

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**Jonnathas Marques Pais**

**EFEITOS DAS MELHORIAS NO SISTEMA DE TRANSPORTES SOBRE O  
ESCOAMENTO DA SOJA DO MATO GROSSO:**

Uma aplicação do modelo de equilíbrio espacial de programação quadrática

**Mariana**

**2020**

**JONNATHAS MARQUES PAIS**

**EFEITOS DAS MELHORIAS NO SISTEMA DE TRANSPORTES SOBRE O  
ESCOAMENTO DA SOJA DO MATO GROSSO:**

Uma aplicação do modelo de equilíbrio espacial de programação quadrática

Trabalho apresentado ao programa de pós-graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de mestre em ciências econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Gama Torres

Co-orientador: Prof. Dr. Gustavo Peixoto Silva

**Mariana**

**2020**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P149e Pais, Jonnathas Marques .

Efeitos das melhorias no sistema de transportes sobre o escoamento da soja do Mato Grosso [manuscrito]: uma aplicação do modelo de equilíbrio espacial de programação quadrática. / Jonnathas Marques Pais. - 2020.

197 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo da Gama Torres.

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Peixoto Silva.

Dissertação (Mestrado Acadêmico). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada.

Área de Concentração: Economia Aplicada.

1. Soja. 2. Transporte rodoviário - Custo operacional. 3. Distribuição de mercadorias. 4. Logística empresarial. 5. Equações quadráticas. I. Silva, Gustavo Peixoto. II. Torres, Carlos Eduardo da Gama. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 330.101.8

Bibliotecário(a) Responsável: Essevalter De Sousa - BIBLIOTECÁRIO CRB6 1407



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS



**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Jonnathas Marques Pais**

**Efeitos das Melhorias no Sistema de Transportes sobre o escoamento da Soja do Mato Grosso**

Membros da banca

Carlos Eduardo da Gama Torres - Doutor - Universidade Federal de Ouro Preto

Victor Maia Senna Delgado - Doutor - Universidade Federal de Ouro Preto

Gustavo Peixoto Silva - Doutor - Universidade Federal de Ouro Preto

André Braz Golgher - Doutor - Universidade Federal de Minas Gerais

Versão final

Aprovado em 02 de junho de 2020

De acordo

Professor (a) Orientador (a) Carlos Eduardo da Gama Torres



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Eduardo da Gama Torres, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/06/2020, às 10:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0062506** e o código CRC **775BC4F0**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.004604/2020-74

SEI nº 0062506

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000  
Telefone: - www.ufop.br

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que é a força que temos para continuarmos a caminhada mesmo nos dias mais difíceis quando não acreditamos que vamos conseguir, mas temos sempre Nele o conforto e força para seguir em frente.

Ao professor Carlos Eduardo da Gama Torres, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com competência, dedicação e amizade.

Ao meu coorientador, professor Gustavo Peixoto Silva, por toda a ajuda durante a realização desse trabalho.

Aos meus pais, Silvério e Aparecida, por nunca terem medido esforços para me proporcionar um ensino de qualidade durante todo o meu período escolar.

Ao meu irmão Alain (*in memoriam*), que sempre seguirá vivo em minhas lembranças.

A todos os professores e funcionários das diversas instituições por onde passei, Universidade Federal de Ouro Preto, Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET), Escola Estadual Desembargador Horácio Andrade e Escola Municipal Professor Hélio Homem de Faria, pela contribuição direta em minha formação.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro, essencial à realização desse trabalho.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização da minha pesquisa.

## RESUMO

Iniciado em meados da década de 1970, o processo de expansão da produção de soja na região Centro-Oeste do Brasil consolidou-se na safra de 1999, quando o montante produzido na referida região superou aquele colhido na região Sul, tradicional produtora, estabelecendo uma ordem que permanece inalterada. Nesse contexto, o Mato Grosso, localizado no centro da América do Sul, tornou-se o principal estado brasileiro na produção da oleaginosa. Também na década de 90, como consequência da abertura comercial da China, grande consumidora mundial da oleaginosa, registrou-se um expressivo crescimento no volume produzido e na importância do mercado externo para a soja. Dessa forma, a mencionada interiorização da produção para regiões setentrionais do país aumentou de maneira substancial a distância que a mercadoria deve percorrer entre os centros produtores e os principais mercados consumidores, reforçando a importância da rede de transportes. Entretanto, a deficiência na oferta de infraestrutura tornou-se um problema crônico, prejudicando a competitividade da soja brasileira, sobretudo a soja mato-grossense, no mercado internacional frente ao principal concorrente nesse mercado: os Estados Unidos da América.

As opções de rotas intermodais no Mato Grosso são escassas de modo que o trajeto rodoviário até um terminal de transbordo intermodal normalmente supera 1000 km, onerando sobremaneira a etapa de distribuição da mercadoria. A integração do mercado mundial, com a formação do preço da oleaginosa no mercado internacional, limita a possibilidade de repasse do custo de transporte mais elevado por parte dos produtores, de modo que o preço recebido pelo produto tende a ser inferior em localidades carentes de uma infraestrutura de transportes apropriada.

Dessa forma o presente estudo buscou simular, por meio de um Modelo de Equilíbrio Espacial de Programação Quadrática, os efeitos da melhoria no sistema de transporte do Mato Grosso sobre os preços e os montantes produzidos e consumidos no mercado mundial da soja, representado por 56 regiões de oferta, localizadas principalmente no Brasil e Estados Unidos e 19 regiões de demanda, que foram estabelecidas conforme os dados referentes à produção, consumo e capacidade da indústria processadora.

Após a validação do modelo com a rede base, verificada a partir da aderência entre os dados reais e os gerados na solução, foram apresentadas três intervenções na

rede de transporte do Mato Grosso para realizar as simulações: (i) EF-170; (ii) EF-354 e (iii) Hidrovia do rio Araguaia. Para cada uma dessas estruturas, foram criados cenários em que as intervenções acontecem de maneira individual ou conjunta.

Dado que as restrições referentes à capacidade de movimentação nos portos do Arco Norte são ativas na solução do modelo base e as intervenções propostas no parágrafo anterior desviam o fluxo para essas instalações portuárias, os resultados indicam que o impacto esperado dessas intervenções só aparece quando são realizadas de maneira concomitante à expansão da capacidade de embarque nos portos. Nesse sentido, a EF-170 possui o maior potencial no tocante ao aumento da renda gerada pelo comércio da soja no estado do Mato Grosso, ocasionando uma variação na renda anual de aproximadamente US\$ 785 milhões. Em seguida, foram utilizados indicadores de viabilidade econômica, adotando como fluxo de caixa o aumento estimado no lucro dos produtores de soja mato-grossenses, para verificar a exequibilidade das melhorias no sistema de transporte apenas com o aumento do lucro gerado no comércio da oleaginosa. Foram encontrados indicadores satisfatórios em vários cenários como por exemplo nas construções individuais da EF-170 e EF-354 e nas intervenções conjuntas da EF-170 mais Hidrovia do Araguaia e EF-170 mais a EF-354.

Palavras-Chave: Soja; Custo de Transporte; Intermodalidade; Modelo de Equilíbrio Espacial.

## **ABSTRACT**

Started in the mid-1970s, the expansion of soy production in the Midwest region of Brazil was consolidated in the 1999 harvest, when the amount produced in that region exceeded that harvested in the South region, historic producer, establishing an order that remained unchanged. In this context, Mato Grosso, located in the center of South America, became the main Brazilian state soy producer. Also in the 1990s, as a consequence of the commercial opening of China, a major world consumer of soy, there were an expressive growth in the volume produced and in the importance of the foreign market for soybeans. Thus, the aforementioned internalization of production for the central regions of the country has substantially increased the distance that this product must travel between the production centers and the main consumer markets, reinforcing the importance of the transport network. However, the deficiency in the supply of infrastructure has become a chronic problem, impairing the competitiveness of Brazilian soy, especially soybean from Mato Grosso, in the international market compared to the main competitor in this market: the United States of America.

The options for intermodal routes in Mato Grosso are scarce so that the road journey to an intermodal transfer terminal normally exceeds 1000 km, increasing the cost of distribution. The integration of the world market, with the formation of the price of soybean in the international market, limits the possibility of transferring the higher transport cost by producers, so that the price received for the product tends to be lower in locations in a need of an appropriate transport infrastructure.

Thus, the present study sought to simulate, through a Spatial Equilibrium Model of Quadratic Programming, the effects of the improvement in the transport system of Mato Grosso on the prices and amounts produced and consumed in the world soybean market, represented by 56 supply regions, located mainly in Brazil and the United States and 19 demand regions, which were established according to data related to the production, consumption and capacity of the processing industry in each location.

After the validation of the model with the base network, verified the adherence between the real data and those generated in the solution, three interventions were presented in the transport network of Mato Grosso to perform the simulations: (i) EF-



170; (ii) EF-354 and (iii) Araguaia River Waterway. For each of these structures, scenarios were created in which interventions take place individually or jointly.

Given that the restrictions regarding the handling capacity in the ports of Arco Norte are active in the solution of the base model and the interventions proposed in the previous paragraph divert the flow to these port facilities, the results indicate that the expected impact of these interventions only appears when they are carried out concurrently with the expansion of the loading capacity at the ports. In this sense, the EF-170 has the greatest potential with regard to increasing the income generated by the soy trade in the state of Mato Grosso, causing a variation in the annual income of approximately US\$ 785 million. Then, economic viability indicators were used, adopting as estimated cash flow the estimated increase in profit for soybean producers in Mato Grosso, to verify the feasibility of improvements in the transport system only with the increase in profit generated in the soy trade. Satisfactory indicators were found in several scenarios, for example in the individual constructions of the EF-170 and EF-354 and in the joint interventions of the EF-170 plus the Araguaia Waterway and EF-170 plus the EF-354.

**Keywords:** Soybean; Transportation Costs; Intermodality, Spatial Equilibrium Model.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo escoamento da soja .....	33
Figura 2 - Produção de soja por município mato-grossense em 2018 .....	40
Figura 3 - Corredores logísticos para a exportação de soja e milho e áreas de influência .....	42
Figura 4 - Corredor Tapajós e sua região de influência no Mato Grosso .....	146
Figura 5 - Corredor Madeira e sua região de influência no Mato Grosso.....	157
Figura 6 - Hidrovia do Araguaia e sua região de influência no Mato Grosso.....	164
Figura 7 - Região de Influência: Cenário EF-170 + EF-354.....	170
Figura 8 - Região de Influência: Cenário EF-354 + Hidrovia do Araguaia.....	172
Figura 9 - Região de Influência: Cenário EF-170 + Hidrovia do Araguaia.....	174
Figura 10 - Região de Influência: Cenário EF-170 + EF-354+ Hidrovia do Araguaia	176

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produtividade em toneladas/hectare.....	19
Gráfico 2 - Área plantada em milhões de hectares .....	19
Gráfico 3 - Participação na produção brasileira de soja em % .....	21
Gráfico 4 - Produção brasileira de soja em milhões de toneladas .....	22
Gráfico 5 - Panorama mundial da soja no ano de 2018 (em milhões de ton.) .....	23
Gráfico 6 – Exportação mensal de soja no Brasil.....	32
Gráfico 7 - Capacidade x Volume movimentado por terminal no complexo portuário de Porto Velho em 2018 (em 1000 ton.).....	49
Gráfico 8 - Capacidade x Volume movimentado por terminal no complexo portuário de Itaituba em 2018 (em 1000 ton.).....	57
Gráfico 9 - Capacidade x Volume movimentado no complexo portuário de Santarém em 2018 (em 1000 ton.).....	60
Gráfico 10 - Capacidade x Volume movimentado no complexo portuário de Vila do Conde em 2018 (em 1000 ton.) .....	64
Gráfico 11 - Capacidade x Volume movimentado no complexo portuário do Itaqui em 2018 (em 1000 ton.).....	70
Gráfico 12 - Capacidade x Volume movimentado no complexo portuário de Paranaguá em 2018 (em 1000 ton.) .....	82
Gráfico 13 - Equilíbrio de exportações e importações.....	94
Gráfico 14 - Descrição equivalente do equilíbrio espacial .....	96
Gráfico 15 - Maximizando o Lucro Social Líquido .....	97
Gráfico 16 - Aderência exportação de soja por UF .....	135
Gráfico 17 - Aderência exportação de soja por região portuária.....	136
Gráfico 18 - Aderência exportação de soja por complexo portuário.....	137

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Preço médio recebido pelos produtores de soja em 2018.....	27
Tabela 2 - Características de produtos exportados selecionados.....	31
Tabela 3 - Pesquisa CNT das rodovias 2018 em (%) .....	35
Tabela 4 - Comparação rentabilidade Mato Grosso e Illinois (em US\$/Ton).....	37
Tabela 5 - Quadro de Oferta e Demanda da soja no Mato Grosso (milhões de toneladas) .....	41
Tabela 6 - Participação na exportação de soja originada no Mato Grosso em %.....	43
Tabela 7 - Movimentação de soja no complexo de Porto Velho em 2018 .....	45
Tabela 8 - Capacidade dinâmica complexo portuário de Porto Velho (ton/ano) .....	48
Tabela 9 - Capacidade de movimentação de soja Itacoatiara (toneladas/ano) .....	51
Tabela 10 - Movimentação de soja em Itaituba em 2018 .....	54
Tabela 11 - Capacidade dinâmica complexo de transbordo em Itaituba (ton/ano) .....	56
Tabela 12 - Capacidade dinâmica complexo portuário de Santarém (ton/ano).....	59
Tabela 13 - Movimentação de soja no complexo portuário de Vila do Conde em 2018	61
Tabela 14 - Capacidade dinâmica complexo portuário de Vila do Conde em (ton/ano)	63
Tabela 15 - Capacidade dinâmica Complexo Portuário do Itaqui em 2018 (ton/ano) ...	69
Tabela 16 - Capacidade dinâmica complexo portuário de Santos (em ton/ano) .....	79
Tabela 17 - Divisão dos problemas de otimização .....	90
Tabela 18 - Subscritos, variáveis e parâmetros do modelo .....	108
Tabela 19 - Excedente de oferta/demanda por região em 2018 .....	115
Tabela 20 - Frete ferroviário em cada malha.....	121
Tabela 21 - Custo por processo (em R\$/Ton) .....	122
Tabela 22 - Tarifa da transferência intermodal da soja (em US\$/Ton) .....	124
Tabela 23 - Tarifas Portuárias e capacidade de movimentação.....	125
Tabela 24 - Comparação entre o comércio internacional de soja estimado e observado (milhões de toneladas) .....	133
Tabela 25 – Market-share de um corredor nas exportações de soja por UF (em %)....	140
Tabela 26 - Preço Gerado x Preço Estimado para as regiões brasileiras de excesso de oferta (em US\$/Ton) .....	141
Tabela 27 - Preço Gerado x Preço Estimado para as regiões brasileiras de excesso de demanda (em US\$/Ton) .....	143

Tabela 28 - Preço Gerado x Preço Estimado nas regiões estrangeiras de oferta (em US\$/Ton).....	144
Tabela 29 - Preço Gerado x Preço Estimado nas regiões estrangeiras de demanda (em US\$/Ton).....	145
Tabela 30 - Custo de implantação da EF-170 .....	148
Tabela 31 - Variação na receita ( $\Delta Y$ ) (em milhões de US\$) e no preço da soja ( $\Delta P$ ) (em US\$/Ton) com EF-170.....	152
Tabela 32 - Variação na despesa (1000 <sup>2</sup> US\$) e no preço (US\$/Ton) com a EF-170..	155
Tabela 33 - Variação na receita anual (milhões de US\$) e no preço da soja (US\$/Ton) com EF-354 .....	159
Tabela 34 - Variação na despesa (1000 <sup>2</sup> US\$) e no preço (US\$/Ton) com a EF-354..	162
Tabela 35 - Variação na receita anual (milhões de US\$) e no preço da soja (US\$/Ton) com Hidrovia do Araguaia .....	165
Tabela 36 - Variação na despesa (milhões de US\$) e no preço (US\$/Ton) com a Hidrovia do Araguaia.....	168
Tabela 37 - Custo estimado obras: Cenário: EF-170 + EF-354 .....	171
Tabela 38 - Custo estimado obras: Cenário EF-354 + Hidrovia do rio Araguaia .....	172
Tabela 39 - Custo estimado obras: Cenário EF-170 + Hidrovia do rio Araguaia .....	174
Tabela 40 - Custo estimado obras: Cenário EF-170 + EF-354 + Hidrovia do Araguaia .....	177
Tabela 41 - Resumo dos resultados das simulações realizadas .....	179

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>1 O DESLOCAMENTO DA PRODUÇÃO DE SOJA PARA O CERRADO E SUAS IMPLICAÇÕES.....</b>	<b>18</b>
1.1 Análise evolutiva da soja no Brasil e o mercado mundial. ....	18
1.2 Como a logística afeta a rentabilidade da soja mato-grossense .....	24
<b>2 O COMPLEXO PANORAMA LOGÍSTICO PARA OS GRÃOS MATO-GROSSENSES E OS CORREDORES DE TRANSPORTE.....</b>	<b>39</b>
2.1 Os corredores de transporte da soja mato-grossense .....	39
2.2 Corredor Logístico Norte - Eixo Madeira.....	44
2.3 Corredor Logístico Norte - Eixo Tapajós.....	51
2.4 Corredor Logístico Norte - Eixo Tocantins.....	64
2.5 Corredor Logístico Sudeste – Eixo Vitória.....	70
2.6 Corredor Sudeste - Eixo Santos.....	73
2.7 Corredor Sul – Eixo Paranaguá .....	80
2.8 Corredores de Transporte de soja nos Estados Unidos .....	84
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>89</b>
3.1 Problemas de Otimização e o Modelo de Equilíbrio Espacial .....	89
3.2 Definindo os parâmetros $\alpha$ e $\beta$ da função objetivo e as regiões do modelo..	111
3.3 Custos de transporte e transbordo.....	119
3.4 Capacidade dos arcos .....	125
<b>4 VALIDAÇÃO E VERIFICAÇÃO DO MODELO BASE .....</b>	<b>131</b>
4.1 Comércio Internacional de soja.....	132
4.2 Exportação de Soja por UF no Brasil .....	134
4.3 Fluxo de soja por complexo portuário .....	135
4.4 Rota da soja por UF no Brasil .....	138

4.5	Preço da soja.....	141
<b>5</b>	<b>SIMULAÇÕES .....</b>	<b>146</b>
5.1	Ampliação do corredor Tapajós: EF-170 “Ferrogrão” .....	146
5.2	Ampliação do corredor Madeira: EF-354 (FICO).....	156
5.3	Hidrovia do Rio Araguaia .....	163
5.4	Combinações entre as intervenções propostas .....	168
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>181</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>187</b>

## INTRODUÇÃO

A produção brasileira de soja sofreu uma mudança espacial ao longo das últimas décadas, de modo que o estado do Mato Grosso se tornou o principal pólo produtor da oleaginosa no país. Segundo os dados do sistema Comex Stat, gerenciado pelo Ministério da Economia (ME), o Brasil exportou aproximadamente 83 milhões de toneladas de soja ao longo do ano de 2018, sendo que apenas o Mato Grosso exportou cerca de 19,95 milhões de toneladas da oleaginosa. Os grãos produzidos no Mato Grosso devem percorrer uma longa distância até atingir um complexo portuário para o embarque nos navios oceânicos, uma vez que o referido estado está localizado no centro da América do Sul.

Assim como a maioria das mercadorias agrícolas, a soja se caracteriza como um produto de baixo valor agregado que é transacionado em elevado volume, demandando um sistema de transporte com maior capacidade, de forma a gerar escala e reduzir o custo unitário da operação de transporte. Nesse contexto, modais de transporte mais lentos e baratos, como o hidroviário e o ferroviário, mostram-se mais adequados. Contudo, as opções de rotas intermodais são escassas e distantes das regiões produtoras do Mato Grosso, de modo que os grãos seguem sendo transportados pelo modal rodoviário até os portos ou percorrem longas distâncias por rodovias mal conservadas até os terminais de transbordo mais próximos. Para efeito de comparação, nos Estados Unidos, onde a produção de soja também é concentrada em regiões setentrionais, distante das costas litorâneas, verifica-se uma intensa utilização da intermodalidade, com destaque para o sistema hidroviário do Mississippi, e a ramificada malha ferroviária existente, de modo que o trajeto rodoviário é utilizado apenas em curtas distâncias.

O panorama descrito no parágrafo anterior acaba onerando sobremaneira a etapa de distribuição da soja mato-grossense, de modo que a maior eficiência dentro da fazenda, evidenciada por um custo de produção inferior aos demais estados brasileiros e países concorrentes, contrasta com um gargalo logístico. Nesse cenário, o preço recebido pelo produtor de soja no Mato Grosso é sensivelmente inferior ao preço recebido pelos produtores em outros estados brasileiros ou países concorrentes, como os Estados Unidos, indicando o repasse de um custo logístico mais elevado para toda a cadeia produtora.



Considerando isto, a presente pesquisa busca mensurar os ganhos econômicos (aumento no preço recebido e na receita) que os produtores de soja do Mato Grosso poderiam obter caso fossem realizadas intervenções no sistema viário, de forma a aproximar os terminais de transbordo intermodal das regiões produtoras do referido estado. Nesse sentido, justifica-se a opção pela metodologia do modelo de equilíbrio espacial de Programação Quadrática, uma vez que, diferentemente do tradicional modelo do Fluxo de Custo Mínimo da Programação Linear, o modelo de equilíbrio espacial torna os preços endógenos, indo ao encontro dos objetivos propostos.

O método de análise consiste em três etapas: a primeira tem enfoque na apresentação detalhada dos principais corredores logísticos utilizados para o escoamento da safra mato-grossense. Nessa etapa são apresentadas as principais estruturas encontradas nesses corredores, por exemplo, terminais hidroviários, ferrovias, rodovias e portos, bem como os componentes que atualmente representam o ponto de estrangulamento em cada uma dessas estruturas, limitando a capacidade de movimentação no arco. A segunda etapa consiste na criação de um modelo base que possui a finalidade de representar a rede de transporte atualmente existente e verificar a validade do modelo, uma vez que os fluxos gerados na solução do modelo poderão ser confrontados com os fluxos reais, de modo que a acurácia do modelo pode ser mensurada. Finalmente, a terceira fase consiste na incorporação ao modelo das obras de infraestrutura, que aproximariam o terminal de transbordo e as regiões produtoras do Mato Grosso ao modelo base.

O exercício de comparação entre as soluções do modelo antes e após a inclusão das intervenções ao sistema viário permitirá compreender como o efeito decorrente da melhoria no sistema de transporte se propaga pelo mercado mundial da soja, afetando preços e quantidades. O aumento estimado no lucro do comércio da soja auferido pelos produtores mato-grossenses, a partir da construção das novas estruturas, é avaliado considerando-se o custo das obras propostas, através de métodos de avaliação de rentabilidade econômica.

As grandes dimensões territoriais do Mato Grosso devem ser levadas em consideração para a escolha das obras de infraestrutura que devem ser incluídas no exercício de simulação, uma vez que o impacto destas pode variar substancialmente entre as regiões do estado. Dessa maneira, foram apresentadas três infraestruturas com

zonas de influência distintas dentro do Mato Grosso, procurando elucidar os interesses regionais acerca de qual intervenção deve ser executada de maneira prioritária.

Portanto, buscando atingir o objetivo proposto, a presente pesquisa foi dividida em cinco capítulos. No Capítulo 1 é apresentada uma contextualização sobre o setor, evidenciando a evolução produtiva da soja no Brasil, o panorama atual do mercado mundial da oleaginosa e a forma como a falta de uma infraestrutura adequada prejudica a rentabilidade da atividade no estado do Mato Grosso. No Capítulo 2 são apresentados os principais corredores logísticos utilizados no escoamento da safra de soja do Mato Grosso, abordando a estrutura atualmente existente e a capacidade de movimentação em cada um deles. Já no Capítulo 3 é feita uma descrição da metodologia utilizada para alcançar o objetivo proposto para a presente pesquisa. Nesse capítulo, além do modelo de equilíbrio espacial, são apresentados métodos utilizados para mensurar o custo de transporte, a capacidade dos arcos e definir as restrições. No Capítulo 4 a solução do modelo base é apresentada, a etapa de validação, que testa a aderência entre o comportamento do modelo e o sistema no mundo real, é realizada. No Capítulo 5 as obras de infraestrutura são apresentadas, em seguida as simulações são efetuadas, adicionando as intervenções estruturais ao modelo base em diferentes cenários, buscando capturar os efeitos no mercado da oleaginosa.

# **1 O DESLOCAMENTO DA PRODUÇÃO DE SOJA PARA O CERRADO E SUAS IMPLICAÇÕES.**

## **1.1 Análise evolutiva da soja no Brasil e o mercado mundial.**

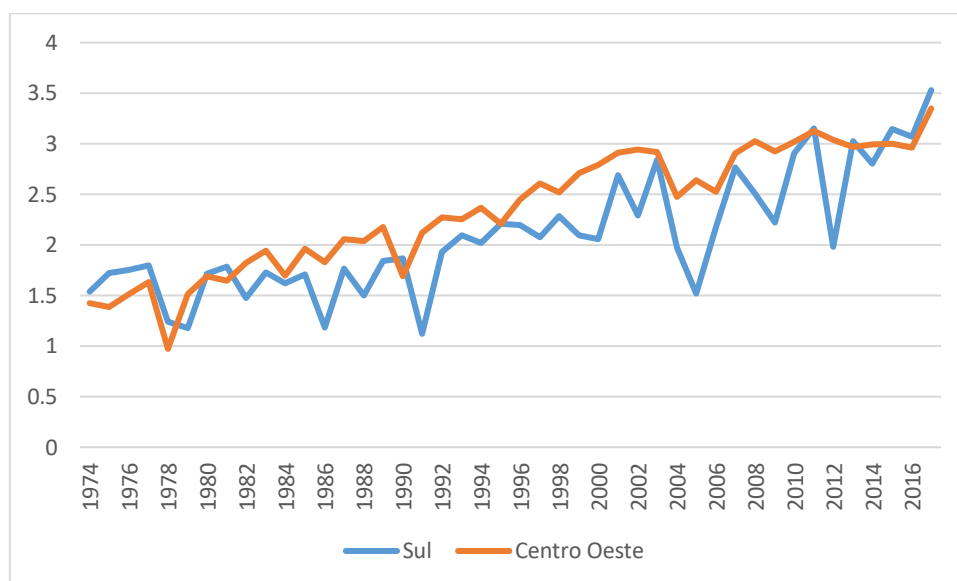
A cultura de soja no Brasil teve início, em 1914, no município de Santa Rosa (RS) após tentativas de cultivo sem êxito, ainda no século XIX, no estado da Bahia pelo professor Gustavo Dutra. Naquela época a produção mundial da oleaginosa restringia-se às regiões de clima temperado, realidade distinta do recôncavo baiano, situado em uma baixa latitude de 12°S. Em 1941, o Anuário Agrícola do Rio Grande do Sul menciona a produção de 457 toneladas da oleaginosa, sendo esse o primeiro registro oficial referente à soja no Brasil, denotando alguma relevância comercial apenas a partir deste período (DALL'AGNOL, 2016).

Segundo Sousa et al.(1999), os cultivares e as técnicas produtivas utilizados eram importados dos Estados Unidos, sendo possível se adaptar bem apenas em regiões onde as condições naturais, como clima e solo, fossem semelhantes às norte americanas, como é o caso do sul do Brasil. Dessa forma, nas três décadas seguintes, período compreendido entre 1940 e 1970, a produção da oleaginosa expandia-se concentrada na referida região. De acordo com o Anuário Estatístico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1970, a região sul era responsável por 92,66% do montante produzido pelo Brasil, participando com aproximadamente 1,4 milhões de toneladas.

Conforme Dall'agnol (2016), a década de 70 pode ser considerada como a da consolidação da soja como a principal lavoura do Brasil. O preço excepcional da oleaginosa no mercado internacional induzia o aumento da produção nos campos da região Sul. No entanto, os produtores encontravam dificuldades para ampliar a área cultivada devido ao elevado preço local da terra. Nesse cenário, muitos produtores venderam suas propriedades para comprar áreas maiores no cerrado brasileiro, onde a terra possuía menor preço. Nesse contexto, é importante ressaltar a atenção do Estado brasileiro em incentivar o aumento da área cultivada de soja no país, com destaque para a criação do Centro Nacional de Pesquisa de Soja em 1975, com sede em Londrina, como uma das unidades da EMBRAPA. O objetivo seria a adaptação dos cultivares a regiões de baixas latitudes, o que pode ser considerado um sucesso, uma vez que os dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE evidenciam que

atualmente todas as regiões geográficas do país são capazes de produzir a oleaginosa com uma produtividade superior a 3 toneladas/hectare.

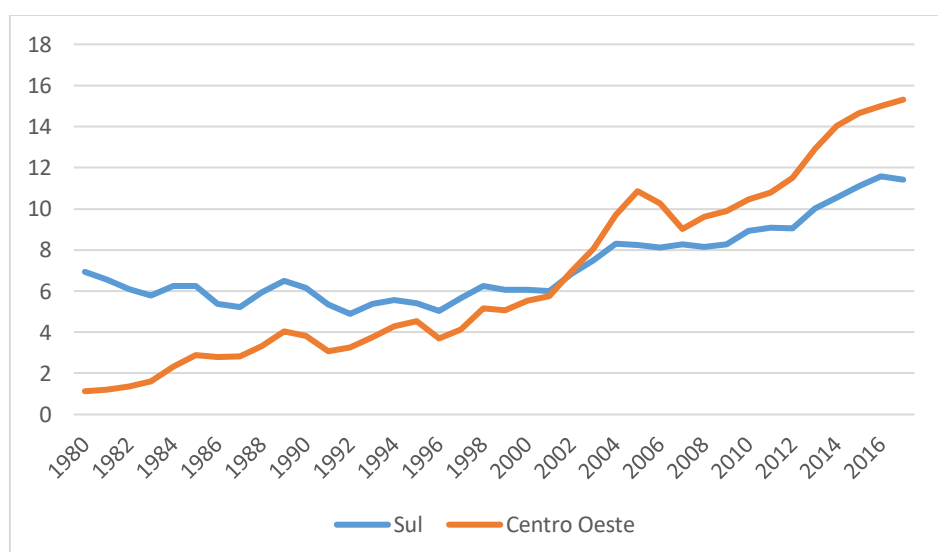
**Gráfico 1 - Produtividade em toneladas/hectare**



Fonte: Pesquisa Agrícola Municipal - IBGE

Em relação às duas principais regiões produtoras, Sul e Centro-Oeste, ambas registraram aumento de produtividade no período após a década de 70, com destaque para o Centro-Oeste que ainda registrou produtividade sensivelmente superior à região sul, tradicional produtora, na maior parte desse intervalo de tempo, conforme pode ser visto no Gráfico 1.

**Gráfico 2 - Área plantada em milhões de hectares**



Fonte: Anuário Estatístico - IBGE

No entanto, a disparidade entre as duas regiões se reforça quando os dados

referentes a área cultivada são analisados, uma vez que enquanto na região Sul a área cultivada manteve-se estável, com uma ligeira tendência de queda entre 1980 e 2000, no Centro Oeste, a área cultivada cresceu de forma consistente durante o mesmo intervalo de tempo conforme Gráfico 2.

Para Campos (2012), a partir da adaptação do cultivo a regiões tropicais, o crescimento da produção, da área cultivada e da produtividade da soja na região Centro Oeste se deu de maneira pronunciada devido a vários fatores, destacando-se:

- A. A topografia plana da região que propicia a utilização de máquinas de maior porte, possibilitando uma maior rentabilidade do capital investido em diversas tarefas tais como: preparo do solo, plantio e colheita;
- B. A estabilidade dos níveis pluviométricos da região em relação à maior variabilidade quanto as chuvas na região Sul;
- C. A grande disponibilidade de terras, que após a redução da acidez através da calagem com adição de calcário, se tornaram produtivas;
- D. O fato de grande parte dos produtores serem oriundos da região sul, onde já cultivavam a soja, os inseriu no cerrado com um bom nível econômico e tecnológico;
- E. Estabelecimento de agroindústrias produtoras e processadoras de grãos e de carne na região Centro-Oeste;
- F. Incentivos fiscais para abertura de novas áreas para a produção agrícola, a expansão da soja no cerrado, tem incentivos direto do PRODECER (Programa Nipo-Brasileiro de Cooperação para Desenvolvimento do Cerrado), que surgiu após iniciativa do Japão, devido pela frustração com a safra mundial de 1973.

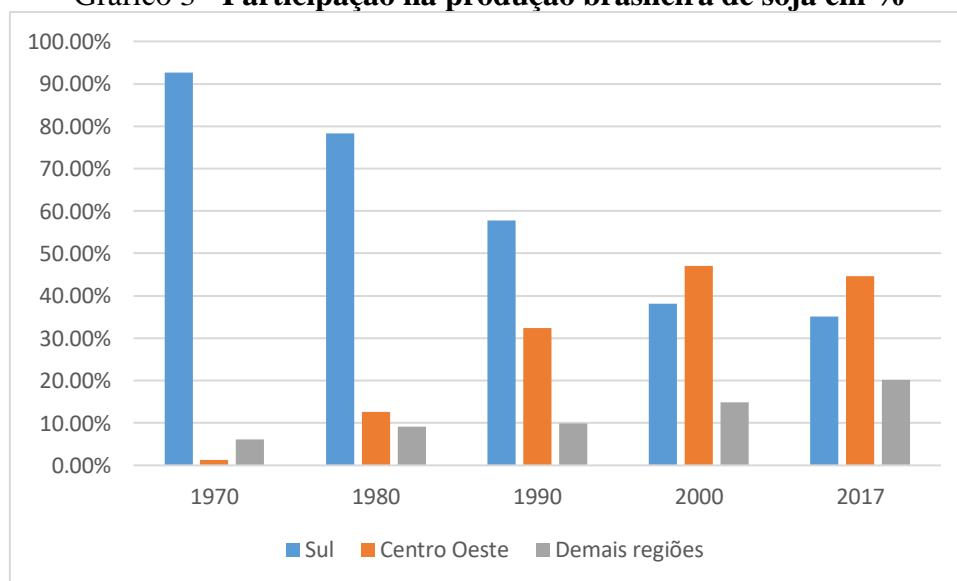
Pode-se ainda frisar o Sistema Nacional de Crédito Rural, criado em 1965 através do texto lei nº4829, concedendo empréstimos muitas vezes com taxa de juros negativa, e a possibilidade de diferenciação entre linhas de curto e longo prazo para custeio e investimento, respectivamente (FURSTENAU, 1987). Nesse sentido, cabe destacar que a partir dos anos 80, com a crise fiscal do Estado brasileiro, o abundante crédito rural que dinamizou o setor agrícola entre os anos 60 e 70 não estava mais disponível, principalmente no tocante ao nível da taxa de juros. No entanto, o que pode-se perceber de maneira concomitante à escassez de crédito subsidiado, é um intenso aumento tecnológico, resultado de um crescente nível de investimento em insumos como tratores, arados mecânicos, conservação do solo, evidenciando um dinamismo no

setor orientado pelo setor privado, com os agricultores mostrando maior capitalização nesse momento (CAMPOS et al, 2002).

Para BRUM et al (2005), a trajetória da soja se mistura com a própria história de modernização da agricultura brasileira. Seu sucesso fomentou discussões e ações antes inexistentes tais como: desenvolvimento em pesquisa, tecnologia, setor agroindustrial, cadeia produtiva e até em infraestrutura. Os inúmeros processos que se iniciaram a partir dela constituem um verdadeiro marco ao setor agrícola nacional. A revolução no modo produtivo, que posteriormente transbordou para outros cultivos, inclui a mecanização do plantio, investimento em estruturas de armazenagem, processamento, inclusive desbravando regiões antes praticamente selvagens como o Centro Oeste e extrapolando o volume financeiro e físico sem precedentes na agricultura brasileira. A cultura da soja foi responsável pela modernização na gestão administrativa de produtores, fornecedores de insumos e processadores de matéria prima, inserindo nestes agentes econômicos uma visão empresarial que propiciou maior autonomia ao setor agrícola nacional.

O Gráfico 3 pode ser visto como um resultado gerado pela combinação dos Gráficos 1 e 2, evidenciando a intensa mudança no eixo produtivo da oleaginosa durante os anos 80 e 90. O Centro-Oeste, que em 1980 ainda possuía uma pequena participação na produção nacional de soja em relação à região Sul, estabeleceu-se como principal produtor no ano 2000, após duas décadas onde a área cultivada crescia concomitantemente ao maior nível regional de produtividade.

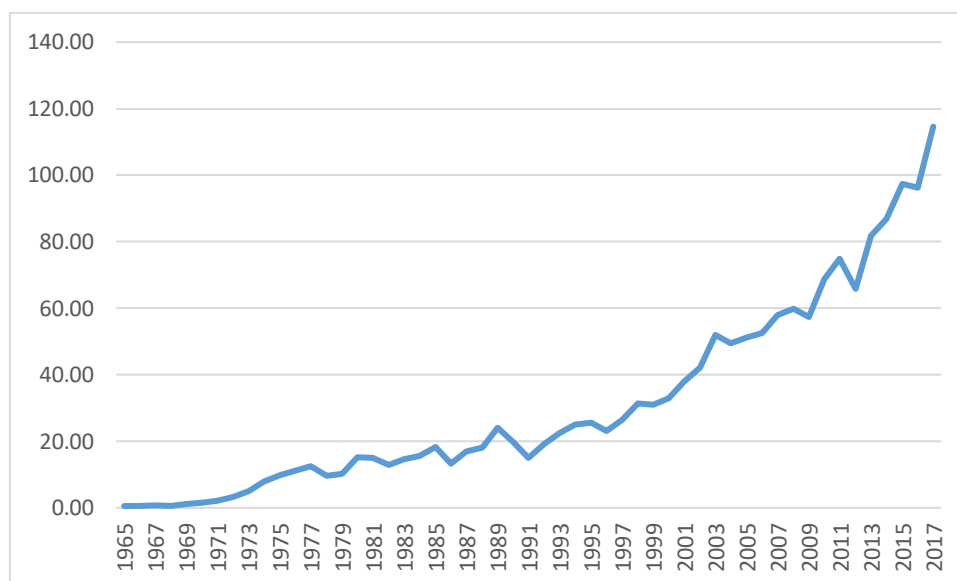
**Gráfico 3 - Participação na produção brasileira de soja em %**



Fonte: PESQUISA AGRÍCOLA MUNICIPAL - IBGE

Finalmente, os dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal (PAM), do IBGE, tornam ainda evidente uma trajetória de crescimento vertiginoso na produção de soja no Brasil a partir do final da década de 90. Conforme pode-se ver no Gráfico 4, a inclinação da série aumenta desde o final dos anos 90, sendo que a partir daquele momento a orientação se altera em caráter permanente, contrastando-se com o ritmo relativamente estável de crescimento das décadas anteriores.

**Gráfico 4 - Produção brasileira de soja em milhões de toneladas**



Fonte: PESQUISA AGRÍCOLA MUNICIPAL - IBGE

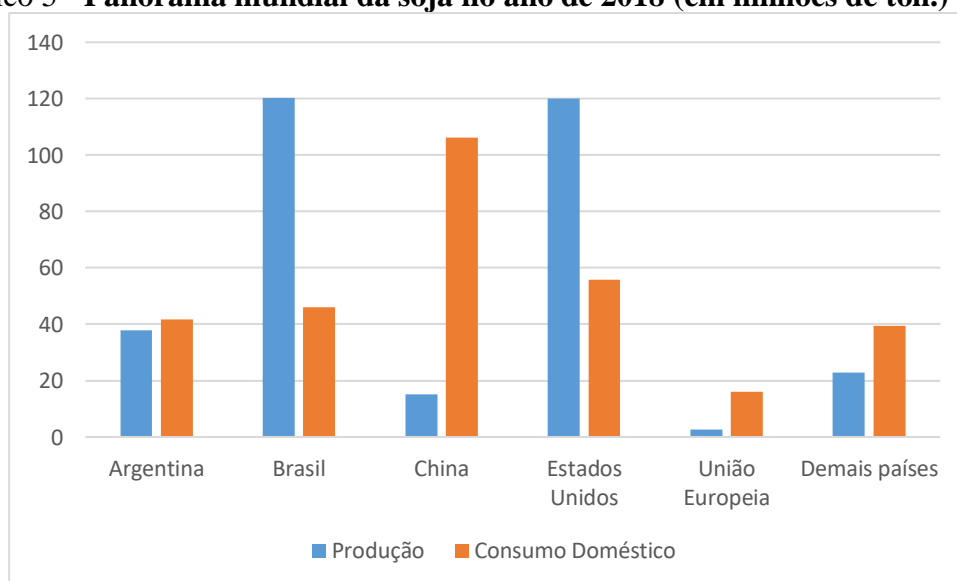
O crescimento econômico chinês (e seus desdobramentos) pode ser visto como o principal responsável pela mudança de patamar da escala produtiva de soja no Brasil (SANTOS et al., 2012). Segundo os dados do Departamento Nacional de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção chinesa de carne suína aumentou 136,93% entre 1990 e 2018, uma vez que em 1990 o referido país asiático produziu 22,808 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC) de carne suína, enquanto a produção de 2018 foi de 54,040 milhões de TEC. Comportamento similar pode ser verificado para a produção chinesa de carne de frango, sendo que os dados da USDA mostram que, em 1990, a produção de frango na China era de 2,427 milhões de toneladas, enquanto em 2018 a produção superava 11,7 milhões de toneladas, um aumento de aproximadamente 382,07%. Nesse sentido, Hirakuri e Lazzarotto (2014) ressaltam que o mercado de soja é influenciado e totalmente dependente do mercado de carnes, pois o seu principal produto derivado, o farelo proteico, é direcionado principalmente para a nutrição animal, sobretudo aves, suínos e bovinos. Sendo assim, Santos et al (2012) argumentam

que o aumento na renda e na urbanização da população chinesa, registrado nas últimas décadas, alterou o padrão de alimentação de sua população, com o aumento do consumo de carne e produtos agrícolas processados.

Indo ao encontro do que foi afirmado anteriormente, os dados do USDA indicam que no ano safra de 1995/1996 a China importou um montante de 795 mil toneladas de soja, o que constituía um recorde para o país até aquele momento. Apenas para efeito de comparação, no ano safra de 2017/2018, a China importou um volume superior a 94 milhões de toneladas de soja. Por sua vez, os dados do sistema Comex Stat indicam ainda que enquanto em 1997 o Brasil exportou pouco mais de 300 mil toneladas de soja para os chineses, em 2018 a quantidade embarcada da oleaginosa no Brasil com destino aos portos chineses chegou à 68,5 milhões de toneladas, superando o ano de 2017 que era o recorde até o atual momento e, representando cerca de 81,6% do volume total de soja exportado pelo Brasil.

Em relação ao panorama mundial no mercado da soja, observa-se a existência de concentração acentuada tanto da demanda quanto da oferta. Pelo lado da demanda, a China é sem dúvidas o principal ator. O país é o maior consumidor da oleaginosa, e sua produção é incipiente em relação a demanda interna. Como apenas 15% das terras do território chinês são aráveis, existe uma forte dependência da importação de grãos para alimentar seus rebanhos (SANTOS et al. 2012).

**Gráfico 5 - Panorama mundial da soja no ano de 2018 (em milhões de ton.)**



Fonte: USDA



Cabe ressaltar que, segundo o inventário do USDA, em 2018, o rebanho suíno chinês era o maior do planeta, sendo 188% maior do que o segundo maior rebanho, que pertence à União Europeia. Dessa forma, a China foi responsável por 61,30% do volume total da importação mundial de soja no ano-safra 2017/2018. Para efeito de comparação: o segundo maior importador no mesmo período foi a União Europeia, sendo o destino de aproximadamente 10,10% do volume total importado no mundo (PSD-USDA). Pelo lado da oferta também se observa um panorama de concentração, uma vez que os grandes produtores da oleaginosa no mundo são Brasil, Estados Unidos e Argentina sendo que juntos esses três países participaram com 75,33% da produção mundial no ano-safra 2017/2018. No entanto, a Argentina, além de possuir uma escala de produção inferior aos outros dois, se especializou no mercado de derivados, farelo e óleo, direcionando sua produção ao tecido industrial interno e não se configurando como um grande exportador da soja em grão. Assim sendo, Brasil e Estados Unidos são os grandes atores na oferta de soja *in natura* no mercado mundial, sendo que os dois países foram responsáveis por aproximadamente 87,58% do volume total exportado de soja no ano-safra 2017/2018.

## **1.2 Como a logística afeta a rentabilidade da soja mato-grossense**

A destacada alteração do eixo produtivo da soja rumo à região Centro Oeste tem como protagonista o estado do Mato Grosso. Conforme os dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE, o Mato Grosso é o principal produtor de soja do Brasil desde a safra do ano 2000, sendo aquele o primeiro ano em que a referida unidade da federação atingiu esse status que tradicionalmente pertencia aos estados do Paraná ou Rio Grande do Sul. Além do mais, pode-se destacar que o Mato Grosso é o principal produtor de milho desde a safra 2012.

O Mato Grosso é o terceiro maior estado em área do Brasil e o maior da região Centro Oeste. Possui a terceira menor densidade demográfica do país (3,7 hab./km<sup>2</sup>) e está situado no centro geodésico da América do Sul. Cuiabá, a capital, está localizada exatamente no meio do caminho entre os oceanos Atlântico e Pacífico, ou seja, em linha reta é o local mais central do continente (GUEDES, 2015).

Segundo Hijjar (2004), a expansão da fronteira agrícola brasileira rumo ao cerrado tornou evidente a limitação existente na infraestrutura para promover o escoamento da produção para os portos de maneira eficiente, onerando o custo logístico

de modo que a rentabilidade da atividade, nas regiões setentrionais, é prejudicada. Caixeta (2001) argumenta que a combinação entre a alteração da região produtora e uma infraestrutura deficiente resultou no ampliação do raio de atendimento dos portos da região econômica centro-sul com destaque para os complexos portuários de Santos (SP) e Paranaguá (PR). Ademais, a interiorização da produção implicou em considerável aumento na distância média a ser percorrida entre as zonas de produção e os portos de embarque.

Para compreender como a ausência de uma infraestrutura adequada afeta a rentabilidade da atividade sojícola no Mato Grosso é necessário entender a estrutura do seu mercado, os conceitos de logística e custo logístico, as especificidades do produto, bem como a interação entre esses fatores.

Atualmente a soja pode ser comercializada em quatro modelos de mercados: o mercado spot (físico), mercado a termo, mercado de futuros e mercado de opções (IMEA, 2015). O *mercado spot* é aquele onde a transação ocorre em período único no tempo, representando a maior parte das transações realizadas com os consumidores finais. Uma característica do mercado *spot* para produtos agrícolas é o alto grau de incerteza apresentado devido à natureza biológica da produção que confere grande variabilidade à oferta (por exemplo, condições climáticas adversas podem induzir uma quebra de safra), afetando diretamente o preço dos produtos, o que não é desejável para os agentes da cadeia agroindustrial que transacionam em altos volumes. O *mercado a termo*, por sua vez, é aquele em que as transações se consumam em dois ou mais instantes do tempo, sendo conhecido pela sua alta flexibilidade. Nesse tipo de contrato, compradores e vendedores estabelecem os termos especificando a mercadoria, a data de entrega, o local, meio de transporte, meio de pagamento, bem como a data do pagamento ou qualquer outro detalhe desejado. Nesse mercado ficou conhecido, no Brasil, o chamado contrato “soja verde”, referente à compra antecipada da soja pela agroindústria, cooperativa ou corretores (*tradings*). Por se tratar de pagamento antecipado, esse tipo de contrato foi muito importante para os produtores em períodos de crédito escasso para o custeio da produção. Além do mais, a fixação dos preços protege o produtor e o demandante das flutuações. No entanto, esse tipo de mercado é sujeito ao comportamento oportunista dos agentes envolvidos, dadas as mudanças no mercado entre o momento da compra e entrega do produto, como por exemplo, em um cenário onde nesse intervalo de tempo o preço da soja variou para cima, o produtor pode

vender a safra a um terceiro com preço superior e arcar com o ônus da perda da reputação (BATALHA, 2001).

O *mercado de futuros* oferece maior simplificação e padronização em relação ao mercado a termo, não permitindo a inclusão de particularidades, mesmo que seja desejo de ambas as partes (comprador e vendedor). A data da entrega, o local e o objeto são estabelecidos pela instituição responsável, no caso brasileiro a BM&F (Bovespa), de modo limitado pelos padrões institucionais. O custo de transacionar nesse mercado é inferior porque a padronização reduz problemas informacionais e elimina especificidades da relação contratual. Além disso, a inspeção do produto e o cumprimento do contrato são responsabilidades da instituição. É interessante notar que menos de 3% dos contratos resultam na entrega física do produto, sendo normal a reversão da posição financeira antes da data final (BATALHA, 2001). Por sua vez, o *mercado de opções* está interligado ao mercado futuro, sendo que nesse caso é garantido o direito do exercício de compra ou venda de um ativo (pode ser físico ou um contrato futuro) a um preço pré-estabelecido; cabe ressaltar que este assegura apenas o direito e não há obrigação de realizar qualquer uma das operações (IMEA, 2015).

Nota-se que além de fornecer informações sobre o preço de insumos à sociedade, o mercado de futuros tem como grande utilidade salvaguardar produtores e a agroindústria da variação de preços que pode surgir devido às características agrícolas. Isso é realizado por meio da operação chamada de *hedging*, que tem como objetivo fixar o preço de uma determinada mercadoria no tempo e, consiste na imunização através da compra ou venda de um contrato de futuros de valor semelhante a dado negócio, de modo que uma eventual perda devido a flutuações no preço no mercado físico seja compensado por um ganho no mercado de futuros devido a essas mesmas flutuações nos preços. O *hedging* é o mecanismo que liga o mercado *spot* ao mercado de futuros, eliminando parcialmente o risco atrelado à flutuação de preços no mercado *spot*, desde que haja perfeita correlação entre os preços projetados pelo mercado de futuros e o preço praticado no mercado *spot*. No entanto, essa correlação apesar de ser alta, não é perfeita, surgindo uma diferença que é chamada de *base*, sendo calculada como preço do mercado *spot* menos preço no mercado de futuros na data final do contrato (BATALHA, 2001).

Segundo Batalha (2001) um dos fatores determinantes para afirmação da *base* diz respeito à estrutura de transporte e logística, uma vez que regiões de difícil acesso

tendem a possuir bases mais fracas (negativas), sendo possível notar para o mercado da soja que à medida que se caminha para as regiões setentrionais a *base* decresce em média, assumindo valores cada vez mais negativos, enquanto as regiões portuárias possuem as bases mais positivas entre os municípios pesquisados. Isso sinaliza que, mesmo sendo um produto homogêneo, o preço da oleaginosa no mercado físico nas regiões centrais é sensivelmente inferior ao preço em regiões litorâneas, sugerindo o repasse do custo logístico para o elo produtor da cadeia. Indo ao encontro dessa afirmação, os dados da CONAB acerca do preço médio recebido pelos produtores em cada estado para 2018, evidenciam que os produtores recebem um preço inferior à medida que a produção se interioriza nos principais centros originadores.

Tabela 1 - Preço médio recebido pelos produtores de soja em 2018

<b>Estado</b>	<b>Preço médio (em R\$/Kg)</b>
Paraná	1,22
Rio Grande do Sul	1,22
Mato Grosso do Sul	1,19
Goiás	1,14
Mato Grosso	1,12

Fonte: CONAB

A Bolsa de Mercadorias de Chicago (CBOT) “dita” atualmente o padrão global de preços para a soja, uma vez que a existência de uma alta concentração de vendedores e compradores dos principais países faz com que os preços mundiais sejam balizados pela cotação praticada em Chicago (IMEA, 2015). Dessa forma, o preço da oleaginosa no Brasil equivale ao preço no mercado internacional descontando despesas de fretes e taxas necessários para mover o produto ao exterior. Dado esse panorama, fica evidente que a competitividade e a rentabilidade da atividade agrícola nas regiões setentrionais de fronteira agrícola, dependem da manutenção de custos baixos, uma vez que os preços de venda seguem um padrão estabelecido globalmente, impossibilitando o repasse de custos logísticos mais elevados. Assim sendo, otimizar a atividade logística surge como fator de fundamental importância (HIJJAR, 2004).

