. 448).

Neste trabalho, a cultura da soja foi escolhida para representar a produção agrícola. A escolha desse grão deve-se ao volume produzido em território brasileiro, já que o país é o segundo maior produtor do mundo (EMBRAPA SOJA, 2016). O único país a superar a produção brasileira de soja são os Estados Unidos. De acordo com o Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), a importância da soja nos dias de hoje é a mesma da cana de açúcar na época da colonização do Brasil, quando se trata de exportação. A soja é o grão que mais se exporta no mundo nos dias de hoje e sua cultura trouxe desenvolvimento para o centro-sul do Brasil, uma região despovoada e desvalorizada antes desse fenômeno (EMBRAPA, 2004).

Além de concentrar a produção de soja, o eixo centro-sul também concentra as principais empresas de beneficiamento de soja no Brasil. De 112 principais pontos de beneficiamento, apenas 18 estão fora das regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste.

2.2.12 Soja no centro-sul

Os três estados com a maior produção de soja no Brasil estão nas regiões sul e centro-oeste. O Mato Grosso vem em primeiro lugar, com pouco mais de 29% do total produzido no país. Em seguida, o Paraná, com 18% da produção. Em terceiro lugar, o Rio Grande do Sul, com quase 16% da produção. Juntos, esses estados são responsáveis por 63% da produção brasileira de soja (EMBRAPA SOJA, 2016). Este *corredor* que contém os

estados do centro-oeste e sul tem destaque nacional na produção dos principais *commodities* agrícolas, além de ser uma via importante de escoamento de produção e insumos agrícolas, além de ser um centro gerador de riquezas e de elevado PIB (BRANCO et al., 2010).

O Paraná, apesar de ser um estado relativamente pequeno, é o segundo maior produtor brasileiro, de acordo com o Sistema FAEP. O estado é responsável por pouco mais de 6% do PIB e 7% das exportações, sendo a quarta maior economia do país. Dentro do estado, também é expressivo o volume de receita gerado pela cultura de grãos. “Em 2015, o valor exportado de produtos do agronegócio correspondeu a 78% do valor total exportado pelo Estado. Apenas o complexo soja respondeu por 41% do total exportado, seguido por carnes, com 23%, e produtos florestais com 13%” (AMORIM, 2016).

Em 2015, o Departamento de Economia Rural do Paraná (Deral) anunciou safra recorde de soja, já que a área cultivada foi a maior já registrada e representava um aumento de 4% em hectares (CANAL RURAL, 2015). Esses dados são confirmados pelo boletim informativo FAEP, que mostra os números da produção agropecuária do Paraná em 2015. “O Valor Bruto da Produção (VBP) (...) conforme dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA), totalizou R\$62,96 bilhões, registrando crescimento de 4,1% em relação ao valor de 2014. O crescimento do VBP das lavouras foi de 4,3% totalizando R\$39,01 bilhões e da pecuária foi de 3,8% no valor de R\$23,95 bilhões” (AMORIM, 2016). Desse montante, a soja é responsável por 29,6%, sendo o produto com maior contribuição. O Paraná é o terceiro estado com o maior VBP no Brasil, ficando atrás de Mato Grosso e São Paulo.

2.3 OTIMIZAÇÃO E MODELAGEM MATEMÁTICA

O problema de pesquisa deste trabalho é resolvido com o uso de otimização e modelagem matemática. Esta técnica é adequada para problemas cujos recursos são escassos e é necessário estabelecer uma ordem para a tomada de decisão. A modelagem matemática é realizada para maximizar ou minimizar a função objetivo com o uso de restrições. Para este trabalho, o propósito da modelagem é minimizar o custo de transporte de cargas.

A otimização é realizada usando a programação linear para resolver um problema real e auxiliar a tomada de decisão. O objetivo da otimização é encontrar a melhor solução, levando em conta as variáveis disponíveis, que muitas vezes são conflitantes ou concorrentes.

Os elementos do modelo matemático são as variáveis, as restrições e a função objetivo. O modelo é formulado de forma a resolver o problema – neste caso, reduzir o custo. Esta técnica encontra a solução ótima para o problema. “A programação linear é uma técnica poderosa para a solução de problemas de alocação de recursos limitados a atividades em competição, bem como com outros problemas que tenham uma formulação matemática similar” (BARBOSA, 2014). Este modelo representa a realidade a partir de dados coletados de forma minuciosa. Assim, provê resultados também compatíveis com a realidade. “Esses modelos, quando utilizados de forma correta e sobre bases confiáveis, fazem com que os gestores tomem decisões racionais, totalmente voltadas para a melhoria” (SILVA; SILVA; PALHARES, 2016).

O programa utilizado para a otimização da malha logística brasileira neste trabalho é o AIMMS (Advanced Integrated Multidimensional Modeling Software), que é uma ferramenta que permite a criação de modelos matemáticos estratégicos e operacionais e serve como apoio à decisão na solução de problemas. “No que diz respeito à criação de um sistema de apoio à decisão, o AIMMS fornece todo um conjunto de interfaces gráficas que possibilita, ao usuário final, uma melhor visualização do problema de forma abrangente” (IGNÁCIO; FERREIRA FILHO, 2004).

2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Ojima e Comitre (2008), Oliveira (2011a), Rocha e Silveira (2015) tratam de transporte ferroviário, reorganização após desestatização e atuação de órgãos regulamentadores, além dos custos dessa transação. Durço (2011) versa sobre o monopólio das ferrovias, enquanto Leal Neto (2016) estuda a capacidade de uma linha férrea em Cascavel, por meio de simulação.

Andrade (2002), Novaes et. al. (2006), Gonçalves (2008), Fernandes et. al. (2009), Landivar et. al. (2013) e Moori e Riquetti (2014) abordam a multimodalidade (ou intermodalidade), integração de terminais intermodais,

viabilidade e custos da intermodalidade. Andrade (2002) foca em terminais intermodais e na Hidrovia Tietê-Paraná. Gonçalves (2008) e Landivar et al. (2013) tratam da produção do centro-oeste. Morales, D'agosto e Souza (2012), propõem uma otimização multimodal (intermodal) para o transporte de soja do Mato Grosso para o porto de Santarém.

Moori e Riqueti (2014) enfatizam o assunto das estações de transbordo e a distância dos produtores do mercado consumidor. No tópico transbordo, também há a pesquisa de Magalhães, Baldo e Cerri (2008). Amaral, Almeida e Morabito (2012) também tratam de intermodalidade, porém propõem um modelo matemático para análise de fluxos, assim como Bröcker, Korzhenevych e Riekhof (2011). No trabalho dos últimos, o modelo considera as regiões envolvidas no comércio de commodities e as suas condições sociopolíticas. Pacheco e Cirqueira (2006) usam a modelagem matemática para determinar a localização dos depósitos, analisando os fluxos de mercadorias.

Almeida et. al. (2013) também criam um modelo matemático para o escoamento de soja com foco no mercado exterior, assim como Wilkinson (2010), que trata dos desafios da produção agrícola brasileira, especialmente enquanto país exportador de soja para a China, e Lopes e Lima (2015). Estes, além do modelo matemático voltado para a exportação, tratam também do tópico de pontos de transbordo. Lopes, Lima e Ferreira (2016) estudam os custos de transporte nas rotas de exportação brasileira de soja.

Entre os trabalhos voltados para o escoamento de produção agrícola para o mercado externo, estão os de Kussano e Batalha (2012) e Correa e Ramos (2010), que especificam seu estudo para a região centro-oeste. Carvalho (2009) usa a programação linear para estabelecer a localização de fábricas de fertilizantes no centro-oeste, de forma a minimizar os custos de transporte, mantendo a produção próxima de onde será utilizada. Barbosa (2008) estuda a logística como estratégia competitiva para a cadeia agrícola.

Por fim, as pesquisas de Fonseca, Guerra Neto e Silva (2010) e Silveira (2013), têm foco em desenvolvimento regional, por meio de um novo desenho de redes de transporte. Enquanto os primeiros enfatizam a necessidade de atendimento aos pequenos produtores, o último trata da diminuição de disparidades regionais.