Segundo Faria (2005), a logística é composta pelas atividades relacionadas à obtenção, movimentação e estocagem de materiais e produtos, abrangendo todo o fluxo físico desses bens e de suas informações, desde os fornecedores, processo produtivo, até

os consumidores finais, determinando que todos os subprocessos de transporte e armazenagem, bem como suas atividades de recebimento/expedição de materiais e produtos, embalamento, estocagem, separação de pedidos e materiais, transporte, etc sejam planejados e controlados como um sistema interligado entre o mercado fornecedor e o mercado consumidor.

Para Christopher (1997), a logística é o processo de gerenciar, estrategicamente, a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e o fluxo de informações correlatas) de forma a maximizar a lucratividade, presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo. Buscando uma definição direcionada à atividade agrícola, Caixeta (2006) afirma que a logística refere-se ao planejamento e operação dos sistemas físicos, informacionais e gerenciais necessários para que insumos e produtos se movimentem de forma integrada no espaço - através do transporte - e no tempo - através do armazenamento, de modo que as dimensões espaciais e temporais devam atender exigências mercadológicas ao menor custo possível.

Conforme Faria (2005), o custo logístico total pode ser apurado a partir do somatório entre os elementos de custos logísticos individuais: custos de armazenagem e movimentação dos materiais, custos de transporte (incluindo todos os modais ou operações intermodais), custos de embalagem (utilizadas no sistema logístico), custos de manutenção de inventários (matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados), custo de tecnologia de informação, custo decorrente de lotes, custo tributários (não recuperáveis), custos decorrentes do nível de serviço e custo de administração logística.

No entanto, Kussano et al (2012) argumentam que não existe metodologia universal para contabilização do custo logístico total dos variados ramos de atividade em um ambiente econômico cada vez mais complexo. Dessa forma, seria necessário conhecer as especificidades do produto em questão, para definir quais variáveis de custos capturam com maior acurácia o custo logístico total incorrido por aquela atividade.

Nessa direção, Batalha (2001) defende que o entendimento da natureza do produto, é essencial para um planejamento apropriado de uma estratégia de suprimentos e distribuição. Se o produto é um bem físico, ele terá atributos físicos tais como peso, volume, forma, valor, perecibilidade, inflamabilidade e substituíbilidade; de modo que a

combinação destes fatores em uma determinada mercadoria influencia a adequabilidade dos sistemas de transporte, estocagem, manuseio e processamento do pedido.

Dentre as atividades logísticas, aquela que consome maior parte dos recursos é o transporte. Além do mais, essa operação possui os custos mais visíveis, uma vez que geralmente é terceirizada pelas firmas. No caso dos custos associados a outras operações logísticas como armazenagem e gestão de estoques muitas vezes estão inseridos custos menos visíveis ou que não representam desembolsos diretamente, como custos de oportunidade e depreciação (FLEURY, 2005). Mundialmente, a participação do custo de transporte no custo final de um produto situa-se entre 10% a 15%, dependendo da mercadoria e da época do ano. Para o caso da soja norte americana, a participação do custo de transporte em seu valor *free on board* chega aos 15%, enquanto para a soja brasileira chega a ordem dos 30% (CAIXETA, 1996).

A operação de transporte deve ser condizente com as características da carga que será transportada. Segundo Wanke (2001), a escolha de um modal de transporte adequado é uma categoria estratégica para integrar os processos de produção e logística com finalidade de minimizar o custo total para determinado nível de serviço. As características que devem ser observadas na escolha do modal de transporte são a densidade de custos adicionados e a amplitude de vendas. A *densidade de custos adicionados* representa a razão entre o custo do produto vendido e o seu volume ou peso, e a *amplitude de vendas* corresponde a razão entre o nível máximo e o nível mínimo de vendas. As implicações de uma baixa densidade de custos adicionados estão relacionadas à escolha de modais de transporte cujo custo unitário seja compatível, no máximo igual, à densidade de custos. Neste caso, modais de transporte mais lentos e baratos como o ferroviário e o marítimo possuem maior capacidade de carregamento, permitindo gerar escala para reduzir os custos unitários. As implicações de uma alta amplitude de vendas estão relacionadas a um modal de transporte que forneça flexibilidade suficiente para acompanhar as variações na demanda, minimizando as chances de decisões equivocadas como mandar quantidades erradas, do produto errado para o local errado. Neste caso, modais de transporte mais rápidos e caros como o aéreo e o rodoviário possuem menor capacidade de carregamento, permitindo a consolidação em menor tempo e gerando a flexibilidade necessária para acompanhar variações na demanda.

Para Fleury (2005), a categorização dos produtos por volume e valor agregado, possui substancial importância quando se considera a adequação da infraestrutura logística às necessidades de um setor. Produtos de baixo valor agregado, transacionados em grandes volumes, (em geral produtos básicos a granel), requerem sistemas logísticos de grande capacidade e baixo custo unitário, mesmo que para isto seja necessário sacrificar certas dimensões de serviço, tais como, frequência e prazos de entrega. Por sua vez, produtos de alto valor agregado e baixo volume, (tipicamente produtos industrializados e em *containers*), demandam sistemas logísticos que possam oferecer altos níveis de serviço, em termos de frequência e prazos, mesmo que para isto seja necessário sacrificar os custos logísticos.

Nesse estágio, fica evidente a importância de compreender as principais características físicas da soja, bem como sua cadeia produtiva. Quanto à sua cadeia produtiva, aproximadamente 90% da soja produzida tem o tecido industrial, nacional ou internacional como seu destino, sendo seu uso *in natura* relativamente pouco difundido tanto para consumo humano ou animal, especialmente no ocidente. O processo de esmagamento do grão irá gerar farelo e óleo de soja em uma proporção próxima à respectivamente 80% e 20%, desconsiderando-se as perdas. O farelo de soja, rico em proteínas, em conjunto com o milho, é matéria prima primordial para a fabricação de rações animais, estabelecendo-se uma relação estreita entre o mercado da oleaginosa e a atividade pecuária. Por sua vez, o óleo de soja possui uso versátil, sendo matéria prima em diversos segmentos da indústria na fabricação de uma ampla gama de produtos como margarina, biscoitos, sorvetes, achocolatado, pães, maionese, macarrão, tintas, vernizes, cosméticos, detergentes, xampus, sabonetes, indústria farmacêutica, entre outros (HIRAKURI et al., 2014).

No entanto, a recente utilização industrial mais destacada do óleo de soja, é como matéria prima na produção de biodiesel. Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), a oleaginosa foi a matéria prima de 77% do biodiesel produzido no Brasil em 2016. Cabe destacar que após o governo federal lançar o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel<sup>1</sup> (PNPB), em 2004, os dados do USDA indicam que o consumo industrial do óleo de soja no Brasil saltou de 170 mil toneladas/ano em 2005, que correspondia a 6% do consumo total do produto,

---

<sup>1</sup> Ver <http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-biodiesel/o-que-%C3%A9-o-programa-nacional-de-produ%C3%A7%C3%A3o-e-uso-do-biodiesel-pnpb>

para 3,245 milhões de toneladas/ano em 2018, que corresponde a 46,75% do consumo total. Finalmente, deve-se citar a sua tradicional utilização doméstica amplamente difundida, sobretudo na preparação de frituras. Desta forma, o óleo de soja é o segundo mais consumido no mundo perdendo apenas para o óleo de palma que possui menor custo de produção (FERREIRA, ???).

Em relação às características físicas, a soja é uma lavoura temporária, isto é, caracterizada por um plantio de curta duração (inferior a um ano) e que necessita de novo plantio após a colheita, podendo impactar a cadeia de suprimentos (IBGE).<sup>2</sup> Segundo Batalha (2001), os produtos agroindustriais são essencialmente bens de primeira necessidade e de baixo valor unitário, isso significa que sua elasticidade preço da demanda é relativamente baixa, ou seja, a variação no preço não afeta intensamente a quantidade consumida, traduzindo-se em uma baixa amplitude, dado conceito proposto por Wanke (2001). A cadeia produtiva da soja descrita no parágrafo anterior e seus derivados torna evidente que a soja é parte integrante dessa cadeia agroindustrial, pronunciada por Batalha (2001). Como a maioria das mercadorias agrícolas, a oleaginosa é definida como um produto de baixo valor agregado. Além do mais, a soja é transacionada em elevados volumes. Segundo dados do sistema *Comex Stat*, a oleaginosa atualmente é o segundo produto em maior massa exportado pelo Brasil atrás apenas do minério de ferro. Na Tabela 2 são apresentados alguns produtos que estão entre os 15 com maior valor na pauta de exportações do Brasil em 2018.

Tabela 2 - Características de produtos exportados selecionados

<b>Mercadoria</b>	<b>Milhões de ton.</b>	<b>Valor FOB (US\$)</b>	<b>US\$/Ton</b>
Soja mesmo triturada	83,60	33.190.826.486	396,9947
Milho	23,56	4.109.859.063	174,3964
Minério de Ferro	389,80	20.215.662.390	51,86067
Carnes e miudezas das aves	3,88	6.008.517.640	1.545,234
Automóveis de passageiros	0,55	5.141.233.607	9.327,367

Fonte: Comex Vis/MDIC

Pode-se observar que os grãos agrícolas (soja e milho) são produtos de baixo valor agregado. Além do mais, o minério de ferro é um produto de valor agregado ainda inferior. Isso implica que esses produtos possuem uma baixa densidade de custos

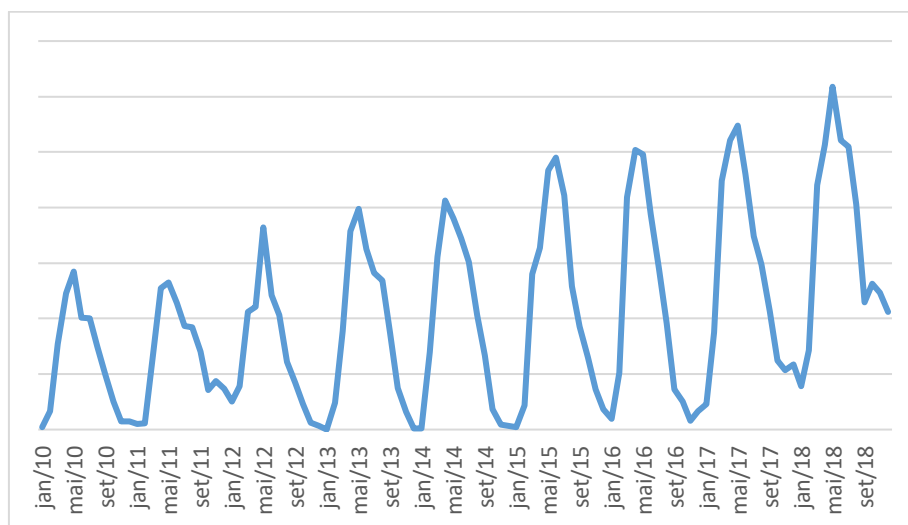
<sup>2</sup> Ver <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/conceitos.shtm>



adicionados, novamente, conforme conceito proposto por Wanke (2001), possuindo um alto custo de transporte em relação ao preço de venda (BATALHA, 2001). Entretanto, pode-se ressaltar que, ao contrário dos grãos agrícolas listados, o sistema de transporte do minério de ferro é formado por uma rede integrada de ferrovias e terminais portuários administrados pela empresa Vale, que torna o sistema logístico mais adequado às características da carga (FLEURY, 2005).

Outro atributo da soja, típico dos itens agrícolas, é a sazonalidade. Na região Centro-Oeste a semeadura tem início em meados de setembro e a safra ocorre no primeiro semestre, sendo o seu pico entre a segunda quinzena de março e a segunda quinzena de abril. Na região sul, o calendário muda ligeiramente, aproximando-se do calendário argentino, assim a semeadura ocorre preferencialmente em outubro, com intensificação a partir de novembro, sendo a safra em maio. Por sua vez, os Estados Unidos, possui sua safra no segundo semestre e plantio no primeiro semestre (IMEA, 2015). Essa característica combinada com alguns fatores como a limitação da capacidade de armazenagem nas propriedades rurais, o custo da armazenagem, além do custo financeiro de imobilizar capital em estoques (custo de oportunidade) acaba induzindo o surgimento de uma característica própria de sazonalidade na atividade de distribuição da oleaginosa, conforme pode ser visto no Gráfico 6. Induzindo os produtores ao escoamento para os portos logo após a colheita, impactando ainda mais as limitações de capacidade de um sistema de transportes que muitas vezes não possui capacidade para realizar tal tarefa em condições adequadas (BATALHA, 2001).

**Gráfico 6 – Exportação mensal de soja no Brasil**

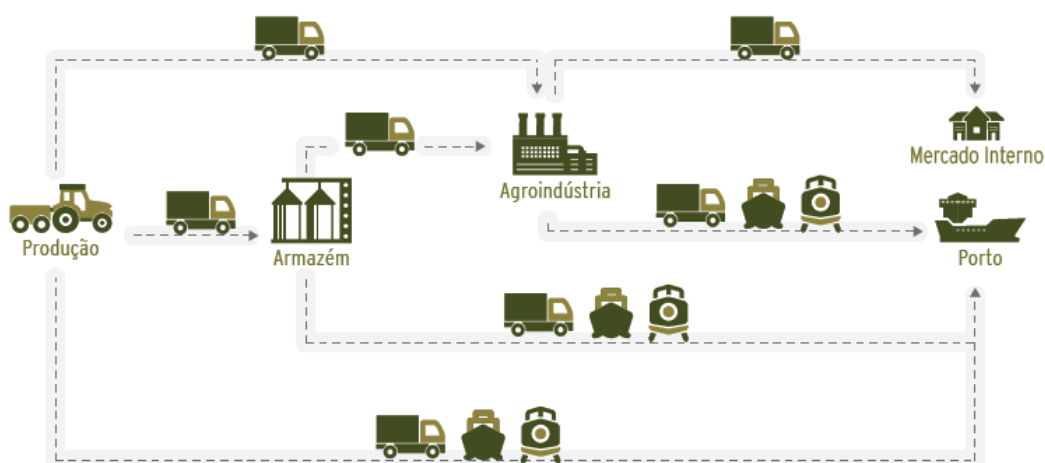


**Fonte:** Comex Vis/MDIC

Os dados do sistema Comex indicam que entre 2006 e 2018 aproximadamente 83,44% do embarque de soja nos portos brasileiros ocorreu no período entre março e agosto de cada ano. Segundo a (CNT, 2015), o escoamento da produção de grãos no Brasil ocorre em duas etapas, na primeira, após a colheita, diretamente da lavoura a produção é movimentada por caminhões para o armazém da propriedade rural ou para armazéns públicos, de cooperativas ou tradings. Sendo um transporte de custo geralmente elevado devido à ausência de pavimentação na maior parte das estradas rurais. A segunda etapa consiste no transporte dos armazéns para a indústria processadora de onde os derivados serão direcionados ao mercado interno, por rodovias, ou para o mercado externo, por rodovias, ferrovias ou hidrovias. Outra possibilidade consiste na exportação da carga *in natura*, isto é, do armazém diretamente para os portos sem passar pela indústria processadora. Esse deslocamento é caracterizado pelas longas distâncias percorridas devido à concentração da produção em áreas distantes dos portos, como na região Centro-Oeste. Por exemplo, considerando-se o modal rodoviário, a distância entre Sorriso (MT) e Santos é de aproximadamente 2000 km.

Muitas vezes, por falta de estrutura de armazenagem na propriedade rural ou por opção do produtor (devido às condições do mercado), a safra colhida pode seguir diretamente, sem passar por qualquer armazém, para o porto de exportação ou para a indústria de processamento que geralmente faz a manutenção de seu estoque nas proximidades de suas instalações. (CNT, 2015)

Figura 1 - Fluxo escoamento da soja



Extraído de: Confederação Nacional dos Transportes – CNT (2015)

A Figura 1 foi elaborada pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT) e apresenta o fluxo de distribuição da soja originada nos centros produtores até um demandante (indústria processadora ou portos). Pode-se notar que a movimentação para consumo interno (indústria processadora) da oleaginosa é feita integralmente pelo modal rodoviário, sendo que as operações intermodais ou multimodais são observadas somente no caso da distribuição da soja para os portos de escoamento utilizados na exportação da oleaginosa. Indo ao encontro desse panorama, o anuário estatístico dos transportes, confeccionado pelo Ministério da Infraestrutura, endossa esse comportamento, atribuindo a movimentação para consumo interno integralmente ao modal rodoviário.

Dadas todas as características, fica evidente que o transporte de grãos agrícolas (sobretudo a soja e o milho) do Mato Grosso para os portos é realizado de maneira mais eficiente através da escolha de um modal com maior capacidade, propiciando ganho de escala e menor custo unitário nessa operação que envolve longas distâncias a serem vencidas. Nesse caso, os modais hidroviário e ferroviário são os mais indicados. No entanto, cabe ressaltar que esses dois modais não oferecem transporte entre o ponto de origem e destino, fazendo-se necessário a complementação através do modal rodoviário, que possui a flexibilidade de rotas como característica marcante. Em uma situação ideal, o papel do modal rodoviário se restringiria a atuar nas pontas, levando os grãos das fazendas ou armazéns para o terminal de transbordo do modal hidroviário ou ferroviário (HIJJAR, 2004). Essa operação, integrando mais de um modal de transporte para movimentar uma mesma unidade de carga, é conhecida como intermodalidade ou multimodalidade (BATALHA, 2001).

No entanto, o estoque de infraestrutura de transporte existente no Mato Grosso e regiões adjacentes é bastante limitado, com opções escassas de rotas intermodais, resultando em uma intensa utilização do modal rodoviário que pelas suas características como custo operacional mais elevado e menor capacidade, não se mostra adequado para movimentar a oleaginosa em longas distâncias. Nesse sentido, a única opção relevante de transbordo intermodal para o escoamento dos grãos mato-grossenses em seu próprio território é a malha ferroviária concedida à Rumo, com terminais em Rondonópolis e Alto Araguaia (MTPA, 2017). Esse cenário torna-se mais complexo ao se considerar as dimensões territoriais do Mato Grosso, com uma área superior a 900.000 km<sup>2</sup>, correspondendo à soma das áreas das regiões sul e sudeste (exceto Minas Gerais) ou

ainda a soma das áreas de França e Alemanha. Além do mais, pode-se destacar alternativas de rotas intermodais para o escoamento da produção do Mato Grosso com transbordo no Pará, Rondônia e Goiás, sendo o primeiro detentor de uma área ainda superior a do Mato Grosso, o segundo com uma área aproximadamente igual àquela do estado de São Paulo e o terceiro com uma área correspondente a soma de São Paulo e Santa Catarina, resultando assim em trajetos rodoviários com extensão superiores a 1000 km para alcançar esses terminais de transbordo (MTPA, 2017).

O panorama se agrava ao se levar em conta o mau estado de conservação e a baixa densidade de rodovias no Mato Grosso e nos referidos estados vizinhos. Quanto à conservação, na edição 2018 da pesquisa CNT das rodovias, apenas 7,73% das estradas mato-grossenses foram consideradas em ótimo estado, sendo esse índice ainda inferior em Rondônia e no Pará.

A Tabela 3 apresenta os resultados da última edição da pesquisa CNT das rodovias para a o estado geral de conservação das rodovias do Mato Grosso e dos estados com terminais de transbordo intermodais relevantes. Cabe ressaltar que nessa pesquisa a avaliação consiste em três grupos principais: pavimento; sinalização; geometria da via; sendo cada grupo avaliado por uma série de componentes (CNT, 2018).

Tabela 3 - Pesquisa CNT das rodovias 2018 em (%)

<b>Estado Geral</b>	<b>Mato Grosso</b>	<b>Pará</b>	<b>Rondônia</b>	<b>Goiás</b>	<b>Brasil</b>
Ótimo	7,73	1,82	4,67	8,15	11,58
Bom	32,81	21,65	31,56	24,45	31,42
Regular	45,14	36,69	52,36	38,12	35,21
Ruim	8,44	29,93	9,76	25,22	15,27
Péssimo	5,88	9,92	1,64	4,06	6,51
Total	100	100	100	100	100

**Fonte: Pesquisa CNT das rodovias 2018**

Conforme a Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística (NTC), o estado de conservação das rodovias tem impacto direto sobre o custo operacional dos veículos. Assumindo como base um cavalo mecânico 4x2 tracionando carreta de três eixos e comparando com uma rodovia em ótimo estado de conservação, temos que o custo operacional por quilometro de trafegar em uma rodovia em péssimo estado de conservação é 91% maior. Em uma rodovia em ruim estado esse custo é 66% maior,

enquanto numa rodovia em estado regular de conservação chega aos 41%, finalmente para uma rodovia em bom estado obtêm-se um custo 19,4% maior em relação a uma rodovia ótima (NTC, 2015).

Quanto à disponibilidade de infraestrutura rodoviária, o Mato Grosso possui uma baixa densidade de rodovias em seu território, principalmente quando consideramos apenas as rodovias pavimentadas. De acordo com os dados da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística do Mato Grosso (SINFRA-MT), em 2018, a malha rodoviária sob jurisdição do Estado do Mato Grosso possuía uma extensão aproximada de 29.415,9 km, sendo que 23,75% (ou 6.987 km) encontram-se pavimentados. Por sua vez, a rede sob jurisdição da União nesse Estado foi estimada em 5.379,4 km, sendo que 78,95% (ou 4.261 km) dessa extensão estão pavimentados. O custo estimado de trafegar numa estrada de terra é aproximadamente 56% maior em relação a uma rodovia pavimentada (NTC, 2015). Em relação ao sistema rodoviário municipal (SRM), a portaria nº 068/2016/GS/SINFRA publicada no Diário Oficial do Estado de Mato Grosso, busca orientar e capacitar os municípios na elaboração do SRM, no entanto, até o momento esse documento não foi confeccionado (SINFRA, 2018). Cabe ressaltar que na última edição do Plano Nacional de Viação elaborado pelo DNIT em 2010, a malha municipal foi integralmente classificada como não pavimentada. A partir de 2011, o PNV foi revogado pela lei nº 12.379/2011, a qual, instituiu o SNV que apresenta somente dados referentes às rodovias federais e trechos estaduais coincidentes. Sintetizando os dados apresentados para as rodovias estaduais e federais, a malha rodoviária do Mato Grosso possui extensão de 34.795,3 km, sendo que 11.248 km (ou 32,32%) está pavimentado, perfazendo uma densidade, em quilometro de infraestrutura por mil quilômetros quadrados de área, de aproximadamente 12,45 km/mil km<sup>2</sup> considerando apenas rodovias pavimentadas. Para efeito de comparação, nos Estados Unidos essa densidade é estimada em 437,8 km/mil km<sup>2</sup>, e no Brasil 25,1 km/mil km<sup>2</sup> (CNT, 2018).

A ineficiência logística brasileira pode ser evidenciada, ao comparar-se o custo de transporte da soja no Brasil e nos Estados Unidos, o principal concorrente. Conforme (Salin, 2018), o custo total do envio de uma tonelada métrica de soja de Sorriso (MT) até Shangai na China, pelo porto de Santos, que atualmente é a principal rota de escoamento para os grãos do Mato Grosso, foi de US\$ 122,08 no ano de 2018. Para efeito de comparação, no mesmo período, o custo total do envio de uma tonelada métrica de Minneapolis em Minnesota até o porto de Shangai, pelo porto de New

Orleans na Louisiana, que atualmente representa a principal rota de escoamento para os grãos dos Estados Unidos, foi de US\$ 98,12. Cabe ressaltar que a distância entre Sorriso e Santos é similar àquela verificada entre Minneapolis e New Orleans. Essa ineficiência na atividade de distribuição da mercadoria prejudica a competitividade da soja brasileira no mercado mundial e afeta a rentabilidade dos produtores nacionais.

Os dados do *National Agricultural Statistics Service* (NASS) mostram que o preço recebido pelos produtores da oleaginosa de Minnesota no ano de 2018 foi US\$ 330,05 por tonelada, enquanto, a Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB) indica que o preço recebido pelos produtores de Sorriso (MT) no mesmo período foi US\$ 302,12 por tonelada. Destaca-se que os produtores brasileiros e americanos utilizam os mesmos métodos tecnológicos de produção avançados, de forma que o produto deve ser considerado homogêneo. Portanto, a competitividade do Brasil no mercado mundial depende crucialmente da adequação de sua infraestrutura de transporte, e da manutenção de baixos custos de produção (Salin, 2018).

Tabela 4 - Comparação rentabilidade Mato Grosso e Illinois (em US\$/Ton)

<b>Componente</b>	<b>Mato Grosso</b>	<b>Illinois</b>	<b>Diferença</b>
Custo de produção	235,26	270,35	-35,09
Transporte até o porto	91,76	30,43	61,33
Frete marítimo para Shanghai	30,31	44,42	-14,11
Custo da soja em Shanghai	357,33	345,20	12,13
Preço recebido pela tonelada	305,53	344,96	-39,43
Lucro econômico por tonelada	70,27	74,61	-4,34

Fonte: CONAB; ERS; NASS; USDA

Concluindo, a Tabela 4 busca sintetizar o panorama descrito ao longo deste capítulo através de uma medida de lucratividade. O custo de produção no Mato Grosso foi obtido a partir da base de dados da CONAB e representa a média dos custos de produção dos municípios de Sorriso, Campo Novo do Parecis e Primavera do Leste (os três pesquisados pela CONAB no Mato Grosso). Em relação ao custo de produção nos Estados Unidos, os dados são oriundos do Serviço de Pesquisa Econômica (ERS) do USDA. A referida agência mede o custo de produção por acre em cada região norte-americana, assim o rendimento por acre em Illinois foi utilizado, de maneira a mensurar o custo de produção por tonelada. Os dados referentes ao custo de transporte são

provenientes do USDA e representam o custo de movimentação de soja no principal corredor logístico para cada região considerada. Dessa forma, para o Mato Grosso é considerado o custo pelo modal rodoviário entre Sorriso e o porto de Santos, enquanto para Illinois, o custo apresentado refere-se ao transporte rodo-hidroviário através do sistema do Mississippi, considerando o transbordo no terminal hidroviário de Havana (IL).

Finalmente, os dados referentes ao preço recebido pela tonelada de soja foram obtidos através da CONAB, para o Mato Grosso e do NASS para Illinois. Conforme pode ser visto na tabela 4, o custo de produção é inferior no Mato Grosso em relação a Illinois. Entretanto a ineficiência na etapa de distribuição da mercadoria, especificamente no transporte interno (entre a região produtora e os portos), onera a soja mato-grossense de tal maneira que mesmo com a vantagem geográfica que o porto de Santos possui em relação ao porto de Nova Orleans, traduzindo em menor frete marítimo para a China, o custo da soja mato-grossense no porto de Shangai é superior em relação ao custo da soja de Illinois.

## **2 O COMPLEXO PANORAMA LOGÍSTICO PARA OS GRÃOS MATO-GROSSENSES E OS CORREDORES DE TRANSPORTE.**

### **2.1 Os corredores de transporte da soja mato-grossense**

Conhecer as principais rotas de escoamento da safra de soja e a infraestrutura existente nesses trajetos permite mensurar com maior precisão a ineficiência existente na atividade de distribuição dos grãos mato-grossenses de modo a focalizar as vias efetivamente utilizadas, servindo como subsídio para a discussão acerca da efetividade das intervenções propostas pelo poder público nas últimas décadas para mitigar o problema logístico. Essas informações servem como insumo para a busca do impacto potencial que um projeto específico pode exercer sobre a logística de determinada região.

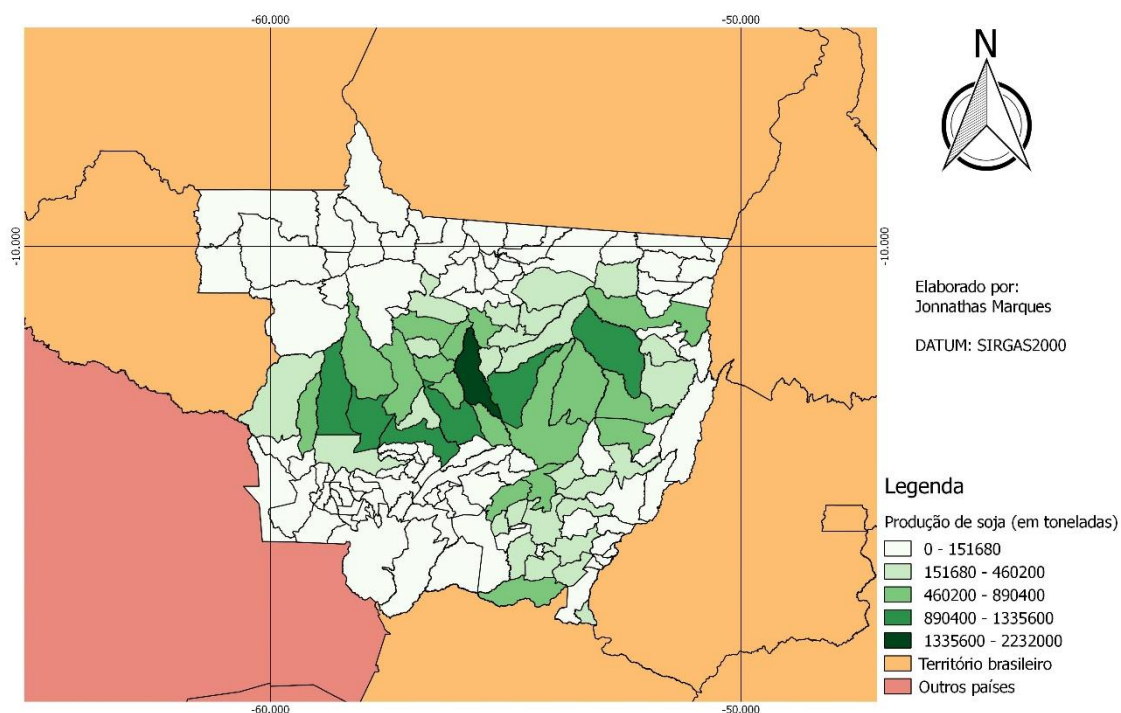
A identificação dos roteiros efetivamente percorridos durante a operação de escoamento da safra, sobretudo no ramificado modal rodoviário, não é uma tarefa simples, representando um ponto frágil da pesquisa agrícola nacional (CASTRO et al, 2017). Nesse sentido, diversos estudos surgiram nas últimas décadas buscando preencher essa lacuna. Pode-se destacar a contribuição da GEIPOT (2001) que buscou identificar as rotas efetivamente utilizadas no escoamento da safra do ano de 1999 por meio de pesquisas de campo. Por sua vez, a equipe técnica da EMBRAPA (CASTRO et al., 2017) perseguiu esse mesmo objetivo utilizando uma metodologia distinta daquela apresentada pela GEIPOT (2001). O método empregado consistiu na análise de dados consolidados como, por exemplo, a matriz origem/destino elaborada pela EPL (2016) para as principais cargas nacionais e dados acerca do comércio internacional disponibilizados pela Secretaria de Comercio Exterior (SECEX), vinculada ao superministério da Economia. A partir das informações extraídas dos referidos dados foi mensurado o potencial de produção e atração de cada localidade, assim como a distribuição da carga entre eles. Ainda foram levantados dados oficiais relacionados a infraestrutura (rodoviária, ferroviária e hidroviária) disponível e seu estado de conservação. A partir do cruzamento dessas bases de dados foi possível descrever todas as rotas e trajetos possíveis para o deslocamento das cargas agrícolas brasileiras, saindo de seus centros de produção até os locais de processamento, comercialização ou exportação, encontrando aquelas vias efetivamente utilizadas. Finalmente, o MTPA (2017) também utilizou os dados oficiais referentes a infraestrutura existente e os montantes exportados por UF disponibilizados pela SECEX para traçar o fluxo externo.



No entanto, para a identificação dos caminhos utilizados no fluxo interno, foram considerados a localização das indústrias processadoras e os armazéns públicos da CONAB. Além do mais, cabe ressaltar a realização de workshops com as partes interessadas do setor e consulta à bibliografia existente referente ao assunto como forma de consolidar os trajetos representativos encontrados.

Dada a existência de diversas possibilidades de percursos no tocante a infraestrutura rodoviária, no presente estudo, os trajetos adotados como representativos são aqueles bem-conceituados pela literatura existente sobre a investigação das principais rotas comerciais utilizadas para o comércio dos produtos agrícolas abordados, conforme parágrafo anterior. O foco inicial consiste na apresentação do panorama da atual movimentação física dos grãos produzidos no Mato Grosso, como prelúdio a posterior apresentação minuciosa dos corredores de transporte e comércio que exercem influência sobre a referida unidade da federação.

Figura 2 - Produção de soja por município mato-grossense em 2018



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Como pode-se ver na Figura 2, a produção de soja está presente em distintas regiões do Mato Grosso, com destaque para a região intermediária de Sinop, onde estão situados os principais municípios produtores como Sorriso e Nova Mutum, parte em

verde escuro na Figura 2. Esses grãos, como anteriormente dito, possuem três opções como destino: os portos para embarque rumo ao mercado externo, o consumo interno (representado sobretudo pelas indústrias de processamento estaduais) e o consumo interestadual (representado pelas indústrias de processamento de outros estados), sendo estabelecido o seguinte quadro oferta/demanda para a oleaginosa nas últimas safras.

Tabela 5 - Quadro de Oferta e Demanda da soja no Mato Grosso (milhões de toneladas)

<b>Componente</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Oferta</b>	<b>23,745</b>	<b>26,722</b>	<b>28,019</b>	<b>26,886</b>	<b>30,884</b>
Estoque inicial	0,329	0,227	0,169	0,609	0,405
Produção	23,416	26,495	27,850	26,277	30,479
<b>Demanda</b>	<b>23,518</b>	<b>26,553</b>	<b>27,41</b>	<b>26,481</b>	<b>30,205</b>
Consumo MT	7,37	8,08	9,204	8,221	9,369
Consumo Interestadual	3,853	4,262	3,692	3,038	2,819
Exportação	12,295	14,211	14,514	15,222	18,017
<b>Estoque Final</b>	<b>0,227</b>	<b>0,169</b>	<b>0,609</b>	<b>0,405</b>	<b>0,679</b>

Fonte: IBGE, SECEX, IMEA

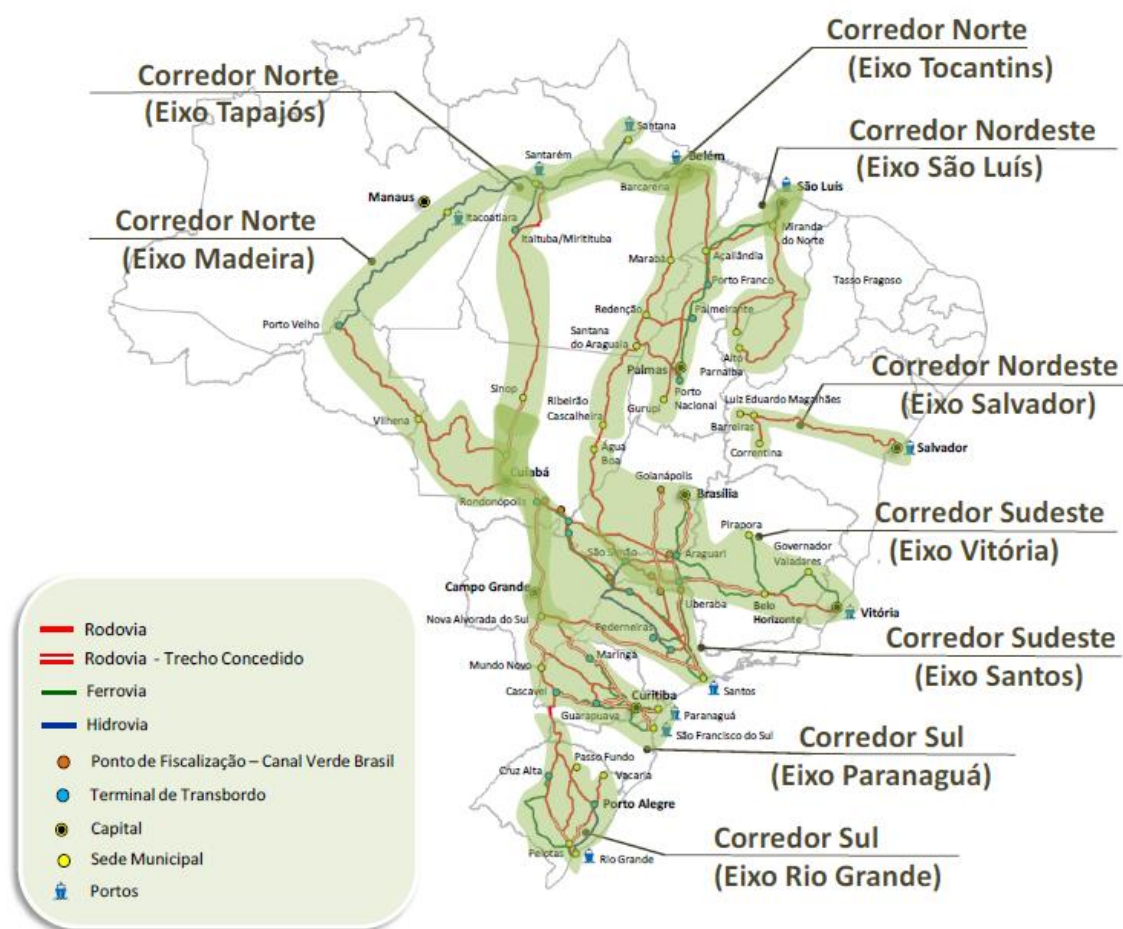
Os dados sobre o volume exportado foram obtidos junto à Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). Os dados acerca da produção e dos estoques foram extraídos do IBGE por meio da Pesquisa Agrícola Municipal e da Pesquisa de Estoques, respectivamente. Por sua vez, os dados sobre o consumo estadual do Mato Grosso são de propriedade do Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA). Os dados sobre consumo interestadual foram obtidos através dos outros componentes.

A Tabela 5 deixa evidente que o destino majoritário da soja mato-grossense é o mercado externo, destaca-se também uma fatia considerável (aproximadamente 31%) que é consumida dentro do próprio estado pela agroindústria na fabricação dos derivados. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) a capacidade instalada de processamento no parque industrial do Mato Grosso é a maior e mais ativa do Brasil, indicando um comportamento no setor, com a agroindústria se aproximando geograficamente do insumo com finalidade de evitar a evidenciada ineficiência logística existente, uma vez que no mercado interno os produtores podem conseguir repassar os custos em maior grau, além dos custos tributários (CNT, 2015).

Um corredor de comércio e transporte é um conjunto coordenado de infraestrutura e serviços de transporte e logística que facilita o comércio e os fluxos de transporte entre os principais centros de atividade econômica. Um corredor formal de comércio e transporte é tipicamente coordenado por um órgão nacional ou regional, constituído pelos setores público ou privado ou uma combinação dos dois. Ademais, esses corredores possuem três dimensões interligadas: infraestrutura, serviços e instituições; sendo que a partir de seu funcionamento em conjunto definem a performance geral do corredor (KUNAKA e CARRUTHERS, 2014).

Segundo a GEIPOT (2001) os corredores estratégicos de desenvolvimento são eixos por onde se viabilizam negócios, por meio de investimentos e do estabelecimento de mercados produtores e consumidores, servindo-se de um complexo feixe de facilidades econômicas e sociais. Entre as quais, destaca-se a existência de um sistema viário adequado, composto por rotas modais ou multimodais que viabiliza o transporte de cargas produzidas em sua zona de influência, sendo esse sistema viário definido como corredor de transportes.

Figura 3 - Corredores logísticos para a exportação de soja e milho e áreas de influência



Extraído de: MTPA (2017)

Na Figura 3 são apresentados os corredores de transporte e comércio atualmente estabelecidos no escoamento da soja e milho no Brasil, destacando a zona de influência englobada por cada um deles. Notadamente os corredores Sul (Eixo Rio Grande) e Nordeste (Eixo Salvador) são os únicos que não possuem área de influência no Mato Grosso, de forma que esses corredores não serão descritos nesse Capítulo.

Os dados da SECEX auxiliam na definição dos principais corredores logísticos relevantes para o escoamento dos grãos do Mato Grosso, determinando o volume enviado pelo estado para cada região portuária. De acordo com a Tabela 6, a soja produzida no estado ainda é majoritariamente escoada pelo porto de Santos. No entanto, cabe ressaltar a crescente participação dos portos do chamado *arco norte*, que é composto pelos portos da região Norte (Barcarena e Santarém, no Pará e Itacoatiara, no Amazonas) e o complexo portuário do Itaqui, no Maranhão.

Tabela 6- Participação na exportação de soja originada no Mato Grosso em %

<b>Porto</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Santos (SP)	57,98	50,66	44,76	46,96	46,75	45,32
Barcarena (PA)	-	4,40	11,13	11,91	19,38	19,91
Itacoatiara (AM)	7,70	6,42	7,81	9,43	8,79	8,85
Santarém (PA)	5,37	4,33	4,23	8,21	7,09	9,99
São Luís (MA)	4,36	3,56	7,08	8,68	7,40	6,41
São Francisco do Sul (SC)	4,49	5,34	4,21	2,85	1,26	0,59
Paranaguá (PR)	9,94	10,51	5,83	4,14	3,51	5,27
Vitória (ES)	9,43	9,81	11,58	5,88	4,05	2,80
Outros	0,73	4,97	3,37	1,94	1,77	0,86

Fonte: SECEX

Indo ao encontro da delimitação proposta pelo MTPA (2017), na Figura 3, a Tabela 6 evidencia que os portos de Salvador e Rio Grande não se configuram como um caminho significativo para a exportação dos grãos mato-grossenses. Além do mais, percebe-se a progressiva perda de importância dos eixos Paranaguá (integra os portos de São Francisco do Sul e Paranaguá, Paraná) e Vitória.

Conforme Kunaka et al (2014), a avaliação de um corredor pode ter como objetivo: identificar gargalos e seu impacto na eficiência dos serviços; promover novos corredores e identificar oportunidades de reforma, servindo como ferramenta para

entender o ambiente, mostrando os fatores que explicam o desempenho atual e as oportunidades de melhoria. Nesse sentido, cabe ressaltar que o presente estudo possui foco definido na dimensão infraestrutura, evidenciando as atuais condições das rodovias, ferrovias, hidrovias e portos existentes nos principais corredores estratégicos, apresentando esse fator como decisivo na performance do corredor como um todo, buscando, dentro da metodologia apropriada, oportunidades de melhorias nos corredores existentes e a promoção de corredores planejados.

A avaliação da infraestrutura deve levar em consideração parâmetros técnicos de modo a avaliar a continuidade e homogeneidade do corredor, como por exemplo, a padronização da bitola de uma estrutura ferroviária ou a profundidade mínima de uma via navegável nas diversas estações do ano. Nesse tipo de avaliação devem ser levantados dados acerca de três aspectos do corredor: características físicas e condição da infraestrutura; dados quantitativos sobre os componentes individuais da infraestrutura do corredor; e planos para desenvolvimento propostos e manutenção da infraestrutura (KUNAKA et al., 2014).

## **2.2 Corredor Logístico Norte - Eixo Madeira**

O eixo Madeira refere-se ao escoamento da produção utilizando o complexo portuário de Porto Velho (RO) e o rio Madeira. Essa rota é particularmente importante para a região da Chapada do Parecis, que no Mato Grosso, engloba municípios com grande produção de grãos como Sapezal e Campo Novo do Parecis (OLIVEIRA, 2016). O eixo Madeira é necessariamente uma rota intermodal, intercalando os modais rodoviário e hidroviário tendo como ponto de transbordo o complexo portuário de Porto Velho. A Figura 5, no Capítulo 5, apresenta o corredor Madeira.

Além do complexo portuário de Porto Velho e do rio Madeira, a rodovia federal BR-364 é outro componente crucial da infraestrutura do referido corredor, sobretudo para os usuários do Mato Grosso, uma vez que é utilizada na maior parte do trajeto pelo modal rodoviário (CASTRO et al., 2017; MTPA, 2017). Essa rodovia longitudinal tem início em Limeira-SP, no km 153 da SP-330 passando por estados como Goiás, Mato Grosso, Rondônia e Acre. À vista disso, as condições da BR-364 entre o oeste do Mato Grosso e Porto Velho configuram-se como um fator importante para esse corredor logístico (CNT, 2015). Em relação à superfície da rodovia, os dados da versão de novembro de 2018 do Sistema Nacional de Viação (SNV) revelam que toda a extensão

da BR-364 entre Cuiabá e Porto Velho está pavimentada, com alguns trechos duplicados. Na versão 2018 da Pesquisa CNT das Rodovias, o estado geral da BR-364 nesse trajeto foi classificado como regular. A rota referência entre Campo Novo do Parecis, maior produtor de grãos da região imediata de Tangará da Serra, e Porto Velho possui uma extensão aproximada de 1058,6 km, sendo que em 946,9 km ou 89,44% desse trajeto registra-se a utilização da BR-364 (MTPA, 2017). Cabe ressaltar que a região imediata de Tangará da Serra possui uma produção de grãos na ordem das 4 milhões toneladas conforme o IBGE (PAM).

O transporte aquaviário de cargas demanda necessariamente a complementação por outro modal (rodoviário ou ferroviário). Nas hidrovias, os portos fluviais, e no transporte marítimo, os portos de mar, caracterizam-se como pontos onde ocorrem a quebra da cadeia de transporte terrestre ou aquaviário, de modo que a carga deverá mudar de veículo, com características de concepção, tração, capacidade e disposição completamente distintos. No sistema aquaviário, os grandes problemas concentram-se nos portos, uma vez que os navios e comboios fluviais tem um bom desempenho ao longo das rotas marítimas e fluviais, tanto em relação à capacidade transportada, com grandes volumes, como em relação ao fluxo contínuo de embarcações, cuja baixa velocidade é compensada pela possibilidade de tráfego incessante em vias descongestionadas (VALENTE, 2008).

Tabela 7 - Movimentação de soja no complexo de Porto Velho em 2018

<b>Instalação Portuária</b>	<b>Toneladas</b>
Terminal de Expedição de Grãos Portochuelo (Amaggi)	1.789.503
Porto Organizado de Porto Velho	1.415.508
ETC Cujubinzinho (ETC Bertolini)	926.964
TUP Cargill Agrícola	693.846
<b>Total</b>	<b>4.825.821</b>

Fonte: ANTAQ

Quanto ao corredor Madeira, a operação de transbordo da carga movimentada desde as fazendas ou armazéns pelos caminhões ocorre no complexo portuário de Porto Velho, sendo essa instalação de suma importância para a eficiência deste corredor logístico (OLIVEIRA, 2016). Conforme o anuário estatístico da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) ao longo de 2018 foram embarcaram

aproximadamente 4,826 milhões de toneladas de soja no complexo portuário de Porto Velho. O escoamento foi realizado a partir de dois terminais de uso privado (TUP), duas estações de transbordo de cargas (ETC) e pelo terminal público de Porto Velho, tendo a distribuição apresentada na Tabela 7 entre as instalações responsáveis pela movimentação de soja no complexo.

Segundo a Secretaria Nacional dos Portos (BRASIL, 2017a), a instalação Porto Organizado de Porto Velho é classificada como terminal fluvial público sendo administrado pela Sociedade de Portos e Hidrovias do Estado de Rondônia (SOPH) através de um convênio de delegação firmado entre o Ministério dos Transportes e o governo do Estado de Rondônia. As instalações de acostagem do porto de Porto Velho são compostas por três estruturas distintas, assim divididas: Cais Flutuante, Rampas Roll-on/Roll-off e Pátio das Gruas. A movimentação dos grãos nessa instalação é realizada no cais flutuante, que é localizado a montante do porto, possuindo 100 metros de comprimento, sendo composto por uma estrutura metálica dividida em dois módulos de 50 metros cada e largura de 25 metros. A conexão entre o cais e a área em terra é realizada por uma ponte de acesso, também de material metálico, com 113,5 metros de extensão e 8,80 metros de largura, apoiada sobre uma estrutura intermediária. O cais adapta-se ao nível do rio através de uma estrutura autoportante formada por quatro pilares, constituídos de concreto armado, amarrados por vigas estruturais. O cais é dotado de cinco berços numerados entre 401 e 405, sendo que a atenção deve ser voltada para o berço 403 que é utilizado no embarque de grãos, operado pela arrendatária Hermasa. O berço 404 serve como apoio para manobra das embarcações que utilizam o berço 403, as quais exigem que o berço 404 esteja desocupado. Em relação às instalações de armazenagem de grãos, destaca-se a existência de 4 silos verticais com capacidade unitária de 10.000 toneladas. Quanto aos equipamentos portuários, os grãos são embarcados nas barcaças através de um carregador de barcaças, cuja capacidade aproximada é de 1000 t/h. Para realizar a ligação entre os silos e o cais, o porto conta com um sistema de esteiras com extensão de 220 metros e capacidade nominal de 1000 t/h. Por sua vez, a estrutura de recepção da carga é operada pela arrendatária Hermasa possui e três tombadores, que se ligam à linha de correias transportadoras, cuja capacidade efetiva é de 600t/h, enquanto que a nominal é de 800 t/h, além de uma tulha, localizada ao lado do Pátio das Gruas.

O TUP Amaggi possui uma estrutura de acostagem composta por um píer corrido flutuante com 180 m de extensão divididos em três módulos de 60 m. O píer é equipado com cabeços de amarração, para a fixação de embarcações, e com uma correia transportadora para a movimentação dos grãos. Sendo essa estrutura ligada à terra por uma passarela de acesso. A atracação das embarcações é propiciada pela existência de um berço abrigado no píer flutuante. A estrutura de armazenagem dessa instalação é composta por 4 silos com capacidade unitária de 18 mil toneladas. A ligação entre os silos e o píer é realizada por duas linhas independentes de esteiras transportadoras, cada com capacidade de 1500 t/h. Há ainda na estrutura para recepção dos granéis, duas linhas independentes com capacidade de 750 t/h. Ademais o TUP conta com dois elevadores com capacidade de 750 t/h cada, quatro tombadores com capacidade de 250 t/h, sendo dois tombadores para cada linha de esteira, e quatro moegas com capacidade de 100 toneladas cada (BRASIL, 2017a).

A ETC Bertolini possui um píer discreto, equipados com cabeços de amarração, destinados a receber embarcações graneleiras. A estrutura do píer possui cobertura retrátil, permitindo o embarque de grãos mesmo em dias chuvosos. Para realizar a armazenagem dos grãos a instalação conta com quatro silos verticais com capacidade unitária de 9 mil toneladas. O carregamento das barcas é realizado por um *shiploader* que opera no píer, acoplado a uma correia transportadora. A instalação dispõe de duas correias transportadoras: uma que conecta o elevador de caneca aos silos e outra que liga o elevador de caneca ao píer, com capacidade nominal de 1200 t/h. Para recepção da carga a instalação faz uso de elevadores de caneca conectados à correia transportadora, além de dois tombadores que juntos possuem capacidade de descarregamento de 600 t/h (BRASIL, 2017a).

O TUP Cargill Agrícola possui uma estrutura de acostagem formada por um píer flutuante, que constitui um berço de atracação. O píer é formado por três balsas, configuradas lado a lado, possuindo extensão total de 109 m e 9 m de largura, sendo ligado a terra por uma ponte de acesso. A instalação de armazenagem é composta por quatro silos verticais totalizando uma capacidade estática de 39,5 mil toneladas. A ligação entre os silos e o píer é realizada por uma correia transportadora com capacidade nominal de 1000 t/h. Para a movimentação dos grãos na retroárea, a instalação dispõe de 2 tombadores (80 t/h), quatro minicarregadeiras (650 t/h), quatro redlers (300 t/h) e dois elevadores de caneca (600 t/h) (BRASIL, 2017a).



A metodologia adotada para mensurar a capacidade de movimentação da infraestrutura de acostagem de cada terminal, é baseada naquela utilizada na elaboração dos planos mestre dos complexos portuários pela Secretaria Nacional dos Portos (SNP) como subsídio do Plano Nacional de Logística Portuária (PNLP) (BRASIL, 2018a). A apresentação completa do referido método é realizada na seção “capacidade do sistema viário” do Capítulo dedicado às abordagens metodológicas utilizadas.

Aplicando os dados do ano de 2018 coletados pela ANTAQ à metodologia de cálculo proposta pela SNP com finalidade de mensurar a capacidade de movimentação da infraestrutura de acostagem dos terminais portuários, caracterizados nos parágrafos anteriores, obtêm-se a estimativa mais recente para a capacidade de movimentação de soja no complexo portuário de Porto Velho, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Capacidade dinâmica complexo portuário de Porto Velho (ton/ano)

<b>Instalação Portuária</b>	<b>Cheia</b>	<b>Vazante</b>	<b>Total Terminal</b>
TUP Amaggi	1.986.729,60	158.122,94	2.144.852,54
Porto Público	1.625.766,79	283.478,20	1.909.244,99
ETC Bertolini	1.552.250,68	-	1.552.250,68
TUP Cargill	688.220,63	-	688.220,63
<b>Total Complexo Portuário</b>	<b>5.852.967,70</b>	<b>441.601,14</b>	<b>6.294.568,84</b>

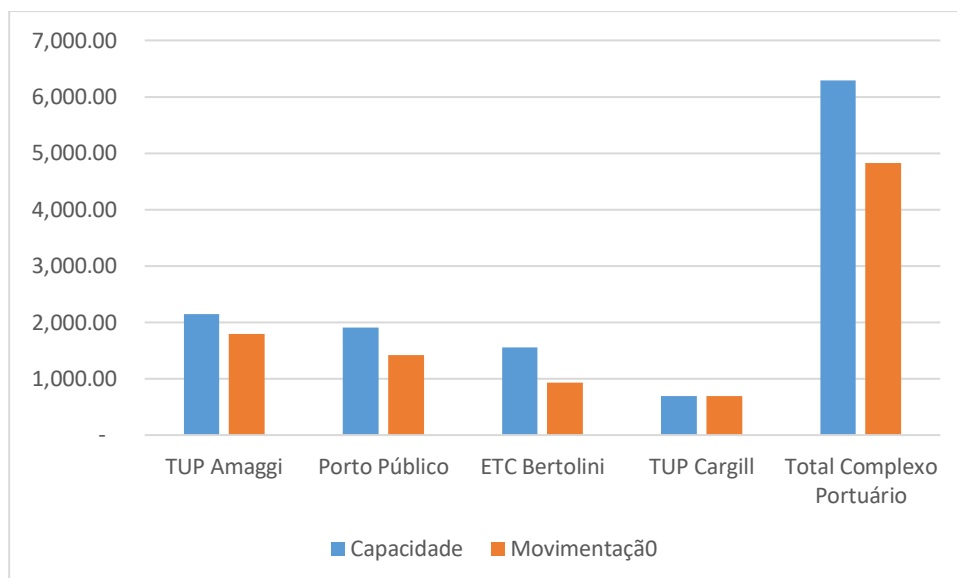
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANTAQ

Uma vez que a capacidade de movimentação é uma função da demanda, produtividade e lote médio da mercadoria naquela instalação em determinado período, temos a possibilidade de obter valor indefinido nos casos onde não se verifica a movimentação do produto no referido trecho de atracação. Nota-se ainda que o embarque da soja acontece preferencialmente durante a cheia do rio Madeira, período da safra, favorecendo a movimentação da oleaginosa, uma vez que nessa época do ano, as condições naturais permitem o tráfego de embarcações com maiores calados e consequentemente maior capacidade de carga (BRASIL, 2017a).

A comparação entre os valores apresentados nas Tabelas 7 e 8 indicam que a estrutura existente no complexo portuário de Porto Velho é capaz de movimentar o atual volume escoado por esse corredor com um nível eficiente de ocupação do cais, de forma a evitar a formação de filas para atracar. O Gráfico 7 sintetiza as informações apresentadas nas Tabelas 7 e 8 com objetivo de ilustrar a situação por terminal. No

geral, os dados indicam que o volume escoado, atualmente, corresponde a aproximadamente 76,66% da capacidade de movimentação de soja do complexo.

**Gráfico 7 - Capacidade x Volume movimentado por terminal no complexo portuário de Porto Velho em 2018 (em 1000 ton.)**



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Os dados da ANTAQ no ano de 2018 indicam que a soja embarcada no complexo portuário de Porto Velho possui dois fluxos bem definidos, sendo o principal curso seguindo pelos rios Madeira e Amazonas até o porto de Itacoatiara (AM) em um trajeto com aproximadamente 1195 km. A opção minoritária consiste em estender a navegação até o porto de Santarém (PA) em um trajeto de 1690 km. Em 2018 foram embarcados 6,69 milhões de toneladas de grãos no complexo portuário de Porto Velho, sendo que 63,23% do volume (cerca de 4,23 milhões de toneladas) foram desembarcados no Amazonas e 36,49% no Pará, com 0,28% seguindo rotas alternativas.

O rio Madeira é classificado como um rio de planície ou baixo curso, tipo mais favorável à navegação por apresentar declividade suave e regular. Sua propensão natural à navegação é evidente uma vez que é navegável desde a cidade de Porto Velho até a sua foz no rio Amazonas sem a necessidade de qualquer obra hidráulica (POMPERMAYER et al. 2014). O Madeira possui baixa declividade em sua extensão navegável, sendo que apenas em trechos próximos a Porto Velho podemos encontrar valores próximos a 10 cm/km, sendo ainda este valor considerado apropriado à navegação segundo Miguez (2006). A declividade média corresponde à razão entre o gradiente hidráulico e o comprimento de cada trecho (PHE, 2013)

Conforme consta no Plano Hidroviário Estratégico (PHE) elaborado pelo Ministério dos Transportes, atual Ministério da Infraestrutura, o rio Madeira possui significativa variação do nível d'água entre as cheias e as vazantes. As cheias acontecem entre fevereiro e maio, período de safra da soja, e, as vazantes entre julho e novembro. No período das vazantes a profundidade mínima chega a 2 metros em alguns trechos entre as cidades de Humaitá (AM) e Porto Velho, aflorando obstáculos, tais como bancos de areia, pedrais e corredeiras que resultam no aumento do tempo de viagem, apesar de não comprometer a navegabilidade, uma vez que essa hidrovia permite, mesmo na época da estiagem, a navegação de comboios com até 18 mil toneladas. No período das cheias a profundidade pode chegar a 30 metros (ANA, 2007).

A última edição do Plano Nacional de Logística de Transportes (PNLT) indica possíveis melhorias na hidrovia do Madeira. Alguns denominados *melhoramentos menores*, planejados ao longo da extensão naturalmente navegável como dragagem e derrocamento. A dragagem consiste em aprofundar os pontos altos do canal navegável sendo que a dragagem dos baixios deve ser realizada periodicamente após cada enchente com finalidade de restaurar o perfil primitivo do fundo. O derrocamento por sua vez, consiste na retirada de material do fundo do rio, que não é oriundo de assoreamento, ou seja, material que compõe naturalmente o leito do rio, seus resultados são mais satisfatórios quanto menor a declividade (MIGUENS, 1996).

Em Itacoatiara a carga movimentada através da navegação interior pelo rio Madeira deve ser desembarcada e posteriormente embarcada nos navios graneleiros para a navegação de longo curso a partir do rio Amazonas. Dessa maneira, é evidente a importância dos terminais de transbordo em Itacoatiara para o corredor Madeira, uma vez que esse pode significar um ponto de estrangulamento do sistema Madeira como um todo. O anuário estatístico da ANTAQ indica que essa operação de desembarque/embarque é realizada no Terminal de Uso Privado (TUP) da Hermasa.

O Terminal Graneleiro Hermasa é um terminal fluvial banhado pelo rio Amazonas operado pela Hermasa Navegação da Amazônia S.A. Segundo as informações contidas no cadastro do Sistema Portuário Nacional<sup>3</sup> a estrutura de acostagem deste terminal é composta por píer flutuante com dois berços de atracação, sendo um berço destinado ao desembarque de mercadorias oriundas da navegação

---

<sup>3</sup> Ver <https://webportos.labtrans.ufsc.br/Tup/Index/64>

interior e o outro destinado ao embarque. Por sua vez, a estrutura de armazenagem possui capacidade total de 327 mil toneladas. A capacidade total do equipamento de cais para granéis sólidos é estimada em cerca de 1500 t/horas. Utilizando a metodologia padrão, apresentada anteriormente para o complexo portuário de Porto Velho, pode-se calcular a capacidade dinâmica do TUP da Hermasa em Itacoatiara.

Tabela 9 - Capacidade de movimentação de soja Itacoatiara (toneladas/ano)

<b>TUP Hermasa</b>	<b>Cheia</b>	<b>Vazante</b>	<b>Total</b>
Berço Navio (Embarque)	2.791.220,38	563.587,31	3.354.807,69
Berço Barcaças (Desembarque)	1.902.844,24	311.350,88	2.214.195,12

**Fonte: Elaborado pelo autor**

O terminal movimenta exclusivamente granéis agrícolas (soja e milho), sendo que a taxa de participação de soja no trecho de cais corresponde a mais de 82%. O anuário estatístico da ANTAQ indica que durante o ano de 2018 foram embarcadas 3.115.442 toneladas de soja no terminal portuário de Itacoatiara, de forma que o volume embarcado é inferior a capacidade dinâmica estimada para a estrutura de atracagem do terminal. Entretanto, os dados da ANTAQ também evidenciam que foram desembarcadas 2.948.994 toneladas de soja no terminal portuário de Itacoatiara ao longo de 2018, excedendo em 33% a capacidade de desembarque estimada para o terminal.

### **2.3 Corredor Logístico Norte - Eixo Tapajós**

O corredor Tapajós refere-se ao escoamento da produção utilizando a BR-163 sentido Mato Grosso-Pará. O desempenho dessa rota é crucial para se lograr a eficiência no escoamento dos grãos mato-grossenses, uma vez que atualmente é considerada como caminho mais adequado para o escoamento de grãos da região intermediária de Sinop(PNIH, 2011). É importante destacar que o eixo Tapajós oferece a possibilidade de rota intermodal ou unimodal. A primeira consiste na movimentação dos grãos no modal rodoviário pela BR-163 a partir do Mato Grosso até o município de Itaituba (PA), onde estão localizadas diversas estações de transbordo de carga para o modal hidroviário, sendo que a partir desse ponto a carga segue por barcaças pelo rio Tapajós até os portos de Santarém ou Barcarena, no rio Amazonas. A opção unimodal refere-se ao transporte dos grãos unicamente pelo modal rodoviário, através da BR-163, desde o Mato Grosso até o porto de Santarém. Dessa maneira pode-se destacar como as

principais estruturas que compõe o eixo Tapajós: BR-163, rio Tapajós, portos de Santarém e Barcarena (MTPA, 2017).

A BR-163 é uma rodovia longitudinal com uma extensão planejada de 4524,8 km entre a divisa do Rio Grande do Sul com Santa Catarina e a divisa do Pará com o Suriname (SNV, 2018). A BR-163 representa a única via de ligação entre a principal região produtora de grãos do Mato Grosso e a hidrovia do Tapajós, evidenciando sua importância estratégica. No entanto, essa rodovia configura-se historicamente como um dificultador para a consolidação do eixo Tapajós, devido às más condições de conservação no sentido norte, em especial no trecho paraense (CORREIA, 2010). Muitos caminhoneiros se recusam a utilizar o referido trecho da BR-163 devido às más condições apresentadas (CNT, 2015). Na pesquisa CNT das rodovias 2018 (pg.70), alguns trechos da BR-163 no Pará foram considerados como destaque negativo, com seu pavimento totalmente destruído. Por sinal, a pavimentação integral do trecho paraense da BR-163 é uma promessa do governo federal que atravessa décadas e nove presidentes<sup>4</sup> da República. Conforme o SNV (2018) toda a superfície da BR-163 no território do Mato Grosso está pavimentada.

Tomando como base o município de Sorriso, principal produtor de grãos na zona de influência desse corredor e do Brasil, a rota até Itaituba possui uma extensão de 1074,3 km, sendo 1041,3 km desse trajeto realizado através da BR-163. O trecho mato-grossense do referido trajeto possui 366,9 km, sendo que 25,1 km estão duplicados e o restante pista simples (SNV, 2018). Em relação às condições gerais de conservação, segundo a (CNT, 2018) a classificação variou entre bom e regular de acordo com o trecho, sendo a última verificada em maior extensão. Por sua vez, o trecho paraense da rota em questão possui extensão de 674,4 km, sendo que 387,6 km desse total foram classificados como não pavimentados. Cabe ressaltar, que dada a importância dessa rodovia, o governo federal criou um site dedicado à atualização sobre as condições de trafegabilidade da BR-163 para os seus usuários, além da evolução das obras. Sendo que, a informação oficial mais recente é que restam 49 km a serem pavimentados<sup>5</sup>, sendo que os trechos não pavimentados estão divididos em dois lotes: o primeiro tem 46 km de extensão, localizado na Serra de Moraes, entre os municípios de Novo Progresso

---

<sup>4</sup> Ver <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,apos-nove-presidentes-br-163-segue-sem-asfalto,70002466010>

<sup>5</sup> Ver <https://www.br163pa.com/post/boletim-31-de-maio>

e Moraes Almeida, apresentando-se bastante problemático por possuir um “greide” elevado para contornar a serra, fator que combinado ao regime pluviométrico da região e a falta de pavimentação resulta em recorrentes bloqueios da via; o segundo trecho possui 3 km de extensão e está localizado próximo à Vila do Caracol e também é bastante afetado pelas chuvas.

O entroncamento entre a BR-163 e a BR-230 representa o ponto que define se será utilizada a rota intermodal ou unimodal. Itaituba é o ponto onde ocorre o transbordo da carga para o modal hidroviário tornando a rota intermodal. Nesse caso, após o mencionado entroncamento, o trajeto ocorre pela BR-230 em uma extensão de 33 km, onde o trecho está completamente pavimentado. O estado geral de conservação desse segmento da BR-230 foi classificado como regular pela CNT. No caso da opção pelo trajeto unimodal rodoviário, a rota é realizada integralmente pela BR-163, em uma viagem que segue por mais 331,6 km até Santarém. Nessa alternativa, a extensão total é de 1372,9 km, dos quais 565,3 são classificados como em obra de pavimentação pelo SNV (2018). Finalmente pode-se destacar que, entre a divisa MT/PA e o município de Santarém, existem aproximadamente 7 pontes de madeira com apenas uma faixa de tráfego (MTPA, 2017).

Em relação ao trecho entre Itaituba e Santarém, segundo a edição 2017 do Guia *Estradeiro*, manual elaborado pelo movimento Pró-Logística e financiado pela APROSOJA, tendo como método o acompanhamento *in loco* das estruturas, existiam 79 km sem pavimentação naquele momento. A publicação ainda reforça as más condições de conservação em diversos trechos pavimentados, sobretudo entre Novo Progresso e Itaituba, sugerindo que a manutenção adequada não foi realizada, além de salientar a necessidade de reparo nas obras de arte (estruturas que, por suas características peculiares, requerem um projeto específico), com destaque para as pontes de madeira. O custo estimado pelo DNIT<sup>6</sup> para a conclusão total da pavimentação da BR-163, entre a divisa com o Mato Grosso e a cidade de Santarém, é de R\$ 2,55 bilhões.

No município de Itaituba estão instaladas às margens do rio Tapajós, as estações de transbordo de carga rodo-hidroviário desse corredor. Conforme os dados do anuário da ANTAQ, foram embarcados, nesses terminais, aproximadamente 2,730 milhões de

---

<sup>6</sup> Ver <http://www.dnit.gov.br/noticias/operacao-radar-e-apresentada-como-estrategia-conjunta-para-escoamento-da-safra-2018-2019>

toneladas de soja ao longo do ano de 2018. O embarque dos grãos nas barcaças é realizado integralmente por três terminais privados, conforme a Tabela 10.

Tabela 10 - Movimentação de soja em Itaituba em 2018

<b>Instalação Portuária</b>	<b>Toneladas</b>
ETC Hidrovias do Brasil	1.434.899
ETC Bunge (Terfron Miritituba)	1.117.256
ETC Cianport (Cargill Miritituba)	178.658
<b>Total</b>	<b>2.730.813</b>

Fonte: ANTAQ

A estação de transbordo de cargas (ETC) Hidrovias do Brasil é operada pela empresa Hidrovias do Brasil S.A. começando as atividades no primeiro semestre de 2016. A estrutura de recebimento da carga é formada por quatro tombadores com capacidade unitária de 315 ton/horas. Estes tombadores alimentam um sistema de correia transportadora e elevadores de caneca, sendo a mercadoria encaminhada para o sistema de limpeza e secagem ou diretamente para os armazéns. Em relação à capacidade de armazenagem, destaca-se a existência de 8 silos, totalizando uma capacidade<sup>7</sup> estática de 144 mil toneladas (HBSA, 2012).

Quanto à estrutura de ligação, a retomada dos grãos é realizada pelo fundo dos armazéns, que são do tipo semi-v, com duas linhas de saída pelo fundo de cada armazém, sendo que estas linhas alimentam um sistema de correia transportadoras que encaminham os grãos aos *shiploaders* que carregam as barcaças. A referida ETC possui uma estrutura de acostagem constituída por um píer flutuante com dimensões de 7,5 m de largura por 39 m de comprimento e capacidade de movimentação de até 1800 ton/hora. A estrutura de atracagem é composta um *deckfixo* coberto que possibilita uma atracação por vez, permitindo operação sob chuva. A HBSA mensura a capacidade de carregamento das barcaças em 40.000 ton/dia (EIA HBSA, 2012).

A ETC Bunge (Terfron) é operada pela empresa Rio Turia Serviços Logísticos LTDA começando as atividades no ano de 2015. A estrutura de recebimento da carga é composta por quatro tombadores com capacidade para descarregar um caminhão em aproximadamente 10 minutos. A carga escorre para uma moega localizada no piso que direciona os grãos para o sistema de correias transportadoras. O sistema transportador

<sup>7</sup> Ver <http://hbsa.com.br/projetos-logisticos>

leva a carga das moegas ao armazém, carregando-o pela parte superior, por meio das correias e elevadores de caneca. O armazém graneleiro possui capacidade de 66,5 toneladas, com parede divisória para separar em duas células de capacidade 32,5 toneladas e 34 toneladas, possibilitando a estocagem de produtos distintos, sem contaminação cruzada. Ademais, o armazém apresenta fundo em v, proporcionando o descarregamento dos grãos para a estrutura de ligação por gravidade (TERFRON, 2013). A estrutura de ligação é formada pelo sistema de correias transportadoras que leva a carga para a expedição, por meio de válvulas que se abrem no piso do armazém, descarregando nas correias que direcionam os grãos para as barças. Ressalta-se a existência de correias com capacidade variada, indo de 250 t/h a 1500 t/h de acordo com a densidade dos grãos. O referido sistema de correias encaminha a carga para o *shiploader* que carrega a embarcação de forma precisa, distribuindo a carga uniformemente na barça evitando o arraste eólico dos grãos durante o processo. A estrutura de acostagem é composta pelo píer flutuante com 12,5 m de largura por 141,37 m de comprimento e altura de 12,5 m, permitindo uma atracação por vez. Essa estrutura possui cobertura, de maneira a permitir a operação com a mesma qualidade em dias chuvosos (EIA TERFON, 2013).

A ETC Cianport é operada pela empresa CIA. NORTE DE NAVEGAÇÃO E PORTOS, tendo iniciado suas atividades em Itaituba no ano de 2015. A estrutura de recebimento da carga é formada por dois tombadores hidráulicos, que totalizam uma capacidade de descarga de aproximadamente 400 ton/hora. Os tombadores são instalados sobre moegas que alimentam um sistema de correias transportadoras que carregam três silos de armazenagem. Estes, por sua vez, são construídos em aço e possuem fundo em semi-v, com capacidade unitária de 18 mil toneladas, de forma que o sistema de armazenagem da ETC possui capacidade total de 54 mil toneladas (CIANPORT, 2012). Quanto a estrutura de ligação, temos que, a retomada dos grãos é realizada pelo fundo dos silos, que alimentarão o sistema de expedição em correias transportadoras, dotadas de balanças de fluxo, instaladas em estruturas metálicas treliçadas para expedição até as barças atracadas. A capacidade de expedição é mensurada em 1500 ton./hora. A estrutura de acostagem é composta por um cais flutuante com comprimento de 120m, divididos em um módulo de 60m e dois de 30m, sendo que existe apenas um berço para atracação (CIANPORT, 2012).



Aplicando-se a metodologia padrão utilizada pela Secretaria Nacional dos Portos (SNP) (BRASIL, 2018a) apresentada no Capítulo 3, pode-se mensurar a capacidade dos terminais de transbordo de grãos agrícolas instalados em Itaituba. Conforme aponta plano mestre do complexo portuário de Santarém (BRASIL, 2017b) o nível do rio Tapajós começa a baixar em julho, permanecendo no regime vazante até novembro. Em dezembro a água do rio volta a subir atingindo seu nível máximo em meados de junho. Dessa maneira, o plano mestre do referido porto, que está localizado à margem direita do rio Tapajós, considera o período de cheia compreendido entre os meses de janeiro e julho, enquanto a vazante ocorre entre agosto e dezembro (BRASIL, 2017b).

Uma vez que a capacidade de movimentação estimada de um trecho de cais é uma função da demanda (BRASIL, 2018a), a Tabela 11 indica que a movimentação da soja ocorre majoritariamente durante o período de cheia do rio Tapajós, que coincide com a safra da oleaginosa no cerrado.

Tabela 11 - Capacidade dinâmica complexo de transbordo em Itaituba (ton/ano)

Terminal	Cheia	Vazante	Capacidade Total
ETC Hidrovias do Brasil	1.566.149,08	436.342,55	2.002.491,62
ETC Bunge	926.897,97	12.398,02	939.295,99
ETC Cianport	185.797,60	-	185.797,60
<b>Total Complexo Portuário</b>	<b>2.678.844,64</b>	<b>448.740,57</b>	<b>3.127.585,21</b>

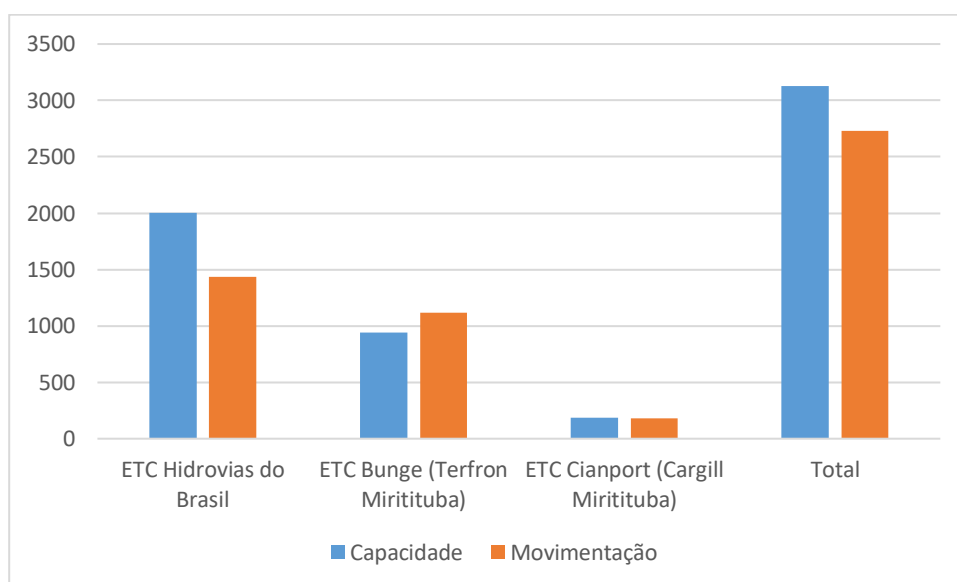
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANTAQ

A comparação entre os valores das Tabelas 10 e 11 mostra que a combinação entre quantidade de soja movimentada e os parâmetros operacionais do terminal de transbordo da Bunge, ao longo de 2018, gerou um cenário em que a movimentação observada supera a capacidade mensurada, para uma taxa de ocupação do píer pré-estabelecida em 65% com finalidade de evitar a formação das filas de longa duração, em alguns terminais. O Gráfico 8 sintetiza as informações contidas nas referidas tabelas.

Especificamente, o terminal da Bunge movimentou uma quantidade superior àquela recomendada pela metodologia da Secretaria Nacional dos Portos. Dessa forma, os dados da ANTAQ mostram que em 2018 o tempo médio para uma embarcação atracar na estação Terfron (Bunge) foi de 182 horas. Para efeito de comparação, a ETC Hidrovias do Brasil, que opera confortavelmente dentro da capacidade estimada, apresentou tempo médio de espera para atracação de 0,4 horas no mesmo período.

Ainda cabe ressaltar que a consignação média (quantidade média de carga que cada embarcação transporta, obtida pela relação entre a quantidade total movimentada e o número de atracações) na ETC Hidrovias do Brasil é de 45.847 toneladas, enquanto nos terminal Terfron a consignação média foi 3.014 t., traduzindo-se em um ganho de produtividade para a HBSA, de forma a compensar o maior tempo de sua operação, justificando a maior capacidade estimada para esse terminal quando comparado aos seus pares. Por fim, a quantidade total de grãos embarcados em Itaituba durante o ano de 2018 está abaixo da soma das capacidades individuais de movimentação das estações de transbordo, correspondendo à 87,31% da capacidade total instalada no município. Os grãos embarcados em Itaituba seguem pelo rio Tapajós até os portos de Santarém ou Vila do Conde.

Gráfico 8 - Capacidade x Volume movimentado por terminal no complexo portuário de Itaituba em 2018 (em 1000 ton.)



Fonte: Elaborado pelo autor

O rio Tapajós é classificado como um rio de planalto ou médio curso, possuindo trechos com condições mais restritivas à navegação devido à presença de obstáculos naturais como corredeiras, travessões, saltos e afloramentos rochosos, além de baixas profundidades, alternados com trechos de navegabilidade satisfatória. O referido rio nasce da confluência entre os rios Juruena e Teles Pires, na divisa dos estados do Pará, Amazonas e Mato Grosso, sua extensão é de 810 km (PHE, 2013). Atualmente é navegável em um trecho com extensão de 345 km, entre o porto de Santarém, na sua foz, quando deságua no rio Amazonas, até as corredeiras de São Luís dos Tapajós, no município de Itaituba (ANA, 2007). A montante do município de São Luís dos Tapajós,

o rio apresenta uma série de afloramentos rochosos, corredeiras e saltos, intransponíveis para embarcações comerciais (PHE, 2013).

Os grãos movimentados pelo corredor Tapajós são escoados principalmente pelos portos de Santarém e Vila do Conde em Barcarena, tendo ainda o complexo portuário de Santana (AM) como área de influência (MTPA, 2017), mas em volume desprezível quando comparado aos outros dois citados. A carga transportada a partir de Itaituba na hidrovia do Tapajós trocará o comboio de barcaças pelos navios graneleiros para iniciar a navegação de longo curso em algum desses dois complexos portuários (BRASIL, 2017b).

O complexo portuário de Santarém, possui características fluviais, sendo localizado na margem direita do rio Tapajós, próximo à confluência com o rio Amazonas. Conforme os dados da ANTAQ, em 2018 foram movimentados 4,705 milhões de toneladas de soja no porto de Santarém, sendo 2,497 milhões de toneladas no sentido de embarque e 2,207 milhões de toneladas desembarcadas. Dessa forma, aproximadamente 88,4% da soja escoada pelo complexo de Santarém, acessa suas instalações através da navegação interior, a partir da hidrovia do Madeira e Tapajós. Em 2018, 51,13% do volume total recebido de grãos, pelo modal hidroviário, no porto de Santarém era oriundo da hidrovia do Madeira (complexo de Porto Velho) e 48,87% da hidrovia do Tapajós (Itaituba). Segundo a SNP (Brasil, 2017b), 69% do volume total de grãos movimentados no porto de Santarém entre os anos de 2015 e 2016 eram originários do Mato Grosso, sendo 25% produzidos em Rondônia e 6% no próprio estado.

Os dados da ANTAQ, indicam que em 2018 duas instalações de acostagem, públicas, foram responsáveis pelo trânsito de grãos no porto de Santarém, sendo elas: o Terminal de Granéis Sólidos (TGS), formado pelos berços 401 e 402, localizado no píer 400 e arrendado pela Cargill; além de um conjunto de quatro “dolfins” de atração e um de amarração que dão origem aos berços 201 e 202, localizados a montante e no mesmo alinhamento do píer 100, sendo administrado pela Companhia Docas do Pará (CDP) e denominado pela ANTAQ como Terminal *Dolfins de Atracção 200*.

No píer 400 (TGS), a estrutura de ligação é composta por três torres pescantes, alimentadas por um sistema de correias transportadoras que dirige o carregamento advindos dos armazéns, possibilitando o embarque no berço 401. As torres pescantes

não são operadas simultaneamente, e a opção da torre utilizada dá-se pelas dimensões do porão do navio. O desembarque de grãos é realizado no berço 402, sendo possibilitado por um descarregador que pode encaminhar a carga para o sistema de correias transportadoras rumo ao armazém ou diretamente para a torre pescante que a direciona para o embarque no berço 401. A capacidade nominal de expedição dos equipamentos descritos é de 1500 ton/hora. Finalmente, a instalação de armazenagem possui capacidade estática de 114.000 t e capacidade dinâmica 3,5 milhões t/ano considerando um tempo médio de estadia de 8 dias. Quanto aos dolphins de atracação, o berço 201 suporta navios de 260 m de comprimento, desde que o berço 101 não esteja em operação, sendo preparado com defensas para receber embarcações de até 55.000 TPB. O berço 202 possui as mesmas dimensões, no entanto, ele não está em operação (BRASIL, 2017b).

Tabela 12 - Capacidade dinâmica complexo portuário de Santarém (ton/ano)

<b>Instalação Portuária</b>	<b>Cheia</b>	<b>Vazante</b>	<b>Total</b>
Cargill (Embarque)	1.103.624,29	4.459,43	1.108.083,72
Dolphins 200 (Embarque)	257.553,51	-	257.553,51
<b>Total Embarque</b>	<b>1.361.177,80</b>	<b>4.459,43</b>	<b>1.365.637,22</b>
Cargill (Desembarque)	1.012.987,36	-	1.012.987,36
Dolphins 200 (Desembarque)	193.659,09	-	193.659,09
<b>Total Desembarque</b>	<b>1.206.646,44</b>	<b>-</b>	<b>1.206.646,44</b>

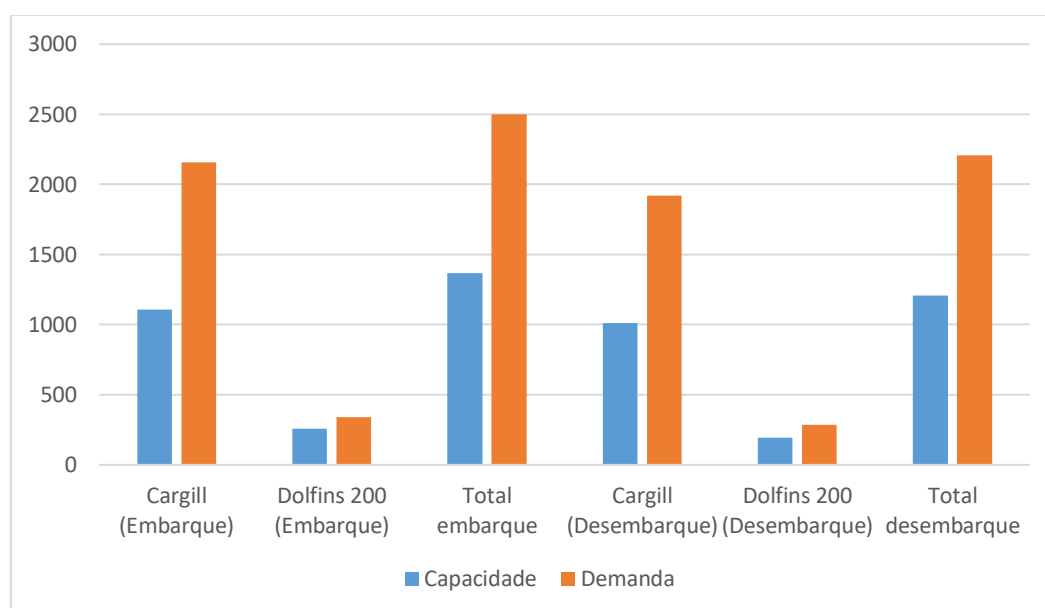
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANTAQ

Uma vez que os instantes de chegada são considerados iguais aos de atracação, segundo a base de dados da ANTAQ, não é possível identificar o tempo médio entre atracações e o tempo médio de espera para atracação nesse porto. Seguindo a metodologia apresentada em BRASIL (2018a) para contornar essa situação, e calcular a capacidade das estruturas de acostagem, exibidas na Tabela 12, foi adotado o tempo médio entre atracações de 1 hora, conforme informado pela Companhia Docas do Pará.

A comparação entre os valores referentes a capacidade da estrutura de acostagem, na Tabela 12, e a quantidade total movimentada de soja no Porto de Santarém em 2018, deixa evidente que as instalações do complexo operam com um índice de ocupação acima do recomendado pela SNP, conforme Gráfico 9. Cabe ressaltar que essa é uma situação reconhecida no plano mestre do referido complexo

portuário. À vista disso, está prevista a expansão da capacidade de movimentação de grãos sólidos agrícolas, sendo que o arrendamento STM01 já está autorizado pelos órgãos responsáveis com finalidade de suprir o déficit existente. A área STM01 possui 27.900m<sup>2</sup> e o projeto contempla um novo píer com dois berços de atracação, equipados com dois carregadores de navios e dois descarregadores de barcas, novos equipamentos de recepção e ligação, além da expansão da capacidade estática (BRASIL, 2017b).

Gráfico 9 - Capacidade x Volume movimentado no complexo portuário de Santarém em 2018 (em 1000 ton.)



Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com os dados da ANTAQ, Tabela 13, o complexo portuário de Belém e Vila do Conde movimentou aproximadamente 9,386 milhões de toneladas de soja ao longo ano de 2018, sendo 5,653 milhões de toneladas no sentido embarcação para longo curso e 3,732 milhões de toneladas desembarcados, oriundas da navegação interior. Esses dados indicam que 78,43% do volume total de grãos escoado pelo complexo são provenientes do modal hidroviário. Em 2018, 96,94% do volume total recebido de grãos, pelo modal hidroviário, era oriundo da hidrovia do Tapajós, estações de transbordo de Itaituba, evidenciando uma forte relação entre os dois portos. O complexo portuário de Porto Velho foi a origem de 2,8% e 0,26% são provenientes de outras localidades.

Tabela 13 - Movimentação de soja no complexo portuário de Vila do Conde em 2018

<b>Sentido</b>	<b>Instalação Portuária</b>	<b>Toneladas</b>
<b>Embarque</b>	Terminal Vila do Conde	1.544.070
	Terminal Graneleiro de Barcarena	1.823.691
	Terminal Ponta da Montanha	2.285.678
	<b>Total</b>	<b>5.653.439</b>
<b>Desembarque</b>	Terminal Vila do Conde	1.396.596
	Terminal Graneleiro de Barcarena	1.143.045
	Terminal Ponta da Montanha	1.192.964
	<b>Total</b>	<b>3.732.605</b>

Fonte: ANTAQ

Segundo a Secretaria Nacional dos Portos (BRASIL, 2017c) complexo portuário de Belém e Vila do Conde é composto por diversas instalações geograficamente distribuídas entre as cidades de Belém e Barcarena, sendo formado pelos seguintes terminais: Porto de Belém, Terminais de Outeiro e Miramar, Porto de Vila do Conde, Porto CRA, Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena, Terminal Ponta da Montanha e Porto Murucupi. A movimentação de grãos acontece nos terminais localizados em Barcarena, especificamente no Porto de Vila do Conde, Terminal Graneleiro de Barcarena e Terminal Ponta da Montanha, de maneira que o foco deve ser direcionado para essas estruturas.

O terminal Ponta da Montanha está localizando na margem direita do rio Pará, à montante do porto de Vila do Conde, sendo administrado pela ADM Portos do Pará S.A. Sua infraestrutura de acostagem é constituída por um píer, possuindo um único berço de atracação. Ressalta-se a existência de dois dolphins de amarração ao lado do píer. Em relação aos equipamentos portuários destinados a recepção e expedição da carga, o terminal possui dois tombadores de caminhão com capacidade de descarregar 300 t/h cada. Destaca-se ainda os três elevadores de caneca com capacidade unitária de 200 t/h. A ligação com o cais é propiciada pelos sistemas de correias de transportadoras que somados possuem capacidade nominal de 3400 t/h, além dos dois “*shiploaders*” com capacidade de 2000 t/h. Finalmente, a infraestrutura de armazenagem é formada por 6 silos verticais que totalizam uma capacidade estática de 30 mil toneladas (BRASIL, 2017c). Segundo as informações da ANTAQ, o terminal utiliza um berço

para desembarque da carga que o acessa pelo modal hidroviário e um berço dedicado ao embarque para a navegação de longo curso.

O Terminal Graneleiro de Barcarena ou Terminal Fronteira Norte (TERFRON) pertence às empresas Bunge Alimentos S.A. e Amaggi, localizando-se na margem direita da baía de Marajó. Suas instalações de acostagem são constituídas por duas estruturas, sendo uma dedicada ao carregamento dos navios e outra ao desembarque das barcaças. O carregamento dos navios acontece através de um píer discreto, formado por três dolphins de amarração e atracação e mais três somente de atracação. A estrutura para desembarque das barcaças é formada por um píer coberto, com 11 m de largura e 110 m de comprimento, possuindo capacidade de receber duas barcaças de forma simultânea. O retroporto possui duas moegas e dois tombadores de caminhão com capacidade de 400 t/h. A infraestrutura de ligação é formada pelo sistema de correias transportadoras com capacidade nominal de 1500 t/h. O carregamento dos navios é realizado através de três torres pescantes com capacidade nominal de 1500 t/h. Por sua vez, existe um equipamento descarregador de barcaças que também possui capacidade nominal de 1500 t/h. A estrutura de armazenagem é composta por dois armazéns de fundo plano, totalizando uma capacidade estática de 150 mil toneladas (BRASIL, 2017c).

O porto de Vila do Conde fica localizado à margem direita do rio Pará, próximo à Vila Murucupi, no município de Barcarena. Sua infraestrutura de acostagem dispõe de aproximadamente 2.401 m de cais, divididos em 10 berços e dois pontos de atracação, todos de uso público (BRASIL, 2017c). Segundo os dados da ANTAQ o desembarque dos grãos acontece em um único berço e o embarque ocorre em dois berços (sendo um deles, o mesmo utilizado para o recebimento). A estrutura de armazenagem que recebe grãos agrícolas é composta por dois armazéns, totalizando capacidade estática para 12.750 toneladas (BRASIL, 2017c).

Uma vez que todas as instalações destinadas à movimentação de grãos no complexo portuário de Belém e Vila do Conde possuem berços de atracação diferenciados para o embarque e desembarque da carga, faz-se importante considerar a capacidade dinâmica da estrutura de acostagem desses terminais em cada sentido separadamente. A base de dados da ANTAQ acerca das atracações nesse complexo, apresenta duas falhas recorrentes: o registro de duas atracações simultâneas no mesmo berço; e a atribuição do mesmo instante à chegada da embarcação e a sua atracação. À vista disso, não é possível identificar as atracações cujas embarcações chegaram ao

porto antes de ser finalizada a atracação anterior no respectivo berço e consequentemente mensurar o tempo médio entre atracações sucessivas. Uma vez que esse comportamento permanece na base de dados ao longo dos últimos anos, foram utilizados para essa variável os valores estimados pela SNP (BRASIL, 2017c) para contornar o mesmo problema.

Tabela 14 - Capacidade dinâmica complexo portuário de Vila do Conde em (ton/ano)

<b>Sentido</b>	<b>Terminal</b>	<b>Capacidade</b>
<b>Embarque</b>	Vila do Conde	1.404.454,26
	TERFRON	3.034.289,07
	Ponta da Montanha	2.383.147,58
	<b>Total</b>	<b>6.152.261,01</b>
<b>Desembarque</b>	Vila do Conde	1.261.431,02
	TERFRON	1.401.525,06
	Ponta da Montanha	577.450,05
	<b>Total</b>	<b>4.411.545,32</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

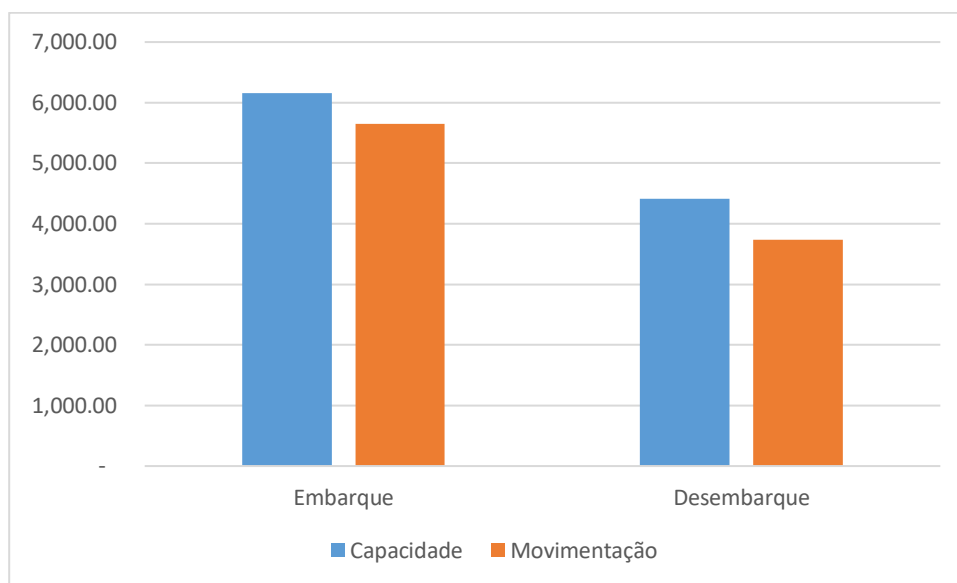
A comparação entre os valores das Tabelas 13 e 14 indica que os terminais de Vila do Conde e Ponta da Montanha operam acima da capacidade recomendada pela metodologia da SNP (2017). No entanto, a existência de capacidade ociosa no TERFRON mais que compensa o déficit estrutural registrado nos outros dois terminais, conforme Gráfico 10, de forma que o complexo portuário de Belém e Vila do Conde como um todo ainda pode ser considerado como capaz de escoar a quantidade atual de grãos que atualmente movimenta, utilizando aproximadamente 88,85% da capacidade total mensurada.

Finalmente, é importante destacar que em uma situação hipotética onde intervenções no corredor tais como a Ferrogrão ou a Hidrovia Teles Pires-Tapajós fossem viabilizadas, os complexos portuários de Santarém e Vila do Conde sofrerão maior exigência de movimentação dos grãos. Essa situação chama atenção uma vez que atualmente a soma das capacidades totais desses complexos é inferior à soma do montante movimentado, mesmo com as más condições da BR-163. Ademais, o complexo portuário de Santarém ainda possui substancial importância para o corredor Madeira que pode sofrer alterações em sua estrutura como a viabilização da FICO –



Ferrovia de Integração Centro Oeste e da Hidrovia Madeira-Mamoré-Guaporé, também aumentando o fluxo de grãos. Em conjunto, esses fatores indicam que a criação de novas alternativas de arcos para o Norte deve ser acompanhada da ampliação da capacidade operacional dos portos daquela região, de forma a evitar o estrangulamento do sistema como um todo.

Gráfico 10 - Capacidade x Volume movimentado no complexo portuário de Vila do Conde em 2018 (em 1000 ton.)



Fonte: Elaborado pelo autor

## 2.4 Corredor Logístico Norte - Eixo Tocantins

O eixo Tocantins refere-se ao escoamento da produção utilizando a BR-158 sentido Mato Grosso-Pará. Na zona de influência desse corredor está inserida a maior parte da região intermediária de Barra do Garças (MT), englobando municípios com alta produção de grãos como Querência, São Félix do Araguaia, Canarana, Gaúcha do Norte e Bom Jesus do Araguaia. Além disso, cabe destacar a presença dos complexos portuários de São Luís e Vila do Conde (que também integra o corredor Norte – eixo Tapajós). Atualmente o eixo Tocantins oferece a possibilidade de rota unimodal ou intermodal. A primeira consiste no escoamento dos grãos pelo modal rodoviário através da BR-158 e em seguida outras rodovias até os complexos portuários de Barcarena e São Luís. A segunda é dedicada ao porto de São Luís e viabilizada pelo tramo norte da Ferrovia Norte Sul (FNSTN), possuindo opções de terminal de transbordo nos estados de Tocantins e Maranhão, precisamente nos municípios de Porto Nacional (TO),

Palmeirante (TO) e Porto Franco (MA). Dessa maneira, a literatura evidencia três rotas distintas para o eixo São Luís: (a) Rota unimodal até Barcarena; (b) Rota unimodal até São Luís; (c) Rota intermodal com destino a São Luís (MTPA, 2017);

A BR-158 é uma rodovia longitudinal com extensão planejada de 4177,6 km entre Altamira (PA) e a fronteira com o Uruguai (SNV, 2018). Conforme Sousa (2005), a referida rodovia deve ser vista como instrumento crucial para o escoamento dos grãos oriundos do Nordeste do Mato Grosso. Indo ao encontro da última afirmação, a grande importância da BR-158 para o eixo Tocantins fica evidenciada pelo fato dela ser utilizada em todas as rotas possíveis descritas para esse corredor nas pesquisas realizadas pelo (MTPA, 2017; CASTRO et al., 2017).

No tocante a rota para o complexo portuário de Vila do Conde, o trajeto rodoviário representativo é composto pelas rodovias BR-158, PA-411, TO-080, BR-153 e BR-010. Considerando como origem o município de Querência, maior produtor de grãos do Nordeste do Mato Grosso, a distância rodoviária até Barcarena, cursada pelo referido trajeto é de 1913 km. Ressalta-se que o único trecho não pavimentado encontra-se na BR-158 no Mato Grosso, sendo que conforme dados do SINFRA (2018) e DNIT (2018), ainda existem 167,9 km a serem pavimentados. Quanto à condição de conservação, a extensão de 1184 km entre a origem no Mato Grosso até a fronteira do Tocantins/Maranhão, em Estreito (MA), foi classificada entre bom e ruim, enquanto a extensão de 729 entre a fronteira Tocantins\Maranhão e Barcarena variou entre excelente e bom (CNT, 2018). O ponto de maior preocupação consiste no trajeto mato-grossense e paraense na BR-158, o qual, além da extensão não pavimentada, ainda é marcado pela existência de pontes que não oferecem nível de segurança adequado para o tráfego de caminhões carregados (MPL, 2016; CNT, 2018).

Por sua vez, a rota representativa unimodal entre Querência e o complexo portuário do Itaqui possui uma extensão de aproximadamente 1937 km, com o percurso pelas rodovias BR-158, PA-287, TO-335, BR-153, BR-010, BR-222 e BR-135. Cabe ressaltar que esse trajeto sobrepõe o anterior até o município de Açailândia (MA), na bifurcação entre as BR-222 e BR-010, onde a primeira deve ser seguida quando o caminho é o complexo portuário do Itaqui e a segunda se a opção é o complexo portuário de Vila do Conde (MTPA, 2017; CASTRO et al., 2017). Dessa forma, a condições de conservação da maior parte do trajeto foram descritas no parágrafo

anterior, restando a indicação que a partir de Açailândia, o trajeto até São Luís foi integralmente classificado como bom (CNT, 2018).

Finalmente, a rota multimodal entre Querência e São Luís é integralizada pela malha da Ferrovia Norte Sul Tramo Norte (FNSTN), sendo que o transbordo mais próximo da região produtora no Nordeste do Mato Grosso está localizado no município de Porto Nacional (TO). Tal rota compreende as rodovias BR-158, PA-411, TO-080 e TO-050, possuindo uma extensão total de 931,67 km. A extensão não pavimentada corresponde a 167,9 km na BR-158 no Mato Grosso. Quanto ao estado de conservação, a extensão percorrida no Pará e Tocantins é classificada entre ruim e péssima. Por sua vez, a extensão no Mato Grosso já foi evidenciada nos últimos parágrafos, uma vez que a rota é semelhante até o entroncamento da BR-158 com a PA-411, conforme Figura 8 (MTPA, 2017; CASTRO et al., 2017).

O trecho ferroviário entre Porto Nacional e Açailândia na FNSTN tem uma extensão de 723 km. Segundo dados do anuário estatístico da ANTT, em 2018 a FNSTN movimentou 5,476 milhões de toneladas de soja. É importante ressaltar nesse ponto que a Ferrovia Norte Sul recebe grãos produzidos em toda a região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), de maneira que o volume movimentado, não se refere exclusivamente a grãos produzidos no Mato Grosso (CASTILHO et al., 2017).

A estação de Ponta da Madeira Pêra do Píer no complexo portuário de Itaquí foi o destino de 5,472 milhões de toneladas ou 99,94% do volume de grãos movimentado na FNSTN (ANTT, 2018). Por sua vez, na estação de Porto Nacional foi embarcado um total de 2,022 milhões de toneladas de grãos, sendo que a soja correspondeu a 98,5% desse volume. Conforme a ANTT (2018) no pátio da Ferrovia Norte Sul, localizado em Porto Nacional, estão presentes dois terminais que operam no segmento de embarque de grãos: o Terminal Integrador de Porto Nacional e o Terminal Agrex (ANTT, 2018).

O Terminal<sup>8</sup> Integrador de Porto Nacional é operado pela Valor Multimodal S.A. contando com uma estrutura de armazenagem com capacidade estática de 60 mil toneladas. O recebimento da carga é viabilizado por três tombadores que totalizam uma capacidade de descarga de 40 caminhões por hora. A capacidade operacional de movimentação de soja no terminal é estimada em 19.872 toneladas úteis/dia (TU/dia).

---

<sup>8</sup> Ver <http://www.vli-logistica.com.br/conheca-a-vli/terminais/ti-porto-nacional/>

Uma vez que o ano operacional possui 360 dias, a capacidade anual é de aproximadamente 7,15 milhões de toneladas (ANTT, 2018).

O Terminal Agrex está situado em uma área de 2,04 hectares, sendo operado pela Agrex do Brasil S.A. A estrutura de armazenagem do terminal possui capacidade estática de 15 mil toneladas para grãos. O recebimento da carga é realizado por dois tombadores e duas moegas. A capacidade operacional de carga do terminal é estimada em 11.370 TU/dia para a soja sendo a capacidade anual de aproximadamente 4,09 milhões de toneladas de soja (ANTT, 2018).

Quanto à via permanente, temos que a capacidade de transporte de um trecho ferroviário é expressa pela quantidade de trens que poderão circular, nos dois sentidos, em um período de vinte e quatro horas, sendo mensurada em número de trens por dia. Em relação à capacidade instalada, o trecho entre os pátios Brejão e Babaçulândia é o mais restritivo na malha da FNSTN, entre Porto Nacional e Açailândia, possuindo capacidade de 3,82 pares de trem/dia. Cabe ressaltar que a capacidade ociosa no referido trecho é de 0,84 pares de trem/dia. Considerando que o *trem tipo* para a movimentação de soja nessa ferrovia possui 80 vagões com capacidade unitária de 92 toneladas, o carregamento máximo em cada trem é de 7.360 toneladas úteis de grãos, resultando em uma capacidade diária ociosa de aproximadamente 6182,4 TU, perfazendo uma capacidade ociosa anual 2,256 milhões de TU. Portanto, além do volume de soja atualmente embarcado nas estações de Porto Nacional, Palmeirante e Porto Franco, a via permanente da FNSTN, permite o envio de 2,256 milhões de toneladas adicionais por ano, sem que seja necessário sacrificar remessas de outras mercadorias (ANTT, 2018).

Em Açailândia (MA) situa-se a conexão entre as linhas da Ferrovia Norte Sul e a Estrada de Ferro dos Carajás (EFC), de forma que para acessar o complexo portuário de Itaqui é necessário trafegar pela malha da EFC em uma extensão de 522 km a partir desse ponto. A EFC é uma concessão da Vale, sendo que a VLI (que tem a Vale como sua principal acionista) atua na EFC por meio do direito de passagem. O trecho mais restritivo no que capacidade de transporte ociosa na malha da EFC entre Açailândia e o complexo portuário de Itaqui é mensurada em 2,96 pares de trens/dia (ANTT, 2017). Uma vez que a capacidade ociosa na via permanente da EFC é superior àquela verificada para a FNSTN, pode-se dizer que na atual conjuntura a malha dessa última representa o ponto de estrangulamento da rota ferroviária.