Quadro 2 – Trabalhos Correlatos

AUTOR(ES)	TÍTULO	CONTRIBUIÇÃO
ALMEIDA, C. A. DE et al.	Modelagem matemática e simulação para otimizar o escoamento da soja brasileira exportada à China	Modelo matemático para exportação de soja
AMARAL, M. DO; ALMEIDA, M. S.; MORABITO, R.	Um modelo de fluxos e localização de terminais intermodais para escoamento da soja brasileira destinada à exportação	Modelo matemático para análise de fluxos
ANDRADE, L. E. C. DE.	Um estudo sobre terminais intermodais para grânéis sólidos.	Multimodalidade e terminais intermodais
BARBOSA, D. H.	Processos de mudanças relacionados à logística no setor de bens de capital agrícolas: uma análise de sua gestão e relações com áreas-chave da excelência logística	Logística como estratégia competitiva
BRANCO, J. E. H. et al.	Desafios para o desenvolvimento da multimodalidade no transporte das safras agrícolas pelo corredor centro-oeste sob a ótica dos agentes envolvidos.	Desafios para a multimodalidade no corredor centro-sul
BRÖCKER, J.; KORZHENEVYCH, A.; RIEKHOF, M. C.	Predicting freight flows in a globalising world	Modelo matemático para análise de fluxos
CARVALHO, L. B. DE.	Estudo de localização de fábricas misturadoras de adubo na região Centro- Oeste brasileira utilizando um modelo de programação linear	Modelo matemático para localização de fábricas
CORREA, V. H. C.; RAMOS, P.	A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do centro-oeste: situação e perspectivas	Exportação de produção agrícola
DURÇO, F. F.	A regulação do setor ferroviário brasileiro: monopólio natural, concorrência e risco moral	Monopólio das ferrovias
FERNANDES, S. T. et al.	Estudo comparativo entre custos associados com a utilização de sistemas multimodais de transportes	Multimodalidade
FONSECA, A. P.; GUERRA NETO, P. P.; SILVA, E. P. D. L. S.	Planejamento de rede logística de produtos agrícolas orgânicos: agrupamento de unidades em arranjos produtivos locais como estratégia para redução do custo logístico	Desenvolvimento regional e redes de transporte
GONÇALVES, G. I.	Perspectivas de integração modal rodo-hidro-ferroviária na exportação de produtos agrícolas e minerais no estado de mato grosso do sul	Multimodalidade e produção no centro-oeste
KUSSANO, M. R.; BATALHA, M. O.	Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo	Exportação de produção agrícola
LANDIVAR, C. G. P. et al.	Modelo estrutura-conduta-desempenho em terminais do corredor centro-leste	Multimodalidade e produção no centro-oeste

LEAL NETO, J. DE S.	Emprego de metodologia de modelagem e simulação na operação da linha férrea singela Cascavel-Guarapuava	Saturação de ferrovia no oeste do Paraná
LOPES, H. DOS S.; LIMA, R. DA S.	A logística da soja brasileira: modelagem e simulação computacional como ferramentas para a análise comparativa das alternativas de escoamento	Modelo matemático, exportação e pontos de transbordo
LOPES, H. DOS S.; LIMA, R. DA S.; FERREIRA, R. C.	A cost optimization model of transportation routes to export the Brazilian soybean.	Custos de transporte da soja brasileira
MAGALHÃES, P. S. G.; BALDO, R. F. G.; CERRI, D. G. P.	Sistema de sincronismo entre a colhedora de cana-de-açúcar e o veículo de transbordo	Modelo matemático para análise de fluxos
MOORI, R. G.; RIQUETTI, A.	Estação de transbordo de cargas como mediador da logística de fertilizantes	Multimodalidade, estações de transbordo
MORALES, P. R. G. D.; D'AGOSTO, M. DE A.; SOUZA, C. D. R. DE.	Otimização de rede intermodal para o transporte de soja do norte do Mato Grosso ao porto de Santarém	Otimização multimodal Mato Grosso - Santarém
NOVAES, A. G. et al.	Rodoviário, ferroviário ou marítimo de cabotagem? O uso da técnica de preferência declarada para avaliar a intermodalidade no Brasil	Multimodalidade
OJIMA, A. L. R. DE O.; COMITRE, V.	O setor ferroviário sob a perspectiva da economia dos custos de transação: a experiência do transporte de algumas commodities do agronegócio	Custos e órgãos regulamentadores
OLIVEIRA, A. L. R. DE.	Transporte ferroviário de produtos agrícolas sob a ótica da economia dos custos de transação: algumas experiências	Custos e órgãos regulamentadores
PACHECO, R. F.; CIRQUEIRA, L. Z.	Solução simultânea de problemas logísticos de localização de depósitos e centralização de estoques	Modelagem matemática para localização de depósitos
ROCHA, M. A. M. DA; SILVEIRA, J. M. F. J. DA.	Propriedade e controle dos setores privatizados no Brasil: uma avaliação da reestruturação societária pós-privatização	Custos e órgãos regulamentadores
SILVEIRA, M. R.	Infraestruturas e logística de transportes no processo de integração econômica e territorial	Desenvolvimento regional e redes de transporte
WILKINSON, J.	Transformações e perspectivas dos agronegócios brasileiros	Produção agrícola brasileira para exportação

FONTE: A autora (2016)

3 PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O AGRONEGÓCIO

Neste Capítulo, são tratadas as propostas para a realização do trabalho, considerando-se o protocolo de pesquisa apresentado na Seção 1.6.

3.1 O MODELO MATEMÁTICO

Este trabalho tem como base o relatório final do EVTEA Paraguai (PÉCORA JR; SCARPIN; SCREMIN, 2015), em que foi estabelecida uma Infraestrutura Multimodal e um Modelo Matemático para demonstrar a economia gerada pelo uso da Hidrovia do Rio Paraguai; assim como o Relatório Final de Estimativas e Metas para o PNLT (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012).

O modelo matemático criado para o EVTEA Paraguai considerou os fluxos de soja, milho e minério de ferro na região centro-sul, cujos valores foram obtidos no portal Aliceweb (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, 2015), além de estruturas rodoviárias, ferroviárias e hidroviárias já existentes na região e a ligação com os principais portos brasileiros e de países vizinhos.

Dentre os programas do Governo voltados à melhoria da infraestrutura de transportes, o escolhido foi o PNLT, por ter um documento consolidado e estruturado de forma clara com relação às obras propostas. Na Tabela 3 – Dados do modelo matemático Tabela 3 estão os dados do modelo.

Tabela 3 – Dados do modelo matemático

Conjuntos/Índices
$i, j \in N$ - Nós do grafo; $N = \{1 \dots N \}$ onde $ N $ refere-se à quantidade de pontos considerados.
$o, d \in N$ – Nós do grafo pertencentes à obra w
$h \in H$ - Portos; $H = \{1 \dots H \}$ onde $ H $ refere-se à quantidade de portos
$w \in W$ – Obras; $W = \{1 \dots W \}$ onde $ W $ é a quantidade de obras inseridas no modelo
$c \in C$ - Cidades; $C = \{1 \dots C \}$ onde $ C $ refere-se à quantidade de cidades
$G_c \in N$ - Cidades; Conjunto de todos os pontos pertencentes à cidade c

Variáveis
$X_{i,j}$ - Quantidade transportada/transbordada do ponto i para o ponto j [ton.]
$W_{i,h}$ - Quantidade transportada/transbordada do ponto i para o porto h [ton.]
Y_i - Quantidade produzida no ponto i
D_w - Disponibilidade da obra w
$D_w = \begin{cases} 1 & \text{se a obra w foi implementada} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
O_{ij} - Quantidade transportada/transbordada do ponto i para o ponto j [ton.], caso a obra w seja construída
Parâmetros
$C_{i,j}$ - Custo total de transporte/transbordo, dado pela função:
$C_{i,j} = C_{i,j} \text{ hidro} + C_{i,j} \text{ Ferro} + C_{i,j} \text{ Rodo} + C_{i,j} \text{ Transbordo [R\$/(\text{ton.} \cdot \text{Km})]$
Q_h - Capacidade do porto h, (ton.)
P_c - Produção na cidade c, (ton.)
C_w - Custo da obra w quando realizada (R\$)
M - Permite que o fluxo O_{ij} seja tão grande quanto necessário e tem valor igual a 1000000

Fonte: adaptado de EVTEA Paraguai (2015)

A equação (1) representa a função objetivo original (PÉCORA JR; SCARPIN; SCREMIN, 2015), enquanto a equação (2) mostra a função objetivo adaptada para incluir o custo de construção do trecho simulado. Neste trabalho, a Função Objetivo pretende minimizar o custo logístico total Z. Este custo é a soma do fluxo transportado, multiplicado pelo custo unitário do trecho (arco) pelo qual é transportado, somada ao custo de construção da obra w.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} * X_{ij} \quad (1)$$

Onde $X_{i,j}$ - Fluxo transportado/transbordado do ponto i para o ponto j (ton.)

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} * X_{ij}, \forall_{ij} + \sum_{w \in W} C_w * D_w \quad (2)$$

Sujeita às restrições a seguir. As equações (3), (4), (5) e (6) e (10) já estavam representadas no modelo original (PÉCORA JR; SCARPIN; SCREMIN, 2015). As equações (7), (8) e (9) foram inseridas posteriormente, para a realização deste trabalho.

a) Definições

Para $C_{i,j}$:

$$C_{i,j} = C_{i,j} \text{ Hidro} + C_{i,j} \text{ Ferro} + C_{i,j} \text{ Rodo} + C_{i,j} \text{ Transbordo} \quad (3)$$

Onde $C_{i,j}$ Hidro – custo de transporte hidroviário, em R\$/((ton. *Km)
 $C_{i,j}$ Ferro – custo de transporte ferroviário, em R\$/((ton. *Km)
 $C_{i,j}$ Rodo – custo de transporte rodoviário, em R\$/((ton. *Km)
 $C_{i,j}$ Transbordo – custo de transbordo, em R\$/((ton. *Km)

b) Restrição de fluxo

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + Y_j = \sum_{k=1}^n X_{jk}, \forall_j \in N \quad (4)$$

Onde $X_{i,j}$ – Fluxo transportado/transbordado do ponto i para o ponto j (ton.)
 Y_j – Fluxo produzido no ponto j

c) Restrição de Capacidade dos Portos H

$$\sum_{i=1}^n W_{ih} \leq Q_h, \forall_h \in H \quad (5)$$

Onde W_{ih} – Quantidade transportada/transbordada do ponto i para o porto h [ton.]