O complexo portuário de Itaqui é composto pelo Porto Organizado do Itaqui, Terminal Marítimo de Ponta da Madeira e TUP Alumar, sendo todos esses localizados no município de São Luís. Conforme os dados da ANTAQ, em 2018 foram embarcados 8,543 milhões de toneladas de soja no porto de Itaqui. Uma vez que não foi registrado desembarque da referida oleaginosa na estrutura de acostagem do complexo portuário de Itaqui, pode-se atribuir integralmente aos modais ferroviário e rodoviário a responsabilidade pelo transporte da carga embarcada no porto de Itaqui. Nesse sentido, os dados da ANTT (2018) indicam que 5,476 milhões de toneladas de soja foram enviadas ao complexo portuário de Itaqui pela malha da Ferrovia Norte Sul, indicando que 64% do volume total de grãos embarcado em São Luís, chegou ao complexo portuário de Itaqui pelo modal ferroviário e 36% pelo modal rodoviário. Finalmente, os dados do sistema ComexStat vinculado ao Ministério da Economia (ME) indicam que ao longo de 2018 foram embarcados 1,264 milhões de toneladas de soja originárias do Mato Grosso no complexo portuário de Itaqui, representando 14,8% das remessas de sojadasa instalação.

De acordo com os dados do anuário estatístico da ANTAQ, o Porto Organizado do Itaqui foi o único responsável pelo embarque de soja nesse complexo, não sendo verificada a movimentação de grãos nos terminais de Ponta da Madeira e TUP Alumar, de forma que a atenção deve ser voltada para a estrutura do Porto Organizado do Itaqui.

O Porto do Itaqui é administrado pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP). Devido à sua localização na Baía de São Marcos, o porto está naturalmente abrigado, dispensando obras de abrigo. A estrutura de acostagem conta com sete berços em operação, numerados entre 100 e 106, que somados totalizam 1.936m de cais acostável, o qual é composto por dois trechos de cais contínuo e um berço exclusivo para graneis líquidos. Conforme os dados da ANTAQ (2018) e da Secretaria Nacional dos Portos (BRASIL, 2018b), os berços 103 e 105 são responsáveis pela movimentação dos graneis sólidos vegetais, incluindo-se nesse termo a soja. O berço 103 possui 270 metros de extensão e apresenta calado máximo recomendado de 14,5 metros, sendo operado pelo Terminal de Grãos do Maranhão (TEGRAM). Por sua vez, o berço 105 é operado pela VLI S.A. e possui 280 metros de comprimento, com calado máximo recomendado de 17,5 metros.

Para o recebimento dos grãos pelo modal ferroviário, o terminal conta com uma moega ferroviária com capacidade de 2.000 t/h. Quanto ao modal rodoviário, o terminal

possui 8 moegas, sem que a capacidade desta tenha sido especificada. Em relação à estrutura de ligação, destaca-se a existência de dois sistemas de correias transportadoras para expedição, o primeiro de propriedade da TEGRAM possui capacidade de 2.500 t/h e, o segundo de propriedade da VLI possui capacidade média de até 8.000 t/h, variando conforme a mercadoria. Para o carregamento dos navios, o berço 103 conta um carregador de granéis com capacidade de 2500 t/h de propriedade da TEGRAM, já o berço 105 possui dois carregadores de granéis, sendo o primeiro de propriedade da VLI com capacidade de carregamento de até 8000 t/h conforme a mercadoria movimentada e o segundo com capacidade de 1000 t/h, de propriedade da Vale (BRASIL, 2018b).

A estrutura de armazenagem para granéis vegetais no Porto Organizado do Itaquí dispõe de 4 armazéns com capacidade unitária de 125 mil toneladas de grãos, totalizando uma capacidade estática total de 500 mil toneladas. Cabe destacar que o Terminal Ponta da Madeira também conta com estrutura de armazenagem para granéis agrícolas, sendo esta composta por 5 silos e 2 armazéns totalizando capacidade estática de 225 mil toneladas (BRASIL, 2018b).

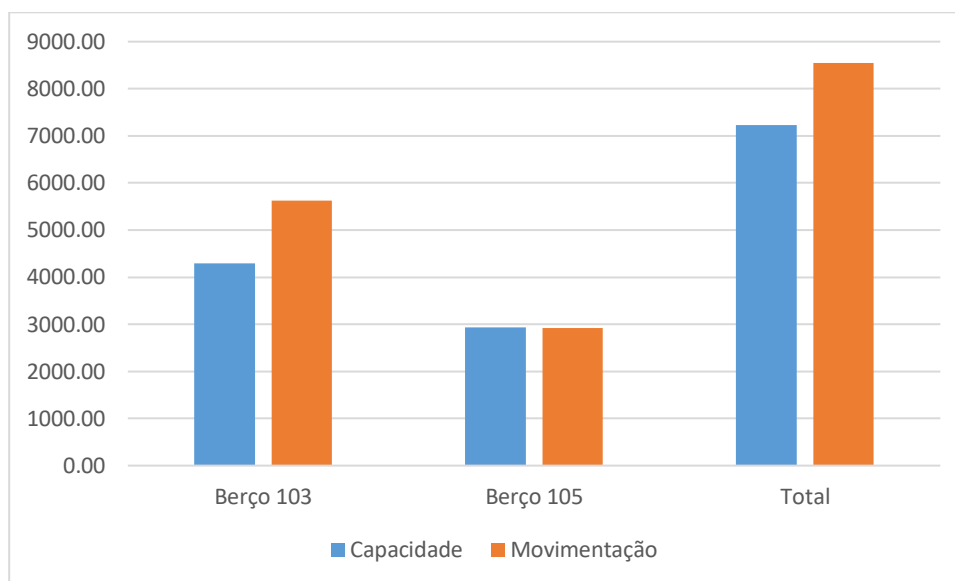
Tabela 15 - Capacidade dinâmica Complexo Portuário do Itaquí em 2018 (ton/ano)

Terminal	Total
Porto Organizado do Itaquí	7.224.352,95

**Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANTAQ e da SNP**

Os valores exibidos na Tabela 15 representam a soma da capacidade dinâmica dos berços 103 e 105, mensurada a partir dos parâmetros operacionais do ano de 2018 e consequentemente da estrutura de acostagem para movimentação de granéis vegetais do complexo portuário de Itaquí. As variáveis utilizadas para o cálculo foram extraídas da base de dados da ANTAQ, com exceção do índice de ocupação admissível e o tempo médio entre atracações sucessivas que foram obtidos através da Secretaria Nacional de Portos. Quanto ao índice de ocupação admissível, cabe ressaltar que foi adotado o valor de 66,10% para o berço 103 e 75% para o berço 105, sendo o regime de prioridade conferido aos grãos nesses trechos de cais a justificativa fornecida pela SNP (BRASIL, 2018b) para a adoção desses valores. A capacidade da estrutura de acostagem novamente configura-se como o ponto de estrangulamento do sistema como um todo, uma vez que todas as outras características abordadas, como a capacidade dos equipamentos de recepção e embarque da carga nos terminais portuários, possuem valores mais elevados.

**Gráfico 11 - Capacidade x Volume movimentado no complexo portuário do Itaqui em 2018 (em 1000 ton.)**



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Percebe-se que o volume embarcado no complexo portuário de Itaqui ultrapassa ligeiramente a capacidade dinâmica da estrutura de acostagem, conforme Gráfico 11, obtido de acordo com a metodologia utilizada pela SNP (BRASIL, 2018a) na elaboração do plano mestre do referido porto. Esse panorama indica a saturação da capacidade do sistema atual e a necessidade de obras de ampliação, caso o fluxo de escoamento for direcionado para o Porto de Itaqui. Medidas no sentido de ampliação da capacidade estão sendo planejadas, com destaque para a ampliação da correia transportadora de propriedade do TEGRAM até o berço 100, além da criação dos terminais de São Luís e Mearin, os quais somados destinarão três berços para a movimentação de granéis agrícolas (BRASIL, 2018b).

## 2.5 Corredor Logístico Sudeste – Eixo Vitória

O corredor Vitória refere-se ao escoamento da produção utilizando o complexo portuário de Vitória (ES). No Mato Grosso, a zona de influência desse corredor logístico engloba alguns municípios na região intermediária de Barra do Garças (MTPA, 2017). É importante ressaltar a progressiva perda de relevância desse corredor para a exportação de grãos mato-grossenses nos últimos anos, o que pode ser verificado nos dados da SECEX exibidos na Tabela 6. Segundo o (MTPA, 2017), não existe relevância em qualquer rota unimodal a partir do Mato Grosso para esse corredor, possuindo apenas uma singular opção intermodal rodoferroviária.

O trajeto consiste na movimentação dos grãos até o pátio ferroviário localizado na cidade de Araguari (MG) onde ocorre o transbordo para a malha da Ferrovia Centro Atlântica, a partir da qual a carga será movimentada até o complexo portuário de Vitória, utilizando-se ainda da malha ferroviária da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM) a partir de Belo Horizonte. A rota rodoviária representativa é composta pelas rodovias BR-158, BR-060, BR-452 e MG-223 (MTPA, 2017; CASTRO et al., 2017). Considerando como origem o município de Água Boa, principal produtor de grãos da região imediata de Água Boa e um dos cinco maiores do Nordeste do Mato Grosso, tem-se uma distância rodoviária até Araguari de aproximadamente 932,7 km. No tocante as condições de conservação, o estado de conservação da extensão da BR-158 no Mato Grosso foi considerado regular. Entretanto, o estado de conservação da BR-158 em Goiás é um constante motivo de preocupação, sendo que o trecho entre Aragarças e Jataí foi avaliado como ruim e péssimo, sendo inclusive considerado uma das piores ligações rodoviárias do país pela (CNT, 2018).

Em Araguari a carga é transferida para a malha da Ferrovia Centro Atlântica (FCA) através dos terminais de transbordos em operação no município. A malha da FCA é concedida à VLI S.A. sendo que para integralizar o trajeto até o porto de Tubarão, ainda se faz necessário o uso de um direito de passagem<sup>9</sup> para a malha da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM).

Segundo dados do anuário estatístico da ANTT foram embarcados 8,739 milhões de toneladas de soja nos terminais da FCA no ano de 2018. Especificamente, nos terminais de Araguari foram embarcados 3,576 milhões de toneladas, sendo que 86,25% desse montante, ou 3,084 milhões de toneladas possuíam o complexo portuário de Vitória como destino, sendo a fração complementar direcionada ao complexo portuário de Santos (DR-ANTT, 2018).

O transbordo dos grãos em Araguari tem como referência o pátio Brejo Alegre, a partir de quatro terminais ferroviários para o embarque dos grãos: Terminal ADM, Terminal Bunge, Terminal Selecta, Terminal Integrador de Araguari. Segundo o relatório de declaração de rede do ano de 2018 da ANTT, os quatro terminais somados possuem capacidade de embarque de soja mensurada em 480 vagões/dia. O Terminal Integrador de Araguari (operado pela VLI) possui a maior capacidade unitária de

---

<sup>9</sup> Ver <http://www.vli-logistica.com.br/conheca-a-vli/ferrovias/efvm-concessao-vale/>



embarque, 360 vagões/dia. Considerando o trem tipo, a capacidade total de embarque de soja em Araguari totaliza 32.520 TU/dia que corresponde a uma capacidade operacional total de embarque anual de 11,707 milhões de TU de soja (DR-ANTT, 2018).

Com relação à via permanente, na malha da FCA a carga é movimentada por uma extensão de 766 km entre os pátios referência de Brejo Alegre e Pedreira do Rio das Velhas em Sabará (MG). O trecho mais restritivo em relação à possibilidade do aumento das remessas de soja nessa via é compreendido entre os pátios de Batista Frazão e Alvino Damião, cuja capacidade ociosa é estimada em 5,46 pares de trem/dia. Por sua vez, na malha da EFVM, a carga é movimentada por 637 km entre os pátios de Pedreira do Rio das Velhas e Tubarão em Vitória. Nessa extensão, cabe ressaltar que a capacidade máxima de tráfego de vagões na via permanente foi atingida em alguns trechos, como, por exemplo entre os pátios Aroaba e Entroncamento Tubarão. Dessa forma, no cenário atual, não existe a possibilidade de aumentar o volume de soja enviado para o complexo portuário de Vitória, a partir das estações de transbordo ferroviário de Araguari, Uberaba e Pirapora sem que o volume movimentado de outras mercadorias seja reduzido (DR-ANTT, 2018).

De acordo com os dados da ANTAQ em 2018 foram embarcados 5,159 milhões de toneladas de soja e milho no complexo portuário de Vitória, o terminal de Tubarão foi responsável pela totalidade da movimentação dos grãos. O Terminal de Tubarão está localizado na cidade de Vitória, no lado norte da Baía de Espírito Santo. O referido terminal é privado sendo propriedade da mineradora Vale S.A.

Conforme o memorial descritivo do Terminal de Tubarão elaborado pela Vale S.A., a estrutura de acostagem do terminal é composta por três píeres contínuos, sendo dois dedicados à movimentação de minério e um à movimentação de carga geral, onde ocorre o embarque dos grãos. Destaca-se ainda o trecho do cais destinado à movimentação de granéis líquidos. O píer no qual ocorre ao embarque dos grãos é dividido em duas seções denominadas TPD3 (com 280 m de extensão) e TPD4 (230 m de extensão). Dados da ANTAQ indicam que a seção TPD3 representa o trecho onde o embarque dos grãos efetivamente acontece. O calado máximo permitido é de 15 m (VALE, 2015).

O recebimento da carga é realizado através de duas moegas. Para realizar o embarque da carga, o píer possui um sistema de correia transportadora com 19,5 km de extensão. O embarque nos navios é consolidado pelos 4 carregadores de navios que totalizam capacidade nominal de 12.000 ton/hora. Quanto à estrutura de armazenagem para a carga geral, o terminal conta com 8 armazéns horizontais e 2 cônicos que totalizam 500 mil toneladas (VALE, 2015).

Em relação à capacidade dinâmica da estrutura de acostagem do terminal de Tubarão, os cálculos foram realizados conforme a metodologia, anteriormente apresentada, da SNP (2017). Assumindo um índice de ocupação admissível de 65%, a capacidade foi mensurada em aproximadamente 4,690 milhões de tonelada/ano, portanto inferior ao volume total de grãos atualmente movimentado no terminal, 5,189 milhões toneladas, indicando que a estrutura de acostagem opera com um nível de ocupação acima daquele recomendado, podendo induzir a presença de filas. No entanto, cabe ressaltar que o volume total de grãos embarcado no terminal de Tubarão nos últimos anos tem se mantido constante com leve tendência de queda, segundo os dados do anuário da ANTAQ. Além do mais, para o Mato Grosso existe uma acentuada redução das remessas com destino ao terminal, conforme visto pelos dados da SECEX na Tabela 6. Finalmente, dada a capacidade de recepção e expedição do terminal de Tubarão, fica evidente que a estrutura de acostagem configura-se como o fator limitante para o terminal.

## **2.6 Corredor Sudeste- Eixo Santos**

O corredor Santos refere-se ao escoamento da safra utilizando o complexo portuário de Santos. Conforme os dados da Tabela 6, o referido corredor configura-se como principal rota existente para a exportação da soja mato-grossense, e mesmo que tenha perdido participação relativa nos últimos anos, ainda é responsável pelo escoamento de 45% do montante total exportado. Esse corredor exerce influência em praticamente todas as regiões produtoras de soja no Mato Grosso (MTPA, 2017).

De acordo com o (MTPA, 2017), o eixo Santos oferece a possibilidade de rotas intermodais ou unimodal. Em relação às rotas intermodais existem três alternativas: a primeira refere-se à rota rodoferroviária que consiste na movimentação dos grãos até os terminais ferroviários da Rumo Malha Norte S.A. (RMN) onde ocorrerá a operação de transbordo da carga para os vagões ferroviários da concessionária. A linha ferroviária

conecta a cidade de Rondonópolis (MT) e o complexo portuário de Santos, tendo destaque ainda para os terminais existentes nos municípios de Itiquira (MT) e Alto Araguaia (MT). Cabe ressaltar que essa é a única opção de rota intermodal com estações de transbordo no interior do território mato-grossense levando em consideração todos os corredores existentes. A segunda alternativa intermodal refere-se à rota rodohidroferroviária que consiste na movimentação dos grãos pelo modal rodoviário até o município de São Simão (GO) onde ocorre o transbordo da carga para a hidrovía Tietê-Paraná, seguindo pelo modal hidroviário até o município de Pederneiras (SP), onde será necessária nova operação de transbordo para concluir o trajeto até o complexo portuário de Santos pelo modal ferroviário. A terceira alternativa consiste na movimentação da carga até os terminais ferroviários de Uberaba, onde a carga será transbordada para as malhas da Ferrovia Centro Atlântica (FCA), por onde seguirá até o complexo portuário de Santos.

No tocante às rotas unimodais, pode-se destacar que devido à grande influência exercida pelo complexo portuário de Santos na atração de cargas do Mato Grosso inúmeras rotas são evidenciadas na literatura sobre o tema. Um trajeto bem estabelecido consiste naquele cursado pela BR-364 desde a origem produtora até a fronteira de MG com SP, ponto a partir do qual, inicia-se a utilização das rodovias estaduais paulistas, notadamente: SP-326, SP-310, SP-330, SP-348, SP-015, SP-160 e SP-055. A importância da BR-364 para esse corredor, é evidenciada em diversos estudos (GEIPOT, 2011; CORREA, 2010; LAVORENTE, 2011; EMBRAPA 2017; MTPA, 2017). A BR-364 é uma rodovia diagonal com extensão planejada de 4419,3 km entre a cidade de Limeira (SP) e a divisa do Brasil com o Peru, no estado do Acre. A referida rodovia ainda atravessa os estados de Goiás e Mato Grosso, além do triângulo mineiro (SNV, 2018). No tocante às condições de conservação, ressalta-se que o estado geral de conservação da BR-364 foi classificado como regular no Mato Grosso, e bom nos estados de Goiás e Minas Gerais. Em relação às rodovias estaduais paulistas no trajeto, o estado geral de conservação foi quase integralmente classificado como excelente (CNT, 2018). Considerando-se como origens, as cidades de Sorriso e Água Boa, a distância rodoviária é de 2049 km e 1533 km, respectivamente. O fato de considerar duas origens, justifica-se pela extensão da zona de influência desse complexo portuário e a pequena diferença de dinâmica que pode surgir desse panorama, com a região de

Barra do Garças, diferindo ligeiramente das demais regiões (CASTRO et al., 2017; MTPA, 2017), conforme Figura 11.

Em relação a rota multimodal pela malha da Rumo Malha Norte (RMN), destaca-se o pátio ferroviário de Rondonópolis como grande polo de atração das cargas agrícolas. Conforme oSNV (2018) a distância entre Sorriso e Rondonópolis é de 612,2 km, tal trajeto é integralmente pavimentado e é realizado por meio da BR-163, que atualmente encontra-se classificada como boa e regular no que tange ao estado de conservação (CNT, 2018). Segundo dados do anuário estatístico da ANTT foram embarcados 6,923 milhões de toneladas de soja nos terminais da RMN no ano de 2018. Especificamente, nos terminais de Rondonópolis foram embarcados aproximadamente 5,893 milhões de toneladas dos referidos grãos, sendo que 98,65% desse montante, ou 5,813 milhões de toneladas, possuíam as estações do complexo portuário de Santos como destino e a fração complementar direcionada a estação Boa Vista em Campinas (ANTT, 2018).

De acordo com o relatório de declaração de rede da ANTT referente ao ano de 2018, a capacidade de embarque de soja no pátio de Rondonópolis é de 73.440 ton/dia o que implica em um montante anual estimado em 26.732.160 toneladas. Em relação à via permanente, na malha da RMN a carga é movimentada por uma extensão de 752,24 km entre o marco inicial em Mato Grosso do Sul e o pátio de Rondonópolis. O trecho mais restritivo, quanto a capacidade dessa malha, é compreendido entre os pátios de Fazenda Espigão e da Fazenda Marajorara que possui capacidade instalada de 8,94 trens/dia e capacidade ociosa de 1,20 pares de trens/dia. Por sua vez, na malha da RMP, a carga é movimentada por aproximadamente 878 km entre a ponte rodoferroviária sobre o rio Paraná, na divisa entre Mato Grosso do Sul e São Paulo, e o pátio de Pereque na Baixada Santista. Nessa extensão, a capacidade máxima de tráfego de vagões foi atingida em alguns pontos. Um exemplo é o trecho entre os pátios de Taquaritinga e Cândido Rodrigues, onde a capacidade instalada de 11,30 pares de trens/dia foi completamente atingida. Esse panorama implica que nas atuais condições é impossível aumentar o volume de soja escoado pela ferrovia, a partir dos pátios no Mato Grosso, sem diminuir a circulação atual de outras mercadorias nessa malha (ANTT, 2018).

Quanto à rota intermodal rodohidroferroviária, destaca-se que São Simão está localizado à beira da BR-364, na divisa entre Goiás e Minas Gerais, situando-se na rota unimodal apresentada para esse corredor, de maneira que as características não

necessitam ser novamente evidenciadas, tendo como única diferença, a menor extensão da viagem que termina nesse ponto. Em São Simão estão instaladas as estações de transbordo com finalidade de transferir a carga para o modal hidroviário. Segundo o anuário da ANTAQ no ano de 2018 foram embarcadas 384.145 toneladas de soja nas referidas estações. É importante destacar que não há registro de remessa de milho originada nos terminais hidroviários de São Simão durante o ano de 2018. O escoamento da soja foi realizado a partir de dois terminais de uso privado: Terminal Louis Dreyfus e Terminal Caramuru.

O Terminal Louis Dreyfus é operado pela Louis Dreyfus Commodities Brasil S/A, sua estrutura de acostagem consiste em um cais marginal de 75 m de extensão com quatro dolphins de amarração, formando dois berços de atracação. O calado máximo permitido é de 4 metros. A estrutura de ligação é composta pelos seguintes equipamentos portuários: “redler”, elevador de canecas, sugador e correia transportadora com 450 m de extensão. A capacidade operacional de embarque do terminal é estimada em 500 ton/hora. Por sua vez, a área de armazenagem possui 30.000 m<sup>3</sup> (EPL, 2015).

O Terminal Caramuru é operado pela Caramuru Óleos Vegetais Ltda, sua estrutura de acostagem é composta por um cais flutuante com 70 m de extensão, formando 3 postos de atracação. O calado máximo permitido é de 4,5 metros. A estrutura de ligação é formada pelos seguintes equipamentos portuários: *redler*, elevador de canecas, sugador e correia transportadora com 650 m de extensão. A capacidade operacional de embarque é mensurada em 700 ton/hora. Sua estrutura de armazenagem por sua vez possui 50.000m<sup>3</sup> (EPL, 2015).

Finalmente, utilizando a metodologia da SNP (2018), a capacidade de movimentação da estrutura de acostagem do Terminal Louis Dreyfus pode ser mensurada em 519.618,7 toneladas/ano. Por sua vez, a estrutura de acostagem do Terminal Caramuru é estimada em 1.552.254,27 toneladas/ano. Cabe ressaltar que a soja em grão não foi a principal mercadoria movimentada no Terminal Louis Dreyfus, ao contrário do Terminal Caramuru, o qual a oleaginosa ocupou a rampa em 99,47% do tempo. Uma vez que a metodologia utilizada para mensurar a capacidade da estrutura de acostagem apresenta uma função onde a quantidade movimentada e participação da mercadoria no trecho são argumentos de entrada positivamente relacionados a capacidade, os números apresentados nesse parágrafo são naturais.

Em relação ao destino da soja embarcada em São Simão no ano de 2018, os dados da ANTAQ indicam que 93,57%, ou 359.451 toneladas, tiveram como destino os terminais hidroviários da cidade de Pederneiras. A função desses terminais consiste em transferir a carga do modal hidroviário para o modal ferroviário, permitindo completar o trajeto até o complexo portuário de Santos. A recepção da carga foi propiciada por dois terminais de uso privado: Terminal Louis Dreyfus e Terminal TNPM.

O Terminal Louis Dreyfus tem estrutura de acostagem composta por um cais marginal com 120 metros de extensão, possuindo um posto de atracação. Os equipamentos portuários consistem em um grupo de três sugadores que retiram os grãos da barcaça. Após essa operação, os grãos são movimentados até os silos de armazenagem por correias transportadoras. Uma vez nos silos, os grãos são transportados até as tremonhas que alimentam os vagões que sairão rumo ao porto de Santos. A capacidade operacional desse conjunto é estimada em 400 toneladas/hora. Por sua vez, a estrutura de armazenagem é formada por dois silos e um armazém que somados podem armazenar até 14.000 toneladas de soja (EPL, 2015).

No Terminal Caramuru em Pederneiras a estrutura de acostagem é composta por um cais flutuante com 70 metros de extensão, existindo um posto de atracação. O desenho da estrutura de ligação é idêntico ao descrito no parágrafo anterior para o TUP Louis Dreyfus (EPL, 2018). A capacidade operacional<sup>10</sup> do conjunto de ligação é de 500 toneladas/hora. Em relação a estrutura de armazenagem, o TUP Caramuru conta com 3 armazéns para grãos, totalizando capacidade estática de 45.000 toneladas (EPL, 2015). Uma vez que a ANTAQ não disponibiliza os dados referentes aos parâmetros operacionais dos terminais hidroviários de Pederneiras, não existe possibilidade de calcular a capacidade da estrutura de acostagem conforme a metodologia adotada pela SNP (BRASIL, 2018a), sendo assim, por simplificação a restrição operacional deve ser considerada em São Simão.

As instalações do complexo portuário de Santos são distribuídas entre os municípios de Santos e Guarujá. Segundo os dados da ANTAQ, o referido complexo portuário é o que movimentam maior volume de soja no Brasil. Apenas em 2018 foram embarcadas aproximadamente 20,438 milhões de toneladas da oleaginosa nesses terminais. O complexo portuário de Santos é composto pelo Porto Organizado de

---

<sup>10</sup> Ver [https://www.caramuru.com/institucional/?page\\_id=155](https://www.caramuru.com/institucional/?page_id=155)

Santos, administrado pela Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP), e por seis terminais de uso privado: TUP DP World Santos; TUP SucocítricoCutrale; TUP Dow Brasil Sudeste (Terminal Marítimo Dow); Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita (Tiplam); e Terminal Marítimo Privativo de Cubatão (TMPC) da Usiminas(BRASIL, 2018c). A movimentação de soja ocorre nas estruturas de atracagem pertencentes ao Porto Organizado de Santos, TUP SucocítricoCutrale e Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita (Tiplam).

Compreender a estrutura existente no complexo portuário de Santos é um exercício mais complicado em relação aos demais portos brasileiros, devido ao elevado número de terminais e berços, que estão sob diferentes administrações. Nesse sentido, pode-se ressaltar que foi registrada movimentação da oleaginosa em quatorze berços de atracação diferentes no referido complexo portuário, ao longo de 2018, conforme os dados do anuário estatístico da ANTAQ.

O Cais de Outeirinhos localiza-se na margem direita do Estuário de Santos, compreendendo o trecho do início do Armazém 16 até o fim dos berços construídos em frente à Marinha do Brasil. Nesse cais, estão localizados os berços denominados como Armazém 19, Armazém 20/21 e Outeirinhos 03, que somados movimentaram 4,603 milhões de toneladas de soja em 2018. Por seu turno, no cais do Paquetá, as atracações referentes ao embarque de soja aconteceram nos berços Armazém 12A e Armazém 13/14, que movimentaram aproximadamente 1,442 milhões de soja no ano de 2018. O trecho de cais Ponta da Praia está localizado à margem direita do Estuário do Porto de Santos, no bairro Ponta da Praia. Nesse cais, foram movimentadas 3,374 milhões de toneladas de soja no ano de 2018, através dos berços Armazém 38 e Armazém 39. Por sua vez, na região de Conceiçãozinha, pode-se destacar a movimentação de soja nas seguintes instalações: Terminal de Granéis do Guarujá (TGG); Terminal de Exportação de Açúcar do Guarujá (TEAG) e Terminal Exportador do Guarujá (TEG). Cabe ressaltar que cada uma dessas instalações possui um píer individual, e somadas movimentaram aproximadamente 6,155 milhões de toneladas de soja em 2018. O Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita (Tiplam), antigo Terminal Marítimo Ultrafértil, está situado na margem esquerda do Canal da Piaçaguera, nas proximidades do limite entre os municípios de Santos e Cubatão. Nesse terminal, foram movimentadas aproximadamente 3,360 milhões de toneladas de soja, em três berços diferentes, denominados 01, 02 e 03. Localizado à margem esquerda do Canal do Porto

de Santos e construído em 1984, o TUP Cutrale movimentou suco de laranja e exporta grãos vegetais, soja e milho. A estrutura de atracagem desse TUP consiste em um píer corrido, por onde ficaram embarcadas 1,503 milhões de toneladas de soja ao longo de 2018 (BRASIL, 2018c).

Tabela 16 - Capacidade dinâmica complexo portuário de Santos (em ton/ano)

<b>Berço</b>	<b>Movimentação</b>	<b>Capacidade</b>
TIPLAM 2	2.709.852	4.153.047,95
TEAG	2.647.216	2.679.013,93
TGG	2.725.579	2.642.751,10
Armazém 19	1.559.076	2.162.210,14
Armazém 39	2.142.504	2.097.334,67
Outeirinhos 03	1.547.424	1.966.013,39
Armazém 20/21	1.496.360	1.830.874,29
Cutral	1.643.036	1.648.239,83
Armazém 12A	1.437.158	1.640.419,39
Armazém 38	1.231.279	1.290.889,55
TEG	782.051	1.270.306,59
TIPLAM 3	578.908	1.002.540,27
<b>Total Complexo Portuário</b>	<b>20.500.443</b>	<b>24.383.641,09</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 16 apresenta a capacidade de movimentação de soja estimada para cada berço que movimentou um volume superior a 75 mil toneladas de soja ao longo do ano de 2018. Os valores apresentados para a capacidade foram estimados conforme a metodologia da (BRASIL, 2018a), apresentada no Capítulo 3, sendo que a maioria dos parâmetros operacionais, foram obtidos da base de dados da ANTAQ, e referem-se ao ano de 2018. As duas exceções ficam por conta das variáveis, índice de ocupação admissível e tempo entre atracagens sucessivas, que foram retiradas do plano mestre do complexo portuário de Santos (BRASIL, 2018c). Conforme pode ser verificado na Tabela 16, apesar da movimentação em alguns berços superar a capacidade individual estimada, existe considerável capacidade ociosa no complexo portuário de Santos como um todo.



## 2.7 Corredor Sul – Eixo Paranaguá

O corredor Paranaguá refere-se ao escoamento da safra utilizando os complexos portuários de Paranaguá-Antonina e São Francisco do Sul. No Mato Grosso, estão na zona de influência desse corredor, regiões como Sinop e Diamantino (MTPA, 2017). Conforme os dados da Tabela 4, a importância do referido corredor para as exportações de soja do Mato Grosso tem diminuído progressivamente nos últimos anos, após o crescimento dos portos do Arco Norte. Cabe ressaltar a existência de rota unimodal e intermodal entre o Mato Grosso e os complexos portuários de Paranaguá-Antonina ou São Francisco do Sul.

Em relação a rota unimodal, o trajeto representativo é aquele cursado pela BR-163, nesse sentido Correa et al. (2010) destaca que a referida rodovia liga as principais regiões produtoras de soja no Mato Grosso ao porto de Paranaguá. Por sua vez, o MTPA, (2017) descreve a rota representativa entre a região de Sinop e o complexo portuário de Paranaguá, como aquela em que a BR-163 é utilizada entre Mato Grosso e o município de Alvorada do Sul (MS), para em seguida utilizar as rodovias federais BR-267, BR-376 e BR-277, além das rodovias estaduais, SP-270 e PR-445. Segundo consulta aos trechos rodoviários do (SNV, 2018), o trajeto rodoviário entre Sorriso e Paranaguá, pela rota representativa descrita pelo MTPA (2017), possui extensão de 2.183 km, sendo a superfície da rodovia pavimentada em todo esse trecho. Ademais, pode-se ressaltar que em 26,54% desse trajeto, ou 579,4 km, registra-se o uso de pistas duplicadas. Em relação as condições de conservação das estradas, a pesquisa CNT das Rodovias de 2018 classifica o estado geral como bom, em todas as rodovias utilizadas na rota representativa (CNT, 2018).

O uso da intermodalidade nesse corredor é propiciado pela Ferrovia Rumo Malha Sul, em especial as estações ferroviárias dos municípios de Maringá e Londrina. A partir do transbordo da carga nessas duas estações, a soja pode ser direcionada para os portos de Paranaguá ou São Francisco do Sul. Segundo os dados da ANTT, em 2018 foram embarcadas 3,844 milhões de toneladas de soja no terminal ferroviário de Maringá, e 648 mil toneladas de soja no pátio ferroviário de Londrina, totalizando um montante de 4,492 milhões de toneladas embarcados nos dois terminais. Em relação ao destino desse fluxo, aproximadamente 51% do volume total foi direcionado ao porto de São Francisco do Sul, e 49% sentido porto de Paranaguá. Dessa forma é importante destacar que a via permanente é compartilhada pelos fluxos destinados para os dois

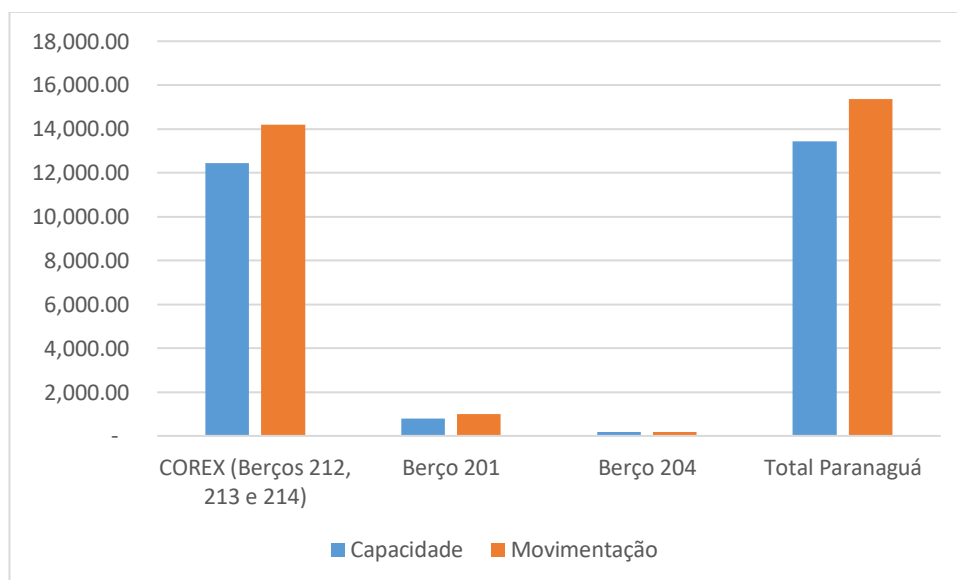
complexos portuários, desde o transbordoferroviário de origem até o pátio de Engenheiro Bley, onde os trajetos se separam. Na extensão compartilhada, o ponto mais restritivo no tocante à capacidade ociosa acontece entre os pátios Engenheiro Denisar Zanello e Mauá do Sul, onde a capacidade ociosa é de 1,8 pares de trens/dia. Considerando que o trem tipo da Ferrovia RMS possui capacidade para 6100 toneladas úteis de soja, no panorama atual é possível aumentar a soma das remessas de soja para os portos de Paranaguá e São Francisco do Sul em 4,008 milhões de toneladas por ano, sem reduzir a movimentação de outras mercadorias que trafegam na malha. Entretanto, cabe ressaltar que não existe a possibilidade desredirecionar integralmente o volume adicional referente à capacidade ociosa ao complexo portuário de São Francisco do Sul uma vez que entre os pátios de Engenheiro Bley e São Francisco do Sul está situado o trecho entre os pátios de Avencal e Cruz Lima, onde a capacidade ociosa existente é de 1,14 pares de trens/dia. Portanto o aumento nas remessas para São Francisco do Sul não pode ultrapassar 2,538 milhões de toneladas por ano, de forma a manter constante a circulação das outras mercadorias na via permanente (DR-ANTT, 2018).

Em relação aos dois complexos portuários, os dados da ANTAQ indicam que em 2018 foram embarcadas 15,538 milhões de toneladas de soja no complexo portuário de Paranaguá e Antonina, situando esse porto como o segundo mais importante do país em volume de soja movimentado. Por sua vez, através do complexo portuário de São Francisco do Sul foram enviadas 5,483 milhões de toneladas da oleaginosa ao longo do ano de 2018.

O Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina é composto pelo Porto Organizado deParanaguá, pelo Porto Organizado de Antonina, pelo TUP Cattalini e pelo TPPP, doravante TUPPontal do Paraná.Os portos de Paranaguá e Antonina são administrados pela mesma entidade, aAdministração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), uma empresa pública instituída pelaLei Estadual nº 17.895/2014, Decreto nº 11.562/2014. Atualmente, a APPA é responsável porgerir os Portos Organizados paranaenses por meio do Convênio de Delegação nº 037/2001,celebrado em 11 de dezembro de 2001 entre o Estado do Paraná e a União, com validade de 25anos, e que vigorará até 1º janeiro de 2027, com possibilidade de prorrogação.O Complexo Portuário em questão localiza-se na Baía de Paranaguá, no estado doParaná, uma baía natural que fornece segurança às embarcações, dispensando a necessidade de obras de abrigo (BRASIL, 2018d).

A movimentação de soja no complexo portuário de Paranaguá e Antonina acontece no Porto Organizado de Paranaguá, que dispõe de um cais público acostável, contínuo e com 3.131 metros de extensão, distribuídos em quatorze berços de atracação, numerados entre 201 e 217 (saltando os números 203, 207 e 210) (BRASIL, 2018d). A movimentação de soja ocorre principalmente na faixa de cais conhecida como Corredor de Exportação (COREX) (berços 212 a 214). Há também embarque de grãos nos berços 201 e 204. A operação de embarque no cais do COREX é feita por meio de seis carregadores de navio (dois em cada berço), posicionados sobre trilhos, possibilitando a translação do equipamento e consequentemente a mudança de porão. A capacidade nominal estimada para esse sistema é de 11 mil toneladas/hora. Por sua vez, a operação de carregamento dos navios nos berços 201 e 204 é realizada por apenas dois carregadores de navio (um em cada berço). Seguindo a metodologia e a divisão adotadas no plano mestre do Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina, e aplicando os parâmetros operacionais do ano de 2018, a capacidade de movimentação da infraestrutura de atracagem é apresentada no Gráfico 12.

**Gráfico 12 - Capacidade x Volume movimentado no complexo portuário de Paranaguá em 2018 (em 1000 ton.)**



Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 12 evidencia que o embarque de soja no complexo portuário de Paranaguá é altamente concentrado nos berços do COREX. Ademais, a movimentação atual no referido complexo portuário, supera a capacidade de movimentação estimada para a estrutura de acostagem. Esse panorama é o mesmo descrito no Plano Mestre elaborado para o complexo portuário de Paranaguá, com os dados operacionais do ano

de 2016, de forma que existe um projeto de expansão da capacidade da estrutura de acostagem do terminal. Segundo o Memorial Descritivo do projeto, o novo Corredor de Exportação de grãos (COREX), denominado Terminal T, contará com a implantação de um píer em forma de “T” perpendicular ao atual cais do COREX, onde serão alocados quatro berços para a movimentação de granéis sólidos. Cada berço contará com quatro torres pescantes cada, o que fornecerá uma capacidade de 16.000 t/h ao COREX para movimentação de granéis sólidos (BRASIL, 2018d).

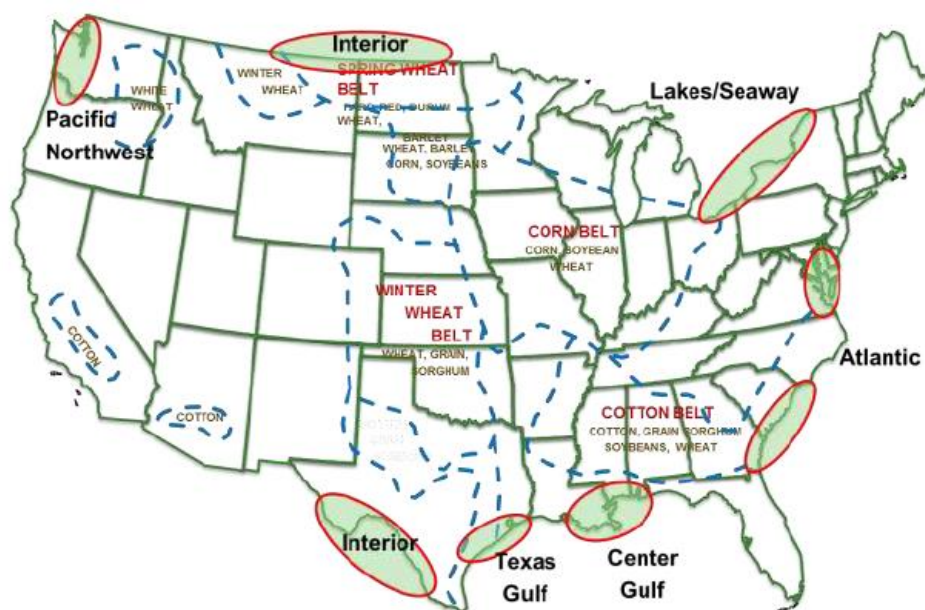
Por sua vez, o Complexo Portuário de São Francisco do Sul é formado pelo Porto Organizado de São Francisco do Sul e pelo Terminal de Uso Privado (TUP) Porto Itapoá, além do Terminal de Granéis de Santa Catarina (TGSC), que se encontra em implantação. O Complexo Portuário de São Francisco do Sul está localizado no litoral norte do Estado de Santa Catarina, na baía da Babitonga. O Porto de São Francisco do Sul está localizado na Ilha de São Francisco do Sul (SC), juntamente com o empreendimento TGSC, enquanto o TUP Porto Itapoá está localizado no outro lado da baía, no município de Itapoá (SC) (BRASIL, 2017d).

A movimentação de soja acontece na instalação denominada Porto Organizado de São Francisco do Sul, que dispõe de um cais com aproximadamente 1.500 metros de extensão, formando 7 berços de atracação. Nesse sentido, o embarque da oleaginosa acontece exclusivamente no berço 101, o qual possui 225 metros de comprimento e profundidade de 14 metros. O berço 101 é dotado de dois carregadores de navios com capacidade nominal de 1.500 t/h cada. Esses carregadores são alimentados por duas correias transportadoras a partir da torre da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola (CIDASC) (BRASIL, 2017d). A capacidade de movimentação de soja estimada para o berço 101, utilizando os parâmetros operacionais do ano de 2018, na metodologia apresentada pela (BRASIL, 2018a) é de 3.555.983 toneladas de soja. Uma vez que foram movimentadas 5.483.112 toneladas de soja no berço 101 ao longo do ano de 2018, pode-se afirmar que o complexo portuário de São Francisco do Sul, opera acima de sua capacidade em relação ao embarque da oleaginosa. À vista disso, estão previstas melhorias com finalidade de ampliar a capacidade de embarque de granéis sólidos no referido complexo portuário, com destaque para a implantação do Terminal de Granéis Sólidos de Santa Catarina (TGSC), que já foi iniciada (BRASIL, 2017d).

## 2.8 Corredores de Transporte de soja nos Estados Unidos

Uma vez que a presente pesquisa tem como um dos objetivos estimar os efeitos decorrentes da melhoria no sistema viário do Mato Grosso, sobre o mercado mundial da oleaginosa, as regiões produtoras de soja dos Estados Unidos também desempenham papel importante no modelo a ser desenvolvido a partir do próximo capítulo. Nesse sentido, é importante elucidar, mesmo que de forma superficial, as principais rotas percorridas para o escoamento da soja norte-americana.

Figura 11 – Regiões Portuárias dos Estados Unidos



Fonte: INFORMA, 2011

Em relação aos corredores logísticos da soja nos Estados Unidos, a divisão adotada na presente pesquisa foi baseada na classificação em regiões portuárias realizada pela AMS<sup>11</sup>. A partir da referida classificação, exibida na Figura 11, a AMS compila os dados referente ao escoamento de soja e grãos agrícolas, para exportação. Devido à proximidade geográfica, os portos do Golfo do Texas foram integrados ao Golfo Central, conforme proposto na divisão da (USSEC, 2015). Assim sendo, a região denominada Golfo do México corresponde aos portos localizados nos estados de Louisiana, Alabama, Mississippi e Texas. Dessa forma, a rede de transporte elaborada para capturar a logística da soja norte-americana no modelo que será apresentado no próximo capítulo é composta pelos seguintes corredores que serão brevemente

<sup>11</sup> Ver <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/GTRTable16.xlsx>

apresentados: Golfo do México, Noroeste do Pacífico, Costa do Atlântico, Grandes Lagos e Interior.

### 2.8.1 - *Golfo do México*

A região portuária do Golfo do México é o principal caminho de exportação para a soja dos Estados Unidos. Segundo os números do USDA, aproximadamente 60,99% do volume de soja exportado pelos Estados Unidos entre 2010 e 2018, foi escoado pela referida região portuária. O Golfo do México pode ser dividido em três áreas: Golfo Oriental (porto de Mobile no Alabama e Pascagoula no Mississippi); Golfo Central (portos de Louisiana); e Golfo Ocidental (portos do Texas). Em termos de volume de soja embarcado, os números do USDA indicam que o Golfo Central é o mais relevante, representando mais de 98% de toda a oleaginosa escoada na região do Golfo do México. O diferencial do Golfo Central é a sua localização a jusante do rio Mississippi, permitindo inclusive que embarcações oceânicas acessem portos a 229 milhas da sua foz. Nesse sentido, existem 12 elevadores de grãos localizados ao longo do rio Mississippi, na área de Nova Orleans, todos em operação privada. Eles estão espalhados de Myrtle Grove (61 milhas a partir da foz do rio) até Baton Rouge (229 milhas a partir da foz). Normalmente, são registrados entre 38 e 42 pés de corrente de água doce nesses berços, permitindo que embarcações de 50.000 toneladas ou mais possam atracar. Várias dessas instalações podem carregar mais de 50.000 toneladas métricas por dia, e algumas têm dois berços, permitindo carregar duas embarcações simultaneamente, enquanto, ao mesmo tempo, descarregam barcaças. (USSEC, 2015; TAYLOR, 2017).

O sistema hidroviário do Mississippi é uma infraestrutura essencial para a dinâmica desse corredor. O referido sistema é composto pelos rios Mississippi, Illinois, Ohio, Missouri e Arkansas, atravessando regiões com alta produção de soja. A importância da hidrovia do Mississippi para o escoamento da soja pelos portos do Golfo Central fica evidenciada pelo fato de que apesar da ampla disponibilidade de ferrovias ligando as regiões produtoras aos portos do Golfo, 90% dos grãos exportados na região de Nova Orleans são originários do modal hidroviário (INFORMA, 2011).

### 2.8.2 - *Noroeste do Pacífico*

Atualmente, a região portuária do Noroeste do Pacífico (PNW) se consolidou como a segunda mais importante dos Estados Unidos em termos de volume de soja escoado. Segundo os dados do USDA, aproximadamente 23,63% do volume de soja

exportado pelos Estados Unidos entre 2010 e 2018 foram escoados pelos portos do PNW. Cabe ressaltar, que a participação de mercado dos portos do PNW no volume de soja exportado no ano de 2018 foi inferior em relação ao habitual dos últimos anos, contribuindo com apenas 16,83%. A expansão do comércio de soja entre Estados Unidos e a China no século XXI, aumentou de maneira substancial o volume de soja exportado pelos portos do PNW. Os dados do United States Census Bureau indicam que as remessas para a China correspondiam a mais de 90% do volume total de soja embarcado nos portos do PNW no ano de 2017, de forma que a recente guerra comercial entre os dois países pode justificar esse declínio em 2018.

Ao mesmo tempo em que as remessas de soja pelo PNW cresceram nos últimos anos, pode-se destacar a produção da oleaginosa nos EUA, movendo-se constantemente para o norte e oeste em Nebraska, Minnesota, Dakota do Norte e Dakota do Sul (USSEC, 2015). Uma vez que não existe hidrovía que liga o “cinturão de milho” aos portos do PNW, os grãos exportados nesse corredor chegam ao litoral majoritariamente pelo modal ferroviário (INFORMA, 2011). Apesar do modal ferroviário ser mais oneroso em relação ao hidroviário, a grande vantagem do PNW quando comparado aos portos do Golfo surge ao se analisar o frete marítimo para os destinos asiáticos. Conforme (Salin, 2018) o preço do envio de uma tonelada de soja dos portos do Golfo para a China é aproximadamente 82,5% maior em relação as remessas originadas no PNW aumentando a competitividade deste.

### 2.8.3 - *Costa do Atlântico*

A Costa do Atlântico possui menor relevância em relação ao Golfo e ao PNW para a exportação de soja dos Estados Unidos. Segundo os números do USDA, aproximadamente 3,91% do volume de soja exportado pelos Estados Unidos entre 2010 e 2018, foram escoados pelos portos da costa do Atlântico. Nesse sentido, os dados do USA Trade Numbers<sup>12</sup>, indicam que os portos de Norfolk (VA) e Nova York (NY) são os principais pontos de escoamento de soja na Costa do Atlântico. Cabe ressaltar que o referido corredor já foi mais importante para as exportações de soja, entretanto o papel do Atlântico diminuiu quando as tarifas de frete ferroviário foram desreguladas. Sob desregulamentação, as ferrovias que serviam ao Golfo enfrentavam forte concorrência

---

<sup>12</sup> Ver <https://www.ustradenumbers.com/export/Soybeans/>

do sistema hidroviário do Mississippi, mas as ferrovias que serviam a Costa Leste dos EUA não tinham concorrência, mantendo as taxas ferroviárias mais elevadas nesse corredor. Dessa forma, a vantagem de um frete marítimo mais curto para a Europa, geralmente é consumida por um custo mais elevado no transporte interior (USSEC, 2015). Por sua vez, no tocante à distância marítima para a China, o site sea-distance indica que os portos de Norfolk e Nova York, estão situados a uma distância marítima ligeiramente maior em relação aos portos do Golfo, considerando a rota mais curta (via Canal do Panamá).

#### 2.8.4 - *Grandes Lagos*

Os Grandes Lagos dos EUA, juntamente com o Canal Welland, que contorna as Cataratas do Niágara, e o Canal de St. Lawrence, constituem uma quarta costa para as exportações de soja dos EUA. Segundo os dados do USDA, aproximadamente 1,74% do volume total de soja exportado pelos Estados Unidos entre os anos de 2010 e 2018, foi escoado pelos portos localizados no corredor logístico dos Grandes Lagos. Nessa direção, destacam-se os portos de Toledo (OH), Chicago (IL), Duluth (MN) e Superior (WI). O referido sistema hidroviário possui 15 eclusas<sup>13</sup>, propiciando a navegação desde o Oceano Atlântico até o Lago Superior. A navegação na água doce nos Grandes Lagos é restrita a embarcações com calado de até 26 pés. Dessa maneira, as opções para o embarque da soja pelos Grandes Lagos consistem em: carregamento nos barcos cargueiros do lago, para a navegação até Quebec (Canadá) onde a carga será transferida para navios oceânicos; ou a utilização de pequenos navios oceânicos, que serão parcialmente carregados nos lagos, de forma a respeitar o calado máximo permitido, com opção de novo carregamento em Quebec (USSEC, 2015).

#### 2.8.5 - *Interior*

O chamado corredor *interior* refere-se ao movimento terrestre de grãos para os países fronteiriços, México e Canadá, dispensando a necessidade da utilização de um complexo portuário (INFORMA, 2011). Segundo os dados do USDA, o México atualmente é um dos maiores importadores de soja do planeta, adquirindo um montante superior a 5 milhões de toneladas em 2018. Por sua vez, o Canadá não se configura

---

<sup>13</sup> Ver <https://www.seaway.dot.gov/about/great-lakes-st-lawrence-seaway-system>



como um importador da oleaginosa. Os dados do USDA indicam que 9,73% do volume total de soja exportado pelos Estados Unidos entre 2010 e 2018 foi escoado pelo referido corredor logístico, de modo que esse pode ser considerado o terceiro mais relevante em volume. Nesse sentido pode-se destacar a extensa malha ferroviária que conecta os Estados Unidos a regiões internas dos dois países vizinhos.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Problemas de Otimização e o Modelo de Equilíbrio Espacial

Encontrar a melhor maneira de se realizar uma tarefa específica envolve o que é chamado de problema de otimização ou programação matemática. Exemplos podem ser encontrados em quase todas as áreas da atividade humana. Um agricultor pode procurar a quantidade de fertilizantes por metro quadrado que maximizará o lucro; um médico pode querer saber quando é a melhor hora do dia para injetar um medicamento, de maneira a evitar que a concentração na corrente sanguínea se torne perigosamente alta (HAMMOND et al., 2012).