d) Restrição de Produção nas Cidades C

$$\sum_{i \in G_c} Y_i \leq P_c, \forall c \in C \quad (6)$$

e) Restrição de Fluxo da Obra W

Somatória dos pontos da obra origem o e destino d , caso haja fluxo entre a origem e o destino.

$$\sum_{i=I(w)} \sum_j O_{ij} \leq D_w * M \quad (7)$$

Onde O_{ij} – Quantidade transportada/transbordada do ponto i para o ponto j [ton.], caso a obra seja construída
 M – Permite que o fluxo O_{ij} seja tão grande quanto necessário e tem valor igual a 1000000

f) Restrição de Custo máximo da obra W

O custo da obra deve ser menor que o valor previsto para investimentos em obras.

$$\sum_{w \in W} C_w * D_w \leq I \quad (8)$$

g) Restrição de Trecho da Obra W

Acrescenta os pontos de origem e destino da obra w ao modelo, tornando o trecho disponível para rotas.

$$D_w \in \{0; 1\} \forall w \in W \quad (9)$$

h) Restrição de não negatividade

$$\begin{aligned} X_{ij} &\geq 0 \\ X_{ih} &\geq 0 \end{aligned} \tag{10}$$

3.2 ANÁLISE DOS CENÁRIOS PARA INVESTIMENTOS

Considerando o planejamento brasileiro, no sentido de recuperar os anos sem investimento em logística por meio de programas de investimento, além da necessidade de melhorias na gestão logística do transporte da produção agrícola do centro-sul do Brasil, propôs-se simular os cenários de obras previstas pelo PNLT (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012), seus custos e efeitos quanto à logística de transporte de *commodities* agrícolas. Esta proposta teve três ações principais:

a) Estabelecimento de cenários estratégicos multimodais.

Estudaram-se as possibilidades econômicas e geográficas das regiões contempladas, para que fossem estabelecidos quais os modais estariam disponíveis. Depois disso, estabeleceu-se que cada parte do trajeto deveria ser feita pelo modal mais adequado.

b) Análise dos fluxos de transporte de *commodities* no eixo centro-sul.

Para auxiliar a tomada de decisão quanto a investimentos e modais, foi necessário conhecer os fluxos de transporte. De onde saem os produtos, onde estão as indústrias beneficiadoras, os consumidores locais e os internacionais. Dessa forma, também foi necessário planejar integração com portos para exportação. Somente conhecendo-se o fluxo do transporte, foi possível tomar as melhores decisões para a construção de ferrovias, hidrovias, terminais intermodais, melhoria da estrutura existente e expansão da malha.

c) Criação de cenários contemplados no PNLT.

Após serem encontrados os melhores cenários, as obras mais necessárias e as principais características para um sistema adequado de transporte de cargas, a proposta simulou-se quais deles se traduziriam em redução de custos de transporte. Caso fossem encontrados vários cenários de redução de custos, seria possível analisar quais deles teriam a maior redução em termos de valor e também aqueles que trariam maior benefício a essa cadeia produtiva, assim como à região a que ele pertence.

3.3 CENÁRIOS PROPOSTOS

O modelo original estabeleceu 280 pontos, em 201 cidades. Os pontos são atribuídos por cidade e por modal. Por exemplo, se uma cidade contar com rodovia, hidrovia e ferrovia, a ela serão atribuídos 3 pontos diferentes, um para cada modal. Por isso, o número de pontos não é equivalente ao número de cidades.

Este modelo foi validado em uma escala menor, com 20 pontos, incluindo os três modais, 3 pontos e 8 pontos multimodais. Os custos, produção das cidades e capacidades foram gerados a partir da observação. Todos os fluxos, custos e restrições foram conferidos cuidadosamente.

O modelo adaptado expandiu a área coberta pelo modelo do EVTEA, incluindo localidades nas regiões sudeste e sul do Brasil. Além do acréscimo de pontos, foram incluídos dois novos conjuntos, sendo um para as 22 obras, representadas por um arco de origem e destino, e outro para os pontos que representam estas origens e destinos. O total de pontos do Modelo PNLT foi de 342, em 229 cidades. Incluiu-se uma nova variável binária, que representa a existência (ou não existência) da obra.

O Portfólio Prioritário do PNLT (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012) contém 111 obras, representadas por 125 projetos, em sete vetores diferentes – Amazônico, Centro Norte, Sudeste, Leste, Nordeste Meridional, Nordeste Setentrional e Sul – mais um conjunto de

obras que estão em mais de um vetor. Entre elas, estão previstas construção de estradas, ferrovias e estrutura portuária.

Devido ao grande volume de produção no eixo centro-sul, como visto na seção 2.2.12, além da característica de maior exportador de soja do mundo, foram escolhidos cenários que ligassem as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul a portos de exportação.

Não foram incluídas neste trabalho obras dos vetores Nordeste Meridional e Nordeste Setentrional, por não oferecerem ligação relevante com o eixo centro-sul. Assim, as obras inseridas no modelo matemático foram escolhidas da seguinte maneira: separaram-se inicialmente as obras cuja totalidade ou trechos dela fizessem parte das regiões centro-oeste, sudeste e sul, num total de 75 obras. Em seguida, foram acrescentadas grandes obras hidroviárias, que ligassem o interior do país aos portos da costa brasileira. Nesta etapa, acrescentaram-se 4 obras. As 79 obras resultantes, foram classificadas de acordo com quatro critérios: modal, intervenção, origem e destino, de acordo com o Quadro 3:

Quadro 3 – Classificação das obras do PNLT

CLASSIFICAÇÃO	1	2	3	4
	MODAL	INTERVENÇÃO	ORIGEM	DESTINO
1	Hidroviário	Implantação	MT	MT
2	Ferroviário	Construção	MS	MS
3	Rodoviário	Pavimentação	PR	PR
4		Recuperação	SP	SP
5		Duplicação	GO	GO
6		Terceira faixa	MG	MG
7			RS	RS
8			SC	SC
9			RJ	RJ
10			ES	ES

Fonte: a autora (2016)

1. Quanto ao modal, a ordem de classificação foi hidroviário, ferroviário, rodoviário, em razão de o objetivo do trabalho ser a redução de custos logísticos;
2. Quanto à intervenção, o PNLT classifica as obras como implantação, construção, pavimentação, recuperação, duplicação e terceira faixa. A classificação foi feita nesta ordem.

3. Quanto à origem e destino, priorizaram-se as obras nos seguintes estados, nessa ordem: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Rio de Janeiro e Espírito Santo.
4. As obras de duplicação e terceira faixa foram excluídas, dado o grau de complexidade de se atribuir a redução de custos promovida por elas.
5. As obras pertencentes a um mesmo trecho de origem e destino foram agregadas.

Ao fim desta etapa, restaram 22 obras a serem modeladas, sendo 4 hidrovias, 15 ferrovias e 3 rodovias, como consta no Quadro 4.

Quadro 4 – Obras inseridas no modelo

	MODAL	NOME	ORIGEM	ESTADO - ORIGEM	DESTINO	DESTINO (ESTADO/PAÍS)	INTERVENÇÃO	INVESTIMENTO	EXTENSÃO (Km)
1	HIDROVIÁRIO	Araguaia-Tocantins A	Estreito	MA	Marabá	PA	Implantação	1.490.467.000	1500
2	HIDROVIÁRIO	Teles Pires	Juruena	MT	Tapajós	PA	Implantação	1.428.750.000	1600
3	HIDROVIÁRIO	Marajó	Macapá	AP	Belém	PA	Implantação	32.215.000	380
4	HIDROVIÁRIO	Araguaia-Tocantins B	Pontal do Araguaia	MT	Marabá	GO	Implantação	1.490.467.000	1500
5	FERROVIÁRIO	EF451	Araquari	SC	Imbituba	SC	Construção	1.215.000.000	270
6	FERROVIÁRIO	Ligação EF354	Campinorte	GO	Macaé	RJ	Construção	7.348.500.000	1633
7	FERROVIÁRIO	Ferrovia do Frango	Dionísio Cerqueira	SC	Lages	SC	Construção	2.056.500.000	457
8	FERROVIÁRIO	EF486 A	Chapecó	SC	Ijuí	RS	Construção	954.500.000	211
9	FERROVIÁRIO	Ferrovia A	Guairá	PR	Cianorte	PR	Construção	945.000.000	210
10	FERROVIÁRIO	Ferrovia B	Guarapuava	PR	Pato Branco	PR	Construção	828.000.000	184
11	FERROVIÁRIO	SERRA DO TIGRE	Ibiá	MG	Sete Lagoas	MG	Construção	1.620.000.000	360
12	FERROVIÁRIO	Litorânea Sul	Içara	SC	Porto Alegre	RS	Construção	1.395.000.000	310
13	FERROVIÁRIO	Ferrivia C	Lages	SC	Tubarão	SC	Construção	900.000.000	200
14	FERROVIÁRIO	EF486 B	Pato Branco	PR	Chapecó	SC	Construção	495.000.000	110
15	FERROVIÁRIO	Leste-Oeste	Porto União	SC	Dionísio Cerqueira	SC	Construção	1.350.000.000	300
16	FERROVIÁRIO	EF354	Vilhena	RO	Callao	PERU	Construção	10.381.500.000	2307
17	FERROVIÁRIO	Ferrovia D	Barra do Pirai	RJ	Itaguaí	RJ	Recuperação	243.000.000	90
18	FERROVIÁRIO	Ferrovia E	Corumbá	MT	Santos	SP	Recuperação	3.422.500.000	1275
19	FERROVIÁRIO	Ferronorte	Uberlândia	MG	Alto Araguaia	MS	Recuperação	1.890.000.000	700
20	RODOVIÁRIO	BR477	Itaiópolis	SC	Doutor Pedrinho	SC	Implantação	186.590.000	72
21	RODOVIÁRIO	MS040	Brasilândia	MS	Campo Grande	MS	Construção	920.920.000	322
22	RODOVIÁRIO	MT322 (BR080)	Bom Jesus do Araguaia	MT	Peixoto Azevedo	MT	Pavimentação	316.649.000	176