Estudar um problema de otimização sistematicamente requer um modelo matemático. Segundo Hillier et al. (2013), um modelo matemático deve possuir a capacidade de absorver a essência do problema real, de modo que o modelo seja uma representação suficientemente próxima das principais características da situação, e as conclusões obtidas através desse também sejam válidas para o problema real. Dessa forma, se houver  $n$  decisões quantificáveis relacionadas a serem feitas, elas serão representadas na forma de *variáveis de decisão* ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ). Uma medida de desempenho pode ser expressa como uma função matemática dessas variáveis de decisão, sendo chamada de *função objetivo*, e denotada por  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Normalmente existem *restrições* em função dos valores que as variáveis de decisão podem assumir, devido às limitações naturais na situação real, sendo representadas por equações ou desigualdades, e denotadas por  $g(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . As constantes, notadamente os coeficientes, os lados direitos nas restrições e os coeficientes da função objetivo, são denominados *parâmetros* do modelo. Uma *solução* atribui valores às variáveis de decisão de forma a cumprir o objetivo proposto na medida de desempenho. Caso os valores atribuídos às variáveis de decisão satisfaçam todas as restrições, essa solução é chamada de *solução viável*, por outro lado, se pelo menos uma restrição é violada, tem-se uma *solução inviável*. O conjunto de todas as soluções viáveis é denominado *região de soluções viáveis*. Portanto, um problema de otimização matemática geralmente é apresentado da seguinte forma:

$$\text{Max (Min)} f(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ sujeito a } \begin{cases} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_1 \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_m \end{cases}$$

Conforme Pereira (2002), para a resolução de um problema de otimização existem diversos algoritmos de programação matemática que são definidos de acordo com as características da função objetivo e das restrições. Assim, os problemas de otimização podem se dividir em diferentes formas, como mostra a Tabela 17.

Tabela 17 - Divisão dos problemas de otimização

<b>Tipos de otimização</b>	<b>Função objetivo</b>	<b>Restrições</b>
Programação Linear	Linear	Lineares
Programação Quadrática	Quadrática	Lineares
Programação Não Linear	Linear/não linear	Não linear/lineares

Fonte: Pereira (2002)

Pode-se ainda destacar algumas extensões desses modelos, como a programação inteira, que restringe as variáveis de decisão aos valores inteiros, ou a programação mista, em que algumas variáveis de decisão são restritas aos valores inteiros e outras não (Hillier et al., 2012).

A programação linear (PL) é a técnica mais conhecida e utilizada na solução de problemas de otimização, sendo também uma das mais aplicadas em problemas de transportes, com destaque para os problemas do fluxo de custo mínimo e do transporte (que é uma especialização do problema do fluxo de custo mínimo). A PL é empregada em problemas cujo objetivo é alocar recursos limitados às atividades competitivas de maneira ótima ou, em outras palavras, problemas cujo objetivo é determinar distribuições ótimas de recursos limitados para satisfazer alguma meta (Fajardo, 2006). Dada a importância da programação linear para a literatura dedicada à otimização da atividade de transporte, suas principais hipóteses serão brevemente apresentadas por intermédio de um problema de transporte.

A forma geral do problema do transporte pode ser apresentada como a seguir:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (3.1)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = s_i \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad \text{para todo } i \text{ e } j$$

Onde:

$Z$  é o custo total de distribuição (medida de desempenho);

$x_{ij}$  representa o número de unidades da mercadoria enviadas da origem  $i$  para o destino  $j$  (variáveis de decisão);

$c_{ij}$  é o custo de transportar uma unidade da mercadoria da origem  $i$  para o destino  $j$ ;

$s_i$  é o número de unidades ofertada pela origem  $i$ ;

$d_j$  é o número de unidades demandadas no destino  $j$ .

Ressalta-se que  $c_{ij}$ ,  $s_i$  e  $d_j$  são os parâmetros do modelo. Além disso, os parâmetros do lado esquerdo das restrições são todos iguais a um ou zero, sendo essa uma característica especial do problema do transporte, de maneira que qualquer problema que se encaixe nessa formulação especial é chamado de Problema do Transporte na PL. Qualquer problema real que se enquadre nesse modelo também satisfaz todas as premissas da programação linear, as quais são apresentadas a seguir (HILLIER et al., 2013):

- a) Proporcionalidade – A contribuição de cada atividade  $x_{ij}$  ao valor da função objetivo  $Z$  ou ao lado esquerdo de cada restrição funcional é proporcional ao nível de atividade, descartando-se, dessa forma, qualquer expoente diferente de um para qualquer variável. No sistema (3.1) isso implica que o aumento em uma unidade de  $x_{ij}$  sempre aumenta o valor de  $Z$  em  $c_{ij}$ . No tocante às restrições, uma vez que os parâmetros não nulos da restrição são todos iguais a 1, então o aumento em  $x_{ij}$  sempre aumenta o valor do lado esquerdo da restrição em uma relação 1:1;
- b) Aditividade – Toda função em um modelo de programação linear (seja a função objetivo, seja a função que se encontra do lado esquerdo de uma restrição funcional) é a soma das contribuições individuais das respectivas atividades. Na função objetivo (3.1) essa premissa implica que o valor da função objetivo é exatamente a soma do gasto individual com distribuição em cada par origem-destino.

- c) Divisibilidade – As variáveis de decisão podem assumir quaisquer valores, incluindo valores fracionários, desde que satisfaçam as restrições;
- d) Certeza – Assume-se o valor atribuído a cada parâmetro de um modelo, como uma constante conhecida;
- e) Relação entre soluções ótimas e soluções PEF (Ponto Extremo Factível) – Qualquer problema de PL que possua soluções viáveis e uma região de soluções viáveis limitada, possuirá pelo menos uma solução ótima e soluções PEF. Isso é, aquela situada em um vértice da região de soluções viáveis. Ademais, a melhor solução PEF, obrigatoriamente é uma solução ótima, assim, se o problema possui apenas uma solução, trata-se de uma solução PEF, e caso possua múltiplas soluções, pelo menos duas serão soluções PEF.
- f) Região de soluções viáveis convexa – Um problema de PL sempre possui um conjunto de soluções viáveis convexo, isso é, qualquer segmento traçado entre dois pontos pertencentes a região viável, estará inteiramente contido na região de soluções viáveis. As hipóteses (e) e (f) em conjunto viabilizam a resolução por meio do algoritmo Simplex, que geometricamente baseia a identificação da solução ótima, comparando-se o valor da função objetivo em um ponto extremo com os pontos extremos adjacentes, até encontrar o PEF em que nenhum dos PEF adjacentes possua um valor “melhor” para Z.

Cabe ressaltar que o Problema do Transporte possui uma exigência adicional que deve ser satisfeita. Cada origem  $i$  tem uma oferta fixa de unidades  $s_i$  e toda essa oferta tem de ser distribuída aos destinos. Da mesma forma, cada destino  $j$  tem uma demanda fixa por unidades  $d_j$ , nas quais toda essa demanda deve ser recebida das origens. Em (3.2) essa hipótese implica que para um Problema do Transporte possuir soluções viáveis, então é preciso estabelecer que  $\sum_{i=1}^m s_i = \sum_{j=1}^n d_j$ . Um modelo do transporte que satisfaz essa exigência é dito *balanceado*, sendo que no caso onde existe excesso de oferta ou excesso de demanda, o problema deve ser convertido para se tornar balanceado. Supondo um caso em que exista excesso de oferta, essa conversão é realizada pela adição de um destino fictício que absorva a oferta excedente com um custo de transporte nulo, pois não há nenhum custo envolvido por parte de uma alocação fictícia. Esse destino irreal é chamado de destino “fantasma”. Raciocínio análogo pode ser realizado no caso onde existe excesso de demanda. O modelo do Problema do Transporte não satisfaz algumas situações que normalmente podem

acontecer, como, por exemplo, o transbordo da carga em um ponto intermediário entre a origem e o destino, ou restrições quanto a capacidade máxima de movimentação em um arco (rota). Esse tipo de problema pode ser resolvido pela programação linear, desde que todas as funções sejam lineares, através do Problema do Fluxo de Custo Mínimo. Esse modelo também fixa a oferta e a demanda em cada nó, e estabelece a igualdade entre elas, fazendo uso de localidades “fantasma” caso necessário. Por sua vez, a capacidade de cada arco é representada por restrições de desigualdade (HILLIER et al., 2013).

Dado que o principal objetivo da presente pesquisa consiste em mensurar o impacto da melhoria da infraestrutura de transportes sobre o escoamento da safra de grãos nas regiões setentrionais do país através de um modelo matemático, algumas das características do Problema de Transporte ou do Fluxo de Custo Mínimo podem ser consideradas indesejáveis. No cerne dessa questão encontram-se as hipóteses assumidas sobre a oferta e demanda consideradas fixas e os preços exógenos. O equilíbrio de preços e quantidades transacionadas em mercados espacialmente separados suscita discussões dentro da teoria econômica há muitas décadas. Ao longo desse tempo várias abordagens foram criadas sob diferentes hipóteses para compreender o referido problema e mensurar possíveis reações propagadas nesse sistema em resposta a choques externos, como melhorias na infraestrutura de transportes ou o estabelecimento de subsídios a certos setores. A principal diferença entre as hipóteses assumidas para o modelo, no que tange a determinação do tipo de programação matemática utilizada para resolvê-lo, consiste na suposição adotada acerca da exogeneidade (ou endogeneidade) dos preços, bem como dos montantes produzido e consumido em cada região (COSTA, 2007).

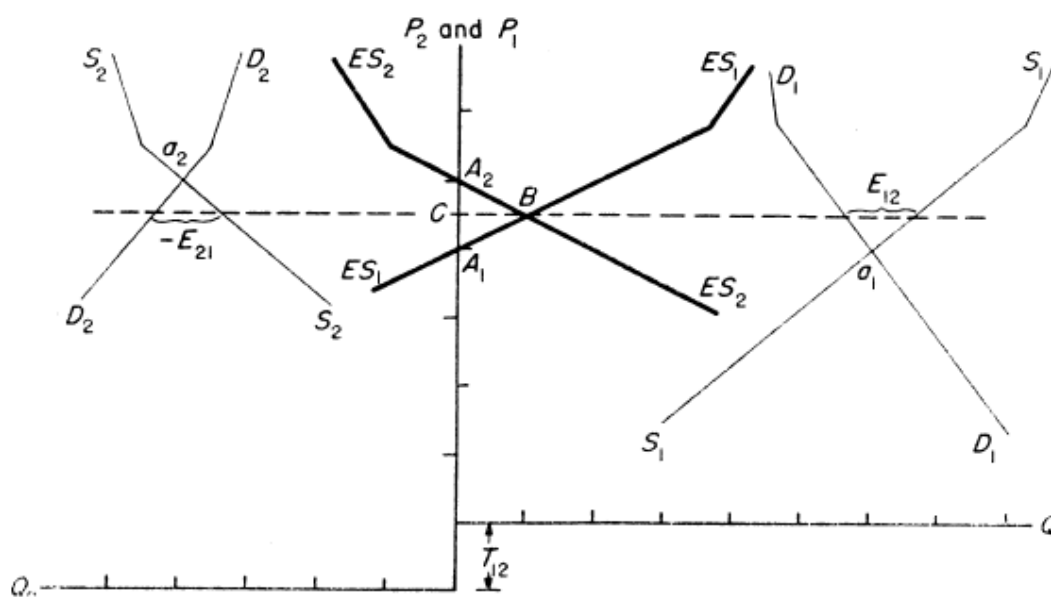
No caso em que os preços e as quantidades ofertadas e demandadas são considerados exógenos a resolução é propiciada pela utilização da *programação linear*. Conforme apresentado, esse problema é formulado fixando os preços, os montantes disponíveis nas localidades de oferta e os requeridos nas localidades demandantes, bem como o custo unitário do transporte entre essas localidades, com a investigação girando em torno da identificação do fluxo que gera o custo mínimo total para a realização desse comércio, satisfazendo todas as restrições previamente fixadas (SAMUELSON, 1952).

Quando se assume a hipótese de que os preços, os montantes ofertado e demandado, em cada região, são endógenos, então, utiliza-se a *programação*

*quadrática*. A suposição da inter-relação entre essas variáveis, remonta a Cournot (1878) e Enke (1951), sendo que esses autores consideraram a existência de uma curva de oferta e demanda para um bem homogêneo em cada uma das localidades, para explicar a trajetória dos preços e quantidades. Eles também assumem que o custo unitário para transportar a mercadoria entre as localidades seja conhecido e exógeno. Nesse caso, a investigação é focada no equilíbrio final dos preços, e das quantidades importada, exportada, produzida e demandada em cada região considerada (SAMUELSON, 1952).

Dado que o Capítulo 1 apresenta a maneira como a indisponibilidade de uma infraestrutura adequada afeta a rentabilidade da atividade agrícola, é esperado um cenário de ajustamento com o aumento do estoque de infraestrutura propiciando o aumento do preço recebido pelos produtores nas localidades beneficiadas, que por sua vez afeta variáveis como a oferta regional, o preço de mercado em outras localidades e a demanda. Dessa forma, um método que leva em consideração o ajustamento pode ser considerando uma representação mais próxima da realidade em relação ao caso em que esse ajustamento é desconsiderado em favor da fixação dessas variáveis. Portanto o modelo de equilíbrio espacial (programação quadrática) torna-se a opção de método para o presente estudo.

Gráfico 13 - Equilíbrio de exportações e importações



Fonte: Samuelson (1952)

Samuelson (1952) argumenta que o problema com quantidades e preços endógenos pode ser visto como um caso mais geral que inclui dentro de si, a proposta do modelo de programação linear. A contribuição desse autor consistiu em converter o modelo normativo com preços endógenos, formulado por Enke (1951), em um problema de maximização, uma vez que ao contrário do modelo com preços e quantidades exógenas, onde verifica-se uma mecânica centralizada que deveria ser maximizada/minimizada, nesse caso vigora um ambiente competitivo composto por diversos atores perseguindo seus interesses privados.

A estrutura apresentada por Samuelson (1952) exhibe inicialmente o mercado para um produto homogêneo em duas regiões, genericamente denominadas 1 e 2, que não comercializam entre si, com seus mercados internos equilibrados, com  $P_1 = A_1$  e  $P_2 = A_2$ . Caso o diferencial de preços entre essas duas regiões supere o custo de transporte da mercadoria entre as localidades ( $T_{12}$ ), existirá um fluxo positivo de exportações da região 1, que possui menor preço de equilíbrio interno ( $A_1$ ), para a região 2, que registra o maior preço de equilíbrio interno ( $A_2$ ). A curva  $ES_1$  é chamada de curva de excesso de oferta da região 1, sendo definida como a curva de demanda interna ( $D_1$ ) subtraída lateralmente a cada preço da curva de oferta interna ( $S_1$ ), enquanto a curva  $ES_2$  representa o caso análogo para a região 2. O novo equilíbrio é representado pelo ponto B, no qual o preço do produto na região importadora, excede o preço na região exportadora, exatamente pela diferença relacionada ao custo de transporte  $T_{12}$ , motivo pelo qual o eixo das abcissas referente a região exportadora no Gráfico 13 está deslocado pela distância  $T_{12}$ , nesse ponto o excesso de oferta no mercado 1 será algebricamente igual ao excesso de demanda no mercado 2.

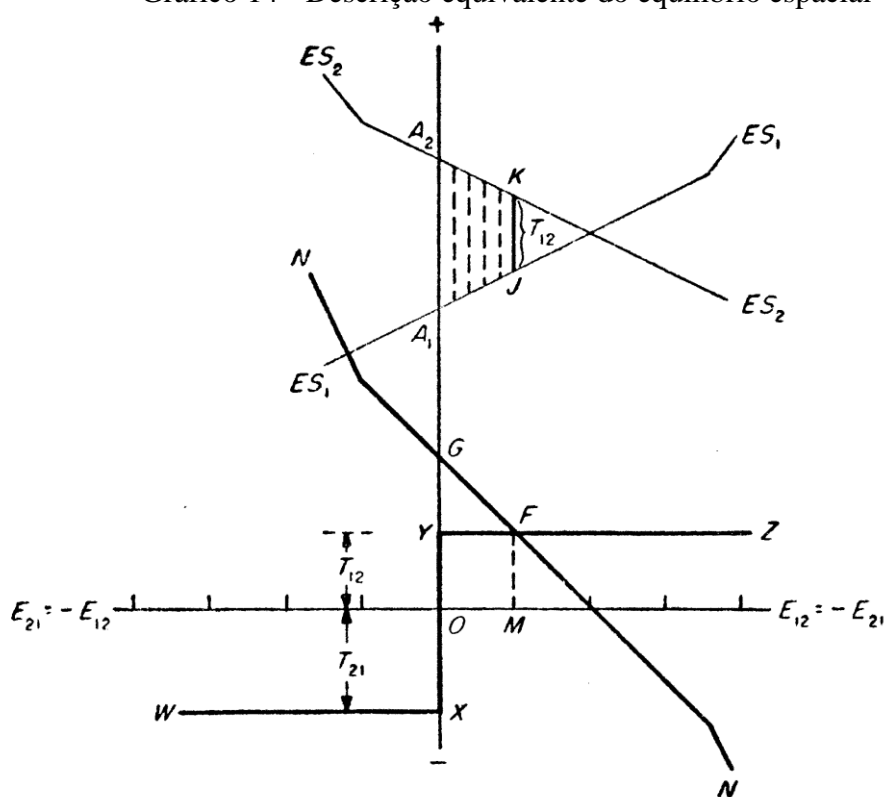
Para converter o problema descritivo de Enke (1951) em um problema de otimização, Samuelson encontra a curva de excesso líquido de oferta (NN), obtida pela subtração vertical das curvas de excesso de oferta de cada mercado; além do mais, o autor deriva a curva de custos de transporte (XWYZ) definida conforme a premissa de custos de deslocamento exógenos e constantes, com descontinuidade devido a relação entre a natureza do fluxo e a disposição do gráfico.

Na parte superior do Gráfico 14, agora com o eixo das abcissas no mesmo nível, o equilíbrio é dado pelo segmento JK, onde o preço nos dois países difere justamente pelo custo de transporte  $T_{12}$ . Por sua vez, na parte inferior, o mesmo equilíbrio é representado pelo ponto F, na intersecção entre a curva de excesso líquido de oferta e a



curva de custos de transporte, sendo o fluxo de exportações direcionado de 1 para 2, igual a  $M$ . As áreas  $A_1JKA_2$  e  $OMFG$  são equivalentes, e devem ser comparadas com a área sob a curva de custo de transporte,  $OMFY$ . Dessa forma, o autor apresenta o conceito chave de lucro social líquido (originalmente chamado pay-off social líquido), que corresponde à soma do lucro social de cada região menos o custo de transporte. O lucro social de cada região é definido como a área sob a curva de excesso de demanda, que é igual, em magnitude, à área sob a curva de excesso de oferta, com o sinal invertido. Dessa forma, o lucro social combinado de ambos os mercados pode ser mensurado pela área abaixo da curva de excesso líquido de oferta ( $NN$ ).

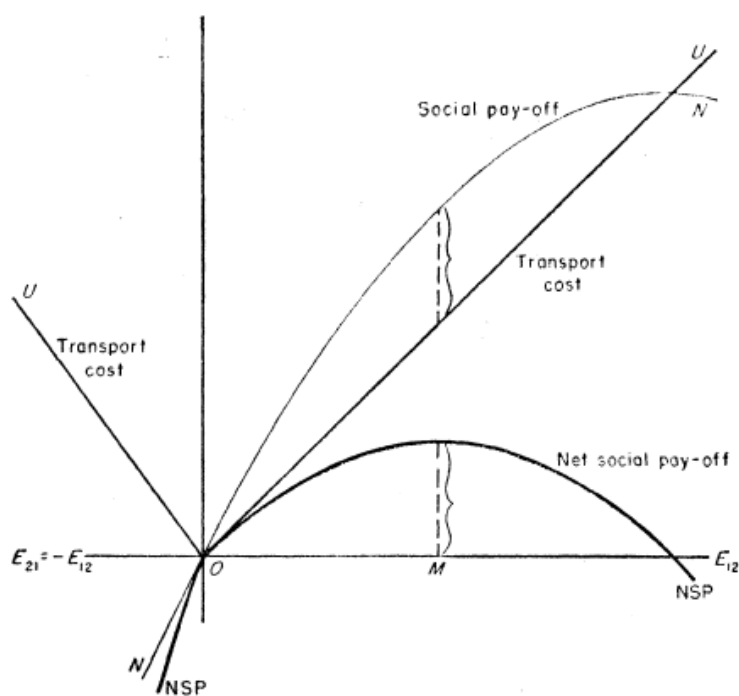
Gráfico 14 - Descrição equivalente do equilíbrio espacial



Fonte: Samuelson (1952)

No Gráfico 15, o autor demonstra como o lucro social combinado das duas regiões varia conforme a magnitude do comércio. O fluxo ( $E_{12}$ ) que maximiza o bem-estar social é aquele onde a distância vertical entre as curvas de lucro social e custo de transporte é máxima, e corresponde ao ponto máximo da função de *lucro social líquido*. Portanto, o objetivo é maximizar o lucro social líquido, conforme Gráfico 15, e assim a formulação proposta por Enke foi convertida em um problema de maximização.

Gráfico 15 - Maximizando o Lucro Social Líquido



Fonte: Samuelson (1952)

Uma solução mais elegante para o modelo de equilíbrio espacial foi apresentada por Takayama e Judge (1971). Os referidos autores assumem que a equação de demanda e oferta para cada região são funções lineares do preço, possuindo a seguinte forma:

- Função de demanda

$$y_i = \alpha_i - \beta_i p_i \text{ para todo } i, \quad (3.3)$$

Onde  $y_i$  é a quantidade demandada na  $i$ -ésima região,  $p_i$  é o preço de demanda na  $i$ -ésima região, sendo  $\alpha_i$  e  $\beta_i$  constantes maiores que zero. Além disso, por hipótese a função de demanda em cada região é uma função contínua, diferenciável e monotonicamente decrescente com relação ao preço.

- Função de oferta

$$x_i = \theta_i + \gamma_i p^i \quad \text{para todo } i \quad (3.4)$$

Onde  $x_i$  é a quantidade ofertada na região  $i$ -ésima região,  $p^i$  é o preço de oferta na região  $i$  e  $\gamma_i$  é uma constante positiva. Além disso, por hipótese a função de oferta em

cada região é uma função contínua, diferenciável e monotonicamente crescente com relação ao preço.

Em seguida, os autores encontram as funções de demanda e oferta inversas a partir das equações (3.3) e (3.4).

$$p_i = \delta_i - \omega_i y_i \quad (3.5)$$

$$p^i = v_i + \eta_i x_i \quad (3.6)$$

Onde é assumido que  $\delta_i > 0$ ,  $\eta_i > 0$ ,  $v_i > 0$  e  $\omega_i > 0$ .

Dessa forma, a função lucro social (que nesse caso foi denominada *quasi-welfare function*) para a região  $i$ , foi então determinada, em consonância com a proposta de Samuelson (1952), da seguinte forma (abidem)

$$W_i(y_i, x_i) = \int_0^{y_i} (\delta_i - \omega_i y_i) dy_i - \int_0^{x_i} (v_i + \eta_i x_i) dx_i = \delta_i y_i - \frac{1}{2} \omega_i y_i^2 - v_i x_i - \frac{1}{2} \eta_i x_i^2 \quad (3.7)$$

A função de lucro social para a economia global sobre as  $n$  regiões distintas é assumida no formato aditivo, sendo dada como:

$$W(y, x) = \sum_{i=1}^n W_i(y_i, x_i) = \sum_{i=1}^n \left( \delta_i y_i - \frac{1}{2} \omega_i y_i^2 - v_i x_i - \frac{1}{2} \eta_i x_i^2 \right) \quad (3.8)$$

A equação (3.8) também pode ser apresentada na forma matricial como:

$$W = \vec{\delta}' \vec{y} - \vec{v}' \vec{x} - \frac{1}{2} \vec{y}' \Omega \vec{y} - \frac{1}{2} \vec{x}' H \vec{x} \quad (3.9)$$

Onde:

$$\vec{\delta} = (\delta_1 \quad \delta_2 \quad \dots \quad \delta_n)', \quad \vec{v} = (v_1 \quad v_2 \quad \dots \quad v_n)'$$

$$\vec{y} = (y_1 \quad y_2 \quad \dots \quad y_n)', \quad \vec{x} = (x_1 \quad x_2 \quad \dots \quad x_n)'$$

$$H = \begin{pmatrix} \eta_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \eta_2 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \eta_n \end{pmatrix} \quad \Omega = \begin{pmatrix} \omega_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \omega_2 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \omega_n \end{pmatrix}$$

O custo total de transporte entra como uma perda de bem-estar para a sociedade e, portanto, deve ser subtraído na função objetivo. Assim, o custo total de transporte para todos os fluxos possíveis é escrito como:

$$\sum_i \sum_j t_{ij} x_{ij} = T' X \quad (3.10)$$

Onde  $T = (t_{11} \ \cdots \ t_{1n} \ \cdots \ t_{n1} \ \cdots \ t_{nm})'$  e  $X = (x_{11} \ \cdots \ x_{1n} \ \cdots \ x_{n1} \ \cdots \ x_{nm})'$ .

Dessa forma, Takayama e Judge (1971) definiram o lucro social líquido, através da diferença entre o lucro social e o custo de transporte, chegando à função objetivo do problema de maximização, que pode ser apresentada na forma matricial (3.11).

$$NW(y, x, X) = \lambda' y - v' x - \frac{1}{2} y' \Omega y - \frac{1}{2} x' H x - T' X \quad (3.11)$$

As restrições de balanço de oferta e demanda devem ser satisfeitas para a existência do equilíbrio, portanto, foi assumido que para cada região, a quantidade consumida  $y_i$  é menor ou igual à quantidade recebida de todas as regiões fornecedoras.

$$y_i \leq \sum_{j=1}^n x_{ji}, \text{ para todo } i \quad (3.12)$$

Onde  $x_{ji}$  é a quantidade transportada da  $j$ -ésima região para a  $i$ -ésima região, além disso, a quantidade ofertada por cada região foi considerada maior ou igual à remessa total enviada da região para todas as outras.

$$x_i \geq \sum_{j=1}^n x_{ji}, \text{ para todo } i \quad (3.13)$$

Na forma matricial, as restrições (3.12) e (3.13) podem ser apresentadas como a seguir:

$$GX \geq \begin{pmatrix} y \\ -x \end{pmatrix} \quad (3.14)$$

$$x \geq 0, y \geq 0 \text{ e } X \geq 0 \quad (3.15)$$



- um máximo (mínimo) local não precisa necessariamente ser um máximo (mínimo) global.

Uma região de soluções viáveis não convexa dificulta a utilização de algoritmos de busca que procura se aproximar iterativamente da solução ótima, progredindo ao longo de linhas retas, como o Simplex. Ademais, algoritmos como o Simplex também são pouco efetivos na programação não linear devido à possibilidade da solução ótima não se situar em um ponto extremo da região de soluções viáveis, demandando a avaliação dos pontos interiores (Zörnig, 2011). Em relação ao ótimo, é necessário conhecer as condições sob as quais um máximo local pode ser garantido como um máximo global. Em um contexto de otimização irrestrita, o fato de a função objetivo ser côncava (convexa) garante que um máximo (mínimo) local é um máximo (mínimo) global. Entretanto, no contexto de otimização com restrições, a hipótese adicional de que a região de soluções viáveis é um conjunto convexo deve ser assumida para garantir essa correspondência. A região de soluções viáveis será um conjunto convexo sempre que todas as restrições forem funções convexas. Uma vez que uma função linear é uma função côncava e convexa, então a região de soluções viáveis para um problema de programação quadrática é convexa (HILLIER et al., 2013).

Um método de resolução desse tipo de problema deve examinar os possíveis candidatos para a solução ótima tanto no interior da região de soluções viáveis, quanto na fronteira da região de soluções viáveis. Desde a década de 1950, os economistas geralmente lidam com esses problemas usando uma extensão do método multiplicador Lagrangeano (usado no caso de otimização sujeita a restrição de igualdade), formulado originalmente a H.W. Kuhn e A.W. Tucker. O método de Kuhn-Tucker adota basicamente o mesmo procedimento do método do multiplicador de Lagrange, formando a função lagrangeana (3.17) e encontrando todos seus pontos estacionários, isso é, aqueles onde todas as derivadas parciais são iguais a zero. A nova característica introduzida nesse método é a chamada condição de folga complementar, que define o multiplicador lagrangeano como uma constante não negativa, e que assume o valor zero caso a inequação de restrição, a qual ele está associado, seja satisfeita com desigualdade estrita. (Sydsaeter et al., 2008; Sydsaeter et al., 2012).

As condições de Kuhn-Tucker são necessárias somente se uma condição particular é satisfeita. Tal condição é chamada de *qualificação da restrição* e impõe uma

certa restrição às funções de restrições de um problema de programação não-linear, visando excluir certas irregularidades na fronteira do conjunto viável, que poderiam invalidar as condições de Kuhn-Tucker caso a solução ótima ocorresse ali. Entretanto, apesar da convexidade do conjunto viável por si só não garantir que as condições de Kuhn-Tucker são necessárias, no caso específico da região viável ser um conjunto convexo formado somente por restrições lineares, como é o caso da programação quadrática, a qualificação de restrição será invariavelmente cumprida e as condições de Kuhn-Tucker sempre serão válidas em uma solução ótima (Chiang et al., 2006). Ademais, a condição de Slater<sup>14</sup>, que é uma qualificação de restrição, é válida para o problema do equilíbrio espacial (Takayama et al., 1971). Uma vez que a função objetivo é contínua, a existência de uma solução é garantida pelo teorema do valor extremo, atribuído a Weierstrass, o qual estabelece que toda função valor real contínua  $f(x)$  definida em um conjunto compacto possui tanto um ponto de máximo quanto um ponto de mínimo. Conforme Sydsaeter et al. (2012), esse teorema estabelece que toda função valor real contínua  $f(x)$  definida em um conjunto não-vazio, fechado e limitado possui tanto um ponto de máximo quanto um ponto de mínimo. No que diz respeito a singularidade, conforme a análise da concavidade da função NW realizada anteriormente  $x_i^*$  e  $y_i^*$  são únicos, mas  $X^*$  pode não ser único (Takayama et al., 1971).

Dessa forma, Takayama et al. (1971) definem a função de Lagrange para esse problema na seguinte forma matricial:

$$\phi(y, x, X, \lambda) = \bar{\delta}'\bar{y} - \bar{v}'\bar{x} - \frac{1}{2}\bar{y}'\Omega\bar{y} - \frac{1}{2}\bar{x}'H\bar{x} + \bar{\lambda}'\left(GX - \begin{pmatrix} y \\ -x \end{pmatrix}\right) \quad (3.17)$$

Onde  $\bar{\lambda} = (\lambda_1 \quad \lambda_2 \quad \dots \quad \lambda_n \quad \lambda^1 \quad \lambda^2 \quad \dots \quad \lambda^n) \geq 0$ .

As condições de Kuhn-Tucker produzem as seguintes relações:

---

<sup>14</sup>Segundo essa qualificação de restrição, existe uma esfera  $U$  em torno de  $x^*$  em  $R^n$  tal que  $g_1, \dots, g_m$  são funções convexas em  $U$  e existe  $z \in U$  tal que cada  $g(z) < b$ . Isso implica que o conjunto-restrição possui um interior não-vazio e as restrições são funções convexas (Simon et al., 2004).

$$\left. \begin{array}{ll}
\text{(a)} & \frac{d\phi}{dy} = \delta - \Omega y^* - \lambda_y^* \leq 0 \quad \text{e} \quad \left( \frac{d\phi}{dy} \right)' y^* = 0 \\
\text{(b)} & \frac{d\phi}{dx} = -(\nu + Hx^*) + \lambda_x^* \leq 0 \quad \text{e} \quad \left( \frac{d\phi}{dx} \right)' x^* = 0 \\
\text{(c)} & \frac{d\phi}{dX} = G' \lambda^* - T \leq 0 \quad \text{e} \quad \left( \frac{d\phi}{dX} \right)' X^* = 0 \\
\text{(d)} & \frac{d\phi}{d\lambda} = GX^* - \begin{pmatrix} y^* \\ -x^* \end{pmatrix} \geq 0 \quad \text{e} \quad \left( \frac{d\phi}{d\lambda} \right)' \lambda^* = 0
\end{array} \right\} \quad (3.18)$$

Em termos de componentes, as condições acima podem ser escritas como:

$$\left. \begin{array}{ll}
\text{(a)} & \frac{d\bar{\phi}}{dy_i} = \delta_i - \omega_i y_i^* - \lambda_i^* \leq 0 \quad \text{e} \quad \left( \frac{d\bar{\phi}}{dy_i} \right)' y_i^* = 0 \quad \text{para todo } i, \\
\text{(b)} & \frac{d\bar{\phi}}{dx_i} = -(\nu_i + \eta_i x_i^*) + \lambda_i^* \leq 0 \quad \text{e} \quad \left( \frac{d\bar{\phi}}{dx_i} \right)' x_i^* = 0 \quad \text{para todo } i, \\
\text{(c)} & \frac{d\bar{\phi}}{dx_{ij}} = \lambda_j^* - \lambda_i^* - t_{ij} \leq 0 \quad \text{e} \quad \left( \frac{d\bar{\phi}}{dx_{ij}} \right)' x_{ij}^* = 0 \quad \text{para todo } i \text{ e } j, \\
\text{(d1)} & \frac{d\bar{\phi}}{d\lambda_i} = \sum_{j=1}^n x_{ji}^* - y_i^* \geq 0 \quad \text{e} \quad \left( \frac{d\bar{\phi}}{d\lambda_i} \right)' \lambda_i^* = 0 \quad \text{para todo } i, \\
\text{(d2)} & \frac{d\bar{\phi}}{d\lambda^i} = -\sum_{j=1}^n x_{ij}^* + x_i^* \geq 0 \quad \text{e} \quad \left( \frac{d\bar{\phi}}{d\lambda^i} \right)' \lambda^{i*} = 0 \quad \text{para todo } i.
\end{array} \right\} \quad (3.19)$$

Uma vez que a função lagrangiana (3.11) é côncava, então um vetor que satisfaz as condições acima é um ponto ótimo. Finalmente, a interpretação econômica das condições são interessantes e devem ser evidenciadas. As restrições em (3.19a) referem-se ao consumo ótimo, sendo que substituindo a função de demanda inversa (3.5) na primeira parte de (3.19a) encontra-se

$$\frac{d\bar{\phi}}{dy_i} \leq 0 \Rightarrow \delta_i - \omega_i y_i^* - \lambda_i^* \leq 0 \Rightarrow p_i^* - \lambda_i^* \leq 0 \Rightarrow p_i^* \leq \lambda_i^* \quad (3.20)$$

Conforme Sydsaeter et.al (2008) o  $i$ -ésimo multiplicador lagrangeano ( $\lambda_i$ ) deve ser interpretado como o preço sombra, que corresponde a variação no valor ótimo da função objetivo decorrente da variação em uma unidade na  $i$ -ésima restrição. Nesse caso  $\lambda_i$  deve ser interpretado como o preço ótimo de demanda de mercado do produto ou



preço de demanda de mercado de equilíbrio, na  $i$ -ésima região. Assim a combinação das duas condições em (3.19a) implica que,

$$\left. \begin{array}{l} (1) \quad y_i^* > 0, \quad \delta_i - \omega_i y_i^* = p_i^* = \lambda_i^* \\ e \\ (2) \quad y_i^* = 0, \quad \delta_i - \omega_i y_i^* = p_i^* \leq \lambda_i^* (\geq 0). \end{array} \right\} \quad (3.21)$$

Dessa forma (3.21) pode ser interpretado como: (1) caso a quantidade consumida  $y_i^*$  seja positiva então o preço de demanda regional  $p_i^*$  que gera ou é gerado pelo problema de otimização é igual ao preço ótimo de mercado  $\lambda_i^*$ , e (2) quando a quantidade consumida  $y_i^*$  é igual a 0, então o preço ótimo de mercado  $\lambda_i^*$  é maior do que  $p_i^*$ , o preço máximo que a comunidade está disposta a pagar para o consumo daquela quantidade da mercadoria.

As condições da parte (3.19b) dizem respeito a produção ótima. Substituindo a função de oferta inversa (3.6) em (3.19b), a primeira parte de (3.19b), obtêm-se a seguinte relação:

$$\frac{d\bar{\phi}}{dx_i} \leq 0 \Rightarrow -(v_i + \eta_i x_i^*) + \lambda^{i*} \leq 0 \Rightarrow -p^{i*} + \lambda^{i*} \leq 0 \Rightarrow p^{i*} \geq \lambda^{i*} \quad (3.22)$$

Dessa vez,  $\delta^i$  pode ser interpretado como preço ótimo de oferta de mercado na  $i$ -ésima região. A interpretação é análoga a condição (3.19a), isso é, a combinação das duas condições estabelece que:

$$\left. \begin{array}{l} (1) \quad x_i^* > 0, \quad v_i + \eta_i x_i^* = p^{i*} = \lambda^{i*} \\ e \\ (2) \quad x_i^* = 0, \quad v_i - \eta_i x_i^* = p^{i*} \leq \lambda^{i*} (\geq 0). \end{array} \right\} \quad (3.23)$$

A interpretação de (3.23) é a seguinte: (1) quando a quantidade ofertada  $x_i$  é positiva na  $i$ -ésima região, então o preço de oferta de mercado (ou preço de oferta de equilíbrio)  $\lambda^i$  é igual ao preço de oferta regional  $p^i$ , e (2) se a  $x_i = 0$ , o preço de oferta de mercado  $\lambda^i$  é menor ou igual ao preço de oferta regional  $p^i$ , o preço mínimo em que a comunidade está disposta a receber para ofertar aquela quantidade  $x_i$ .

Por sua vez, as condições da parte (3.19c) dizem respeito ao fluxo ótimo entre as regiões. Em conjunto elas implicam que:

$$\left. \begin{array}{l} (1) \quad x_{ij}^* > 0, \quad \lambda_j^* - \lambda^{i*} = t_{ij} \\ e \\ (2) \quad x_{ij}^* = 0, \quad \lambda_j^* - \lambda^{i*} \leq t_{ij} \end{array} \right\} \quad (3.24)$$

As condições (1) e (2) em (3.24) estabelecem que: (1) quando o fluxo de mercadorias  $x_{ij}^*$  é positivo, então a diferença entre o preço de oferta de mercado e o preço de demanda de mercado é exatamente igual ao custo de transporte  $t_{ij}$ , e (2) se o fluxo ótimo for  $x_{ij} = 0$ , o custo de transporte é maior ou igual a diferença entre os preços.

Concluindo, as condições impostas em (3.19d1) e (3.19d2), estabelecem em conjunto que não existe excesso de oferta ou demanda. Formalmente, (3.19d1) implica que:

$$\left. \begin{array}{l} (1) \quad \lambda_i^* > 0, \quad y_i^* = \sum_j x_{ji}^* \\ e \\ (2) \quad \lambda_i^* = 0, \quad y_i^* \leq \sum_j x_{ji}^* \end{array} \right\} \quad (3.25)$$

No caso (1) onde o preço de demanda de mercado (ou de equilíbrio)  $\lambda_i^*$  é positivo, a quantidade demandada pela região  $y_i^*$  será exatamente igual à soma das importações recebidas de todas as outras regiões (considerando o fluxo interno na soma), e (2) caso  $\lambda_i^* = 0$ , então o fluxo total recebido pela região  $i$ , pode ser maior ou igual ao consumo ótimo  $y_i^*$ , existindo a possibilidade de excesso de importação da mercadoria. Por outro lado, as condições (3.19d2) produzem uma interpretação análoga:

$$\left. \begin{array}{l} (1) \quad \lambda^{i*} > 0, \quad x_i^* = \sum_j x_{ij}^* \\ e \\ (2) \quad \lambda^{i*} = 0, \quad x_i^* \geq \sum_j x_{ij}^* \end{array} \right\} \quad (3.26)$$

Conforme (1), caso o preço de oferta de equilíbrio  $\lambda^{i*}$  seja positivo, a produção da região  $i$  será igual ao somatório da quantidade enviada a partir da região  $i$  para todos os destinos  $j$ . Por sua vez, caso  $\lambda^{i*} = 0$ , então a produção total na região  $i$  pode ser maior ou igual ao somatório das quantidades individuais enviadas a partir da origem  $i$  para todos os destinos  $j$ . Concluindo, o equilíbrio espacial de preços é dito ser *regular*, quando as hipóteses (1) de cada uma das condições acima, (3.21) – (3.26), é válida (TAKAYAMA et al. 1971).

Dessa forma, o presente texto busca aplicar a estrutura básica proposta por Takayama (1971) acrescentando algumas complexidades que não foram especificados na formulação original:

(1) Incorporação de pontos de transbordo de cargas para representar o transporte multimodal - associadas a esses pontos de transbordo, novas restrições são incorporadas para representar a capacidade operacional desse sistema de transporte e as restrições de balanço de oferta e demanda. Conforme visto no Capítulo 2, para o caso do transporte multimodal rodoferroviário, a capacidade de transporte dos trilhos representa o fator limitante para o sistema ferroviário nacional, de forma que não deve ser atribuído um fluxo de vagões superior àquele suportado pela malha, em cada ferrovia. No tocante ao transporte multimodal rodo-hidroviário, a capacidade da estrutura de acostagem é o fator limitante das instalações de transbordo e do sistema hidroviário como um todo, de maneira que as remessas enviadas por uma determinada hidrovia não devem superar a capacidade de embarque dos seus terminais de transbordo. A estrutura de acostagem também foi apresentada como o fator limitante em todos os complexos portuários do país, e, portanto, a quantidade embarcada em um complexo portuário não deve superar a capacidade de embarque de sua estrutura de acostagem;

(2) Incorporação do mercado externo e interno - diferenciando regiões domésticas de excesso de oferta e excesso de demanda, e regiões externas de excesso de oferta e excesso de demanda. Nesse sentido, maior atenção deve ser conferida na diferenciação entre as regiões localizadas no Brasil e nos Estados Unidos devido ao fato que esses países atualmente são os principais competidores no mercado mundial da soja. Outras regiões estrangeiras que exercem impacto sobre a dinâmica desse mercado, como o Paraguai, também devem ser consideradas separadamente.

O problema de otimização proposto por Takayama et al. (1971) recebeu ao longo do tempo adaptações com finalidade de incluir o transporte multimodal e a diferenciação entre as regiões domésticas e estrangeiras. Por conseguinte, o modelo proposto na presente pesquisa é baseado em algumas dessas contribuições, especificamente em FELLIN (1997) e FULLER et al. (2000) e apresentado como:

$$\begin{aligned}
NW = & \sum_j (\alpha_j - 0,5\beta_j D_j) D_j + \sum_g (\alpha_g - 0,5\beta_g D_g) D_g + \sum_d (\alpha_d - 0,5\beta_d D_d) D_d - \sum_i (\alpha_i + 0,5\beta_i S_i) S_i \\
& - \sum_k (\alpha_k + 0,5\beta_k S_k) S_k - \sum_x (\alpha_x + 0,5\beta_x S_x) S_x - \sum_i \left( \sum_j C_{ij} T_{ij} + \sum_h C_{ih} T_{ih} + \sum_f C_{if} T_{if} + \sum_p C_{ip} T_{ip} \right) - \\
& \sum_h \left( \sum_p C_{hp} T_{hp} + \sum_u C_{hu} T_{hu} \right) - \sum_p \left( \sum_f C_{fp} T_{fp} + \sum_u C_{up} T_{up} + \sum_j C_{pj} T_{pj} \right) - \sum_k \left( \sum_g C_{kg} T_{kg} + \sum_b C_{kb} T_{kb} + \sum_r C_{kr} T_{kr} \right. \\
& \left. + \sum_w C_{kw} T_{kw} \right) - \sum_r \sum_g C_{rg} T_{rg} - \sum_w \left( \sum_b C_{bw} T_{bw} - \sum_r C_{rw} T_{rw} \right) - \sum_d \left( \sum_p C_{pd} T_{pd} + \sum_w C_{wd} T_{wd} + \sum_x C_{xd} T_{xd} \right)
\end{aligned}$$

Sujeito a

- (2)  $\sum_j T_{ij} + \sum_h T_{ih} + \sum_f T_{if} + \sum_p T_{ip} \leq S_i$  p/todo i
- (3)  $\sum_g T_{kg} + \sum_b T_{kb} + \sum_r T_{kr} + \sum_w T_{kw} \leq S_k$  p/todo k
- (4)  $\sum_d T_{xd} \leq S_x$  p/todo x
- (5)  $\sum_p T_{hp} + \sum_u T_{hu} \leq \sum_i T_{ih}$  p/todo h
- (6)  $\sum_w T_{bw} \leq \sum_k T_{kb}$  p/todo b
- (7)  $\sum_p T_{fp} \leq \sum_i T_{if}$  p/todo f
- (8)  $\sum_w T_{rw} + \sum_g T_{rg} \leq \sum_k T_{kr}$  p/todo r
- (9)  $\sum_d T_{pd} + \sum_j T_{pj} \leq \sum_i T_{ip} + \sum_h T_{hp} + \sum_f T_{fp} + \sum_u T_{up}$  p/todo p
- (10)  $\sum_d T_{wd} \leq \sum_k T_{kw} + \sum_b T_{bw} + \sum_f T_{fw}$  p/todo w
- (11)  $\sum_i T_{ij} + \sum_p T_{pi} \geq D_j$  p/todo j
- (12)  $\sum_k T_{kg} + \sum_r T_{rg} \geq D_g$  p/todo g
- (13)  $\sum_p T_{pd} + \sum_w T_{wd} + \sum_x T_{xd} \geq D_d$  p/todo d
- (14)  $\sum_d T_{pd} \leq L_p$  p/todo p
- (15)  $\sum_p T_{hp} + \sum_u T_{hu} \leq L_h$  p/todo h
- (16)  $\sum_f \sum_p T_{fp} \leq L_m$  p/todo m

$$(17) \sum_h T_{hu} \leq U_u \quad \text{p/todo } u$$

$$(18) \sum_h T_{hp} \leq U_p \quad \text{p/todo } p$$

$$(19) T, S, D \geq 0 \quad \text{p/todo } i, j, k, g, x, d, h, f, b, r, p \text{ e } w$$

Tabela 18 - Subscritos, variáveis e parâmetros do modelo

<b>Subscritos</b>	<b>Definição</b>
<i>i</i>	Regiões brasileiras de excesso de oferta ( $i = 1, 2, \dots, 34$ )
<i>k</i>	Regiões norte americanas de excesso de oferta ( $k = 1, 2, \dots, 20$ )
<i>x</i>	Região estrangeira de excesso de oferta ( $x = 1$ )
<i>j</i>	Regiões brasileiras de excesso de demanda ( $j = 1, 2, \dots, 9$ )
<i>g</i>	Regiões norte americanas de excesso de demanda ( $g = 3$ )
<i>d</i>	Regiões estrangeiras de excesso de demanda ( $d = 1, 2, \dots, 7$ )
<i>f</i>	Terminais ferroviários de transbordo no Brasil ( $f = 1, 2, \dots, 15$ )
<i>r</i>	Terminais ferroviários de transbordo nos EUA ( $r = 1, 2, \dots, 54$ )
<i>h</i>	Terminais hidroviários de embarque no Brasil ( $h = 1, 2, \dots, 4$ )
<i>b</i>	Terminais hidroviários de embarque nos EUA ( $b = 1, 2, \dots, 29$ )
<i>u</i>	Terminais hidroviários de desembarque no Brasil ( $u = 1$ )
<i>p</i>	Complexos portuários no Brasil ( $p = 1, 2, \dots, 11$ )
<i>w</i>	Complexos portuários nos EUA ( $w = 1, 2, \dots, 4$ )
<i>m</i>	Via permanente Brasil ( $m = 1, 2, \dots, 9$ )
<b>Variáveis</b>	<b>Definição</b>
$S_i$	Regiões brasileiras de excesso de oferta
$S_k$	Regiões norte americanas de excesso de oferta
$S_x$	Regiões estrangeiras de excesso de oferta
$D_j$	Regiões brasileiras de excesso de demanda

(continua)

(conclusão)

<b>Variáveis</b>	<b>Definição</b>
$D_g$	Regiões norte americanas de excesso de demanda
$D_d$	Regiões estrangeiras de excesso de demanda
$T$	Quantidade de grãos movimentada (em toneladas)
<b>Parâmetros</b>	<b>Definição</b>
$C$	Custo de transporte entre os pontos
<b>Subscritos</b>	<b>Definição</b>
$L_m$	Capacidade de tráfego da malha ferroviária
$L_h$	Capacidade de embarque no terminal hidroviário
$L_p$	Capacidade de embarque no porto
$U_u$	Capacidade de desembarque no terminal hidroviário
$U_p$	Capacidade de desembarque no porto

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Conforme a teoria apresentada, a função objetivo representa o lucro social líquido da economia como um todo, capturando a soma do excedente econômico de todas as regiões incluídas no modelo, e subtraindo da referida soma, o dispêndio total com a operação de transporte, que corresponde a uma perda de bem-estar. Ademais, a função objetivo incorpora todas as opções relevantes de transporte intermodal de grãos vegetais, fracionando essa operação de acordo com a necessidade de transbordo intermodal da carga. Cabe destacar que o transporte dos grãos tem início necessariamente no modal rodoviário, podendo ou não existir transbordo intermodal antes de alcançar um complexo portuário ou localidade de demanda doméstica. Quanto às restrições, as inequações (2) (3) e (4) representam o balanço de oferta, sendo que, a inequação (2) restringe que a soma entre as remessas oriundas de uma determinada região brasileira de excesso de oferta  $i$  para todos os terminais de transbordo, complexos portuários e regiões de excesso de demanda no Brasil, seja menor ou igual que o montante produzido na região  $i$ . Por sua vez, a inequação (3) restringe que a soma entre as remessas oriundas de uma determinada região norte americana de excesso de oferta  $k$  para todos os terminais de transbordo, complexos portuários e regiões de excesso de

demanda nos EUA, seja menor ou igual que o montante produzido na região  $k$ . Finalmente, a inequação (4) determina que a soma entre as remessas oriundas de uma região estrangeira de excesso de oferta  $x$  para todas localidades estrangeiras de excesso de demanda, deve ser menor ou igual que o montante produzido na região ofertante  $x$ .

Por sua vez, as restrições (5), (6), (7), (8), (9) e (10) representam o balanço do fluxo de grãos nos pontos de transbordo e transferência intermodal da carga. A inequação (5) implica que a somadas remessas originadas em um determinado terminal hidroviário de embarque no Brasil,  $h$ , para todos os complexos portuários ou terminais hidroviários de desembarque, deve ser menor ou igual a quantidade que o terminal  $h$  recebeu de todas as origens produtoras  $i$ . A inequação (6) restringe que a somadas remessas originadas em um determinado terminal hidroviário de embarque nos EUA,  $b$ , para todos os complexos portuários deve ser menor ou igual a quantidade que o terminal  $b$  recebeu de todas as origens produtoras  $k$ . Por sua vez, a inequação (7) limita que a quantidade embarcada em determinado terminal ferroviário brasileiro,  $f$ , deve ser menor ou igual do que aquela recebida no terminal  $f$  a partir de todas as origens produtoras  $i$ ; A inequação (8) determina que a quantidade embarcada em determinado terminal ferroviário norte americano,  $r$ , deve ser menor ou igual do que aquela recebida no terminal  $r$  a partir de todas as origens produtoras  $k$ . A inequação(9) implica que a soma das remessas a partir de um complexo portuário no Brasil,  $p$ , para todas as regiões estrangeiras de excesso de demanda  $d$ , ou para todas as regiões domésticas de excesso de demanda  $j$  deve ser menor ou igual que a quantidade recebida no porto  $p$ , de todas as origens produtoras  $i$ . Finalmente, a inequação (10) restringe que a soma das remessas a partir de uma região portuária nos EUA,  $w$ , para todas as regiões estrangeiras de excesso de demanda  $d$  deve ser menor ou igual que a quantidade recebida no porto  $w$ , de todas as origens produtoras  $k$ .