Fonte: a autora (2016)

Cada obra é considerada um cenário diferente. Para cada um deles, foram atribuídos pelo menos dois novos pontos, para origem e destino. Estes pontos foram ligados aos pontos pré-existentes mais próximos, pelo modal mais conveniente. Um cenário de construção de ferrovia, quando possível, foi ligado a pontos ferroviários já existentes. Um exemplo é o Cenário 9, cuja origem é Guaíra e o destino é Cianorte. As duas cidades já dispunham de modal ferroviário, de modo que os novos pontos foram ligados à ferrovia já existente.

Quando necessário, foram criados pontos de transbordo, como no Cenário 11, de Ibiá a Sete Lagoas. Não há ferrovia nestas cidades, então foi criado um ponto de transbordo para cada uma delas, para que fossem ligadas em pontos rodoviários existentes.

Em alguns casos, como o Cenário 6, foram inseridos pontos para trechos já existentes, mas que não eram contemplados pelo modelo. Esta obra vai de Campinorte a Macaé. No modelo original, o ponto mais próximo de Campinorte seria o ponto rodoviário da cidade de Nova Xavantina. Este ponto, por sua vez, ligado a Sinop, também pelo modal rodoviário. Porém, o trecho Sinop - Nova Xavantina - Campinorte é ligado por ferrovias. Portanto, foram criados pontos para ligar o novo trecho ao modelo incluindo esses trechos já existentes.

Ainda que uma das cidades do cenário já fizesse parte do modelo, os pontos não foram reaproveitados – mesmo para aquelas que aparecem em mais de um cenário –, para que fosse possível criar a restrição que permite que um cenário seja testado de cada vez. Isto significa que se um dos pontos da obra estiver ativo, todos os seus pontos estarão ativos. Caso contrário, nenhum deles estará. Assim, foram incluídos 62 pontos. Entre eles, estão aqueles que representam os modais que existirão na cidade, caso as obras sejam realizadas. Cada ponto novo será usado apenas se seu arco estiver ativo.

Alguns cenários, quando afastados dos pontos do modelo original, foram ligados a um porto de exportação mais próximo. Um exemplo deste caso é o Cenário 8, que liga Chapecó a Ijuí. Chapecó foi ligada ao modelo por um transbordo para o modal rodoviário e então à cidade de Xanxerê. Ijuí estava mais distante dos pontos pré-existentes e foi ligada ao Porto de Rio grande.

Os portos originalmente incluídos no modelo foram Antofagasta, Belém, Itajaí, Itaqui, Nueva Palmira, Paranaguá, Santarém, Santos, São Francisco do Sul, Vila do Conde e Vitória. As *commodities* escolhidas foram soja, milho e minério de ferro e o fluxo dos portos foi considerado dedicado para essas elas.

As capacidades de cada porto, no EVTEA Paraguai, foram obtidas no anuário estatístico aquaviário (ANTAQ, 2010). Para o modelo atual, as capacidades de cinco portos – Santos, Paranaguá, Vitória, São Francisco do Sul e Santarém – foram atualizadas com os valores estabelecidos por Lopes, Lima e Ferreira, (2016), que representam a exportação de soja desses portos em 2013.

Para cenários em que a obra termina em um porto existente ou previsto, esse porto foi incluído apenas naquele cenário, conforme o Quadro 5. As capacidades estabelecidas para cada porto foram as seguintes (em mil toneladas por ano):

Quadro 5 – Portos por cenário

CENÁRIO	PORTO INCLUÍDO	CAPACIDADE
5	Imbituba (1)	4.150.783
6	Macaé (2)	1.000.000
8	Rio Grande (3)	9.914.070
12	Porto Alegre (4)	1.048.714
16	Callao (5)	1.346.000
17	Itaguaí (6)	55.531.626

Fontes: A autora (2017)

A capacidade do porto de Macaé foi estimada, já que o porto ainda não está em operação. As capacidades dos portos (1), (3), (4) e (6) foram estabelecidas de acordo com a o Relatório de Desempenho Portuário de 2015 (ANTAQ, 2017). A capacidade do porto (5) foi dada pelo Desempenho Portuário do Terminal de Callao (ANDINO INVESTMENT HOLDING, 2011).

A obra do Cenário 16, que tem origem e Vilhena-RO e destino em Callao, no Peru, é a única com um trecho fora do território brasileiro. Trata-se de uma obra importante para a exportação de produtos para a China, que é o maior importador mundial do grão (CONAB, 2016). Em Callao, está localizado o porto de Ilos, uma alternativa de escoamento de soja brasileira pelo pacífico,

que reduziria tempo de navegação (LOPES; LIMA; FERREIRA, 2016). Esta ferrovia faz parte do projeto Ferrovia Bioceânica, cujo objetivo é ligar o Brasil à China, além de ligar os oceanos Pacífico e Atlântico. No trecho brasileiro, a obra se justifica com ganhos obtidos pela integração entre a região produtora de grãos, no centro-oeste, e o porto de Miritituba, no Pará (PORTAL PLANALTO, 2015b).

4 ANÁLISE E RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados a análise e os resultados obtidos a partir dos experimentos.

4.1 EXPERIMENTOS

Realizou-se uma primeira rodada, contendo apenas os pontos do modelo original, para a obtenção do valor que representa os custos atuais para o transporte de *commodities*. Neste cenário, chamado de Cenário Base, a resposta do programa para o custo do sistema logístico foi de R\$2.868.765.509,00. Este é o valor que servirá de comparação para todos os cenários. Aqueles para os quais houver algum ganho após a retirada do custo de construção do arco, representam uma obra vantajosa para o sistema. Aqueles para os quais o resultado for igual a zero, não representam redução de custo ou impacto no sistema logístico. O valor de *I* – montante disponível para investimento em obras – considerado para este teste foi o orçamento previsto para o triênio 2015-2018 para investimento em infraestrutura logística estabelecido pelo BNDES (2014), de R\$162.840.000.000,00.

Depois de obtido o custo que servirá de base para comparação, foram realizados testes para cada um dos 22 cenários, sendo que apenas um deles está ativo de cada vez, e o resultado obtido consta na Tabela 4:

Tabela 4 – Resultados

CENÁRIO	CUSTO TOTAL	CUSTO DA OBRA (Cw)	CUSTO TRANSPORTE (Z)	GANHO
<i>Cenário Base</i>	2.868.765.509,00			
Cenário 1	4.359.232.509,00	1.490.467.000,00	2.868.765.509,00	0,00
Cenário 2	4.181.492.833,00	1.428.750.000,00	2.752.742.833,00	116.022.676,00
Cenário 3	2.900.980.509,00	32.215.000,00	2.868.765.509,00	0,00
Cenário 4	4.359.232.509,00	1.490.467.000,00	2.868.765.509,00	0,00
Cenário 5	4.083.765.509,00	1.215.000.000,00	2.868.765.509,00	0,00
Cenário 6	10.217.265.509,00	7.348.500.000,00	2.868.765.509,00	0,00
Cenário 7	4.925.265.509,00	2.056.500.000,00	2.868.765.509,00	0,00

Cenário 8	3.823.265.509,00	954.500.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 9	3.813.765.509,00	945.000.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 10	3.696.765.509,00	828.000.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 11	6.468.765.509,00	3.600.000.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 12	4.263.765.509,00	1.395.000.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 13	3.768.765.509,00	900.000.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 14	3.363.765.509,00	495.000.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 15	4.218.765.509,00	1.350.000.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 16	13.244.882.950,00	10.381.500.000,00	2.862.415.570,00	<u>5.382.559,00</u>
Cenário 17	3.111.765.509,00	243.000.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 18	6.203.112.471,00	3.422.500.000,00	2.780.612.471,00	<u>88.153.038,00</u>
Cenário 19	4.758.765.509,00	1.890.000.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 20	3.055.355.509,00	186.590.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 21	3.789.685.509,00	920.920.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>
Cenário 22	4.341.551.509,00	1.472.786.000,00	2.868.765.509,00	<u>0,00</u>

Fonte: A autora (2017)

Onde: a coluna *custo transporte* é o resultado da subtração do *custo da obra* do *custo total* e o ganho é obtido comparando-se o *custo transporte* do cenário ao Cenário Base.

Nestas características, apenas os cenários 2, 16 e 18, teriam redução significativa de custos, caso fosse construída a obra nele prevista. O Cenário 2 corresponde à Hidrovia Teles Pires, que liga a cidade de Juruena a Tapajós, ou seja, a produção da região Centro-Oeste aos portos do Norte, de Belém e Vila do Conde. O Cenário 18 corresponde à ferrovia que liga Corumbá a Santos, levando a produção para este importante porto de exportação. O Cenário 16 faz parte do projeto da Ferrovia Bioceânica, que liga o Brasil ao Peru e cria uma alternativa de exportação da produção brasileira pelo Oceano Pacífico, facilitando o envio de grãos para a China. A Tabela 5 mostra os ganhos logísticos por cenário, em ordem decrescente.

Tabela 5 – Ganhos logísticos em cada cenário

CENÁRIO	GANHO
Cenário 2	116.022.676,00
Cenário 18	88.153.038,00
Cenário 16	5.382.559,00

Fonte: a autora (2017)

Além de estabelecer quais cenários oferecem ganhos logísticos, é possível identificar outras informações relevantes dos fluxos de *commodities* para os cenários favoráveis, como a utilização dos portos, o esgotamento de sua capacidade e a redução de custos por localidade.

4.2 UTILIZAÇÃO DOS PORTOS

No modelo original, 11 portos permitem o escoamento da produção. Suas capacidades e a utilização efetiva para este cenário constam na

Tabela 6:

Tabela 6 – Utilização dos portos no cenário original

STATUS QUO		
PORTO	CAPACIDADE	UTILIZAÇÃO
Santos	12.893.000	5.966.493,41
Paranaguá	7.735.000	649.073,81
Itajaí	2.907.943	
São Francisco do Sul	4.032.000	
Santarém	997.000	997.000,00
Vila do Conde	11.648.518	5.725.628,79
Antofagasta	2.702.500	
Belém	2.255.140	357.410,67
Vitória	2.823.000	
Itaqui	13.164.729	
Nueva Palmira	12.542.404	8.711.690,38

Fonte: a autora (2017)

Então, comparam-se os resultados dos cenários favoráveis com o *Status Quo*. Na Tabela 7, que representa o Cenário 2, composto pela hidrovia que liga o centro-oeste ao norte do país, é possível notar uma pequena diminuição na utilização dos portos de Santos e Nueva Palmira com relação ao cenário original, assim como um aumento na quantidade exportada pelo porto de Vila do Conde, no Pará. O porto de Belém deixa de ser utilizado.

Tabela 7 – Utilização dos portos no Cenário 2

CENÁRIO 2			
PORTO	CAPACIDADE	UTILIZAÇÃO	STATUS QUO
Santos	12.893.000	4.511.043,62	5.966.493,41
Paranaguá	7.735.000	649.073,81	649.073,81
Itajaí	2.907.943		
São Francisco do Sul	4.032.000		
Santarém	997.000	997.000,00	997.000,00
Vila do Conde	11.648.518	8.577.722,58	5.725.628,79
Antofagasta	2.702.500		
Belém	2.255.140		357.410,67
Vitória	2.823.000		
Itaqui	13.164.729		
Nueva Palmira	12.542.404	7.672.457,04	8.711.690,38

Fonte: a autora (2017)

Ao Cenário 16 é atribuído um novo porto, na cidade de Callao. Neste cenário, representado pela Tabela 8, o porto de Santos tem uma redução de utilização e, novamente, o porto de Belém não é utilizado. Ao mesmo tempo, nota-se que o porto de Callao opera na capacidade máxima disponível. Este cenário é composto pela ferrovia que liga o centro-oeste ao Pacífico.

Tabela 8 – Utilização dos portos no cenário 16

CENÁRIO 16			
PORTO	CAPACIDADE	UTILIZAÇÃO	STATUS QUO
Santos	12.893.000.00	4.977.904.07	5.966.493,41
Paranaguá	7.735.000.00	649.073.81	649.073,81
Itajaí	2.907.943.00		
São Francisco do Sul	4.032.000.00		
Santarém	997.000.00	997.000.00	997.000,00
Vila do Conde	11.648.518.00	5.725.628.79	5.725.628,79
Antofagasta	2.702.500.00		
Belém	2.255.140.00		357.410,67
Vitória	2.823.000.00		
Itaqui	13.164.729.00		
Nueva Palmira	12.542.404.00	8.711.690.38	8.711.690,38
Callao	1.346.000.00	1.346.000.00	-

Fonte: a autora (2017)

Finalmente, no Cenário 18, que é composto pela ferrovia que liga o centro-oeste ao porto de Santos, a capacidade deste porto também é esgotada. Aumenta o fluxo do porto de Paranaguá e Nueva Palmira tem uma redução considerável em volume de movimentação.

Tabela 9 – Utilização dos portos no cenário 18

CENÁRIO 18			
PORTO	CAPACIDADE	UTILIZAÇÃO	STATUS QUO
Santos	12.893.000.00	12.893.000.00	5.966.493,41
Paranaguá	7.735.000.00	983.170.10	649.073,81
Itajaí	2.907.943.00		
São Francisco do Sul	4.032.000.00		
Santarém	997.000.00	997.000.00	997.000,00
Vila do Conde	11.648.518.00	5.725.628.79	5.725.628,79
Antofagasta	2.702.500.00		
Belém	2.255.140.00	357.410.67	357.410,67
Vitória	2.823.000.00		
Itaqui	13.164.729.00		
Nueva Palmira	12.542.404.00	1.451.087.50	8.711.690,38

Fonte: a autora (2017)

4.3 ANÁLISE DO PREÇO SOMBRA

Preço sombra é uma avaliação de custo-benefício que, em problemas matemáticos, reflete a economia gerada pela produção ou consumo de um bem (SANDRONI, 1999). Neste trabalho, o preço sombra representa a economia na função objetivo para cada tonelada aumentada na a capacidade do porto, representada por um número negativo. O preço sombra existe para aqueles portos cuja capacidade máxima foi atingida. Esta informação permite a compreensão dos fluxos da Seção 4.2.

4.3.1 Preço sombra dos portos

A Tabela 10 representa o Cenário Base. Neste caso, apenas o porto de Santarém está operando no limite de sua capacidade, com um preço sombra de -R\$27,00. Isto significa uma economia de 27 reais seria gerada a cada tonelada a mais em capacidade do porto.

Tabela 10 – Preço Sombra Cenário Base

CENÁRIO BASE			
PORTO	CAPACIDADE	UTILIZAÇÃO	PREÇO SOMBRA
Santos	12.893.000,00	5.966.493,41	
Paranaguá	7.735.000,00	649.073,81	
Itajaí	2.907.943,00		
São Francisco do Sul	4.032.000,00		
Santarém	997.000,00	997.000,00	-27
Vila do Conde	11.648.518,00	5.725.628,79	
Antofagasta	2.702.500,00		
Belém	2.255.140,00	357.410,67	
Vitória	2.823.000,00		
Itaqui	13.164.729,00		
Nueva Palmira	12.542.404,00	8.711.690,38	

Fonte: a autora (2017)

No passo seguinte, comparam-se a capacidade e utilização dos portos no cenário original aos cenários otimizados. No Cenário 2, que corresponde à hidrovia Teles Pires, parte do fluxo do porto de Santos e do porto de Nueva Palmira, além de todo o fluxo do porto de Belém é desviado para o Porto de Vila do Conde. Ainda assim, sua capacidade não é atingida, como visto na Tabela 11.

Tabela 11 – Preço Sombra Cenário 2

CENÁRIO 2				
PORTO	CAPACIDADE	UTILIZAÇÃO	CENÁRIO BASE	PREÇO SOMBRA
Santos	12.893.000,00	4.511.043,62	5.966.493,41	
Paranaguá	7.735.000,00	649.073,81	649.073,81	
Itajaí	2.907.943,00			
São Francisco do Sul	4.032.000,00			
Santarém	997.000,00	997.000,00	997.000,00	-27
Vila do Conde	11.648.518,00	8.577.722,58	5.725.628,79	
Antofagasta	2.702.500,00			
Belém	2.255.140,00		357.410,67	
Vitória	2.823.000,00			
Itaqui	13.164.729,00			
Nueva Palmira	12.542.404,00	7.672.457,04	8.711.690,38	

Fonte: a autora (2017)

Para o Cenário 16, que permite fluxos para o porto em Callao, observa-se uma diminuição do fluxo para o porto de Santos. Novamente o porto de Belém deixa de ser utilizado e o porto de Callao opera em capacidade máxima, com um Preço Sombra de -R\$2.

Tabela 12 – Preço Sombra Cenário 16

CENÁRIO 16				
PORTO	CAPACIDADE	UTILIZAÇÃO	CENÁRIO BASE	PREÇO SOMBRA
Santos	12.893.000,00	4.977.904,07	5.966.493,41	
Paranaguá	7.735.000,00	649.073,81	649.073,81	
Itajaí	2.907.943,00			
São Francisco do Sul	4.032.000,00			
Santarém	997.000,00	997.000,00	997.000,00	-27
Vila do Conde	11.648.518,00	5.725.628,79	5.725.628,79	
Antofagasta	2.702.500,00			
Belém	2.255.140,00		357.410,67	
Vitória	2.823.000,00			
Itaqui	13.164.729,00			
Nueva Palmira	12.542.404,00	8.711.690,38	8.711.690,38	
Callao	1.346.000,00	1.346.000,00		-2

Fonte: a autora (2017)

Com a finalidade de encontrar o fluxo total que passaria pelo porto de Callao, caso construído o trecho de ferrovia prevista para o Cenário 16, a capacidade do porto foi dobrada. Neste caso, haveria uma nova redução da quantidade exportada pelo porto de Santos e um conseqüente aumento no fluxo em Callao, que deixaria de operar na capacidade máxima.