As restrições (11), (12) e (13) dizem respeito ao balanço de demanda, para o caso do Brasil, a inequação (11) implica que a soma dos montantes enviados por todas as origens produtoras  $i$  para as localidades de excesso de demanda,  $j$ , é maior ou igual a quantidade demandada naquela região,  $D_j$ . Para os EUA, a inequação (12) implica que a soma dos montantes enviados por todas as origens produtoras  $k$  para as localidades de excesso de demanda,  $g$ , é maior ou igual a quantidade demandada naquela região,  $D_g$ . Por sua vez, a inequação (13) determina que a soma das remessas oriundas de Brasil,

Estados Unidos e outros exportadores para cada região estrangeira de excesso de demanda,  $d$ , é pelo menos igual a quantidade demandada em cada região,  $D_d$ .

As restrições (14), (15), (16), (17) e (18) capturam a capacidade operacional do sistema de transporte brasileiro. A inequação (14) estabelece que a soma das quantidades embarcadas em um complexo portuário  $p$  para todas as regiões estrangeiras de excesso de demanda, é no máximo igual a capacidade de embarque de sua infraestrutura de acostagem; A inequação (15) determina que para cada terminal hidroviário  $h$ , a soma entre a quantidade embarcada com destino aos portos e a quantidade embarcada com destino a outro terminal hidroviário de desembarque, deve ser no máximo igual a capacidade de embarque da infraestrutura de acostagem do terminal  $h$ . Por sua vez, a inequação (16) restringe a soma entre as quantidades enviadas a partir dos terminais ferroviários  $f$  que utilizam a mesma via permanente  $m$  com destino ao porto  $p$ , como no máximo igual a capacidade de movimentação dos trilhos que realizam a ligação até o porto  $p$ ; A inequação (17) limita que o montante enviado para um terminal hidroviário de desembarque, seja no máximo igual a capacidade de recepção da sua infraestrutura de acostagem; A inequação (18) estabelece que o montante desembarcado em um complexo portuário, proveniente da navegação interior, deve ser no máximo igual a capacidade de recepção da sua infraestrutura de acostagem. Finalmente, (19) apresenta condições de não negatividade das variáveis de decisão.

### 3.2 Definindo os parâmetros $\alpha$ e $\beta$ da função objetivo e as regiões do modelo.

Conforme Fuller (1997), Fuller (2000), Ojima (2006) e Costa (2007) os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  presentes na função objetivo devem ser obtidos a partir das elasticidades-preço de excedente da oferta e demanda. Segundo Shei et al. (1977) o método mais comumente utilizado para a obtenção das referidas elasticidades é aquele apresentado por Orcutt (1950), que por sua vez, o atribui a Yntema (1932). Orcutt (1950) pg.127 apresenta a equação de excesso de demanda para uma região na seguinte forma:

$$Q_m = Q_d - Q_s = Q_d(P) - Q_s(P)$$

Onde:

$Q_m$  – Equação excedente da demanda;

$Q_d(P)$  – Equação de demanda da região;



$Q_s(P)$  – Equação de oferta da região;

A partir da definição padrão oriunda da microeconomia, a elasticidade-preço excedente da demanda então pode ser obtida da seguinte forma:

$$\varepsilon_m = \frac{dQ_m}{dP} \frac{P}{Q_m} = \frac{P}{Q_m} \left( \frac{dQ_d}{dP} - \frac{dQ_s}{dP} \right)$$

Ou

$$\varepsilon_{ed} = \varepsilon_d \left( \frac{Q_j^D}{Q_j^M} \right) - \varepsilon_s \left( \frac{Q_j^S}{Q_j^M} \right)$$

Onde:

$\varepsilon_{ed}$  - Elasticidade-preço do excedente de demanda

$\varepsilon_d$  - Elasticidade-preço da demanda

$Q_i^D$  - Quantidade consumida pela região j

$Q_j^M$  - Quantidade importada pela região j

$\varepsilon_s$  - Elasticidade-preço da oferta

$Q_i^S$  - Quantidade produzida pela região j

Raciocínio análogo pode ser realizado para encontrar a elasticidade-preço excedente da oferta, que é apresentada da seguinte forma (abidem):

$$\varepsilon_{es} = \varepsilon_s \left( \frac{Q_i^S}{Q_i^X} \right) - \varepsilon_d \left( \frac{Q_i^D}{Q_i^X} \right)$$

Onde,  $Q_i^X$  representa a quantidade exportada pela região i; e as demais variáveis são àquelas apresentadas na fórmula da elasticidade-preço excedente da demanda.

A vista disso, os argumentos das equações ( $E_{es}$ ) e ( $E_{ed}$ ) devem ser definidos. As estimativas para os parâmetros da elasticidades-preço da demanda ( $\varepsilon_d$ ) foram obtidas para cada país integrante do modelo a partir da base de dados do *Food and Agricultural Policy Research Institute* (FAPRI), desenvolvido em uma parceria entre o Centro de

Desenvolvimento Agrícola e Rural (CARD) da Universidade Estadual de Iowa e o Centro de Política Nacional de Alimentos e Agricultura (CNFAP) da Universidade de Missouri-Columbia. Para o caso de países que foram divididos em diversas regiões, como Brasil e Estados Unidos, foi assumido que a elasticidade-preço da demanda é a mesma para todas as regiões.

Por sua vez, as estimativas para os parâmetros da elasticidade-preço da oferta ( $\varepsilon_s$ ) também foram obtidas, em sua maioria, a partir da base de dados da FAPRI, sendo que para alguns países foram utilizadas as estimativas de Gardiner et al. (1989). Em relação aos países que foram divididos em regiões, as elasticidades-preço da oferta foram assumidas heterogêneas entre essas. Especificamente, para os Estados Unidos foram utilizadas as elasticidades-preço da oferta estimadas pela FAPRI (2004) para cada região agrícola conforme divisão do CARD. Para o Brasil, as elasticidades-preço da oferta foram estimadas com base na teoria proposta pela abordagem de Nerlove (1958) que sustenta dois pressupostos básicos para a formulação do modelo: expectativas adaptativas e ajuste parcial. Conforme essa especificação, os agentes baseiam sua decisão acerca do montante produzido considerando o preço esperado a ser recebido com a vendado produto. Além disso, geralmente há um atraso no ajuste nos mercados agrícolas devido à falta de disponibilidade de recursos e à consideração das rotações das culturas. Portanto, é essencial adotar uma especificação dinâmica na modelagem da análise da oferta que reconheça os atrasos na resposta da oferta agrícola (Yu et al., 2012). Uma versão simplificada que captura em algum grau essas relações, pode ser encontrada em Fuller et al. (2001), que estimaram a oferta agrícola ( $Q_t$ ), representada pela área plantada de certa cultura em determinado período  $t$ , como uma função do preço observado no período  $t-1$  ( $P_{t-1}$ ), comumente utilizado como proxy para o preço esperado; a área plantada no período anterior ( $Q_{t-1}$ ), que geralmente está ligada à ideia do ajustamento; e uma tendência temporal (*trend*) que pode ser interpretada como proxy para tecnologia (Iqbal et al., 2018). Seguindo essa especificação simplificada:

$$\ln(Q_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(Q_{t-1}) + \beta_2 \ln(P_{t-1}) + \beta_3 \text{trend}$$

Onde o coeficiente  $\beta_2$  atrelado à variável *preço* representa a elasticidade-preço da oferta  $\varepsilon_s$ . Segundo (Iqbal et al., 2018) agregar países e obter um coeficiente de inclinação  $\beta_2$  agrupado produz estimativas inconsistentes acerca da verdadeira elasticidade-preço da oferta, uma vez que cada região possui características próprias

como fatores climáticos, política governamental, relevância no mercado e preço de insumos. Os referidos autores ainda destacam que a utilização do estimador de efeitos fixos, normalmente empregado de maneira a evitar a heterogeneidade individual, seria inconsistente devido à natureza dinâmica do modelo, uma vez que a variável dependente defasada é uma das variáveis explanatórias, levando a correlação com o erro aleatório médio. Por sua vez, a utilização dos estimadores GMM para painel dinâmico propostos por Arellano-Bond também é inviabilizada devido ao fato da relação T/N não tender para zero na base de dados utilizada (Iqbal et al., 2018). Dessa forma uma das opções indicadas pelos referidos autores, e adotada na presente pesquisa, consiste em estimar as regressões separadamente para cada região. O estimador Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) foi utilizado em cada uma das regressões.

Na presente pesquisa, a regionalização segue o seguinte critério: o território dos cinco principais estados produtores de grãos do país (Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul), foi dividido em regiões, sendo estimado um modelo individual para cada região. Por sua vez, para os demais estados ativos no mercado da soja, isso é, considerando-se se produzem a oleaginosa ou são sede de indústria processadora, foi estimado um modelo único representando todo o estado, sendo que nesse caso a divisão regional foi utilizada apenas para a classificação das regiões como localidade de excesso de oferta ou excesso de demanda. Para a regionalização estadual, foi adotada a divisão vigente em regiões intermediárias instituída pelo IBGE<sup>15</sup> em 2017 para fins de planejamento, como revisão das mesorregiões que vigoravam anteriormente. A exceção é o estado do Mato Grosso, foco da pesquisa, onde algumas regiões intermediárias foram divididas em regiões imediatas, que representam a revisão do IBGE para as microrregiões. A maior desagregação, baseia-se no objetivo de compreender com acurácia mais elevada, como o efeito decorrente do choque ocasionado pela melhoria na infraestrutura de transporte, varia dentro do território do Mato Grosso. Dessa forma, as regiões imediatas de Juara e Juína foram destacadas da região intermediária de Sinop, dando origem a uma nova região denominada Juara. Por sua vez, a região intermediária de Cuiabá foi dividida nas três regiões imediatas que a compõe Tangará da Serra, Diamantino e Cuiabá, sendo essa última absorvida pela região intermediária de Rondonópolis devido à dinâmica

---

<sup>15</sup><https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/divisao-regional/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?=&t=sobre>

semelhante no que tange ao patamar mais elevado do preço da oleaginosa e o alto consumo. Para os Estados Unidos, foi adotada a divisão do território em estados. As exceções ficam por conta de Minnesota que foi desagregado de acordo com as regiões agrícolas do NASS, originando uma divisão entre oeste e centro-sul; e da região denominada Nordeste que agrega os estados de Pennsylvania, Virgínia, Virgínia do Oeste, Nova York e Maryland.

Os dados referentes a quantidade de grãos produzida  $Q_i^S$  em cada região doméstica foram obtidos por meio da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) elaborada pelo IBGE. Não existem dados disponíveis sobre a quantidade de grãos demandada em nível regional  $Q_i^D$ , sendo necessário estimá-la para os países que foram divididos em regiões. Conforme os dados do USDA, 95,7% e 92,77% do consumo doméstico de soja no Brasil e Estados Unidos, respectivamente, devem-se à indústria processadora. Tendo em vista esse panorama, a demanda regional de soja foi obtida de acordo com a metodologia utilizada por Fellin et al. (2000), Ojima (2004) e Costa (2007), os quais relacionam a demanda de soja em uma região à capacidade instalada de processamento do parque industrial nela existente. Os dados acerca da capacidade instalada de processamento desagregados a nível regional no Brasil foram obtidos através da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), sendo que apenas a capacidade ativa foi considerada para o dimensionamento da demanda, realizado conforme a participação da capacidade de processamento local na capacidade total do país. Para os Estados Unidos, os dados acerca da quantidade produzida são do NASS, enquanto a capacidade de processamento regional foi mensurada a partir de Informa (2016). Com relação aos dados sobre quantidade produzida e consumida nos outros países do modelo, todos os demais foram obtidos através da base de dados do USDA.

Regiões, as quais o montante produzido foi inferior à quantidade processada foram classificadas como regiões de excesso de demanda. Por outro lado, regiões em que a quantidade processada foi inferior ao montante produzido, foram classificadas como regiões de excesso de oferta. A Tabela 19 apresenta todas as regiões consideradas no modelo.

Tabela 19 - Excedente de oferta/demanda por região em 2018

<b>Regiões brasileiras de excesso de oferta</b>	<b>Produção (1000 ton)</b>	<b>Consumo (1000 ton)</b>	<b>Excedente de oferta (1000 ton)</b>
Sinop (MT)	10.920,51	2.126,37	8.794,14
Barra do Garças (MT)	6.527,08	38,96	6.488,12

(continua)

(continuação)

<b>Regiões brasileiras de excesso de oferta</b>	<b>Produção (1000 ton)</b>	<b>Consumo (1000 ton)</b>	<b>Excedente de oferta (1000 ton)</b>
Tangará da Serra (MT)	3.724,34	259,76	6.139
Passo Fundo (RS)	7.257,52	1.468,4	5.789,11
Dourados (MS)	6.099,18	967,59	5.131,58
Bahia	6.310,61	1.927,39	4.383,21
Cascavel (PR)	6.175,65	1.856,74	4.318,91
Ijuí (RS)	4.257,9	1.546,85	2.711,05
Londrina (PR)	3.809,58	1.181,37	2.628,21
Maranhão	2.751,21	389,64	2.361,57
Maringá (PR)	4.054,25	1.702,19	2.352,06
Santa Maria (RS)	2.845,21	529,38	2.315,83
Diamantino (MT)	2.290,5	0	2.290,5
Patos de Minas (MG)	2.287,74	0	2.287,74
Campo Grande (MS)	3.310,58	1.162,41	2.148,17
Sudeste Paulista (SP)	2.070,8	0	2.070,8
Tocantins	2.667,94	753,29	1.914,64
Piauí	2.469,65	792,26	1.677,39
Pará	1.638,47	0	1.638,47
Santa Catarina	2.346,04	753,29	1.592,74
Luziânia (GO)	1.778,9	503,11	1.275,79
Cáceres (MT)	1.231,48	0	1.231,48
Uberaba (MG)	1.219,37	0	1.219,37
Rio Verde (GO)	4.443,39	3.287,59	1.155,80
Juara-Juína (MT)	1.148,72	0	1.148,72
Paraúna (GO)	1.104,18	0	1.104,18
Guarapuava (PR)	1.439,1	369,89	1.069,21
Rondônia	1.000,31	77,93	922,38
Uruguaiana (RS)	634,75	0	634,75
Itumbiara (GO)	1.454,26	839,97	614,29
Porangatu (GO)	548,9	0	548,9
Ponta Grossa (PR)	2.704,75	2.163,51	541,24
Santa Cruz-Lajeado (RS)	588,76	140,01	448,76
Goiânia (GO)	2.065,8	2.025,59	40,21
<b>Regiões brasileiras de excesso de demanda</b>	<b>Produção (1000 ton)</b>	<b>Consumo (1000 ton)</b>	<b>Excedente de demanda (1000 ton)</b>
Uberlândia (MG)	1.133,9	2.423,01	1.289,11
Rondonópolis (MT)	5.765,86	6.828,22	1.062,36
Ribeirão Preto (SP)	454,22	1.488,40	1.034,18

(continua)

(continuação)

<b>Regiões brasileiras de excesso de demanda</b>	<b>Produção (1000 ton)</b>	<b>Consumo (1000 ton)</b>	<b>Excedente de demanda (1000 ton)</b>
Pelotas (RS)	905,79	1.815,44	909,65
Presidente Prudente (SP)	225,44	745,50	520,06
Amazonas	0	519,51	519,51
Porto Alegre (RS)	278,74	721,6	442,86
Caxias do Sul (RS)	770,05	1.048,64	278,59
Curitiba (PR)	842,87	1.102,15	259,28
<b>Regiões americanas de excesso de oferta</b>	<b>Produção (1000 ton)</b>	<b>Consumo (1000 ton)</b>	<b>Excedente de oferta (1000 ton)</b>
Illinois	18.145,93	8.405,11	9.740,82
Dakota do Norte	6.515,39	0	6.515,39
Dakota do Sul	6.833,81	672,23	6.161,58
Nebraska	8.823,81	3.721,59	5.102,22
Ohio	7.650,82	3.794,58	3.856,24
Arkansas	4.411,77	739,6	3.672,17
Mississippi	3.218,51	0	3.218,51
Kansas	5.488,55	2.304,89	3.183,66
Minnesota (Centro-Sul)	6.628,24	3.653,17	2.975,07
Wisconsin	2.847,83	23,95	2.823,88
Michigan	2.986,22	314,41	2.671,81
Missouri	7.000,1	4.447,35	2.552,75
Nordeste	2.866,07	554,59	2.311,48
Minnesota (Oeste)	3.968,25	1.826,58	2.141,67
Tennessee	2.067,97	0	2.067,97
Iowa	14.981,59	13.654,95	1.326,64
Kentucky	2.678,82	1.596,36	1.082,46
Indiana	9.326,75	8.478,48	848,27
Carolina do Norte	1.452,76	1.256,37	196,39
Louisiana	1.667,9	1.540,59	127,31
<b>Regiões americanas de excesso de demanda</b>	<b>Produção (em mil ton)</b>	<b>Demanda (em mil ton)</b>	<b>Consumo (em mil ton)</b>
Alabama	379,38	2.284,37	1.904,99
Georgia	122,90	1.642,26	1.519,36
Carolina do Sul	301,08	421,16	120,08
<b>Regiões estrangeiras de excesso de oferta</b>	<b>Produção (1000 ton)</b>	<b>Consumo (1000 ton)</b>	<b>Excedente de oferta (1000 ton)</b>
Paraguai	10.478	3.945	6.533
<b>Regiões estrangeiras de excesso de demanda</b>	<b>Produção (em mil ton)</b>	<b>Demanda (em mil ton)</b>	<b>Consumo (em mil ton)</b>
China	15.283	106.300	91.017

(continua)

(conclusão)

Regiões estrangeiras de excesso de demanda	Produção (em mil ton)	Demanda (em mil ton)	Consumo (em mil ton)
União Europeia	2.540	16.600	14.060
Sudeste Asiático	835	8.810	7.975
Argentina	37.800	43.633	5.833
México	433	5.290	4.857
Leste Asiático	335	5.297,68	4.962,68
Oriente Médio	317	9.765	9.448

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme Costa (2007 apud Fellin,1993) os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da função objetivo podem então ser estimados. A elasticidade-preço da oferta (demanda) pode ser definida como:

$$\varepsilon_{es} = \frac{dQ}{dP} \frac{P}{Q}$$

Onde  $dQ/dP$  é a derivada primeira da função de oferta (demanda) excedente,  $P$  é o preço médio e  $Q$  é a quantidade média. Uma vez que por hipótese as funções de oferta (demanda) do modelo são lineares, elas podem ser escritas da seguinte forma genérica  $Q = \alpha + \beta P$ . Portanto  $dQ/dP = \beta$ , implicando que  $\alpha$  e  $\beta$  podem ser calculados como a seguir:

$$\varepsilon_{es} = \beta \frac{P}{Q}$$

$$\beta = \varepsilon_{es} \left( \frac{Q}{P} \right)$$

$$\alpha = Q - \beta P$$

Os dados sobre o preço da soja foram obtidos de diversas fontes em periodicidade mensal, e inseridos no modelo conforme a média das cotações para o ano de 2018. Para as regiões brasileiras os dados utilizados são provenientes da CONAB. Por sua vez, o preço da soja nas regiões norte americanas foi obtido da base de dados do NASS. Para os outros países presentes no modelo, o preço local da soja foi extraído da base do sistema UN Comtrade mantido pela Organização das Nações Unidas (ONU), sendo que no caso do Paraguai, que é um país exportador, foi considerado o preço FOB

(*free on board*) e para os demais países, que são importadores, foi admitido o preço CIF (*Cost, Insurance and Freight*).

### 3.3 Custos de transporte e transbordo

Para mensurar o custo de transporte da soja entre cada par origem-destino foram utilizados métodos específicos para cada país exportador, de modo a considerar as peculiaridades existentes. Para o Brasil, os custos de movimentação no modal rodoviário foram obtidos através do simulador de custo de transporte desenvolvido pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL). Essa ferramenta foi elaborada a partir da análise de custos fixos e variáveis existentes no setor. A análise dos custos fixos considera fatores tais como: remuneração do capital; gastos com mecânico, gastos com motorista, reposição do cavalo mecânico, reposição do semirreboque, tributos e seguros. A análise dos custos variáveis inclui: custos de manutenção (peças e acessórios), combustível, lubrificante, lavagem, pneus. Algumas premissas de desempenho são feitas acerca da velocidade média comercial, tonelagem nominal e efetiva, horas trabalhadas e tempo gasto nas operações de carga e descarga. Assim o veículo-tipo adotado consiste em um cavalo mecânico 6x2, guiando um semirreboque, totalizando uma capacidade efetiva de 35,2 toneladas de grãos. Ademais, é importante ressaltar que o simulador permite a diferenciação entre cinco tipos de carga: granel sólido agrícola; granel sólido não agrícola; granel líquido; carga geral e carga geral em contêiner (EPL, 2014). Adicionalmente, seguindo o normativo 30.202 da CONAB (2018), que trata do cálculo do custo operacional rodoviário de cargas agrícolas, foi aplicada uma sobretaxa adicional de 30% sobre o valor cobrado em US\$/(Ton.Km) na extensão percorrida em trechos com superfície não pavimentada. Dessa forma, o frete rodoviário no Brasil foi mensurado através da seguinte fórmula:

$$Frete = DistPav * \left( \frac{FreteEPL}{DisTotal} \right) + DistNPav * \left[ \left( \frac{FreteEPL}{DisTotal} \right) * 1,3 \right]$$

Onde:

*Frete* – Taxa de frete final;

*DistPav* – Distância percorrida em superfície pavimentada;



*Frete EPL* – Frete estimado pelo simulador da EPL considerando a distância total do percurso;

*DisTotal* – Distância total do percurso;

*DistNPav* - Distância percorrida em superfície não pavimentada

As informações sobre o tipo de superfície da via foram obtidas a partir de diversas fontes tais como: o Sistema Nacional de Viação (SNV-DNIT), o visualizador geográfico VGEO-DNIT, os Sistemas Rodoviários Estaduais (SRE) e demais fontes do setor.

Por sua vez, o preço do frete para o modal rodoviário nos Estados Unidos foi estimado conforme os parâmetros informados pelo Agricultural Marketing Service (AMS-USDA) para o ano de 2018. Para o modal rodoviário, a pesquisa do USDA consiste em levantar o valor cobrado por um caminhão-tipo com capacidade efetiva para 25 toneladas de grãos, no transporte de grãos agrícolas em rotas com três faixas de distância, 25, 100 e 200 milhas (Olowolayemo, 2018). Dessa forma, o frete rodoviário para um trajeto nos Estados foi estimado multiplicando a distância pelo valor em US\$/(Ton.Km) referente ao limite superior do intervalo, o qual, pertence o referido percurso.

No tocante ao modal ferroviário, para o Brasil as tarifas foram mensuradas a partir de dados obtidos através da lei nº 12.527/2011, conhecida como lei de acesso à informação. Por meio desse mecanismo, foram obtidas planilhas para cada ferrovia com dados anuais, desagregados por produto, contendo: a receita líquida da concessionária decorrente da operação de transporte; o montante transportado em toneladas; a distância média percorrida; e a quantidade em toneladas-quilometro-útil. A partir desses dados, o frete ferroviário em R\$/(Ton.Km) cada ferrovia foi estimado através da seguinte relação:

$$Frete = \frac{\left( \frac{Receita Líquida}{Quantidade Transportada} \right)}{Distância Média}$$

Os parâmetros referentes ao frete ferroviário estimados através da fórmula acima para cada ferrovia podem ser observados na Tabela 20. Finalmente, o frete ferroviário

em (R\$/Ton) foi mensurado multiplicando o valor referente à ferrovia utilizada, na Tabela 20, pela distância percorrida entre a estação de origem e o porto.

Tabela 20 - Frete ferroviário em cada malha

<b>Ferrovia</b>	<b>(R\$/Ton.Km)</b>
MRS	0,10142
Rumo Malha Norte	0,09736
Estrada de Ferro Paraná Oeste	0,09353
Ferrovia Centro Atlântica	0,08685
Ferrovia Norte Sul	0,08448
Rumo Malha Sul	0,07743

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Em relação ao modal ferroviário nos Estados Unidos, o preço do frete por vagão em cada rota foi obtido em consulta direta ao site das principais companhias ferroviárias transportadoras de grãos naquele país: BNSF Railway, Union Pacific, Norfolk Southern Railway e CSX Transportation. A partir desses dados, o preço do frete em (US\$/Ton) pôde então ser mensurado, levando em consideração a capacidade do vagão escolhido para realizar a operação de transporte. Os preços utilizados na presente pesquisa referem-se a um comboio de 110 a 120 vagões do tipo C-113<sup>16</sup> conforme classificação da American Association of Railroads (AAR), cujo capacidade unitária é de 4750 pés cúbicos (ou aproximadamente 3816,93 bushels), perfazendo um total de aproximadamente 103,88 toneladas de soja por vagão (NEUBAUER, 2007). A importância das companhias ferroviárias pesquisadas fica evidente, ao destacar que as quatro estão entre as sete ferrovias de frete que são atualmente classificadas como classe I pelo Surface Transportation Board, significando, que estão entre as ferrovias com maior receita operacional dos Estados Unidos (AAR, 2007).

Para o transporte hidroviário no Brasil, a taxa de frete foi calculada a partir do relatório “Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil” elaborado pela EPL em parceria com a INECO, empresa ligada ao governo espanhol, e interveniência do PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). A metodologia da pesquisa baseou-se em coletas presenciais de dados nas hidrovias dos rios Madeira e Tietê-Paraná, além de uma hidrovia na Europa, buscando identificar os elementos

<sup>16</sup> Ver <https://www.bnsf.com/ship-with-bnsf/ways-of-shipping/equipment/pdf/Large.pdf>

geradores de custos no transporte hidroviário. A partir disso, os dados coletados foram utilizados para a criação de um modelo que foi estruturado de acordo com quatro processos (EPL,2015):

**Processo Portuário** – Aborda os custos de disponibilidade, utilização e manutenção dos principais itens portuários como a infraestrutura (acesso terrestre, acessos hidroviários e obras de atracação), equipamentos (carga e descarga), instalações de armazenagem.

**Processo Hidrovia** – Refere-se ao custo de disponibilidade e utilização da infraestrutura hidroviária, incluindo os equipamentos de sinalização e gestão de tráfego, necessários para sua completa funcionalidade como suporte para a navegação. Nesse processo estão incluídos, os custos da gestão hidroviária e os recursos empregados na manutenção abaixo da cota de água.

**Processo Eclusas** – Representa o custo de disponibilidade e utilização das eclusas transpostas para assegurar a continuidade da navegação nos casos em que seja necessário a mudança da cota de água, incluindo o conjunto das instalações auxiliares e das atividades inerentes à sua correta funcionalidade.

**Processo Transporte** – São os dispêndios relacionados a operação de transporte, incluindo o custo de disponibilidade e manutenção de empurradores e barcaças, além de itens como combustível, lubrificantes, tripulação e seguros.

A estrutura apresentada acima foi diferenciada conforme o tipo de produto: carga geral, granel sólido agrícola, granel líquido, granel sólido não agrícola e carga geral. No caso do rio Madeira, a EPL (2015) diferencia o custo estimado entre os períodos de cheia e vazante, uma vez que o modelo foi elaborado em base anual, o valor final da tarifa hidroviária foi considerado como uma média ponderada de acordo com o regime hidrológico do referido rio.

Tabela 21 - Custo por processo (em R\$/Ton)

<b>Resultado por Processo</b>	<b>Rio Madeira</b>	<b>Rio Tietê-Paraná</b>
Processo Portuário	0,01042	0,02570
Processo Transporte	0,02667	0,05420
Processo Eclusa	0	0,00691
Processo Hidrovia	0,00048	0,00351
Tarifa Total	0,03759	0,09033

Fonte: EPL,2015

A estrutura das tarifas para o modal hidroviário no Brasil, é detalhada na Tabela 21. Os valores da Tabela 21 foram admitidos como proxy para as tarifas nas hidrovias do Tapajós e do Sul (Rios Taquari, Jacuí e Guaíba – Lagoas dos Patos) respeitando a correspondência entre as condições de navegabilidade. Dessa maneira, os valores em R\$/Ton.Km no rio Madeira foram utilizados para mensurar a tarifa do frete hidroviário no rio Tapajós, e os valores na hidrovia Tietê-Paraná foram utilizados como proxy para a tarifa na hidrovia do Sul.

Em relação ao modal hidroviário nos Estados Unidos, os operadores de barcaças no sistema do rio Mississippi utilizam um método de porcentagem sobre uma tarifa-base (referência) para estabelecer a taxa de frete. As referências adotadas foram originalmente estabelecidas pela tarifa de frete nº 7 de grãos, emitida pelo Waterways Freight Bureau (WFB) da Comissão de Comércio Interestadual (ICC). Em 1976, o Departamento de Justiça dos Estados Unidos firmou um acordo com o ICC que tornava a tarifa nº 7 não mais aplicável. Hoje, o WFB não existe mais e o ICC tornou-se o Surface Transportation Board (STB), que não tem jurisdição sobre as taxas de barcaça nas vias navegáveis interiores. No entanto, o setor de barcaças continua a usar essas tarifas como referência para estabelecer o preço do frete. Dessa forma, para mensurar o preço do frete em (US\$/Ton) no sistema Mississippi, deve-se multiplicar a porcentagem vigente pela tarifa-base referente ao terminal hidroviário, no qual será embarcada a carga (CASAVANT et al., 2010). A porcentagem média aplicada sobre a tarifa-base no ano de 2018 para cada terminal hidroviário, foi obtida na base de dados da AMS-USDA.

Em relação ao Paraguai, os dados da Câmara Paraguaia de Exportadores e Comercializadores de Cereais e Oleaginosas (Capeco) indicam que o modal hidroviário foi utilizado em 97,13% do montante de soja exportado pelo país no ano de 2018. Nesse cenário destacam-se as hidrovias dos rios Paraguai e Paraná. O preço do frete entre os portos de Assunção (Paraguai) e a província de Santa Fé (Argentina) foi utilizado como proxy do custo de transporte entre Paraguai e Argentina (Ibáñez, ???). Para mensurar o custo de transporte das remessas oriundas do Paraguai com destino aos outros países demandantes inseridos no modelo, o frete oceânico a partir da Argentina em direção a essas localidades, obtido por meio da consultoria O'Neil (2018), foi somado ao frete entre Paraguai e Argentina.

Para incluir o custo do transbordo intermodal da carga no Brasil, foram utilizados os valores calculados pela EPL para a elaboração do PNL (Plano Nacional de Logística). A metodologia desenvolvida pela EPL, leva em consideração o tipo de transferência intermodal (rodo-hidroviário, rodo-ferroviário, hidro-ferroviário, entre outras combinações), e o tipo de carga (granel sólido agrícola, granel sólido não agrícola, granel líquido, carga containerizada e carga geral). Os simuladores de transbordo de graneis sólidos agrícolas (GSA) foram desenvolvidos segundo a mesma lógica geral dos simuladores *bottom up*. Nessa lógica, através de visitas técnicas, foram apurados os principais custos fixos, custos variáveis, remuneração do capital e a produção anual relacionados a cada tipo de transbordo (EPL, 2014). Por sua vez, no tocante ao custo de transbordo intermodal da carga nos Estados Unidos, os valores utilizados na presente pesquisa são oriundos de FELLIN et al.(2008), que especificaram o valor médio de embarque e desembarque em cada modal de transporte. Por simplicidade, foi admitido que a tarifa de transbordo no Paraguai é similar àquela praticada no Brasil. A Tabela 22 apresenta os valores adotados para as atividades de transferência intermodal da carga, em valores convertidos para dólares de 2018.

Tabela 22 - Tarifa da transferência intermodal da soja (em US\$/Ton)

<b>Tipo de Transbordo</b>	<b>Brasil</b>	<b>Estados Unidos</b>
Rodo-Ferroviário	2,84	2,46
Rodo-Hidroviário	2,79	2,36
Ferro-Hidroviário	2,96	2,36
Hidro-Rodoviário	3,08	2,15
Hidro-Ferroviário	3,49	2,57

**Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de EPL (2015) e Fellin (2008)**

Finalmente, a tarifa portuária decorre de atividades tais como: o recebimento, manuseio, armazenamento e embarque da carga; utilização da infraestrutura de acesso aquaviário, utilização da infraestrutura de acostagem, utilização da infraestrutura operacional ou terrestre e utilização de equipamentos (LUNKES et al, 2014). Os valores atribuídos para as tarifas portuárias no Brasil são provenientes de SILVA (2018). Por sua vez, as tarifas portuárias nos Estados Unidos foram retiradas de FELLIN et al.(2008). O valor referente as tarifas portuárias e a capacidade mensurada para cada porto são exibidas na Tabela 23.

Tabela 23 - Tarifas Portuárias e capacidade de movimentação

Região Portuária	Tarifa Portuária (US\$/Ton)	Capacidade (1000 Ton/ano)	
		Embarque	Desembarque
Itacoatiara	6,90	3.354,81	2.927,91
Santarém	6,46	2.497,95	2.207,553
Barcarena	6,54	6.152,26	4.411,54
São Luís	7,44	8.542,89	-
Salvador	7,79	3.781,507	-
Vitória	8,05	4.084,44	-
Santos	9,62	24.383,64	-
Paranaguá	7,87	15.358,15	-
São Francisco do Sul	7,79	5.483,11	-
Rio Grande	7,44	16.506,88	1.269,98
Golfo do México	5,78	44.097,17	-
Noroeste do Pacífico	5,70	18.059,25	-
Atlântico	5,70	2.269,33	-
Grandes Lagos	5,70	1.192,31	-

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.4 Capacidade dos arcos

O transporte aquaviário de cargas demanda necessariamente a complementação por outro modal (rodoviário ou ferroviário). Nas hidrovias os portos fluviais e no transporte marítimo os portos de mar, caracterizam-se como pontos onde ocorre a quebra da cadeia de transporte terrestre ou aquaviário. Desse modo a carga deverá mudar para veículo, com características de concepção, tração, capacidade e disposição completamente distintos. Normalmente, no sistema aquaviário, os grandes problemas concentram-se nos portos, uma vez que os navios e comboios fluviais tem um bom desempenho ao longo das rotas marítimas e fluviais, tanto em relação à capacidade transportada, com grandes volumes, como em relação ao fluxo contínuo de embarcações, cuja baixa velocidade é compensada pela possibilidade de tráfego incessante em vias descongestionadas (VALENTE, 2008).

A metodologia adotada na presente pesquisa para mensurar a capacidade de movimentação das instalações portuárias é baseada naquela utilizada na elaboração dos planos mestre dos complexos portuários pela SNP como subsídio para o Plano Nacional

de Logística Portuária (PNLP). O método utilizado em BRASIL(2018a), consistiu na divisão do terminal em dois tipos de componentes:

- 1) Componentes de processamento de fluxo: Instalações e equipamentos que transferem carga para navios, barcaças, trens e caminhão (carregamento/desembarque);
- 2) Componentes de armazenamento: Instalações que armazenam a carga entre os fluxos

A atenção principal é voltada para os componentes de fluxo, com destaque para o cais, pois geralmente este constitui-se como o elo fraco do sistema, e pelo fato da sua expansão ser mais onerosa relativamente à capacidade estática (armazenamento) (BRASIL, 2018a).

A capacidade de movimentação de um trecho de cais  $j$  é definida para cada mercadoria  $i$ , sendo mensurada tendo em consideração conceitos como produtividade, utilização e nível de serviço, através da seguinte fórmula:

$$C_{i,j} = \frac{\rho_j \cdot A_j \cdot n_j}{T_{i,j}} \cdot D_{i,j} P_{i,j}$$

Onde os parâmetros necessários para cálculo são os seguintes:

$C_{i,j}$  – Capacidade do trecho de cais (ton/ano)

$\rho_j$  – Índice de ocupação de cais admissível

$A_j$  – Ano operacional (dias) x Tempo operacional por dia (horas)

$n_j$  – N° de berços

$D_{i,j}$  – Demanda (t)

$P_{i,j}$  – Participação do trecho no cais (%)

$T_{i,j}$  – [Tempo operacional + Tempo inoperante (h) + Tempo entre atracções sucessivas (h)] x Número de Atracções =  $\left[ \frac{\text{Lote médio (t)}}{\text{Produtividade } \left(\frac{\text{ton}}{\text{h}}\right)} + \text{Tempo inoperante (h) + Tempo entre atracções sucessivas (h)} \right] \times \frac{\text{Demanda (t)}}{\text{Lote médio}}$

Quanto ao ano operacional faz-se necessário evidenciar que o regime fluviométrico pode interferir diretamente nas características operacionais do sistema como um todo, uma vez que pode impor restrições ao calado das embarcações que navegam e atracam em determinado terminal. Dessa forma, o ano operacional nos terminais fluviais foi dividido em períodos de cheia e vazante. O dia operacional possui 24 horas em todos os terminais graneleiros analisados. Por sua vez, o lote médio equivale à razão entre a quantidade movimentada da mercadoria e o número de atracções nessa operação (BRASIL, 2018a). O tempo inoperante consiste na soma entre o tempo pré-operacional, aquele compreendido entre a atracção e o início da operação, e, o pós-operacional, que engloba o período após o término da operação e a desatracção. Dessa forma, o tempo médio inoperante relativo a uma mercadoria  $i$  no trecho de cais  $j$ , corresponde à média aritmética dos tempos inoperantes para cada atracção envolvendo essa mercadoria no trecho. O tempo entre atracções sucessivas equivale àquele entre a desatracção de uma embarcação e a atracção da próxima quando há fila. Ou seja, no momento da desatracção existem embarcações à espera para atracar. A produtividade corresponde à velocidade em que se consegue transbordar a mercadoria durante o tempo destinado à operação. Portanto, a produtividade média equivale a razão entre a quantidade total movimentada e o tempo total de operação no período analisado daquele trecho (BRASIL, 2018a).

Conforme evidenciado no Capítulo 2, dadas as capacidades de recepção, manuseio e expedição dos terminais portuários, a capacidade de movimentação da infraestrutura de acostagem representa o ponto de estrangulamento do setor portuário e hidroviário brasileiro. Nos casos em que a capacidade de movimentação estimada foi inferior à movimentação observada, em determinado complexo portuário, admitiu-se que o nível de movimentação representou a capacidade máxima. Para os complexos portuários que recebem grãos oriundos da navegação interior, também foi mensurado a capacidade de desembarque da infraestrutura de acostagem destinada às barcaças, conforme pode ser visto na Tabela 23.

Por outro lado, conforme visto no Capítulo 2, a capacidade de tráfego de trens navia permanente representa atualmente o ponto de estrangulamento do sistema ferroviário brasileiro. O que determina a capacidade de um trecho em uma ferrovia é o



tempo em que dois trens, em sentidos opostos, levam entre um pátio e outro<sup>17</sup>. A capacidade do tráfego de trens nos trilhos das ferrovias brasileiras é mensurada em números de trens por dia na declaração de rede anual publicada pela ANTT. A partir desses dados, o cálculo de capacidade máxima de movimentação anual em um determinado percurso ferroviário foi realizado da seguinte lógica:

$$cap.movimentação = mov. atual + (cap.trecho ocioso * trem tipo) * 365$$

Onde:

*Cap. movimentação* – Capacidade máxima de transporte de soja em (toneladas/ano);

*Mov. Atual* – Movimentação de soja registrada no ano de 2018 (em toneladas);

*Cap. trecho ocioso* – Capacidade (em número de trens por dia) do trecho com menor capacidade ociosa no percurso entre as duas estações de referência;

*Trem tipo* - Valor em toneladas úteis (TU) transportada no trem padrão da ferrovia.

Vale ressaltar que várias estações ferroviárias presentes no modelo são atendidas pela mesma via permanente, justificando o formato aditivo da restrição número (16), de modo a evitar que duas estações ferroviárias utilizem a mesma capacidade ociosa.

Em relação aos Estados Unidos, foram adicionadas restrições de capacidade ao sistema hidroviário do Mississippi e das regiões portuárias. No tocante à capacidade de navegação no rio Mississippi, conforme o Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América<sup>18</sup>, notrecho denominado rio Alto Mississippi, foram construídos um total de 29 sistemas de barragens e represas, formando uma escada de água entre Minnesota e Illinois. Desde a primeira eclusa/barragem em Minneapolis-St.Paul, (Minnesota) até o último em Granite City (Illinois), observa-se uma queda de 420 pés de altitude. Os bloqueios são necessários em cada uma das barragens para permitir que os barcos naveguem de um reservatório (a água é armazenada atrás de cada barragem) para o próximo. Tais barragens foram construídas para auxiliar apenas a navegação (não foram projetadas para o controle de inundações). No Baixo Mississippi, trecho a jusante de St. Louis, não há necessidade de eclusas e represas porque, com a

<sup>17</sup> Ver <http://ri.rumolog.com/ptb/guia-de-modelagem>

<sup>18</sup> Ver

<https://www.mvs.usace.army.mil/Portals/54/docs/recreation/rivers/NavFactSheets/05Dam%2027.pdf>

adição dos rios Missouri, Illinois, Arkansas, Ohio e outros, o rio Mississippi torna-se naturalmente profundo e amplo o suficiente para a navegação.

O sistema de eclusas número 27, localizado nas proximidades de St. Louis, pode ser considerado o ponto crítico para a navegação nos rios Mississippi, Illinois e Missouri. Uma vez que o rio Illinois deságua no rio Mississippi ao norte de St. Louis, e o rio Missouri deságua no rio Mississippi em St. Louis, a montante do referido sistema de eclusas, todos os grãos originários dos rios Alto Mississippi, Illinois e Missouri com sentido aos portos no golfo do México devem atravessar esse sistema. Dessa forma, a capacidade do sistema de eclusas número 27 foi utilizada como referência para a capacidade de movimentação de grãos nos rios Alto Mississippi, Illinois e Missouri (Fellin et al., 2008).

Por sua vez, o rio Ohio se estende por 981 milhas entre sua cabeceira no distrito de Pittsburgh, Pensilvânia, e a foz, na confluência com o rio Mississippi, em Cairo (Illinois). Assim como o Alto Mississippi, o rio Ohio também demandou obras hidráulicas com finalidade de propiciar a navegação<sup>19</sup>. Nesse sentido, os grãos embarcados nos terminais hidroviários do rio Ohio com sentido aos portos do Golfo devem necessariamente atravessar os sistemas de eclusas números 52 e 53, localizadas a 23 e 11 milhas, respectivamente, a montante de Cairo. Deve-se ressaltar, que não existem eclusas entre Cairo e os portos do Golfo, no Baixo Mississippi. Portanto, de maneira similar ao adotado para os rios Alto Mississippi e Illinois, a capacidade de movimentação de grãos no sistema de eclusas número 52 foi usada como referência para a estimar a capacidade de movimentação de grãos no rio Ohio (Fellin et al., 2008).

O método utilizado para estabelecer a capacidade de movimentação nas eclusas mencionadas nos parágrafos anteriores, e em quatro regiões portuárias norte americanas consideradas no modelo (Golfo, Noroeste do Pacífico, Atlântico e Grandes Lagos) consistiu na análise de dados históricos sobre a movimentação anual de soja em cada uma dessas estruturas. Os dados utilizados foram disponibilizados pela Agricultural Marketing Service do USDA. A partir desse exame, a capacidade de escoamento de soja em cada estrutura foi considerada idêntica à quantidade de soja movimentada no ano de maior atividade. Dessa forma, para a grande maioria das estruturas mencionadas, a movimentação do ano de 2016 foi utilizada como referência, sendo que as exceções

---

<sup>19</sup> Ver <https://www.lrl.usace.army.mil/Missions/Civil-Works/Navigation/History/>

foram: o sistema de eclusas número 52 no rio Ohio, que registrou maior movimento de soja no ano de 2015; e a região portuária dos Grandes Lagos, onde o montante escoado de soja foi maior em 2019.

#### 4 VALIDAÇÃO E VERIFICAÇÃO DO MODELO BASE

A etapa de validação testa a aderência entre o comportamento do modelo e o sistema no mundo real, o qual, ele foi elaborado para representar (Gass, 1983). Conforme McCarl et al., (2003), apesar da validação do modelo ser uma etapa importante em qualquer análise empírica, geralmente ela é realizada de maneira superficial. Nesse sentido, Hillier et al., (2013) argumenta que não existe uma metodologia padrão para a realização da etapa de validação, uma vez que, esse processo depende em grande parte da natureza do problema em questão e do modelo utilizado.

No tocante ao modelo de equilíbrio espacial, o método frequentemente utilizado para cumprir a etapa de validação, é aquele denominado como validação por resultados, conforme conceito enunciado por McCarl et al., (2003) ou validade preditiva (Gass, 1983). Esse tipo de validação consiste na comparação entre os valores gerados para as variáveis de decisão na solução do modelo e os valores observados para essas mesmas variáveis no mundo real, no período representado pelo modelo. Nesse exercício de comparação devem ser executados testes de associação para medir o grau de correspondência entre o "mundo real" e as soluções-modelo. Vários testes de associação estão disponíveis, entre eles pode-se destacar a técnica de regressão que pode ser realizada regredindo os valores gerados pelo modelo contra os valores do mundo real (McCarl, 2003). Entretanto, Ojima (2004) discute a dificuldade em implementar testes estatísticos na etapa de validação do modelo de equilíbrio espacial devido ao fato de testes geralmente utilizarem suposições de independência entre as observações, sendo que essa hipótese não se sustenta no caso de modelo de equilíbrio espacial. Segundo a referida autora, o coeficiente de correlação dos dados tem grande aplicabilidade nesse contexto.

Indo ao encontro do último parágrafo, pode-se observar que a validação do modelo de equilíbrio espacial geralmente restringe-se à comparação entre os valores gerados e observados das variáveis de decisão, conforme pode ser verificado em FELLIN et al.,(1997); FULLER et.al.,(2000); COSTA (2007); FELLIN et al.,(2008). Nesse contexto, apenas no caso de Ojima (2004) foi relatado o coeficiente de correlação entre os dados gerados e observados para cada variável de decisão, acompanhado do teste de hipóteses referente à significância estatística do coeficiente de correlação.

Dessa forma, a validação do modelo para a presente pesquisa, segue o método utilizado nos trabalhos anteriores, baseando-se no confronto entre a solução do modelo e os dados reais existentes e, quando possível, no coeficiente de correlação entre os referidos conjuntos de dados. O modelo de otimização quadrática foi construído utilizando a linguagem de programação Python e resolvido por meio do pacote resolvidor Gurobi versão 9.0 (2015). Os *outputs* do modelo em conjunto com os dados reais disponíveis, possibilitaram as seguintes comparações:

- Comparação entre a quantidade exportada por cada país ofertante e importada em cada país demandante, na solução do modelo e nos dados observados (reais).
- Comparação entre a quantidade exportada por estado brasileiro, na solução do modelo e nos dados observados.
- Comparação entre a quantidade escoada por região portuária, na solução do modelo e nos dados observados.
- Comparação entre o *market share* das regiões portuárias no escoamento da safra de cada estado, na solução do modelo e nos dados observados.
- Comparação entre preço regional ótimo gerado pela solução do modelo e o preço regional observado nos dados observados;

#### 4.1 Comércio Internacional de soja

Em relação à oferta da oleaginosa, a combinação entre os dados da ABIOVE e do IBGE indica que em 2018, o excedente exportável (produção - consumo doméstico) de soja do Brasil, incluindo apenas as regiões produtoras consideradas no modelo, era de 72,142 milhões de toneladas de soja. Por sua vez, o modelo estimou esse montante em 74,431 milhões de toneladas, superestimando o verdadeiro volume em 3,17%. Para os Estados Unidos, os dados do NASS indicam que a oferta excedente de soja (incluindo apenas as regiões produtoras consideradas no modelo) foi de 59,477 milhões de toneladas. Por seu turno, o modelo estima esse montante em 58,612 milhões de toneladas, subestimando o montante verdadeiro em 1,45%.

Segundo os dados do Ministério da Economia (Sistema Comex) o Brasil exportou 83,257 milhões de toneladas de soja no ano de 2018, superando o montante estimado de 74,431 milhões de toneladas em 8,826 milhões de toneladas. Para os Estados Unidos, os dados do FAS/USDA indicam que o montante exportado em 2018

foi de 46,195 milhões de toneladas de soja, sendo inferior em relação a exportação estimada pelo modelo em 12,417 milhões de toneladas. Cabe ressaltar que as diferenças evidenciadas nesse parágrafo têm relação direta com a guerra comercial entre Estados Unidos e China, que afetaram de maneira substancial as exportações de soja dos EUA e Brasil em 2018. Nesse sentido pôde-se observar que em 2017 e 2016, o montante de soja exportado pelos Estados Unidos foi de 55,261 e 57,797 milhões de toneladas, respectivamente. Paralelamente, o volume de soja exportado pelo Brasil em 2017 e 2016 foi de 68,155 e 51,583 milhões de toneladas, respectivamente.

Os dados relacionados ao estoque de soja existentes em cada país evidenciam o efeito da guerra comercial nessa dinâmica. Segundo a ABIOVE no final de 2017 o estoque de soja no Brasil era de aproximadamente 10,33 milhões de toneladas, enquanto ao final de 2018 o estoque da oleaginosa girava em torno de 2,796 milhões de toneladas. Por sua vez, a CONAB indica que o estoque brasileiro de soja reduziu de 7,79 milhões de toneladas para 1,39 milhões durante a safra 2018. Além do mais, segundo o relatório de acompanhamento da safra de grãos do ano de 2018, elaborado pela CONAB, a guerra comercial entre Estados Unidos e China fez com que o volume esperado para a exportação de soja do Brasil na safra de 2018 fosse extrapolado em mais de 7 milhões de toneladas, ao mesmo tempo que criou o maior estoque de passagem já registrado na história dos Estados Unidos (CONAB, 2018). Nessa direção, os dados do NASS indicam que no final do ano safra 2017/2018, o estoque de soja nos Estados Unidos era de 11,923 milhões de toneladas, enquanto ao final do ano safra de 2018/2019 esse estoque era de 24,740 milhões de toneladas. A aderência dos fluxos de soja gerados pelo modelo ao comércio internacional no ano de 2018 pode ser verificada na Tabela 24.

Tabela 24 - Comparação entre o comércio internacional de soja estimado e observado (milhões de toneladas)

<b>País</b>	<b>Estimado</b>	<b>Observado</b>	<b>Desvio (%)</b>
Brasil	74,431	83,257	-10,60%
Estados Unidos	58,612	46,195	26,88%
Paraguai	6,480	6,533	-0,81%
<b>Total Exportado</b>	<b>139,523</b>	<b>135,985</b>	<b>2,60%</b>
China	91,763	91,017	0,82%

(continua)

(conclusão)

<b>País</b>	<b>Estimado</b>	<b>Observado</b>	<b>Desvio (%)</b>
União Europeia	14,102	14,060	0,30%
Oriente Médio	9,544	9,448	1,02%
Sudeste Asiático	8,036	7,975	0,77%
Argentina	6,214	5,833	6,53%
México	4,843	4,857	-0,30%
Leste Asiático	5,020	4,962	1,18%
<b>Total Importado</b>	<b>139,523</b>	<b>138,152</b>	<b>0,99%</b>

Fonte: Ministério da Economia, USDA

Os fluxos gerados referentes a importação de soja mostraram grande aderência aos números observados no ano de 2018. Segundo o FAS/USDA, em 2018 a China importou 91,017 milhões de toneladas de soja, por sua vez, a solução do modelo gerou um fluxo de 91,763 milhões de toneladas de soja destinadas a China, montante 0,82% maior em relação ao observado. Em relação a esse comércio, o modelo estima um fluxo de 27,748 milhões de toneladas de soja oriundo dos Estados Unidos com destino à China. Por sua vez, segundo o FAS/USDA, em 2018, os Estados Unidos exportaram apenas 8,235 milhões de toneladas para a China. Uma vez que o modelo não inclui todas as regiões do mundo e os estoques existentes em cada região, o total de exportações difere do total de importações para os dados observados. Entretanto, considerando apenas a produção e o consumo de soja em 2018 em cada região de análise, trata-se de um modelo balanceado.