Tabela 13 – Cenário 16 modificado

CENÁRIO 16 - CAPACIDADE DOBRADA				
PORTO	CAPACIDADE	UTILIZAÇÃO	CENÁRIO 16	PREÇO SOMBRA
Santos	12.893.000,00	4.511.043,62	4.977.904,07	
Paranaguá	7.735.000,00	649.073,81	649.073,81	
Itajaí	2.907.943,00			
São Francisco do Sul	4.032.000,00			
Santarém	997.000,00	997.000,00	997.000,00	-27
Vila do Conde	11.648.518,00	5.725.628,79	5.725.628,79	
Antofagasta	2.702.500,00			
Belém	2.255.140,00			
Vitória	2.823.000,00			
Itaqui	13.164.729,00			

Nueva Palmira	12.542.404,00	8.711.690,38	8.711.690,38	
Callao	2.692.000,00	1.812.860,45	1.346.000,00	

Fonte: a autora (2017)

No Cenário 18, o porto de Santos atinge a capacidade máxima, com a construção da ferrovia com origem em Corumbá, e o Preço Sombra do porto para este cenário é de -R\$7. O fluxo deste porto passa a ser maior que o dobro do cenário original. Estima-se que o excedente do porto de Santos seja desviado para Paranaguá, que tem seu fluxo aumentado em aproximadamente 50%. O porto de Nueva Palmira perde um grande volume de utilização e os demais portos não sofrem alteração.

Tabela 14 – Preço Sombra – Cenário 18

CENÁRIO 18				
PORTO	CAPACIDADE	UTILIZAÇÃO	CENÁRIO BASE	PREÇO SOMBRA
Santos	12.893.000,00	12.893.000,00	5.966.493,41	-7
Paranaguá	7.735.000,00	983.170,10	649.073,81	
Itajaí	2.907.943,00			
São Francisco do Sul	4.032.000,00			
Santarém	997.000,00	997.000,00	997.000,00	-27
Vila do Conde	11.648.518,00	5.725.628,79	5.725.628,79	
Antofagasta	2.702.500,00			
Belém	2.255.140,00	357.410,67	357.410,67	
Vitória	2.823.000,00			
Itaqui	13.164.729,00			
Nueva Palmira	12.542.404,00	1.451.087,50	8.711.690,38	

Fonte: a autora (2017)

De forma semelhante ao ocorrido no Cenário 16, a capacidade do porto de Santos também é dobrada para um novo teste, para estabelecer o fluxo máximo que seria utilizado, conforme a Tabela 15. Nestas condições, o porto atinge mais de 14 milhões de toneladas em utilização e o porto de Nueva Palmira deixa de ser utilizado. Os demais portos permanecem inalterados.

Tabela 15 – Cenário 18 modificado

CENÁRIO 18 - CAPACIDADE DOBRADA				
PORTO	CAPACIDADE	UTILIZAÇÃO	CENÁRIO 18	PREÇO SOMBRA
Santos	25.786.000,00	14.678.183,79	12.893.000,00	
Paranaguá	7.735.000,00	649.073,81	983.170,10	
Itajaí	2.907.943,00			

São Francisco do Sul	4.032.000,00			
Santarém	997.000,00	997.000,00	997.000,00	-27
Vila do Conde	11.648.518,00	5.725.628,79	5.725.628,79	
Antofagasta	2.702.500,00			
Belém	2.255.140,00	357.410,67	357.410,67	
Vitória	2.823.000,00			
Itaqui	13.164.729,00			
Nueva Palmira	12.542.404,00		1.451.087,50	

Fonte: a autora (2017)

4.3.2 Preço Sombra por cidade

O valor do Preço Sombra é a economia gerada pelo transporte de uma tonelada a mais. Na Tabela 16, os valores representam a diferença entre o preço sombra no cenário otimizado em relação mesmo preço no Cenário Base. Quando o cenário é favorável, os valores são negativos, o que quer dizer que no cenário otimizado, ele é menor que aquele do caso base. No entanto, na Tabela 16, vê-se que no Cenário 18 os valores são positivos, com exceção de Corumbá-Ladário. O cenário parece desfavorável, já que o custo seria maior que o do cenário original. Isto acontece porque o porto de Santos atinge sua capacidade neste cenário. Assim, parte da produção escoada por esta ferrovia seria desviada para o porto de Paranaguá, como visto na Tabela 14, da Seção 4.3.1.

Tabela 16 – Preço Sombra por cidade

CIDADE	CENÁRIO BASE	PREÇO SOMBRA 2	PREÇO SOMBRA 16	PREÇO SOMBRA 18
Porto Alegre do Norte	225,82	0,00	0,00	7,10
Primavera do Leste	202,68	0,00	0,00	7,09
Sapezal	185,51	-55,80	0,00	3,01
Campos de Julio	182,73	-42,98	-7,26	0,00
Nova Ubiratã	174,70	0,00	0,00	0,00
Lucas do Rio Verde	171,17	0,00	0,00	0,00
Comodoro	169,95	-17,43	-7,25	0,00
Campo Novo do Parecis	169,73	-21,23	0,00	0,00
Água Boa	166,61	0,00	0,00	7,10
Sorriso	159,62	0,00	0,00	0,00
Diamantino	159,19	0,00	0,00	7,10
Nova Xavantina	151,68	0,00	0,00	7,10
Sinop	144,88	0,00	0,00	0,00

Barra das Garças	133,68	0,00	0,00	7,09
Cuiabá	123,90	0,00	0,00	7,10
Sonora	118,44	0,00	0,00	7,10
São Gabriel do Oeste	115,55	0,00	0,00	6,78
Maracaju	112,50	0,00	0,00	0,25
Itiquira	107,09	0,00	0,00	7,10
Sidrolândia	103,23	0,00	0,00	7,10
Rio Brilhante	98,72	0,00	0,00	7,10
Alto Araguaia	96,66	0,00	0,00	7,10
Dourados	96,48	0,00	0,00	0,00
Rondonópolis	95,47	0,00	0,00	7,10
Ponta Porã	95,28	0,00	0,00	0,00
Corumbá/Ladário	92,15	0,00	0,00	-4,00
Alto Taquari	91,19	0,00	0,00	7,10
Nova Alvorada do Sul	90,82	0,00	0,00	7,10
Caarapo	87,35	0,00	0,00	0,00
Campo Grande	86,66	0,00	0,00	7,10
Chapadão do Sul	78,62	0,00	0,00	7,10
Umuarama	69,24	0,00	0,00	0,00
Goioere	67,98	0,00	0,00	0,00
Itaquiraí	64,03	0,00	0,00	0,00
Chopininho	61,51	0,00	0,00	0,00
Campo Mourão	53,44	0,00	0,00	0,00
Foz do Iguaçu	47,00	0,00	0,00	0,00
Marechal Cândido Rondon	37,36	0,00	0,00	0,00
Guarapuava	31,58	0,00	0,00	0,00
Céu Azul	30,99	0,00	0,00	0,00
Toledo	30,78	0,00	0,00	0,00
Cascavel	22,64	0,00	0,00	0,00

Fonte: a autora (2017)

Então, o cenário foi testado mais uma vez, para possibilitar a confirmação de redução dos custos. Como os cenários 16 e 18 operam na capacidade máxima dos portos de Callao e Santos, respectivamente, os dois foram otimizados novamente com as capacidades dobradas para estes portos. No Cenário 16, o Preço Sombra aumenta naquelas cidades onde acontece. No Cenário 18, o Preço Sombra passa a ter resultados negativos para todas as cidades que apresentaram valor diferente de zero. Confirmando, assim, a economia gerada pelo respectivo cenário, caso o porto seja capaz de absorver o fluxo gerado pela construção da ferrovia.

4.4 INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA

O orçamento para infraestrutura logística no ano de 2017, no Projeto de Lei Orçamentária - PLOA (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2016), é de R\$ 15.342.237.834,00. Assim, as obras prioritárias – para a cadeia logística da soja – seriam a Hidrovia Teles Pires (cenário 2), a Ferrovia E, que liga Corumbá a Santos (cenário 18) e a Ferrovia EF354 (cenário 16), que também é parte da Ferrovia Bioceânica.

Tabela 17 – Custo Total dos cenários de redução de custos

CENÁRIO	CUSTO DA OBRA
Cenário 2	1.428.750.000,00
Cenário 18	3.422.500.000,00
Cenário 16	10.381.500.000,00
CUSTO TOTAL	15.232.750.000,00

Fonte: a autora (2017)

A soma dos custos dos cenários favoráveis, como visto na Tabela 17, é de R\$15.232.750.000,00, ou seja, equivalente praticamente a toda a verba destinada para a construção de infraestrutura logística para o ano de 2017, de acordo com a Tabela 18, que compara o custo dos cenários com o valor do investimento previsto:

Tabela 18 – Comparação entre custo e investimento

ORÇAMENTO PLOA	15.342.237.834,00
CUSTO TOTAL	15.232.750.000,00
	109.487.834,00

Fonte: a autora (2017)

É importante ressaltar que este valor de investimentos do PLOA não é exclusivo para a cadeia da soja e o valor de construção das obras estaria disperso ao longo dos anos de sua execução. No entanto, é significativo que todo o investimento destinado à infraestrutura logística para um ano seja equivalente à construção de apenas três obras de um plano em que constam 111, especialmente quando os custos logísticos brasileiros chegam a 20% do PIB e penalizam o transporte de cargas do país.

5 CONCLUSÕES

O planejamento estratégico de um sistema logístico tem muitas particularidades. Deve considerar os deslocamentos individuais dos cidadãos entre cidades, os custos de implementação e uso das vias, as diferentes indústrias existentes no país, os insumos e produtos que precisam trafegar entre as regiões produtoras e consumidoras, as importações e exportações, entre variadas origens e destinos. Este trabalho pretendeu explorar apenas um aspecto deste quadro, a cadeia logística de *commodities* agrícolas, representada pelos grãos de soja e milho, além do minério de ferro.

Um plano como o PNLT engloba a necessidade desses vários tipos de transportes dentro do país, não sendo exclusivo para o transporte de cargas, tampouco apenas para o de grãos. É um plano que envolve o transporte de cargas, mas não o prioriza, assim como não o limita a cargas agrícolas.

Com os resultados obtidos neste trabalho, apenas 3 cenários apresentaram significativa redução de custos, entre os 22 cenários simulados. Desta forma, pode-se considerar que a aparente pequena quantidade de resultados favoráveis em redução de custos para a cadeia não significa que o plano seja inadequado, apenas que ele não é feito com foco na soja ou no transporte de grãos.

Além disso, os custos estimados para o modelo são aproximados, considerando-se formas equivalentes de transportes nos diferentes modais. Na realidade, os custos rodoviários podem ser maiores, pois são afetados por situações imprevistas ou indesejadas, como problemas no asfalto causados por condições climáticas adversas, mau estado de conservação, trânsito, velocidade reduzida por motivo de intempéries, acidentes, perda de grãos por caminhões, filas em portos, por exemplo. Na prática, a diferença entre os custos pode ser desfavorável para o modelo vigente, com predominância rodoviária.

Este recorte do PNLT parece ser viável para construção das vias porque seus valores combinados são menores que o limite para investimento em infraestrutura logística para o ano de 2017, porém este valor não é dedicado ao agronegócio. É importante ressaltar que mesmo os 22 cenários do experimento representam uma pequena parcela de todos os cenários previstos.

Os resultados também permitem confirmar a vantagem em se investir em estrutura hidroviária e ferroviária, já que os cenários favoráveis são compostos por estes modais.

Um plano específico para a cadeia agrícola poderia levar em consideração suas particularidades, como a concentração da produção em áreas distantes dos portos. Sabendo-se que 56% da produção agrícola brasileira tem como destino a exportação, deve-se privilegiar o transporte desta carga até a costa. Contudo, como visto nos cenários favoráveis obtidos, apenas criar condições para que a produção chegue aos portos não é o bastante, se suas capacidades não forem adequadas ao volume recebido. Não é suficiente melhorar o transporte, quando portos operam no limite da capacidade e a produção precisa ser desviada ou ficar aguardando na fila.

A economia logística anual obtida pela construção dessas obras, somadas, chegaria a R\$209.558.2730,00 – apenas na cadeia agrícola – com um impacto significativo na região Centro-Oeste, especialmente no estado do Mato Grosso do Sul. A hidrovia Teles Pires, correspondente ao Cenário 2, além de representar o maior ganho logístico, seria uma alternativa para o escoamento de soja pela rodovia BR-163, com destino ao porto de Santarém. As condições precárias desta rodovia impedem a produção de chegar ao Norte do país. No início de 2017, mais de três mil caminhões carregando soja ficaram parados por mais de uma semana. Além da deterioração do produto pela exposição às intempéries, os custos de caminhões parados e atolados se refletem em toda a cadeia.

Para estabelecer as obras prioritárias para todo o conjunto constante do PNLT, seria necessário conhecer os custos logísticos totais, incluindo outras cadeias produtivas e o transporte particular.

Isto posto, sugere-se para trabalhos futuros a criação de um plano de logística específico para o transporte de grãos. Sua existência seria justificada pelo volume de produção e de exportação brasileiros, e pela consequente participação desta cadeia na geração de lucros para o país.

Outras sugestões de trabalhos futuros: expandir os pontos do modelo, incluindo outras regiões do país; incluir as principais fábricas de beneficiamento de soja; expandir o modelo para outras cadeias produtivas de grande impacto no PIB brasileiro.

Em suma, o trabalho atingiu o objetivo proposto: foram encontradas, dentre as obras propostas para o PNLT, aquelas que podem melhorar o escoamento de *commodities* agrícolas, cuja implementação resulta em redução de custos logísticos. Além disso, foi possível definir a ordem de realização, de acordo com os ganhos logísticos, sendo a mais vantajosa a Hidrovia Teles Pires, seguida pela Ferrovia Corumbá-Santos e, finalmente, a Ferrovia EF354 – trecho da Ferrovia Bioceânica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. DE et al. Modelagem Matemática E Simulação Para Otimizar O escoamento Da Soja. **RACE Unoesc**, v. 12, n. 1, p. 199–224, 2013.

AMARAL, M. DO; ALMEIDA, M. S.; MORABITO, R. Um modelo de fluxos e localização de terminais intermodais para escoamento da soja brasileira destinada à exportação. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 2, p. 717–732, 2012.

AMATO, F.; MATOSO, F. **Governo anuncia novas concessões e prevê investimentos de R\$ 198,4 bi.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/06/nova-fase-de-programa-preve-r-1984-bilhoes-para-infraestrutura.html>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

AMORIM, A. **O mundo rural brasileiro.** Disponível em: <<http://www.sistemafeap.org.br/wp-content/uploads/2016/01/BI1331.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

ANDINO INVESTMENT HOLDING. **Desarrollo Portuario Terminal Portuario del Callao.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.camara-alemana.org.pe/downloads/110921G21-Carlos-Vargas-LoretdeMola-AIH.pdf>>.

ANDRADE, L. E. C. DE. **Um estudo sobre terminais intermodais de granéis sólidos.** [s.l.] Universidade de São Paulo, 2002.

ANTAQ. **Panorama Das Hidrovias Brasileiras.** Seminário Internacional sobre Hidrovias Brasil-Holanda. **Anais...** Brasília: 2009 Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/Palestras/SeminarioBrasilHolanda/04Marco/PalestraAlexOlivaBrasilHolanda.pdf>>

ANTAQ. **Anuário Estatístico Aquaviário 2010.** Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/anuarios/anuario2011/body/21.htm>>. Acesso em: 1 jan. 2015.

ANTAQ. **Anuário Estatístico de 2013 - Navegação Interior.** Brasília: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Anuario2013/Tabelas/AnuarioEstatistico2013NavegacaoInterior.pdf>>.

ANTAQ. **Gerência de estudos e desempenho portuário.** Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/DesempenhoPortuario/Index.asp>>. Acesso

em: 15 jan. 2017.

ANTT. **Entraves Burocráticos, Exigências Legais e Tributárias do Transporte Multimodal.** Brasília: [s.n.]. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/html/objects/_downloadblob.php?cod_blob=3767>.

ANTT. **Multimodal.** Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4963/Multimodal.html>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

BARBOSA, D. H. **Processos de mudanças relacionados à logística no setor de bens de capital agrícolas: uma análise de sua gestão e relações com áreas-chave da excelência logística.** [s.l.] Universidade de São Paulo, 2008.

BARBOSA, G. M. Utilização da programação linear na otimização de resultados de produção na empresa. **Revista Integração**, n. 66, p. 49–58, 2014.

BNDES. **Perspectivas do investimento 2015-2018 e panoramas setoriais.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.pedbrasil.org.br/ped/artigos/2F11DABAD8B76964.pdf>>.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, B. M. **Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística.** 2ª reimpre ed. io de Janeiro: Elsevier, 2007.

BRANCO, J. E. H. et al. Desafios para o desenvolvimento da multimodalidade no transporte das safras agrícolas pelo corredor centro-oeste sob a ótica dos agentes envolvidos. **Revista de Estudos Sociais**, v. 1, n. 23, p. 134–161, 2010.

BRÖCKER, J.; KORZHENEVYCH, A.; RIEKHOF, M. C. Predicting freight flows in a globalising world. **Research in Transportation Economics**, v. 31, n. 1, p. 37–44, 2011.

CANAL RURAL. **Paraná deve ter produção recorde de soja.** Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/soja/parana-deve-ter-producao-recorde-soja-56166>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

CARVALHO, L. B. DE. **Estudo de localização de fábricas misturadoras de adubo na região Centro- Oeste brasileira utilizando um modelo de programação linear.** [s.l.] Universidade de São Paulo, 2009.

CEPEA - USP/CNA. **PIB CEPEA 1994-2013 PIB Agropecuário do Brasil.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. 8ª reimpre ed. São Paulo: [s.n.].