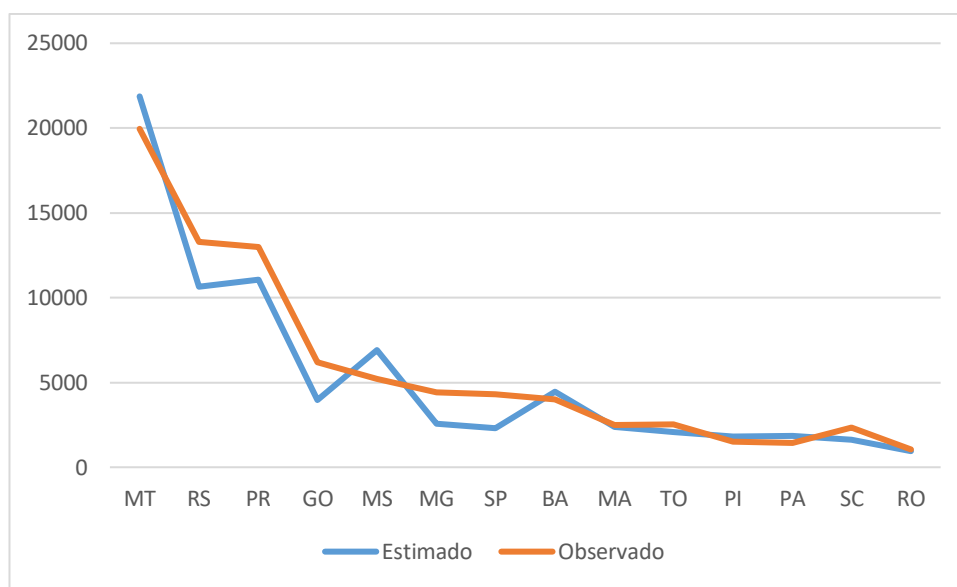
#### 4.2 Exportação de Soja por UF no Brasil

No Brasil, a exportação de soja por unidade da federação é acompanhada pelo Ministério da Economia (Sistema Comex), possibilitando a comparação entre os dados reais e aqueles estimados pelo modelo. Conforme indica o Gráfico 16, existe um alto grau de ajuste entre os dois conjuntos de dados. O valor de 0,968 do coeficiente de correlação torna mais evidente a aderência entre os dados estimados e observados. A média dos desvios foi de -8,7%.

Com relação aos principais estados no mercado da oleaginosa, pode-se observar que o modelo superestima as exportações do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e subestima as exportações do Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás e Minas Gerais. Nesse

sentido, cabe ressaltar que, segundo a Pesquisa de Estoques, elaborada pelo IBGE, 60,5% do estoque brasileiro de soja estava concentrada nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, no último dia do ano de 2017. Como visto anteriormente, o Brasil aumentou suas exportações através da redução dos estoques ao longo do ano de 2018, e estes não são considerados no modelo.

Gráfico 16 - Aderência exportação de soja por UF



Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação aos desvios nos estados de Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, pode-se destacar o possível impacto do comércio inter-regional, cuja inexistência de dados oficiais impossibilita o exercício de comparação. Cabe ressaltar que os estados de Minas Gerais e Goiás foram responsáveis pelo suprimento de soja das regiões demandantes de Ribeirão Preto e Uberlândia, respectivamente, que são as mais deficitárias do Sudeste, conforme Tabela 19.

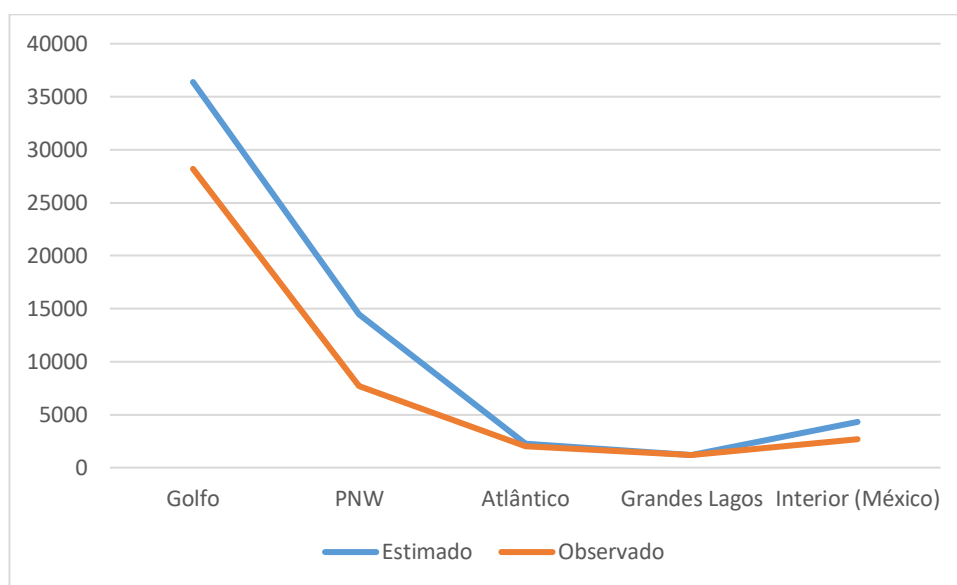
#### 4.3 Fluxo de soja por complexo portuário

A comparação entre o fluxo de soja gerado pelo modelo para cada complexo portuário e os dados reais sobre a exportação de soja em cada porto, oferecem outra perspectiva importante sobre a acurácia do modelo. Nos Estados Unidos, o Agricultural Marketing Service apresenta os dados sobre as exportações de grãos em cada região portuária. Conforme mencionado na seção anterior, devido à guerra comercial entre os EUA e a China, o modelo superestima as exportações norte-americanas de soja no ano de 2018. Consequentemente, o modelo superestima o montante exportado na maioria das regiões portuárias, com exceção dos Grandes Lagos e Interior. Em relação a essa



última, segundo a INFORMA (2010), o USDA contabiliza as exportações de grãos em contêiner como *interior*, por sua vez, o modelo considera apenas as exportações terrestres para os países fronteiriços. Dessa forma, o Gráfico 17 foi compatibilizado de maneira que essa conta represente apenas as exportações (observada e estimada) via terrestre para o México. O coeficiente de correlação de 0,99 evidencia que o *market share* das regiões portuárias no escoamento da safra norte americana foi capturado de maneira satisfatória pelo modelo.

Gráfico 17 - Aderência exportação de soja por região portuária



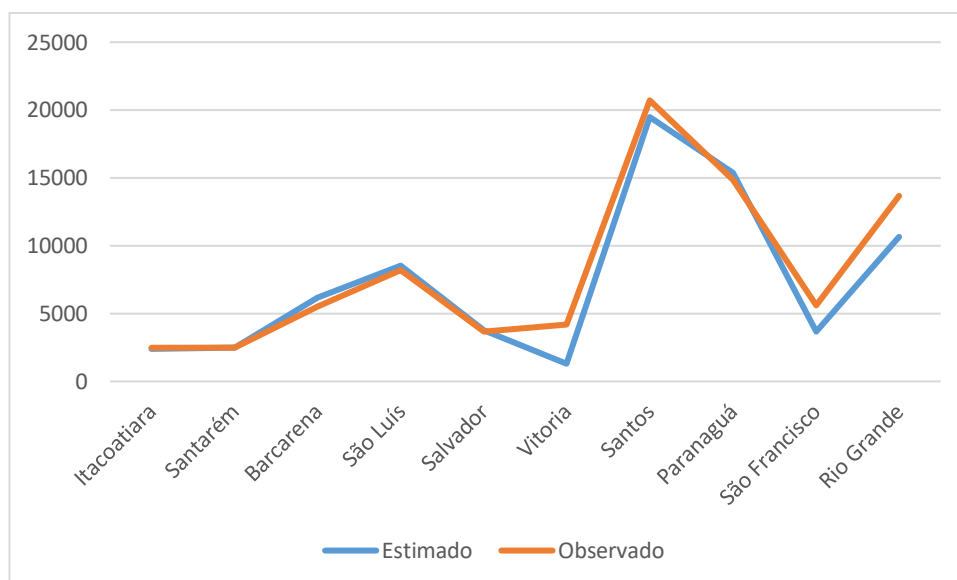
Fonte: Elaborado pelo autor

Uma vez que o Estados Unidos não possui dados oficiais sobre a exportação de grãos por unidade da federação, os exercícios de validação apresentados nas seções 4.2 e 4.4 não puderam ser replicados para a logística norte americana. Em relação aos fluxos gerados na solução do modelo, cabe destacar a importância do sistema hidroviário do Mississippi, responsável por 88,15% do volume de soja recebido nos portos do Golfo. A referida região portuária foi indicada como rota de escoamento para a produção da maioria das regiões ofertantes dos EUA, com exceção de Dakota do Norte, Dakota do Sul, oeste de Minnesota (cujas exportações foram direcionadas para o PNW); Michigan (remessa pelos Grandes Lagos), Carolina do Norte e Nordeste (atendidos pelos portos do Atlântico). O modelo ainda indica remessas ferroviárias originadas nos estados de Kansas, Nebraska e Dakota do Sul com destino ao México. Finalmente, todas as restrições de capacidade impostas ao sistema viário norte-americano são ativas na solução do modelo.

No Brasil, o Ministério da Economia (Sistema Comex) compila os dados sobre a exportação de soja em cada complexo portuário. Conforme pode ser notado no Gráfico 18, apesar da guerra comercial subestimar as exportações brasileiras (uma vez que os estoques e taxas protecionistas não estão incluídos no modelo), existe uma alta aderência entre os dados gerados pelo modelo e os valores reais. O coeficiente de correlação entre os dois conjuntos de dados é de 0,974 e a média dos desvios foi de -11%.

Segundo os dados do ME, foram exportadas 20,714 milhões de toneladas de soja por meio do complexo portuário de Santos no ano de 2018. Por sua vez, o modelo atribui um fluxo de 19,483 milhões de toneladas ao terminal de Santos, representando um desvio de -5,94%. Dessa forma, o complexo portuário de Santos constitui-se como o principal porto brasileiro para a exportação da soja, embora o modelo tenha estimado um fluxo ligeiramente inferior em comparação àquele efetivamente observado. Em relação aos portos do Arco Norte, os dados do ME, indicam que foram exportadas 18,66 milhões de toneladas de soja por esses terminais ao longo de 2018, enquanto o modelo estima um fluxo de 19,61 milhões de toneladas através desses terminais, um desvio de aproximadamente 5%.

Gráfico 18 - Aderência exportação de soja por complexo portuário



Fonte: Elaborado pelo autor

Notadamente, o modelo subestima as exportações através dos complexos portuários de Rio Grande e Vitória. Segundo os dados do ME, 93,5% da soja exportada pelo complexo portuário de Rio Grande tem origem no Rio Grande do Sul. Dessa

forma, uma vez que o modelo subestima as exportações de soja da referida UF, devido aos argumentos citados na seção anterior, é natural que as exportações estimadas por meio do complexo de Rio Grande também fiquem abaixo dos dados observados. O panorama é o mesmo em relação ao complexo portuário de Vitória, uma vez que segundo a base de dados do ME, aproximadamente 80% da soja embarcada no porto é proveniente dos estados de Goiás ou Minas Gerais, que também têm suas exportações subestimadas.

#### **4.4 Rota da soja por UF no Brasil**

A base de dados do ME possui a informação sobre o estado de origem da soja exportada em cada complexo portuário. Dessa forma, pode-se comparar a rota ótima encontrada pelo modelo e o padrão de escoamento atualmente existente. Esse exercício foi realizado a partir do confronto entre a participação estimada de cada região portuária no escoamento de soja originada em uma determinada UF e a participação observada pelo ME. Novamente, existe alta correlação entre os dados observados e gerados, conforme coeficiente de correlação de 0,945.

Destaca-se a predominância individual do modal rodoviário no escoamento da safra do Mato Grosso, com o modelo atribuindo 38,94% do volume às rodovias, enquanto os modais ferroviário e hidroviário contribuem com 38,23% e 22,83%, respectivamente. A importância dos portos do Arco Norte para a exportação de soja do Mato Grosso fica evidente, com o modelo superestimando a participação desses terminais no escoamento da safra mato-grossense em detrimento aos portos dos corredores Paranaguá e Vitória. Cabe ressaltar que o crescimento das exportações pelo Arco Norte e a diminuição da quota de mercado dos portos de Paranaguá, São Francisco do Sul e Vitória tem sido de fato observado no escoamento da safra mato-grossense, conforme evidenciado na Tabela 6. Entretanto, todas as restrições referentes a capacidade de escoamento dos terminais portuários do Arco Norte são ativas na solução do modelo, indicando um ponto de estrangulamento para o sistema. Além disso, aproximadamente 65% do fluxo de soja gerado pelo modelo, com origem nas regiões produtoras do Mato Grosso em direção aos portos do Arco Norte, percorre rotas intermodais. Nesse sentido, os terminais de transbordo de Porto Velho, Itaituba e Porto Nacional, foram utilizados como ponto de transferência da carga. Em relação a esses terminais, cabe ressaltar que a restrição de capacidade de embarque em Itaituba foi ativa, enquanto existe capacidade ociosa nos demais transbordos.

A importância do complexo portuário de Santos para o escoamento da safra mato-grossense também deve ser ressaltada, uma vez que o referido porto aparece como a principal rota de escoamento, participando com um volume superior à metade do total exportado pelo Mato Grosso. Nesse corredor, o destaque é o terminal ferroviário de Rondonópolis, na malha da RMN, cuja capacidade máxima de escoamento foi atingida na solução do modelo. Ademais, a solução do modelo também indica uma forte influência exercida pelo complexo portuário de Santos, atraindo a safra dos estados de Goiás e Minas Gerais, conforme Tabela 25. Os fluxos gerados a partir desses estados para Santos são majoritariamente intermodais, sendo que os terminais ferroviários de Araguari e Uberaba, na malha da Ferrovia Centro Atlântica, representam o ponto de transferência da carga. Dessa maneira, a capacidade de movimentação máxima de tráfego de vagões na via permanente da FCA (sentido Santos) também foi atingida na solução do modelo.

Para o caso do Mato Grosso do Sul, fica evidente a importância do corredor Paranaguá, uma vez que o modelo indica que o terminal ferroviário de Maringá, na malha da RMS, deve ser usado no escoamento de 92% da safra de soja do estado, direcionando-a para os portos de Paranaguá ou São Francisco do Sul. Esse panorama deve-se a alguns fatores como: a maior parcela do excedente de produção do Mato Grosso do Sul está concentrado na porção centro-sul do estado; a menor distância percorrida entre o terminal ferroviário de Maringá e os dois portos citados em comparação a distância percorrida entre o terminal ferroviário de Chapadão do Sul e o porto de Santos, na malha da RMN; o menor preço do frete por quilômetro praticado na malha da RMS em relação a RMN; frete marítimo (com destino a Ásia) e tarifas portuárias ligeiramente inferiores no corredor Paranaguá em relação ao corredor Santos. Dessa maneira, mesmo para o centroide de São Gabriel do Oeste (representando o norte do MS), a utilização do corredor Paranaguá mostra-se uma alternativa competitiva. No tocante as restrições nesse corredor, pode-se destacar que a capacidade de embarque no complexo portuário de Paranaguá e a capacidade de tráfego da via permanente da RMS (sentido Paranaguá) são atingidas na solução do modelo, sugerindo o saturamento desse sistema. A outra opção relevante para o Mato Grosso do Sul é o terminal de transbordo de Porto Murtinho, na hidrovia do rio Paraguai. Nesse caso, os grãos navegam em barcaças até complexos portuários na Argentina ou Uruguai, onde podem ser transferidos para navios oceânicos, ou consumidos nos países vizinhos. No tocante à

matriz de transporte, existe um grande contraste em relação ao panorama verificado para o Mato Grosso, uma vez que a solução do modelo indica rotas intermodais para o escoamento de 100% da safra do Mato Grosso do Sul.

Tabela 25– Market-share de um corredor nas exportações de soja por UF (em %)

<b>Estado</b>	<b>Região Portuária</b>	<b>Estimada</b>	<b>Observada<sup>1</sup></b>
MT	Santos	53,44	45,49
	Barcarena	19,26	19,71
	Santarém	11,16	9,89
	Itacoatiara	8,85	8,76
	São Luís	7,29	6,34
	Paranaguá/São Francisco	0,00	6,82
	Outros	0,00	2,99
PR	Paranaguá/São Francisco	100,00	96,29
	Outros	0,00	3,71
RS	Rio Grande	100,00	96,54
	Outros	0,00	3,46
GO	Santos	100,00	65,67
	Vitória	0,00	29,65
	Outros	0,00	4,68
MS	Paranaguá/São Francisco	92,07	68,51
	Porto Murtinho	7,93	10,32
	Santos	0,00	18,99
	Outros	0,00	2,18
MG	Vitória	51,07	32,21
	Santos	48,93	57,13
	Outros	0,00	10,66
SP	Santos	100,00	90,50
	Outros	0,00	9,50
BA	Salvador	85,12	85,73
	São Luís	14,88	12,45
	Outros	0,00	1,82

(continua)

(conclusão)

<b>Estado</b>	<b>Região Portuária</b>	<b>Estimada</b>	<b>Observada<sup>1</sup></b>
MA-TO-PI	São Luís	100,00	92,98
	Outros	0,00	7,02
PA	Barcarena	100,00	72,27
	Outros	0,00	27,73
RO	Itacoatiara	100,00	69,25
	Santarém	0,00	30,75
SC	São Francisco/Paranaguá	100,00	78,19
	Outros	0,00	21,81

Fonte: Elaborado pelo autor; 1-Ministério da Economia

#### 4.5 Preço da soja

A comparação entre os preços gerados na solução do modelo e os preços observados em cada região mostra-se importante para a validação do modelo. Nesse sentido, devido ao elevado número de regiões que compõe o modelo, a apresentação será dividida entre regiões (brasileiras ou estrangeiras), etipo de região (ofertante ou demandante). Essa divisão também é necessária devido ao comportamento bem definido apresentado na solução do modelo, que indica uma relação entre o país de origem dos grãos e a direção dos desvios.

Tabela 26 - Preço Gerado x Preço Estimado para as regiões brasileiras de excesso de oferta (em US\$/Ton)

<b>Região</b>	<b>Preço Gerado</b>	<b>Preço Observado<sup>1</sup></b>	<b>Desvio (%)</b>
Sinop (MT)	295,80	299,45	-1,22
Barra do Garças (MT)	304,73	300,53	1,40
Parecis (MT)	296,04	298,86	-0,94
Diamantino (MT)	304,48	300,12	1,45
Juína-Juara (MT)	289,94	296,79	-2,31
Cáceres (MT)	305,58	298,38	2,41
Passo Fundo (RS)	356,32	327,36	8,85
Dourados (MS)	337,75	325,56	3,75
Bahia	322,90	302,21	6,85
Cascavel (PR)	351,93	328,42	7,16

(continua)

(conclusão)

<b>Região</b>	<b>Preço Gerado</b>	<b>Preço Observado<sup>1</sup></b>	<b>Desvio (%)</b>
Ijuí (RS)	354,56	319,57	10,95
Londrina (PR)	359,35	328,78	9,30
Maranhão	344,40	333,30	3,33
Maringá (PR)	355,53	328,43	8,25
Santa Maria (RS)	364,21	339,64	7,24
Patos (MG)	338,81	331,04	2,35
Campo Grande (MS)	330,68	317,31	4,22
Sorocaba-Marília (SP)	359,79	326,99	10,03
Tocantins	342,08	313,42	9,15
Piauí	341,96	302,17	13,17
Pará	356,25	330,42	7,82
Santa Catarina	360,83	332,21	8,62
Luziânia (GO)	340,56	326,65	4,26
Uberaba (MG)	354,83	334,06	6,22
Rio Verde (GO)	337,57	303,65	11,17
Paraúna (GO)	335,35	304,72	10,05
Guarapuava (PR)	363,44	332,34	9,36
Rondônia	310,22	290,31	6,86
Uruguaiana (RS)	357,51	324,57	10,15
Itumbiara (GO)	343,67	303,67	13,17
Porangatu (GO)	326,87	304,72	7,27
Ponta Grossa (PR)	365,34	334,39	9,26
Lajeado (RS)	365,95	339,64	7,75
Goiânia (GO)	347,88	311,23	11,78

**Fonte: Elaborado pelo autor; 1-CONAB**

No tocante a oferta de soja no Brasil, pode-se notar que o modelo superestima o preço da oleaginosa em 31 das 34 regiões brasileiras com excesso de oferta. As três regiões domésticas ofertantes que tiveram o preço subestimado pelo modelo são localizadas no estado do Mato Grosso, sendo ainda possível ressaltar, que os preços estimados para as regiões no referido estado apresentaram maior acurácia em relação aos preços gerados para as demais regiões. A aderência dos preços estimados pelo

modelo aos preços coletados pela CONAB pode ser considerada satisfatória. O coeficiente de correlação entre os preços gerados e observados é de aproximadamente 0,844, a média dos desvios foi 6,74%, com desvio padrão de 4,08%.

O panorama encontrado para as regiões brasileiras de excesso de demanda, é bastante similar àquele descrito no tocante as regiões brasileiras de excesso de oferta. Os preços gerados pelo modelo superestimam os preços coletados pela CONAB em todas as regiões demandantes de soja, sendo que a média dos desvios foi de 7,4%, com desvio padrão de 3,6%. Novamente, o preço estimado para a região localizada no estado do Mato Grosso apresentou maior acurácia em relação aos preços estimados para as demais regiões demandantes. A aderência entre os preços observados e gerados pode ser considerada satisfatória, sendo que o desvio máximo foi de 11,41%, e o coeficiente de correlação entre esses dois conjuntos de dados foi de 0,828.

Tabela 27 - Preço Gerado x Preço Estimado para as regiões brasileiras de excesso de demanda (em US\$/Ton)

<b>Região</b>	<b>Preço Gerado</b>	<b>Preço Observado<sup>1</sup></b>	<b>Desvio (%)</b>
Rondonópolis (MT)	324,78	324,66	0,04
Uberlândia (MG)	355,69	339,08	4,90
Pelotas (RS)	375,17	347,58	7,94
Ribeirão Preto (SP)	362,91	339,11	7,02
Amazonas	379,36	343,20	10,54
Porto Alegre (RS)	382,69	345,26	10,84
Caxias do Sul (RS)	371,17	351,40	5,62
Presidente Prudente (SP)	361,44	341,55	5,82
Curitiba (PR)	377,60	338,93	11,41

**Fonte: Elaborado pelo autor; 1-CONAB**

Em relação a oferta estrangeira de soja, foi constatado que o modelo subestima os preços em 18 das 21 regiões ofertantes da oleaginosa. Novamente a aderência entre os preços gerados pelo modelo e os preços observados pode ser considerada satisfatória, o coeficiente de correlação entre os dois referidos conjuntos de dados é de 0,794, sendo estatisticamente diferente de zero com alto grau de confiabilidade, conforme indica o p-valor de aproximadamente 0. Apesar do coeficiente de correlação indicar uma menor associação entre esses dois conjuntos de dados, em relação aos demais pares analisados,



cabe ressaltar que a média dos erros foi de -1,98%, com desvio padrão de 2,3%, de maneira que a acurácia pode ser considerada satisfatória.

Tabela 28 - Preço Gerado x Preço Estimado nas regiões estrangeiras de oferta (em US\$/Ton)

<b>Região</b>	<b>Preço Gerado</b>	<b>Preço Observado<sup>1</sup></b>	<b>Desvio (%)</b>
Illinois	336,96	344,96	-2,32
Iowa	320,05	332,53	-3,75
Indiana	337,29	346,68	-2,71
Kentucky	338,70	350,02	-3,23
Ohio	334,79	345,15	-3,00
Missouri	345,49	340,31	1,52
Nebraska	323,45	328,12	-1,42
Dakota do Norte	317,86	319,49	-0,51
Dakota do Sul	313,53	320,47	-2,16
Michigan	324,35	342,97	-5,43
Wisconsin	326,32	337,74	-3,38
Arkansas	348,11	346,68	0,41
Louisiana	355,03	342,73	3,59
Mississippi	341,18	353,74	-3,55
Kansas	322,64	322,92	-0,08
Tennessee	346,59	347,47	-0,25
Carolina do Norte	329,15	349,07	-5,71
Nordeste USA	329,39	341,66	-3,59
Minnesota Oeste	315,49	330,66	-4,59
Minnesota Centro-Sul	328,40	330,66	-0,68
Paraguai	359,65	362,49	-0,78

**Fonte: Estimado pelo autor; 1-NASS**

Quanto ao preço da soja nas localidades de demanda estrangeira, o modelo superestima os preços no México e nas regiões norte-americanas, enquanto subestima o preço nos demais países importadores. O coeficiente de correlação entre os preços gerados e observados nas localidades de demanda estrangeira foi de 0,97 (o maior entre os destacados nessa subseção). A média dos erros foi de 0,23%, com desvio padrão de 3,38%.

Tabela 29 - Preço Gerado x Preço Estimado nas regiões estrangeiras de demanda (em US\$/Ton)

<b>Região</b>	<b>Preço Gerado</b>	<b>Preço observado<sup>1</sup></b>	<b>Desvio (%)</b>
Georgia	377,66	353,48	6,84
Alabama	363,63	346,49	4,94
Carolina do Sul	356,12	349,80	1,81
México	421,07	432,54	-2,65
União Europeia	396,50	400,17	-0,92
Sudeste Asiático	421,07	428,76	-1,79
Oriente Médio	382,44	388,88	-1,66
China	390,54	386,71	0,99
Leste Asiático	421,07	432,54	-2,65

Fonte: Elaborado pelo autor; 1-NASS

## 5 SIMULAÇÕES

Nesse capítulo melhorias no sistema de transporte são introduzidas na rede base, apresentada na seção anterior, e tendo como objetivo mensurar o impacto decorrente da melhoria do sistema viário que conecta as regiões produtoras de soja do Mato Grosso aos portos do Arco Norte. Para viabilizar essa simulação levou-se em consideração as grandes dimensões territoriais do Mato Grosso, de modo que as ampliações foram simuladas para cada corredor de transporte ligado ao Arco Norte, conforme discutido no capítulo 2. Foram desenvolvidos cenários em que as melhorias ocorrem individualmente em um dado corredor de transporte e, simultaneamente, em vários corredores. Torna-se evidente que a capacidade de escoamento nos portos do Arco Norte configura-se como o principal gargalo na atual conjuntura. Considera-se assim que os ganhos decorrentes da existência de uma nova infraestrutura de transporte (como uma ferrovia ou hidrovia) estão intimamente relacionados à expansão dos terminais portuários.

### 5.1 Ampliação do corredor Tapajós: EF-170 “Ferrogrão”

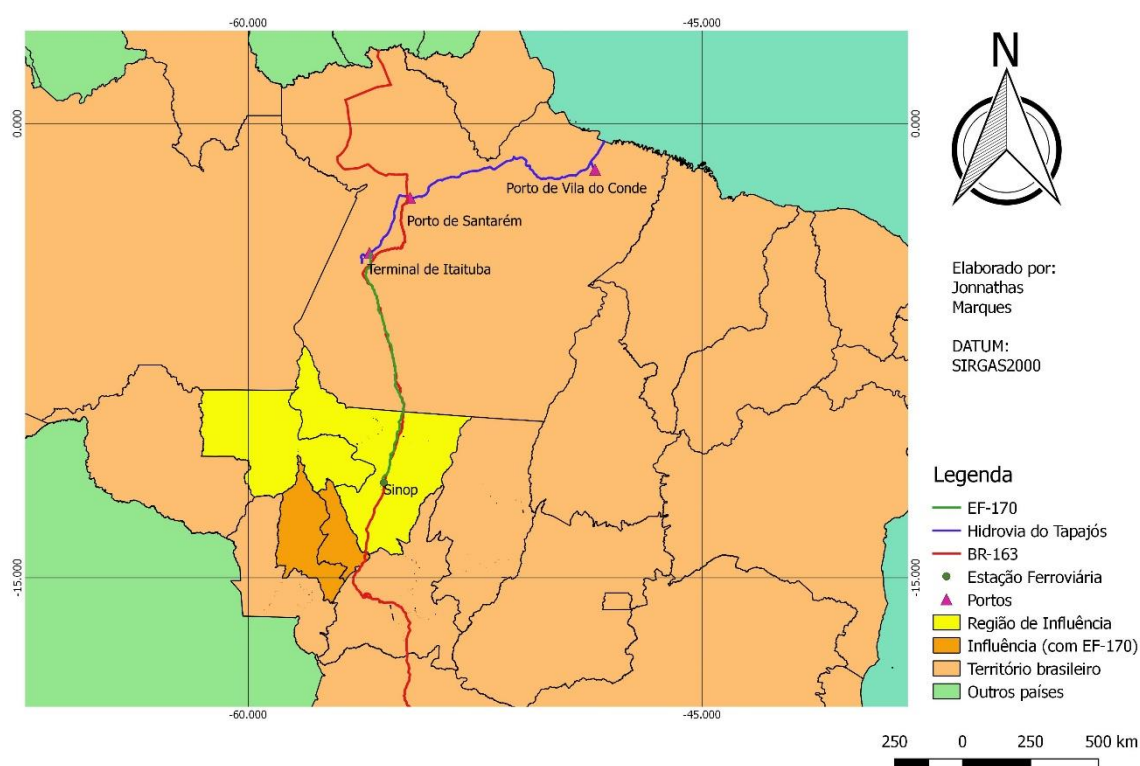
A EF-170 representa uma importante opção de intervenção no corredor Tapajós, visando diminuir o custo de transporte entre os centros produtores e o terminal de transbordo intermodal no Mato Grosso. Popularmente conhecida como “Ferrogrão”, essa ferrovia desperta o interesse das principais *tradings* que atuam no mercado de grãos no Brasil, que iniciaram os estudos para sua implantação a partir do lançamento do Programa de Investimento em Logística (PIL) pelo governo federal em 2012. Nesse contexto, as cinco principais *tradings*: Amaggi, Louis Dreyfus, Cargill, Bunge e ADM, em conjunto com a Estação da Luz Participações (EDLP), empresa especializada em projetos logísticos, formaram o grupo chamado “Pirarara”, que possui a finalidade de viabilizar o projeto, solicitando ao governo federal um chamamento público para um PMI (Procedimento de Manifestação de Interesse).

No âmbito do chamamento público de estudos nº 11/2014, o então ministério dos transportes (atual ministério da infraestrutura), autorizou a EDLP a desenvolver os estudos de viabilidade técnica para a implantação da ferrovia no trecho entre Sinop (MT) e Itaituba (PA). Os estudos da PMI foram entregues em outubro de 2015 e, a última revisão foi efetuada em abril de 2017 (CTLOG, 2018).

No projeto, está previsto a construção de um terminal de transbordo de carga em Sinop e o outro em Itaituba. Não foram incluídos outros pontos de carga/descarga

devido à inexistência de cargas ferroviárias em volume significativo entre estas duas cidades. Seu traçado foi cuidadosamente planejado e selecionado pelo método de análise hierárquica- AHP (*Analytic Hierarchy Process*) levando em consideração fatores físicos, ambientais, sociais e econômicos. Do ponto de vista social e ambiental buscou-se aproximar seu traçado, quando possível, da faixa de domínio da BR-163, priorizando áreas antropizadas, de modo minimizar impactos ao meio ambiente, conforme figura 4 (EDLP, 2016).<sup>20</sup>

Figura 4 - Corredor Tapajós e sua região de influência no Mato Grosso



Fonte: Elaborado pelo autor

As condições topográficas do terreno influenciam diretamente o custo de construção da estrutura ferroviária, além de afetar diretamente o desempenho operacional das composições ferroviárias no que tange ao consumo de combustível, desgaste e capacidade de reboque da locomotiva (ALBUQUERQUE, 2011). Em relação às suas características físicas, o traçado da EF-170 está inserido em um relevo sem grandes acidentes topográficos, possuindo baixa variação de altitude. Em média, as variações são da ordem de 200 a 300m em 100 a 200km, sendo que a variação do ponto mais alto, na Serra do Cachimbo, para o ponto mais baixo, próximo ao rio Tapajós, é de

<sup>20</sup> Área onde já há ocupação do homem, exercendo atividades sociais, econômicas e culturais sobre o ambiente.

aproximadamente 500m. As rampas máximas foram estabelecidas de acordo com o terreno, sendo que o limite aceitável é de 0,5% para trechos em terrenos planos, 1% em terrenos ondulados e 1,45% em terrenos montanhosos. A rampa máxima no sentido exportação (Sinop-Itaituba) é de 0,6% com extensão de 4,45m. No sentido importação, a rampa máxima é de 1,45% possuindo extensão total de 2,5m (EDLP, 2016).

O projeto prevê a construção da ferrovia em bitola larga (1,6m), que possui vantagens como permitir maior velocidade de circulação e capacidade de transporte; e desvantagens como a exigência de curvas de raio maior e custo mais elevado de construção (LEITE, 2017). Nesse sentido, a velocidade máxima autorizada da ferrovia será de 80 km/h, possuindo uma capacidade de escoamento de 40 milhões de toneladas/ano em cada sentido. Por sua vez, o raio mínimo desejável de curvatura é de 528,916m, sendo o raio mínimo admissível (casos extremos) de 343,823m (EDLP, 2016). O custo detalhado de implantação da EF-170 no trecho entre Sinop-Miritituba é apresentado na Tabela 30.

Tabela 30- Custo de implantação da EF-170

<b>Descrição</b>	<b>Preço (US\$)</b>
Material Rodante	1.309.595.807
Superestrutura Ferroviária	540.542.523,6
Terraplanagem	468.302.868,8
Obras de arte corrente e Drenagem	310.261.166,2
Sistemas de Sinalização Ferroviária e Energia	203.856.718,2
Obras Complementares	195.078.695,4
Oficinas e Instalações	187.134.500,6
Compensação Socioambiental	112.512.889,9
Obras De Arte Especiais	103.540.663,5
Engenharia	90.388.208,67
Equipamentos Ferroviários	88.604.797,45
Canteiro De Obras	22.060.927,15
Desapropriação	17.547.668,21
<b>Total Geral</b>	<b>3.649.427.434,83</b>

Fonte: Estação da Luz Participações

Uma ferrovia é formada por dois subsistemas básicos: o de material rodante, que englobam os veículos tratores e rebocados; e o de via permanente, que é composto pela infraestrutura e superestrutura. A infraestrutura ferroviária corresponde ao grupo de obras que criam a plataforma da estrada e suporta a superestrutura, sendo composta por terraplanagem (aterros e cortes), sistemas de drenagem superficial e profundo, obras de arte correntes e especiais (DNIT, 2017). Tem-se ainda como parte integrante da infraestrutura, a subestrutura formada pela fundação da ferrovia, o leito e o sublastro.

Por sua vez, a superestrutura ferroviária engloba todos os elementos que ficam acima da camada de sublastro. Uma via lastreada, é uma solução estrutural, que pelas suas características apresenta um bom comportamento dinâmico aos esforços provocados pelo material circulante, permitindo atingir e manter os requisitos de qualidade geométrica de forma econômica. A superestrutura é formada pelos seguintes elementos: lastro, dormentes, trilhos, aparelhos de mudança de via, elementos de fixação e placas de apoio (LEITE, 2017).

Em relação ao projeto da EF-170, o lastro será constituído por material britado possuindo uma espessura de 0,30 m. Para a via principal foram designados dormentes monoblocos de concreto com espaçamento de 0,6 m, traduzindo-se em uma taxa de dormentação de 1670 dormentes/km. Por seu turno, os aparelhos de mudança de via (AMV) terão dormentes de madeira. Os trilhos são classificados conforme sua massa por metro, em kg/m, sendo que no projeto em questão, serão utilizados trilhos longos soldados com comprimento mínimo de 240 m com perfil TR68. Em relação as fixações, os conjuntos utilizados serão compostos por grampos elásticos e palmilha amortecedora, que são soldados no caso do dormente de concreto. No caso dos dormentes de madeira as placas de apoio são fixadas por trefões e arruelas duplas de pressão (EDLP, 2016).

A drenagem representa o item mais importante a ser debatido em todas as fases de implantação de uma via terrestre, seja rodoviária ou ferroviária (concepção, estudos, projetos, execução, operação e manutenção/conservação). O sistema de drenagem é formado pelo conjunto de dispositivos indispensáveis à promoção de desvio das águas superficiais e profundas do corpo e da plataforma de estradas, bem como das respectivas áreas adjacentes.

O adequado dimensionamento e a execução dos dispositivos de drenagem constituem elementos fundamentais para a qualidade final e a vida útil da rodovia ou

ferrovia, para a estabilidade de taludes de corte e aterro e do próprio corpo da estrada. Além dos dispositivos de drenagem, a implantação de uma via terrestre exige a previsão e a construção de obras de arte correntes (bueiros), responsáveis pela condução das águas do talvegue de um lado da rodovia para outro (DNIT, 2017).

As obras de arte especiais são definidas como toda estrutura que, por suas características peculiares, requerem um projeto específico, como por exemplo, um túnel (DNIT, 2017). No caso do projeto apresentado para a EF-170, as obras de arte especiais estão divididas em dois tipos: pontes e viadutos. Dessa forma, estão previstas 79 obras de arte especiais (65 pontes e 14 viadutos) ao longo do traçado. As pontes foram planejadas de acordo com o vão hidráulico necessário e os viadutos no intuito de garantir acesso às rodovias que cruzam o traçado (EDLP, 2016).

Por sua vez, as obras complementares referem-se às estruturas executadas ao longo da via cuja finalidade é proteger a faixa de domínio e a circulação do material rodante. Dentre os serviços comumente relacionados às obras complementares, podem ser destacados a instalações de cercas e os dispositivos de segurança viária, tais como, defensas, barreiras e amortecedores de impacto (DNIT, 2017). Nessa conta, o projeto da EF-170 contempla obras como: a pavimentação das rodovias onde serão exigidas intervenções para adequação às novas obras de arte especiais implantadas; os procedimentos para proteção contra a erosão dos taludes de corte e aterro, através do plantio de grama; a criação de passagens de gado e veículos para garantir o acesso às propriedades no entorno da ferrovia. Finalmente, acerca do material rodante, no projeto da EF-170 destaca-se o trem tipo composto por 2 locomotivas AC44 de 4.400 HP de potência com 84 vagões HFT. Sendo ainda prevista, a aquisição de 239 locomotivas AC44 e 7524 vagões de modelos variados (HPT, TCT, HNT, GDT) (EDLP, 2016).

A Figura 4 torna evidente que a capacidade de movimentação nos terminais de transbordo hidroviário em Itaituba e dos complexos portuários de Santarém e Vila do Conde configura-se como fator decisivo para a viabilidade da EF-170, uma vez que as referidas estruturas devem estar preparadas para dar vazão ao maior fluxo de soja, gerado a partir da implantação da ferrovia. Dessa maneira, a solução do modelo revela que a magnitude do impacto do novo empreendimento sobre a receita dos produtores mato-grossenses, está intimamente ligada ao aumento da capacidade de movimentação dessas estruturas.

Conforme os respectivos planos mestres e os cálculos apresentados no Capítulo 2, o complexo portuário de Santarém (PA) já opera em um nível de atividade acima do recomendado. Por sua vez, a recepção de soja oriunda da hidrovia do Tapajós já corresponde a 84,55% da capacidade da estrutura de atracagem do complexo de Vila do Conde. Conseqüentemente, o modelo simulado indica que a inclusão da EF-170 no cenário atual não traria aumentos na renda dos produtores, e nem alterações no panorama do mercado internacional da soja. À medida que a capacidade de escoamento dessas estruturas é expandida, de forma a acompanhar o aumento do fluxo gerado pela criação da ferrovia, os ganhos potenciais da viabilização da EF-170 começam a aparecer.

A Tabela 31 exhibe a variação da receita nas regiões produtoras em três cenários distintos. O primeiro cenário refere-se à implantação da Ferrogrão na rede base, ou seja, a capacidade de movimentação da infraestrutura de atracagem dos terminais portuários do corredor Tapajós foi mantida constante, no nível da rede base. Nesse cenário, o modelo indica que a inclusão da EF-170 no sistema viário não produziria qualquer variação na renda e nos preços do mercado mundial da soja, apesar da ferrovia ter absorvido todo o fluxo de soja direcionado a Itaituba. Dessa forma, a única diferença da construção da Ferrogrão, sem a expansão dos complexos portuários do corredor Tapajós, reside no fato da soja acessar os terminais de transbordo em Itaituba através da ferrovia, uma vez que sequer o montante escoado foi alterado.

Para o segundo cenário, as restrições referentes a capacidade de movimentação de soja nos terminais portuários de Itaituba e Santarém foram eliminadas, sem que a Ferrogrão tenha sido implantada. Pode-se notar uma grande alteração no mercado da soja, com o preço variando para cima em todas as regiões produtoras no Mato Grosso, além do Pará e Rondônia. O modelo gerou um fluxo de aproximadamente 12,415 milhões de toneladas que seriam exportadas por meio dos terminais de transbordo de Itaituba. Dessa forma, a Hidrovia do rio Tapajós tornar-se-ia responsável pelo escoamento de toda a safra de soja das regiões de Sinop, Juara, e parte da produção de Barra do Garças. Além de receber integralmente as barcaças carregadas em Itaituba, a expansão do complexo portuário de Santarém propiciou o aumento das remessas pela hidrovia do rio Madeira, uma vez que na rede base existe considerável capacidade ociosa no terminal de transbordo de Porto Velho, beneficiando as regiões localizadas no oeste do Mato Grosso, Parecis e Cáceres, além do estado de Rondônia. Finalmente, o



desvio das remessas de Itaituba, integralmente para Santarém, diminui a concorrência pela utilização do porto de Barcarena, beneficiando a produção do Pará.

Tabela 31 - Variação na receita( $\Delta Y$ ) (em milhões de US\$) e no preço da soja ( $\Delta P$ ) (em US\$/Ton) com EF-170

Região	Rede Base		Expansão Portos			
	Com EF-170		Sem EF-170		Com EF-170	
	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$
Sinop	0	0	28,40	317,593	42,70	482,045
Barra Garças	0	0	2,81	27,330	2,10	20,434
Parecis	0	0	14,57	66,967	26,86	124,646
Juína-Juara	0	0	28,15	38,203	41,19	56,274
Diamantino	0	0	9,10	27,112	22,49	67,672
Cáceres	0	0	14,57	25,130	19,74	34,210
<b>Total Mato Grosso</b>	-	<b>0</b>	-	<b>502,337</b>	-	<b>785,281</b>
RS	0	0	-1,19	-18,589	-1,90	-29,631
Paraná	0	0	-1,19	-18,785	-1,90	-29,939
Goiás	0	0	-1,19	-12,567	-1,90	-20,019
MS	0	0	-1,19	-10,382	-1,90	-18,294
Minas Gerais	0	0	-1,19	-6,001	-1,90	-9,564
São Paulo	0	0	-1,19	-3,881	-1,90	-6,186
Maranhão	0	0	-0,83	-2,200	-1,54	-4,068
Tocantins	0	0	-0,83	-3,464	-1,54	-6,401
Piauí	0	0	-0,83	-2,311	-1,54	-2,756
Bahia	0	0	-0,83	-4,470	-1,54	-6,842
Pará	0	0	2,81	13,170	2,10	3,913
Rondônia	0	0	14,57	19,714	19,74	19,191
Santa Catarina	0	0	-1,19	-2,445	-1,90	-3,085
Brasil (exclusive MT)	-	0	-	-52,210	-	-103,851
<b>Total Brasil</b>	-	<b>0</b>	-	<b>450,127</b>	-	<b>681,429</b>
USA	0	0	-1,19	-124,439	-1,90	-114,808
Paraguai	0	0	-1,19	-15,665	-1,90	-12,239

Fonte: Elaborado pelo autor

No geral, a expansão dos portos de Itaituba e Santarém proporcionou um incremento de US\$ 450.126.652,27 na receita bruta anual dos produtores brasileiros de soja. Considerando apenas o Mato Grosso, o ganho bruto foi de US\$ 502.336.851,42 por ano. Cabe ressaltar, que as exportações da soja mato-grossense pelo porto de Santos foram praticamente eliminadas nesse cenário, restando apenas um fluxo de 1,3 milhões de toneladas, originado na região de Diamantino, e escoado através da estação ferroviária de Rondonópolis. O porto de Santarém tornar-se-ia o segundo em maior volume movimentado de soja no Brasil, exportando um montante superior a 15 milhões de toneladas. Nesse contexto o referido complexo portuário receberia grãos oriundos exclusivamente do modal hidroviário, a partir dos rios Tapajós e Amazonas. Confrontando a capacidade da infraestrutura existente atualmente no porto de Santarém e o fluxo de soja gerado nesse cenário, existe um grande déficit de capacidade tanto na estrutura de atracagem destinada à recepção das barcaças, quanto na estrutura destinada à atracação dos navios oceânicos. Ademais, o fluxo superior a 12 milhões de toneladas também não é comportado pelas estações de transbordo em Itaituba. Considerando a metodologia para mensurar o investimento necessário para a criação de terminais portuários proposta pela ANTAQ (2013) e apresentada pela EPL (2015), estima-se o custo das ampliações portuárias em US\$ 921.032.712,01.

Por fim, o terceiro cenário mantém os portos de Santarém e Itaituba sem restrição de capacidade e adiciona a Ferrogrão ao sistema viário nacional. A finalidade desse quadro é capturar o benefício econômico máximo decorrente da construção da EF-170. Conforme pode-se ver na Tabela 31, a inclusão da Ferrogrão gera um ganho substancial à maioria das regiões do Mato Grosso no tocante ao preço recebido pelos produtores e a receita proveniente do comércio da soja. A exceção é Barra do Garças, onde o preço e a receita sofrem redução com a construção da EF-170, em relação a rede apenas com a ampliação dos portos. A Ferrogrão absorveria um fluxo superior a 16 milhões de toneladas, escoando integralmente a safra de soja oriunda das regiões de Sinop, Juara, Parecis e Diamantino, evidenciando a expansão da região de influência do corredor Tapajós decorrente da implantação da EF-170, conforme Figura 4. Dessa maneira, o fluxo de soja originado no Mato Grosso para o porto de Santos seria totalmente eliminado nesse cenário. Por sua vez, as regiões de Cáceres, no extremo oeste do Mato Grosso, e Rondônia, se beneficiam da redução da concorrência pela utilização do porto de Itacoatiara, uma vez que a Ferrogrão desvia o fluxo de regiões

que tradicionalmente competem na hidrovia do rio Madeira, como o Parecis, tornando a restrição referente a capacidade de movimentação em Itacoatiara inativa, na solução do modelo.

A construção da Ferrogrão, concomitante a expansão portuária, aumentaria a receita bruta anual dos produtores brasileiros em US\$ 681.429.587,16 quando comparada a rede base. Considerando apenas as quatro regiões que enviam remessas de soja pela Ferrogrão, verifica-se um incremento na receita anual na ordem dos US\$ 280.760.909,36, em relação a rede apenas com a expansão portuária, e de US\$ 730.636.996,03 em relação a rede base. Nesse cenário, o porto de Santarém tornar-se-ia o líder em volume de soja movimentado no país. Dessa maneira, o investimento necessário para as ampliações portuárias é maior nesse cenário, em relação ao anterior. O custo das intervenções no sistema viário incluídas nesse cenário, ampliações portuárias e construção da EF-170, pode ser estimado em US\$ 4.815.505.121,71.

Conforme a CONAB, o custo médio de produção da soja nas regiões de oferta-excedente no estado do Mato Grosso no ano de 2018 foi de US\$ 220,71 por tonelada. Considerando uma relação linear entre o aumento da produção e do custo, pode-se então mensurar o crescimento no lucro decorrente da viabilização da infraestrutura descrita no terceiro cenário, EF-170 e ampliação dos portos de Santarém e Itaituba. O aumento no lucro anual dos produtores do estado do Mato Grosso é de aproximadamente US\$ 665.066.040,40, em relação a rede base. Considerando apenas as quatro regiões mato-grossenses que estão na zona de influência da EF-170, aquelas que a solução do modelo indica remessas de soja através da EF-170 (Sinop, Parecis, Diamantino e Juara) o crescimento anual do lucro é na ordem dos US\$ 621.799.137,17.

O horizonte considerado para análise de viabilidade de projetos de infraestrutura varia consideravelmente. No Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental (EVTEA) da EF-170 é considerado o prazo de 65 anos referente ao tempo da concessão. Por sua vez, o EVTEA da EF-354 considera um prazo de 35 anos. Dessa forma, a presente pesquisa adota 35 anos, assumindo que o investimento é realizado integralmente no primeiro ano, e a infraestrutura começa a operar 5 anos após o início das obras. A taxa Selic foi adotada como taxa mínima de atratividade (TMA), sendo que atualmente essa encontra-se em 4,25% ao ano. Considerando como fluxo de caixa, o aumento no lucro gerado pela existência da infraestrutura descrita no cenário 3, em relação a rede base, para regiões produtoras de soja que integram a zona de influência

direta da EF-170 (áreas nas cores amarelo ou alaranjado na Figura 4) encontra-se uma TIR (Taxa Interna de Retorno) de 7,92% e um VPL de US\$3.508.371.693,64. Esses valores indicam positivamente acerca da viabilidade econômica das intervenções estruturais propostas no corredor Tapajós, apenas com a renda gerada pelo comércio da soja em quatro regiões do Mato Grosso.

Tabela 32 - Variação na despesa (1000<sup>2</sup> US\$) e no preço (US\$/Ton) com a EF-170

Região	Rede Base		Expansão Portos			
	Com EF-170		Sem EF-170		Com EF-170	
	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$
China	0	0	-1,19	-76,750	-1,90	-122,484
União Europeia	0	0	-1,19	-11,344	-1,90	-18,107
Sudeste Asiático	0	0	-1,19	-5,574	-1,90	-8,900
Argentina	0	0	-1,19	19,457	-1,90	30,494
México	0	0	-1,19	-4,027	-1,90	-6,426
Leste Asiático	0	0	-1,19	-3,469	-1,90	-5,526
Oriente Médio	0	0	-1,19	-7,115	-1,90	-11,358
Rondonópolis (MT)	0	0	9,10	-14,731	20,97	-35,948
Outras (Brasil)	0	0	-1,19	-1,336	-1,90	-2,338
Demanda EUA	0	0	-1,19	-1,487	-1,90	-2,582

Fonte: Elaborado pelo autor

O efeito da viabilização da EF-170 nas regiões demandantes pode ser visto na Tabela 32. O resultado está de acordo com a teoria do modelo de equilíbrio espacial, isso é, o preço da oleaginosa nas regiões importadoras da oleaginosa sofre redução. A única exceção é o sudeste do Mato Grosso, região intermediária de Rondonópolis, onde a disponibilidade da soja diminui e aumenta o preço da oleaginosa, devido a sua localização geográfica. Entretanto, o gasto da região com a aquisição da oleaginosa diminui, devido à alta elasticidade da demanda excedente verificada para aquela região. Nesse sentido cabe ressaltar, que a região intermediária de Rondonópolis apresenta consumo e produção elevados, conforme Tabela 19, de maneira que em um cenário de preços mais elevados a redução no montante importado de outras regiões mais que compensa o aumento no nível de preços.

Comportamento análogo pode ser verificado na Argentina, que na série histórica de dados observados, alterna como região de oferta e demanda de acordo com a safra, traduzindo em uma alta elasticidade-preço do excedente da demanda. Entretanto, no caso argentino, ocorre uma redução no preço da soja concomitante ao aumento do gasto no país com a importação da oleaginosa. Esse panorama indica que a redução do preço da soja no mercado mundial decorrente da melhoria no sistema viário mato-grossense tende a afastar a Argentina do mercado de exportação de soja *in natura* e acentuar a especialização do país no mercado dos derivados (farelo e óleo). Pode-se ressaltar ainda o grande benefício gerado no tocante a redução na despesa com a aquisição de soja para os importadores asiáticos. Nesse sentido a economia no continente asiático foi estimada em US\$ 148.268.597,40 por ano, sendo que a China obteria 82,6% de ganho desse valor.

O valor considerável obtido para a redução na despesa chinesa com a aquisição de soja, decorrente da implementação das modificações propostas para o sistema de transportes, também pode fomentar discussões acerca da viabilidade do referido país financiar as intervenções na infraestrutura através da economia gerada por meio das melhorias no sistema de transportes.