CNT. **Transporte & Desenvolvimento - Entraves Logísticos ao escoamento de Soja e Milho**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/estudo/transporte-desenvolvimento>>.

CNT. **Resumo - Transporte & Desenvolvimento - Entraves Logísticos ao escoamento de Soja e Milho**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/estudo/transporte-desenvolvimento>>.

CONAB. **Perspectivas para a agropecuária**. Brasília: [s.n.].

CORREA, V. H. C.; RAMOS, P. A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 2, p. 447–472, jun. 2010.

DURÇO, F. F. **A regulação do setor ferroviário brasileiro: monopólio natural, concorrência e risco moral**. [s.l.] Fundação Getúlio Vargas, 2011.

EMBRAPA. **Sistema de Produção**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosojaPR/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

EMBRAPA SOJA. **Soja em números - safra 2014/2015**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

FERNANDES, S. T. et al. Estudo comparativo entre custos associados com a utilização de sistemas multimodais de transportes. **ENGEVISTA**, v. 11, n. 2, p. 137–147, 2009.

FONSECA, A. P.; GUERRA NETO, P. P.; SILVA, E. P. D. L. S. Planejamento de rede logística de produtos agrícolas orgânicos: agrupamento de unidades em arranjos produtivos locais como estratégia para redução do custo logístico. **Transportes**, v. 18, n. 3, p. 51–59, 2010.

FRANÇA, V. Malha ferroviária produtiva do Brasil é a mesma do Império. **Estadão**, 6 ago. 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GLOBO RURAL. **Perdas no transporte de grãos representam prejuízos milionários.** Disponível em: <<http://glo.bo/1IC1NXU>>. Acesso em: 10 maio. 2016.

GONÇALVES, G. I. **Perspectivas de Integração Modal Rodo-Hidro-Ferroviária na Exportação de Produtos Agrícolas e Minerais no Estado de Mato Grosso do Sul.** [s.l.] Escola de Engenharia de São Carlos, 2008.

GONÇALVES, J. M. F.; MARTINS, G. Raio X da produção, investimento e participação dos modais de transportes. **Brasil Engenharia**, v. 591, p. 136–141, 2009.

IGNÁCIO, A. A. V.; FERREIRA FILHO, V. J. M. O uso de software de modelagem AIMMS na solução de problemas de programação matemática. **Pesquisa Operacional**, v. 24, n. 1, p. 197–210, abr. 2004.

KUSSANO, M. R.; BATALHA, M. O. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 3, p. 619–632, 2012.

LANDIVAR, C. G. P. et al. Modelo Estrutura-Condução-Desempenho em terminais do corredor Centro-Leste. **Pretexto**, v. 14, n. 2, p. 60–76, 2013.

LEAL NETO, J. DE S. **Emprego de metodologia de modelagem e simulação na operação da linha férrea Singela Cascavel - Guarapuava.** [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2016.

LOPES, H. DOS S.; LIMA, R. DA S. **A logística da soja brasileira: modelagem e simulação computacional como ferramentas para a análise comparativa das alternativas de escoamento.** XXIX CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET. **Anais...Ouro Preto:** ANPET, 2015Disponível em: <<http://www.anpet.org.br/xxixanpet/anais/documents/RT937.pdf>>

LOPES, H. DOS S.; LIMA, R. DA S.; FERREIRA, R. C. A cost optimization model of transportation routes to export the Brazilian. **Custos e Agronegócio Online**, v. 12, n. 4, p. 90–109, 2016.

MAGALHÃES, P. S. G.; BALDO, R. F. G.; CERRI, D. G. P. Sistema de sincronismo entre a colhedora de cana-de-açúcar e o veículo de transbordo. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 274–282, jun. 2008.

MAIA, J. L.; CERRA, A. L. Gestão da Cadeia de Suprimentos e Estratégia Logística : casos em fornecedores automotivos. **Revista Eletronica**

Sistemas e Gestão, v. 1, n. 3, p. 174–194, 2006.

MARINHA DO BRASIL. **Navegação Fluvial**. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap-40.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2016.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2 ed. ed. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2012.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, C. E. E S. **Aliceweb**. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 1 jan. 2015.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **ORÇAMENTOS DA UNIÃO Exercício Financeiro 2017 - Projeto de Lei OrçamentáriaConsolidação dos Programas de Governo**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/sof/ploa2014/Volumell_PLOA2014.pdf>.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/images/2014/11/PNLT/2011.pdf>>.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Transporte Rodoviário**. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/transporte-rodoviario-relevancia.html>>. Acesso em: 21 jan. 2016a.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Transportes 2014**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/images/2014/12/Transportes_2014_FINAL_08_12_2014.pdf>.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Conheça o PNLT**. Disponível em: <<http://transportes.gov.br/direto-ao-cidadao/56-acoes-e-programas/2815-conheca-o-pnlt.html>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

MOORI, R. G.; RIQUETTI, A. Estação de Transbordo de Cargas como Mediador da Logística de Fertilizantes. **RAC**, v. 18, n. 6, p. 748–771, 2014.

MORALES, P. R. G. D.; D'AGOSTO, M. DE A.; SOUZA, C. D. R. DE. Otimização de rede intermodal para o transporte de soja do norte do Mato Grosso ao porto de Santarém. **Journal of Transport Literature**, v. 7, n. 2, p. 29–51, abr. 2012.

NOVAES, A. G. et al. Rodoviário, ferroviário ou marítimo de cabotagem? O uso da técnica de preferência declarada para avaliar a

intermodalidade no Brasil. **Transportes**, v. 14, n. 2, p. 11–17, 2006.

OCDE/FAO. Brazilian agriculture: prospects and challenges. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**, p. 61–108, 2015.

OJIMA, A. L. R. DE O.; COMITRE, V. **O setor ferroviário sob a perspectiva da economia dos custos de transação: a experiência do transporte de algumas commodities do agronegócio**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais...**Rio Branco: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/458.pdf>>

OLIVEIRA, A. L. R. DE. Transporte ferroviário de produtos agrícolas sob a ótica da economia dos custos de transação: algumas experiências. **Informações Econômicas**, v. 41, n. 11, p. 35–48, 2011a.

OLIVEIRA, A. L. R. DE. **O sistema logístico e os impactos da segregação dos grãos diferenciados: desafios para o agronegócio brasileiro**. [s.l.] UNICAMP, 2011b.

PACHECO, R. F.; CIRQUEIRA, L. Z. Solução simultânea de problemas logísticos de localização de depósitos e centralização de estoques. **Produção**, v. 16, n. 3, p. 481–492, 2006.

PÉCORA JUNIOR, J. E.; SCARPIN, C. T.; SCREMIN, L. T. R. **Estudo de Viabilidade Técnica, Ambiental e Econômica (EVTEA) da Hidrovia do Rio Paraguai**. Curitiba: [s.n.].

POMPERMAYER, F. M.; CAMPOS NETO, C. Á. DA S.; DE PAULA, J. M. P. **Hidrovias no Brasil: Perspectiva Histórica, Custos e Institucionalidade**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2714/1/TD_1931.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2016.

PORTAL DO PLANALTO. **Governo lança programa de concessões para ampliar investimentos em rodovias e ferrovias**. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/acompanhe-o-planalto/releases/governo-lanca-programa-de-concessoes-para-ampliar-investimentos-em-rodovias-e-ferrovias>>. Acesso em: 7 fev. 2016.

PORTAL PLANALTO. **Programa de Investimento em Logística prevê investimentos de R\$ 198,4 bilhões**. Disponível em:

<<http://www2.planalto.gov.br/noticias/2015/06/especial-concessoes-modelo-de-investimento-permite-salto-de-qualidade-de-logistica>>. Acesso em: 1 fev. 2016a.

PORTAL PLANALTO. **Ferrovia Bioceânica é projeto realista e pode ser feita por partes.** Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/noticias/2015/06/ferrovia-bioceanica-e-um-projeto-realista-afirma-ministro-nelson-barbosa>>. Acesso em: 5 jan. 2017b.

PORTOGENTE. **Portopédia: Transbordo.** Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/transbordo-73294>>. Acesso em: 24 jan. 2016.

ROCHA, M. A. M. DA; SILVEIRA, J. M. F. J. DA. Propriedade e contrle dos setores privatizados no Brasil: uma avaliação da reestruturação societária pós-privatização. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 19, n. 1, p. 49–73, 2015.

SANDRONI, P. **Novíssimo Dicionário de Economia.** São Paulo: Best Seller, 1999.

SILVA, L. C. S. DA; SILVA, E. C. S. DA; PALHARES, P. E. L. Otimização de rotas: uma aplicação do problema de caminho mais curto em uma loja de eletrodomésticos. **Veredas**, v. 9, n. 1, p. 5–20, 2016.

SILVEIRA, M. R. Infraestruturas e Logística de Transportes no Processo de Integração Econômica e Territorial. **Mercator**, v. 21, n. 2, p. 41–53, 2013.

VILLELA, F. **Atoleiros e péssimas condições da BR-163 complicam escoamento da soja.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2017/03/atoleiros-e-pessimas-condicoes-da-br-163-complicam-escoamento-da-soja.html>>. Acesso em: 5 mar. 2017.

WILKINSON, J. Transformações e perspectivas dos agronegócios brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. SUPPL. 1, p. 26–34, 2010.