Entretanto, adotando como fluxo de caixa a redução na despesa da China com a aquisição de soja em relação a rede base, conforme Tabela 32, e as premissas padrões da pesquisa (horizonte de 35 anos, sendo 5 anos para execução das obras), encontra-se uma TIR de -1,28% e VPL negativo de US\$ 3.018.195.194,10. Dessa forma, os indicadores de viabilidade econômica mostram que somente a redução na despesa com a aquisição de soja *in natura* não seria suficiente para justificar o investimento chinês na implementação das alterações na infraestrutura. Finalmente, cabe ressaltar que entre os indicadores de viabilidade econômica obtidos por meio da hipótese de que o fluxo de caixa seja igual à redução na despesa da China com a aquisição de soja, aqueles que foram apresentados nessa seção são os que apresentaram valores mais favoráveis. Uma vez que estes atestam contra a viabilidade do investimento, a repetição desse exercício nas seções posteriores torna-se dispensável.

## **5.2 Ampliação do corredor Madeira: EF-354 (FICO)**

Entre os projetos previstos pelo PNL 2011, a implantação da EF-354 ou Ferrovia de Integração do Centro-Oeste (FICO), pode ser destacada como uma opção

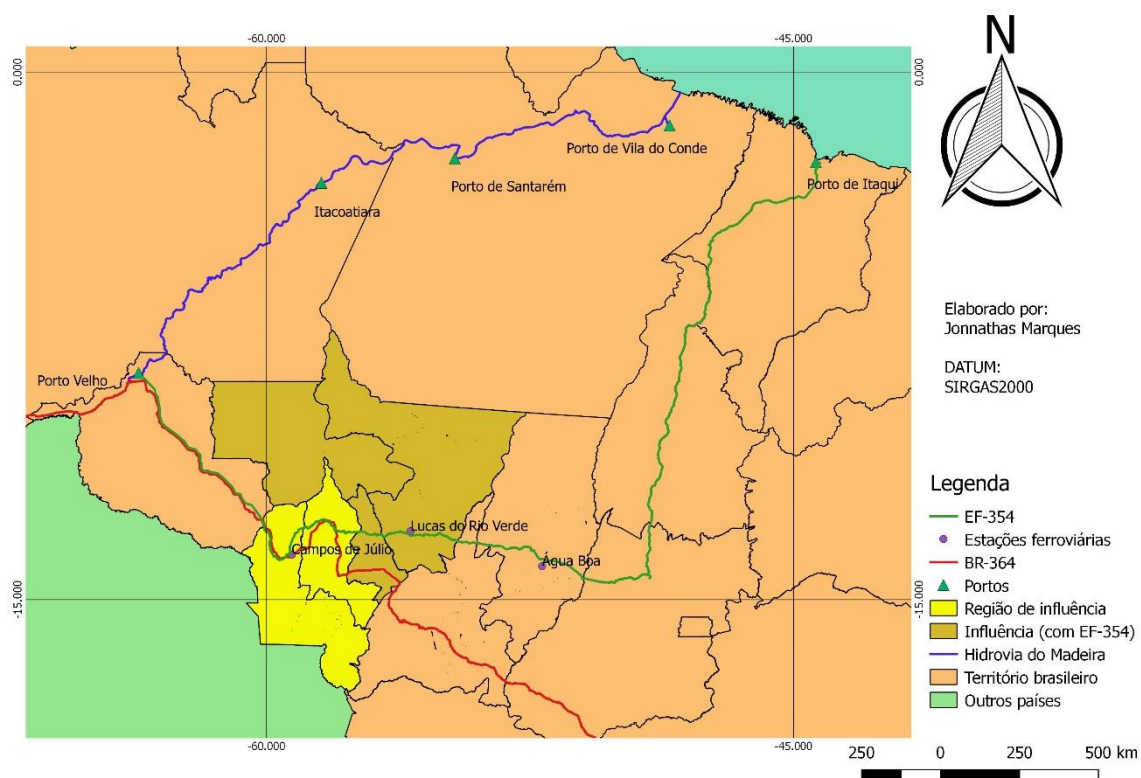
com grande impacto sobre o corredor Madeira e o mercado mundial da soja. A lei 11.772/2008 estabeleceu para a VALEC como concessionária dessa ferrovia, sendo que atualmente a empresa é a responsável pela elaboração do seu EVTEA. O projeto original da EF-354 visa a criação de uma ferrovia transversal ligando Campos, no litoral do Rio de Janeiro, à fronteira brasileira com o Peru, localidade de Boqueirão da Esperança em Cruzeiro do Sul (AC). Dessa maneira, é importante ressaltar que a FICO (ou EF-354) é parte integrante da ferrovia transcontinental, planejada para ligar o litoral carioca à costa peruana no Oceano Pacífico (VALEC, 2014).

Ressalta-se que os arquivos EVTEA revelam o foco da concessionária para o eixo oeste, uma vez que foram concluídos apenas estudos para dois trechos:

- Mara Rosa (GO) – Lucas do Rio Verde (MT) com extensão de 888 km.
- Lucas do Rio Verde (MT) – Vilhena (RO) com extensão de 646 km.

Destaca-se ainda que em maio de 2017 foi assinado o contrato no valor de R\$ 49,1 milhões para a elaboração do EVTEA e projeto básico do trecho entre Vilhena e Porto Velho, com previsão de conclusão para junho de 2019 (VALEC, 2017).

Figura 5 - Corredor Madeira e sua região de influência no Mato Grosso



Fonte: Elaborado pelo autor

A opção da localização do quilômetro zero da FICO na cidade de Mara Rosa (GO), é apoiada pela possível integração com a Ferrovia Norte Sul (FNS), proporcionando a conexão com os terminais portuários do Itaquí (São Luís) e Vila do Conde (caso o trecho da FNS entre Açaíândia e Barcarena seja de fato construído). O projeto proposto pela VALEC prevê a instalação de terminais de transbordo de cargas em vários municípios, tais como: Água Boa (MT), Lucas do Rio Verde (MT), Nova Maringá (MT), Brasnorte (MT), Campos de Júlio (MT) e Vilhena (RO). Pode-se notar na figura 5, que o traçado da EF-354 é aproximado daquele BR-364, priorizando áreas antropizadas, buscando minimizar impactos ao meio ambiente (VALEC, 2017).

Segundo os documentos de EVTEA concluídos, o custo estimado para a implantação do trecho entre Mara Rosa e Lucas do Rio Verde é de US\$ 1.746.003.774,53. Por sua vez, o trecho entre Lucas do Rio Verde e Vilhena está orçado em US\$ 1.004.242.120,05. Finalmente, apesar do EVTEA do segmento entre Vilhena e Porto Velho não estar concluído, a VALEC estima o custo desse trecho em US\$ 1.626.016.260,16. Dessa maneira, o investimento para a disponibilização da EF-354 entre Porto Velho e Mara Rosa é mensurado em US\$ 4.376.262.154,74.

Conforme a Figura 5, o traçado diagonal da EF-354 possibilita que a carga movimentada pela referida ferrovia seja embarcada em todos os complexos portuários do Arco Norte. O acesso aos terminais de Itacoatiara, Santarém e Barcarena, no primeiro momento deve acontecer pela hidrovia do rio Madeira, após transbordo da carga em Porto Velho. Por sua vez, o acesso ao porto de São Luís, é propiciado pela integração com a Ferrovia Norte Sul (já existente). Dado que na solução do modelo com a rede base, todas as restrições referentes à capacidade de movimentação nos portos do Arco Norte são ativas, a inclusão da FICO sem as devidas ampliações portuárias gera elevada distorção regional. Os produtores localizados na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) enfrentariam perdas consideráveis, devido ao aumento da concorrência na utilização do porto de São Luís, sobretudo com a adição da carga oriunda da região de Barra do Garças, no nordeste do Mato Grosso.

Esse mesmo efeito acontece com os produtores das regiões de Cáceres (MT) e Rondônia, devido ao saturamento da capacidade do terminal de transbordo em Porto Velho após a adição da carga produzida nas regiões centrais do estado. Dessa forma, a inclusão da FICO na rede base causa uma redução de US\$ 29.374.845,34 na receita nacional oriunda do comércio da soja.

Tabela 33 - Variação na receita anual (milhões de US\$) e no preço da soja (US\$/Ton) com EF-354

Região	Rede Base		Com expansão portuária			
	Com EF-354		Sem EF-354		Com EF-354	
	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$
Sinop	3,29	36,130	7,51	82,759	23,08	257,188
Barra do Garças	0,07	0,702	-0,68	-6,572	4,98	48,534
Parecis	4,57	20,859	20,96	96,855	31,11	144,898
Juara-Juína	3,03	4,061	20,60	27,851	29,57	40,161
Diamantino	3,29	9,749	7,51	22,336	11,80	35,239
Cáceres	-1,31	-2,235	20,96	36,363	25,22	43,913
<b>Total Mato Grosso</b>	-	<b>69,266</b>	-	<b>259,593</b>	-	<b>569,933</b>
RS	0,07	1,133	-0,68	-10,601	-1,48	-23,067
Paraná	0,07	1,145	-0,68	-10,714	-1,48	-23,309
Goiás	0,07	0,768	-0,68	-7,170	-1,48	-15,590
MS	0,07	0,812	-0,68	-7,599	-1,48	-13,591
Minas Gerais	0,07	0,366	-0,68	-3,423	-1,48	-7,446
São Paulo	0,07	0,237	-0,68	-2,214	-1,48	-4,816
Maranhão	-6,03	-15,894	-0,68	-1,792	-1,12	-2,957
Tocantins	-6,03	-24,878	-0,68	-2,822	-1,12	-4,655
Piauí	-6,03	-16,636	-0,32	-0,892	-1,12	-3,107
Bahia	-4,77	-25,534	-0,68	-3,642	-1,12	-6,010
Pará	-3,37	-15,631	-0,68	-3,160	4,98	23,418
Rondônia	-3,51	-4,675	20,96	28,535	23,02	31,398
Santa Catarina	0,07	0,149	-0,68	-1,394	-1,48	-3,034
Brasil (exclusive MT)	-	-98,641	-	-26,886	-	-52,765
<b>Total Brasil</b>	-	<b>-29,375</b>	-	<b>232,707</b>	-	<b>517,168</b>
USA	0,07	4,135	-0,68	-69,431	-1,48	-155,262
Paraguai	0,07	0,470	-0,68	-8,937	-1,48	-19,434

Fonte: Elaborado pelo autor

No segundo cenário, as restrições referentes à capacidade de movimentação de soja nos terminais portuários de Porto Velho, Itacoatiara e São Luís foram eliminadas, sem a inclusão da EF-354. Pode-se notar uma grande alteração no mercado da soja, com



o preço variando para cima na maioria das regiões produtoras no Mato Grosso, além do estado de Rondônia. Ademais, as perdas financeiras, anteriormente concentradas na região do MATOPIBA, seriam diluídas entre as demais regiões ofertantes no modelo.

Os resultados do modelo implicam em um fluxo de aproximadamente 6,936 milhões de toneladas de soja através dos terminais de transbordo de Porto Velho, escoando toda a safra das regiões do Parecis, Juara, Cáceres e Rondônia. A carga embarcada em Porto Velho seria integralmente direcionada para o porto de Itacoatiara. Por sua vez, as remessas pelo porto de São Luís, cresceriam em 1,03 milhões de toneladas, saltando de 8,543 para 9,573 milhões de toneladas, de maneira que a restrição referente à capacidade da via permanente da Ferrovia Norte Sul tornar-se-ia ativa na solução. Finalmente, o porto de Santos continuaria exercendo forte influência no Mato Grosso, embarcando um montante superior à 7,180 milhões de toneladas de soja, produzida na referida UF.

O custo estimado para as ampliações portuárias em Porto Velho, Itacoatiara e São Luís, de forma a comportar o fluxo de soja gerado na solução do modelo nesse cenário, é de aproximadamente US\$ 540.886.622,88. No geral, a expansão dos portos proporcionaria um incremento de US\$ 232.706.50,60 na receita dos produtores brasileiros de soja. Considerando apenas o Mato Grosso, o ganho bruto seria de US\$ 259.592.845,29. As regiões mais beneficiadas seriam aquelas que efetivamente escoam a safra pelo rio Madeira, de maneira a obter a maior variação no preço recebido pela tonelada de soja. Dessa forma, o ganho total de receita considerando apenas as regiões de Parecis, Cáceres, Juara e Rondônia, é de US\$ 189.604.710,66.

Por sua vez, as regiões de Sinop e Diamantino, apesar de não enviarem remessas pelos portos que foram ampliados, seriam beneficiadas pela diminuição da concorrência em outras estruturas como o terminal ferroviário de Rondonópolis e os portos do sistema hidroviário do Tapajós.

O terceiro cenário mantém os portos de Itacoatiara, Porto Velho e São Luís sem restrição de capacidade e adiciona a FICO ao sistema viário nacional. A construção da EF-354 possui efeito positivo sobre todas as regiões ofertantes localizadas no Mato Grosso, sendo que todas as regiões do estado experimentariam um aumento no preço recebido pela oleaginosa. Comparando com a rede base, as regiões com maior variação

no preço recebido pela oleaginosa seriam aquelas localizadas ao oeste do Mato Grosso (Parecis, Juara e Cáceres).

Nesse sentido, o foco das intervenções no corredor Madeira, gera o melhor resultado para as regiões no extremo oeste do Mato Grosso (Parecis e Cáceres), no que concerne ao aumento do preço pela oleaginosa e no lucro decorrente da atividade. O fluxo de soja em Porto Velho cresceria 117,4%, comparando as duas redes com capacidade portuária ilimitada, aumentando de 6,936 para 15,079 milhões de toneladas, a quantidade escoada. Dessa forma, pode-se dizer que o terminal portuário de Porto Velho, sem a construção da FICO, exerce influência apenas sobre a região oeste do Mato Grosso e o estado de Rondônia. Com a viabilização desta passa exercer alto potencial de atração sobre a carga originada na região central do Mato Grosso, notadamente as regiões de Sinop e Diamantino.

Assim, a região de Barra do Garças, no nordeste do Mato Grosso, é a única localidade de oferta no estado fora da zona de influência do terminal portuário de Porto Velho com a implantação da EF-354, conforme Figura 5. Contudo, a integração entre as malhas da FICO e da Ferrovia Norte Sul, possibilita que parte da safra da referida região seja enviada para o porto de São Luís a partir da estação ferroviária de Água Boa, diminuindo consideravelmente a distância percorrida até o transbordo no corredor Tocantins (que hoje é realizado em Porto Nacional), de forma que a inclusão da EF-354 também cria efeitos positivos para Barra do Garças. Entretanto, a grande distância ferroviária entre o terminal ferroviário de Água Boa (MT) e o complexo portuário do Itaqui, em São Luís do Maranhão, atua de tal forma, que o incremento no preço recebido pela soja em Barra do Garças (MT) seria consideravelmente inferior ao verificado nas demais regiões do Mato Grosso, conforme Tabela 33. Finalmente, as remessas de soja originadas no Mato Grosso com destino ao porto de Santos são completamente eliminadas nesse cenário.

A criação da EF-354 aumenta de maneira substancial o fluxo de soja a ser direcionado para os complexos portuários, onde as restrições de capacidade foram relaxadas. Dessa forma, o custo da ampliação portuária necessária para acomodar o novo fluxo também aumenta em relação ao cenário em que as ampliações eram realizadas sem a construção da EF-354. À vista disso, o custo das intervenções no sistema viário incluídas nesse cenário, ampliações portuárias e construção da EF-354 entre Mara Rosa (GO) e Porto Velho, pode ser estimado em US\$ 5.352.855.867,11.

Considerando o custo de produção da soja no Mato Grosso em US\$ 220,71 por tonelada, a existência da infraestrutura descrita no cenário 3 geraria um aumento no lucro dos produtores da referida UF na ordem dos US\$ 476.945.802,35, por ano. Uma vez que a solução do modelo indica que todas as regiões produtoras mato-grossenses enviam remessas de soja pela EF-354, o aumento no lucro dos produtores mato-grossenses pôde ser considerado como fluxo de caixa. Adotando as mesmas premissas em relação ao caso da EF-170, horizonte de 35 anos, sendo 5 anos para a construção e 30 anos de operação, e investimento integral no tempo inicial, tem-se uma TIR de 5,44% e um VPL de US\$ 1.099.543.631,54. O valor positivo do VPL, e a TIR acima da TMA (Selic de 4,25%) confirmam a viabilidade econômica do projeto, apenas com o aumento no lucro do comércio da soja produzida no Mato Grosso, gerado pela viabilização da EF-354 e das ampliações nos complexos portuários de Itacoatiara e Porto Velho.

Tabela 34 - Variação na despesa (1000<sup>2</sup> US\$) e no preço (US\$/Ton) com a EF-354

Região	Rede Base		Expansão Portos			
	Com EF-354		Sem EF-354		Com EF-354	
	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$
China	0,07	4,668	-0,68	-43,734	-1,48	-95,285
União Europeia	0,07	0,690	-0,68	-6,464	-1,48	-14,085
Sudeste Asiático	0,07	0,339	-0,68	-3,175	-1,48	-6,922
Argentina	0,07	-1,190	-0,68	11,113	-1,48	24,124
México	0,07	0,245	-0,68	-2,294	-1,48	-4,999
Leste Asiático	0,07	0,210	-0,68	-1,971	-1,48	-4,298
Oriente Médio	0,07	0,432	-0,68	-4,053	-1,48	-8,834
Rondonópolis	3,29	5,166	7,50	-12,504	11,80	-19,366
Outras (Brasil)	0,07	0,097	-0,68	-0,916	-1,48	-1,759
Demanda EUA	0,07	0,062	-0,68	-0,700	-1,48	-1,930

Fonte: Elaborado pelo autor

No tocante às regiões de demanda do modelo, a inclusão da EF-354 concomitante à expansão dos portos de Porto Velho e Itacoatiara (AM) gerariam efeitos similares àqueles verificados na seção anterior (implantação da EF-170), mas de magnitude inferior, conforme pode ser verificado através da comparação entre as Tabelas 32 e 34. Nesse ponto fica evidente que a implantação da FICO e o privilégio ao

corredor Madeira gera um efeito menor, no mercado mundial, em relação à implantação da Ferrogrão e o foco no corredor Tapajós, no que se refere à redução do preço da oleaginosa nas localidades importadoras. Esse panorama deve-se ao fato de que o foco no corredor Tapajós propicia o melhor resultado para a faixa centro-norte do Mato Grosso, sobretudo para a intermediária de Sinop, que possui escala produtiva bastante superior às demais.

### **5.3 Hidrovia do Rio Araguaia**

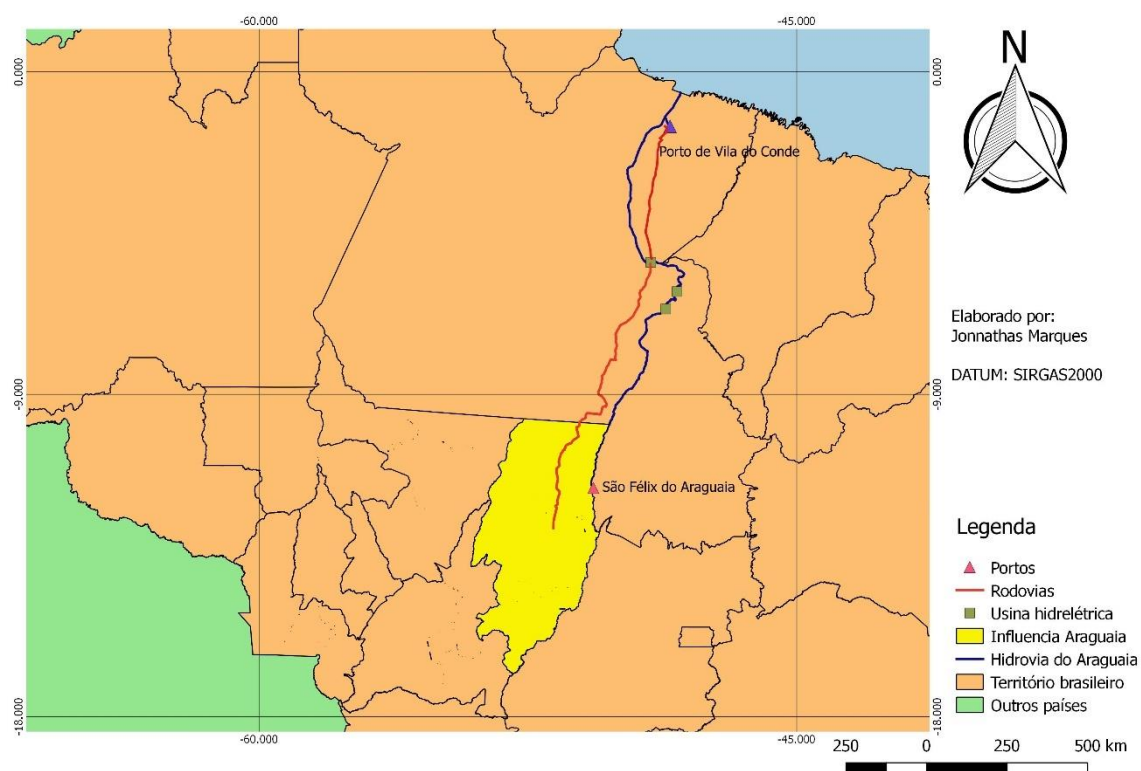
O rio Araguaia nasce na Serra do Caiapó na divisa entre Goiás e Mato Grosso, em uma altitude de aproximadamente 850 m, sendo sua foz no rio Tocantins após percorrer um curso de 2115 km. O rio Araguaia apresenta características típicas de rios de planície, tendo uma calha maior, por onde passam as cheias, e outra menor serpenteando dentro da primeira, por onde ocorre o fluxo nas vazões de estiagem (ANTAQ, 2008).

O rio Araguaia não é naturalmente navegável, sobretudo no período de estiagem, demandando diversas obras hidráulicas para sua regularização. O panorama torna-se mais complexo devido às características físicas do rio, como sua instabilidade, dificultarem a realização das intervenções necessárias (ANA, 2007). O Araguaia é um rio jovem, ainda em formação, não possuindo calha certa e com um leito predominantemente arenoso, o qual sofre mudanças anuais resultando em bancos de areias móveis que aparecem em lugares diferentes após as cheias (MOSS, 2007). As características físicas atuais do rio Araguaia (basicamente caracterizado por trechos de baixa profundidade, corredeiras, elevado processo de sedimentação) tornam atualmente impossível a navegação ao longo desse trecho. A localização do rio, porém, é excelente (PHE, 2013). Devido a sua localização estratégica, o (PHE, 2013) apresenta as intervenções necessárias para tornar o rio Araguaia apto para a navegação comercial entre Marabá, no rio Tocantins, e o município de Aruanã (GO). Ademais, obras complementares devem ser realizadas para possibilitar a navegação no rio Tocantins, entre Marabá e Vila do Conde. As intervenções descritas pela ANTAQ, propiciariam a navegação de um comboio de barcas 2x2 (22m de largura; 138m de comprimento e 2,5m de profundidade)

A intervenção mais complexa, consiste na construção de três usinas hidrelétricas (Marabá, Santa Isabel e Araguanã) equipadas com sistema de eclusas. Entretanto, cabe

ressaltar que os reservatórios criados pela viabilização das UHE's ainda não garantiriam as condições de navegação adequadas ao rio Araguaia, sendo necessárias obras civis complementares como: regularização do leito do rio, dragagem, derrocamento e sinalização. Dessa forma o custo estimado das intervenções para propiciar a navegação entre o porto de Vila do Conde, Barcarena, e o município de São Félix do Araguaia (MT) é de US\$ 3.043.450.030,35 (PHE, 2013).

Figura 6 - Hidrovia do Araguaia e sua região de influência no Mato Grosso



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 6 torna evidente que a magnitude do impacto da hidrovia do rio Araguaia sobre o mercado da soja está intimamente relacionada à capacidade do complexo portuário de Vila do Conde em transferir a carga que chegaria ao porto pelas barcaças, navegando através do rio Tocantins, para os navios oceânicos. Cabe ressaltar que o complexo portuário de Vila do Conde, atualmente já atende barcaças originadas das hidrovias do Madeira e Tapajós, sendo que mais de 80% da capacidade da infraestrutura de atracagem destinada à descarrega das barcaças está em utilização, conforme visto no Capítulo 2. Considera-se assim que a ampliação do referido complexo portuário, é fundamental para a viabilidade da hidrovia do Araguaia. Seguindo o padrão utilizado para a avaliação dos casos da EF-170 e EF-354, foram

criados três cenários para capturar o efeito da criação da Hidrovia do Araguaia, conforme Tabela 35.

Tabela 35 - Variação na receita anual (milhões de US\$) e no preço da soja (US\$/Ton) com Hidrovia do Araguaia

Região	Rede Base		Com expansão portuária			
	Com Hidrovia		Sem Hidrovia		Com Hidrovia	
	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$
Sinop (MT)	-1,43	-15,671	5,37	59,148	5,46	60,159
Barra do Garças (MT)	0,22	2,163	6,07	59,178	21,29	210,879
Parecis (MT)	0,22	1,014	5,37	24,510	5,46	24,929
Juara-Juína (MT)	-1,69	-2,255	5,37	7,210	5,46	7,474
Diamantino (MT)	-1,43	-4,228	5,37	15,962	5,46	16,235
Cáceres (MT)	-1,32	-2,241	5,37	9,191	5,46	9,349
<b>Total MT</b>	-	<b>-21,218</b>	-	<b>175,198</b>	-	<b>329,024</b>
Rio Grande do Sul	0,22	3,487	-0,63	-9,772	-1,01	-15,830
Paraná	0,22	3,524	-0,63	-9,876	-1,01	-15,998
Goiás	0,22	2,360	-0,63	-6,610	-1,01	-10,704
Mato Grosso do Sul	0,22	2,500	-0,63	-7,005	-1,01	-11,346
Minas Gerais	0,22	1,126	-0,63	-3,115	-1,01	-5,110
São Paulo	0,22	0,728	-0,63	-2,041	-1,01	-3,306
Maranhão	0,22	0,589	-0,27	-0,709	-0,66	-1,733
Tocantins	0,22	0,929	-0,27	-1,117	-0,66	-2,730
Piauí	0,64	0,620	-0,27	-0,745	-0,66	-1,821
Bahia	0,22	1,198	-0,27	-1,440	-0,66	-3,522
Pará	-7,68	-6,127	6,07	28,574	5,68	26,729
Rondônia	-3,51	-35,323	5,37	7,207	5,46	7,330
Santa Catarina	0,22	0,459	-0,63	-1,285	-1,01	-2,082
Brasil (exclusive MT)	-	-19,558	-	-7,973	-	-40,123
<b>Total Brasil</b>	-	<b>-40,776</b>	-	<b>167,225</b>	-	<b>288,901</b>
Estados Unidos	0,22	22,448	-0,63	-63,721	-1,01	-105,449
Paraguai	0,22	2,942	-0,63	-8,239	-1,01	-13,342

Fonte: Elaborado pelo autor

O primeiro cenário considera a criação da Hidrovia do Araguaia, sem a ampliação do complexo portuário de Vila do Conde. Nesse quadro, a criação da Hidrovia do Araguaia geraria um efeito negativo sobre a produção de soja do Mato Grosso, diminuindo a receita dos produtores da referida UF, em US\$ 21.217.682,11 ao ano. Esse resultado decorreria do aumento da concorrência pela utilização do complexo portuário de Vila do Conde. Uma vez que a solução do modelo aloca toda a capacidade de desembarque do referido porto às remessas originadas na Hidrovia do Araguaia, os envios a partir das hidrovias dos rios Tapajós e Madeira tornam-se comprometidos, obrigando as regiões atendidas por esses corredores a utilizarem rotas alternativas. Os estados do Pará e Rondônia também experimentaríamos efeitos adversos, devido ao mesmo motivo. Dessa forma, a criação da Hidrovia do Araguaia sem a ampliação do complexo portuário de Vila do Conde, levaria a uma redução de US\$ 40.776.206,41 na receita bruta anual dos produtores de soja do Brasil.

No segundo cenário, a restrição referente à capacidade de movimentação de soja no complexo portuário de Vila do Conde foi retirada. Pode-se perceber uma elevação no preço recebido pela soja em todas as regiões do Mato Grosso, além dos estados de Rondônia e Pará. Esse panorama acontece pelo motivo inverso ao evento do primeiro cenário. A ampliação do porto de Barcarena diminuiria a concorrência pela utilização dos portos de Santarém e Itacoatiara, uma vez que as remessas de soja a partir dos terminais hidroviários de Itaituba e Porto Velho poderiam ser direcionadas para Barcarena. À vista disso, a exportação de soja pelo porto de Vila do Conde cresceria 112,3% em relação à rede base, aumentando de 6,152 para 13,062 milhões de toneladas, enquanto o fluxo de soja em Itacoatiara e Santarém manter-se-ia constante. Com essa configuração, a receita brasileira proveniente do comércio da soja experimentaria um incremento de US\$ 167.225.098,52, sendo que a receita do Mato Grosso aumentaria em US\$ 175.198.237,45 ao ano.

Finalmente, o terceiro cenário mantém o complexo portuário de Vila do Conde sem restrição de capacidade de movimentação e simula a implantação da Hidrovia do Araguaia ao sistema viário nacional. Pode-se notar na tabela 35 que apenas a região de Barra do Garças obterá um benefício considerável com a inclusão da Hidrovia do Araguaia, uma vez que o aumento do preço recebido pela soja nas demais regiões do Mato Grosso, em relação a rede apenas com a expansão portuária em Vila do Conde, seria inferior à US\$ 0,10 por tonelada. Em contraste com os casos da EF-170 e EF-354,

a Hidrovia do Araguaia não aumentaria o fluxo de soja no complexo portuário de Vila do Conde comparativamente com apenas a expansão portuária da rede, de maneira que a solução do modelo indica que a referida intervenção não é capaz de aumentar a zona de influência do corredor Tocantins para outras regiões mato-grossenses, conforme pode ser visto através da Figura 6. Dessa forma, a única alteração decorrente da implantação da Hidrovia do Araguaia aconteceria no tocante ao uso da intermodalidade para o escoamento da safra da região de Barra do Garças.

No segundo cenário, apenas com a expansão portuária, o complexo de Vila do Conde absorveria toda a safra da referida região, sendo que esse fluxo seria transportado integralmente pelo modal rodoviário, percorrendo longas distâncias. Nesse cenário, a Hidrovia do Araguaia absorveria toda a safra de soja da região de Barra de Garças, direcionando-a para o porto de Vila do Conde. A variação no preço recebido pelos produtores de soja em Barra do Garças entre esses dois cenários seria de US\$ 15,22 por tonelada.

O custo da construção do terminal hidroviário de São Félix do Araguaia, com capacidade de movimentação igual ao fluxo gerado pela solução do modelo, foi estimado em US\$ 292.906.109,96. Por sua vez, o custo da ampliação do complexo portuário de Vila do Conde, de modo a acomodar o fluxo de soja definido na solução do modelo, foi mensurado em US\$ 425.513.791,98. A partir da soma do custo total das obras portuárias (descritas nesse parágrafo) ao custo de implantação da hidrovia do rio Araguaia (US\$ 3.043.450.030,35) estima-se o custo total da infraestrutura em US\$ 3.761.869.932,30.

Adotando o custo de produção da soja no Mato Grosso em US\$ 220,71 por tonelada, a existência da infraestrutura descrita no cenário 3 geraria um aumento de US\$ 261.713.223,79 por ano, no lucro dos produtores da referida UF, em relação a rede base. Conforme a solução do modelo torna evidente, a Hidrovia do Rio Araguaia é uma intervenção dedicada ao escoamento da safra da região de Barra do Garças, de forma que o aumento do lucro nessa região foi de US\$ 162,236,323.68 por ano. Finalmente, adotando como fluxo de caixa, o aumento anual no lucro na região de Barra do Garças, em relação a rede base, e as mesmas premissas em relação aos casos anteriores (EF-170 e EF-354), encontra-se uma TIR de 1,3% e um VPL negativo de US\$ 1.487.910.887,31. Dessa forma, os indicadores mostram que o projeto da hidrovia do Rio Araguaia é



inviável considerando apenas a geração de renda através do comércio de soja da região de Barra do Garças.

Tabela 36 -Variação na despesa (milhões de US\$) e no preço (US\$/Ton) com a Hidrovia do Araguaia

Região	Rede Base		Com expansão portuária			
	Com Hidrovia		Sem Hidrovia		Com Hidrovia	
	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$	$\Delta P$	$\Delta Y$
China	0,22	14,364	-0,63	-40,311	-1,01	-65,343
União Europeia	0,22	2,122	-0,63	-5,958	-1,01	-9,658
Sudeste Asiático	0,22	1,042	-0,63	-2,926	-1,01	-4,745
Argentina	0,22	-3,665	-0,63	10,246	-1,01	16,579
México	0,22	0,753	-0,63	-2,115	-1,01	-3,428
Leste Asiático	0,22	0,647	-0,63	-1,817	-1,01	-2,946
Oriente Médio	0,22	1,331	-0,63	-3,736	-1,01	-6,057
Rondonópolis	-1,43	2,194	5,37	-8,536	5,46	-8,685
Outras (Brasil)	0,22	0,026	-0,63	-0,844	-1,01	-1,372
Demanda EUA	0,22	0,191	-0,63	-0,618	-1,01	-1,215

Fonte: Elaborado pelo autor

No que concerne às regiões de demanda, o choque decorrente da implantação da Hidrovia do rio Araguaia é semelhante àqueles descritos para os casos da EF-170 e EF-354, apresentando a redução do preço em todas as localidades de demanda (com exceção de Rondonópolis) e redução na despesa com a oleaginosa (com exceção da Argentina). Entretanto, por tratar-se de uma intervenção altamente especializada em apenas uma região produtora (Barra do Garças), a magnitude dos eventos é a menor entre todas as intervenções apresentadas nesse capítulo.

#### 5.4 Combinações entre as intervenções propostas

Na seção 5.4 serão realizadas simulações buscando testar a viabilidade econômica da implantação concomitante das infraestruturas apresentadas no cenário anterior. Seguindo o mesmo método de avaliação, isso é, um horizonte de 35 anos, onde o investimento é integralmente realizado no primeiro ano e as novas estruturas começam a operar cinco anos depois, foram realizadas simulações onde duas estruturas

coexistiam, para finalmente ser criado o cenário em que as três infraestruturas existiriam simultaneamente.

O gargalo nos portos é uma realidade inalterada para todos os casos, desse modo a construção das infraestruturas descritas na seção anterior deve ser acompanhada da expansão da capacidade dos complexos portuários, para os quais, a nova estrutura direciona o fluxo de grãos. Dessa forma, as restrições referentes à capacidade de movimentação nos complexos portuários de Santarém e Itaituba são relaxadas nos cenários que contém a construção da Ferrogrão; as restrições referentes à capacidade de movimentação nos complexos portuários de Porto Velho, Itacoatiara e São Luís são relaxadas nos cenários que incluem a construção da FICO; e finalmente, a restrição referente à capacidade de movimentação no complexo portuário de Barcarena é relaxada nos cenários que abrangem a Hidrovia do rio Araguaia. De forma a tornar a análise mais “enxuta”, foram apresentados apenas os cenários onde as restrições dos portos são relaxadas.

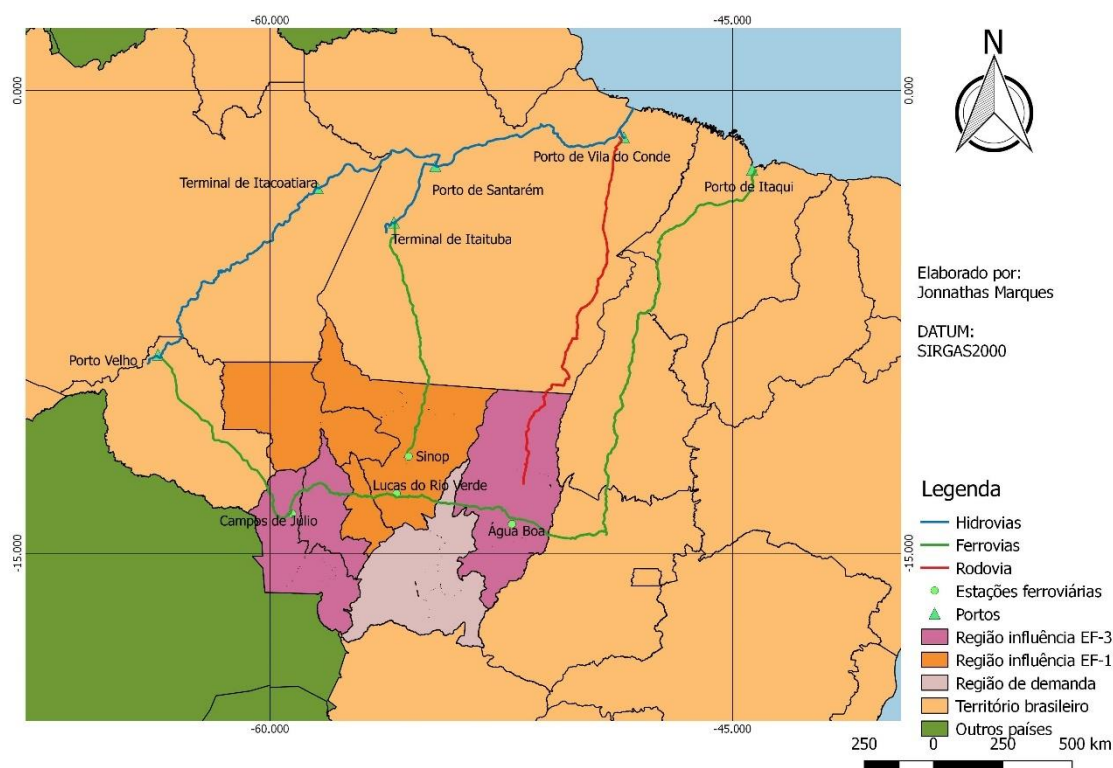
A construção simultânea de várias infraestruturas elucidada os interesses regionais conflitantes que podem surgir dentro do Mato Grosso acerca de qual obra deve ser executada prioritariamente. A solução do modelo revela a preferência de cada região mato-grossense por determinada obra, uma vez que o escoamento da safra produzida nessas localidades é absorvido por uma única infraestrutura, em cenários onde outras estão disponíveis e não há restrição de capacidade no arco.

No cenário em que a FICO e a Ferrogrão coexistem, e relaxando a restrição referente a capacidade de movimentação nos portos que atendem essas ferrovias, a solução do modelo indica que a Ferrogrão absorveria integralmente a safra das regiões de Sinop, Juara, Diamantino, movimentando um volume de aproximadamente 11,721 milhões de toneladas de soja. Por sua vez, a FICO tornar-se-ia responsável pelo escoamento integral da safra das regiões do Parecis e Cáceres, com destino a Porto Velho, além de atrair parte da produção da região de Barra do Garças, direcionando para São Luís.

Dessa forma, o volume movimentado pela FICO seria de 7,148 milhões de toneladas. As zonas de influência de cada ferrovia confirmam o panorama observado nas simulações individuais, uma vez que cada ferrovia se torna responsável pelo escoamento da safra das regiões, as quais proporciona o maior aumento no lucro entre

as simulações individuais para essas duas estruturas, realizadas ao longo da seção anterior.

Figura 7 - Região de Influência: Cenário EF-170 + EF-354



**Fonte:** Elaborado pelo autor

No tocante às intervenções complementares (ampliações portuárias), para a EF-354 o panorama indica que apesar da capacidade de movimentação atual do complexo portuário de Porto Velho ser suficiente para dar vazão ao fluxo de soja gerado pelo modelo, a capacidade de movimentação do porto de Itacoatiara deve ser ampliada. Além disso, a estrutura de atracagem do complexo portuário de São Luís também deve ser expandida. Por sua vez, no que se refere à EF-170, pode ser verificado um déficit nas capacidades de movimentação existentes nos complexos portuários de Itaituba e Santarém, em relação ao fluxo de soja gerado para esses terminais na solução do modelo. O custo estimado para a criação da infraestrutura capaz de gerar o cenário previsto pelo modelo é apresentado na Tabela 37.

Conforme o modelo, o aumento no lucro dos produtores de soja do Mato Grosso nesse caso foi de US\$ 700.909.090,94 ao ano. Uma vez que a solução do modelo indica que todas as regiões produtoras mato-grossenses enviam remessas de soja pelas estruturas simuladas nesse cenário, o aumento no lucro dos produtores mato-grossenses

pôde ser considerado como fluxo de caixa. Assim, adotando as premissas padrões da presente pesquisa, encontra-se uma TIR de 4,53% e um VPL de US\$ 415.826.432,51.

Tabela 37 - Custo estimado obras: Cenário: EF-170 + EF-354

Intervenção	Custo estimado (US\$)
EF-170	3.649.427.434,83
Ampliação - Porto de Itaituba	302.591.296,82
Ampliação - Porto de Santarém	522.181.388,74
EF-354	4.376.262.154,74
Ampliação - Porto de Itacoatiara	217.428.502,54
Ampliação - Porto de São Luís	49.589.229,19
<b>Total</b>	<b>9.117.480.006,86</b>

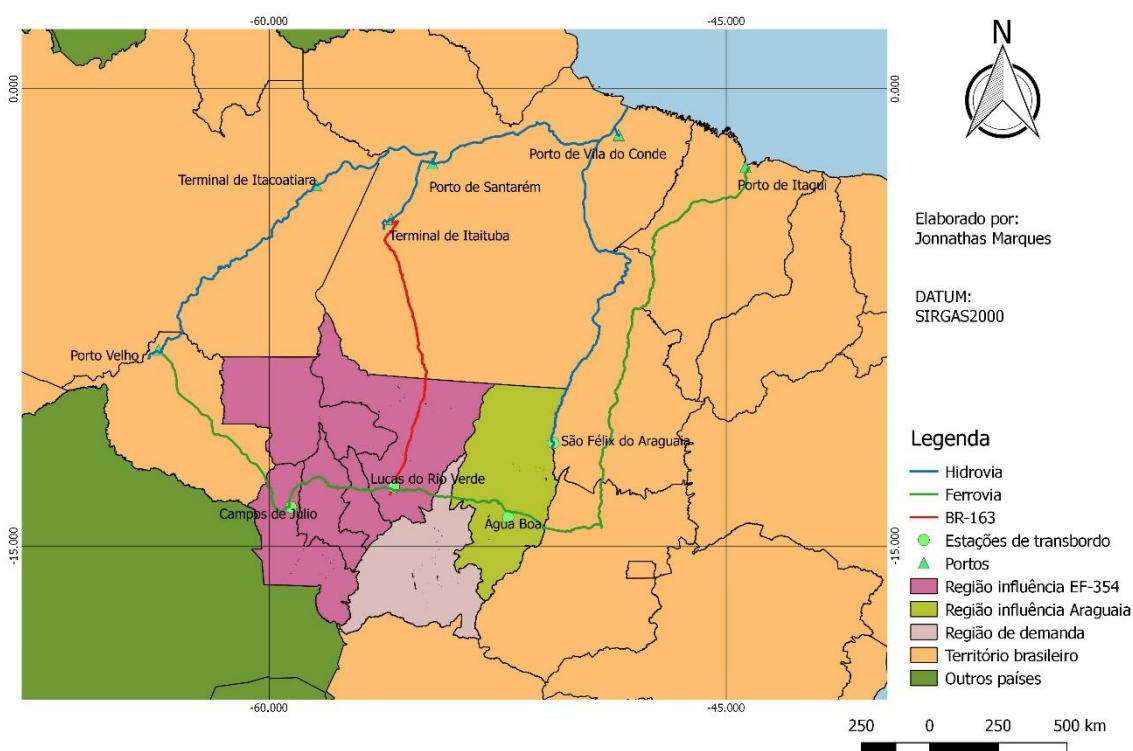
Fonte: EDLP; VALEC; PNIH

Dessa maneira, os métodos de avaliação de rentabilidade indicam que o aumento do lucro no comércio de soja gerado para os produtores do Mato Grosso tornaria viável as modificações apresentadas para o sistema viário.

Por sua vez, no cenário em que a FICO e a Hidrovia do rio Araguaia são construídas de forma simultânea e as restrições de capacidade de movimentação nos portos que atendem essas estruturas são relaxadas, o modelo indica que a ferrovia seria responsável pelo escoamento integral da safra das regiões do Parecis, Diamantino, Cáceres e Juara. Ademais, conforme a solução do modelo, a FICO seria responsável pelo escoamento de 75% da safra produzida na região de Sinop, correspondendo a parcela que excede a capacidade de movimentação no complexo portuário de Santarém. Dessa forma, a FICO movimentaria um volume total de 14,094 milhões de toneladas de soja, direcionando esse montante integralmente para o complexo portuário de Porto Velho. O fluxo de soja originado na região de Sinop e movimentado pela BR-163 para os terminais de Itaituba, na hidrovia do Tapajós, até atingir a capacidade de desembarque de barcaças do terminal de Santarém, reforça a influência que a hidrovia do Tapajós exerce sobre a principal região produtora do Mato Grosso, como rota ótima.

Por sua vez, o escoamento da safra de grãos de Barra do Garças foi inteiramente atribuído à hidrovia do rio Araguaia, absorvendo um montante de 6,743 milhões de toneladas de soja.

Figura 8 - Região de Influência: Cenário EF-354 + Hidrovia do Araguaia



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Cabe ressaltar a necessidade de ampliações portuárias para acomodar os fluxos gerados na solução do modelo. No que se refere à movimentação de soja através da EF-354, os complexos portuários de Itacoatiara e Porto Velho devem ter sua capacidade de movimentação ampliada, uma vez que com exceção de Barra do Garças, todas as regiões do Mato Grosso enviam remessas pelo rio Madeira. Por sua vez, a capacidade de movimentação existente atualmente no porto de São Luís não foi excedida na solução do modelo. Por sua vez, a capacidade de movimentação de soja no complexo portuário de Vila do Conde deve ser aumentada para dar vazão ao fluxo de soja criado pela hidrovia do rio Araguaia. Finalmente, o custo de implantação do terminal hidroviário em São Félix do Araguaia deve ser considerado. A Tabela 38 apresenta o custo estimado para a realização das intervenções na infraestrutura propostas nesse cenário.

Tabela 38 - Custo estimado obras: Cenário EF-354 + Hidrovia do rio Araguaia

<b>Intervenção</b>	<b>Custo estimado (US\$)</b>
Implantação da EF-354	4.376.262.154,74

(continua)

(continuação)

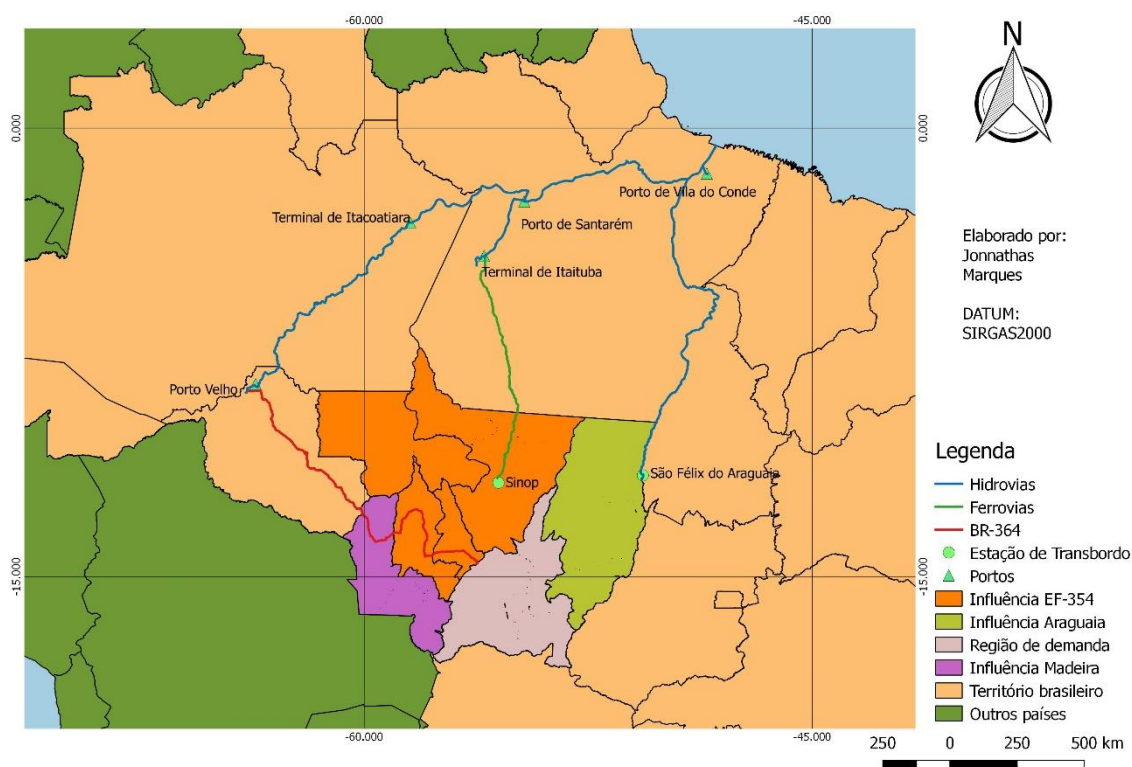
<b>Intervenção</b>	<b>Custo estimado (US\$)</b>
Ampliação – Porto de Porto Velho	307.057.128,43
Ampliação - Porto de Itacoatiara	618.394.461,86
Implantação da Hidrovia do rio Araguaia	3.043.450.030,35
Construção – Porto de São Félix do Araguaia	255.354.875,13
Ampliação – Porto de Barcarena	201.395.097,14
<b>Total</b>	<b>8.801.913.747,67</b>

Fonte: VALEC; PHE; PNIH

O aumento no lucro anual dos produtores de soja do Mato Grosso foi mensurado em US\$ 588.507.813,69. Uma vez que todas as regiões ofertantes do estado utilizariam as estruturas inseridas no sistema viário nesse cenário, não existe a necessidade de desagregar o lucro por região para montar o fluxo de caixa. Considerando o fluxo de caixa igual ao aumento do lucro dos produtores do Mato Grosso e adotando as premissas padrões da presente pesquisa, encontra-se uma TIR de 3,7% e um VPL negativo de US\$ 750.673.686,39. Dessa maneira, as medidas de avaliação de rentabilidade indicam que o aumento no lucro dos produtores mato-grossenses de soja não é o suficiente para financiar de forma concomitante a implantação da EF-354, a Hidrovia do rio Araguaia e as expansões portuárias.

Para o cenário, o qual a Ferrogrão e a Hidrovia do rio Araguaia são implantadas de maneira concomitante e as restrições referentes a capacidade de movimentação nos portos que complementam essas estruturas são relaxadas, tem-se um panorama bem definido em que a EF-170 torna-se responsável pelo escoamento integral da safra de soja das regiões de Sinop, Parecis, Juara e Diamantino; enquanto a hidrovia do Araguaia seria utilizada na movimentação de toda safra de soja da região de Barra do Garças, e finalmente a hidrovia do Madeira, através do complexo portuário de Porto Velho, absorveria a soja produzida na região de Cáceres. Nesse caso a Ferrogrão escoaria um montante de 15,266 milhões de toneladas de soja. Por sua vez, seriam movimentadas 6,737 milhões de toneladas da oleaginosa na Hidrovia do rio Araguaia, e 1,271 milhões de toneladas na hidrovia do rio Madeira. Indo ao encontro da simulação individual realizada para a implantação da EF-170 na seção anterior, esse cenário reforça a forte influência que a hidrovia do Madeira exerce sobre o extremo oeste do Mato Grosso, região intermediária de Cáceres.

Figura 9 - Região de Influência: Cenário EF-170 + Hidrovia do Araguaia



Fonte: Elaborado pelo autor

Nesse cenário, os fluxos gerados na solução do modelo superam de forma substancial a capacidade de movimentação nos terminais portuários complementares as duas estruturas inseridas no sistema viário. Dessa forma, os portos de Itaituba, Santarém e Barcarena devem ser ampliados, de maneira a permitir a movimentação gerada pelo modelo. Ademais, em São Félix do Araguaia deverá ser criada uma estação de transbordo, permitindo a transferência da carga para o modal hidroviário. A Tabela 39 apresenta o custo estimado para as intervenções previstas nesse cenário.

Tabela 39 - Custo estimado obras: Cenário EF-170 + Hidrovia do rio Araguaia

Intervenção	Custo estimado (US\$)
Implantação da EF-170	3.649.427.434,83
Ampliação – Porto de Itaituba	385.354.239,48
Ampliação - Porto de Santarém	653.719.729,07
Implantação da Hidrovia do rio Araguaia	3.043.450.030,35
Construção – Porto de São Félix do Araguaia	255.204.208,37
Ampliação – Porto de Barcarena	200.933.943,54
<b>Total</b>	<b>8.188.089.585,64</b>

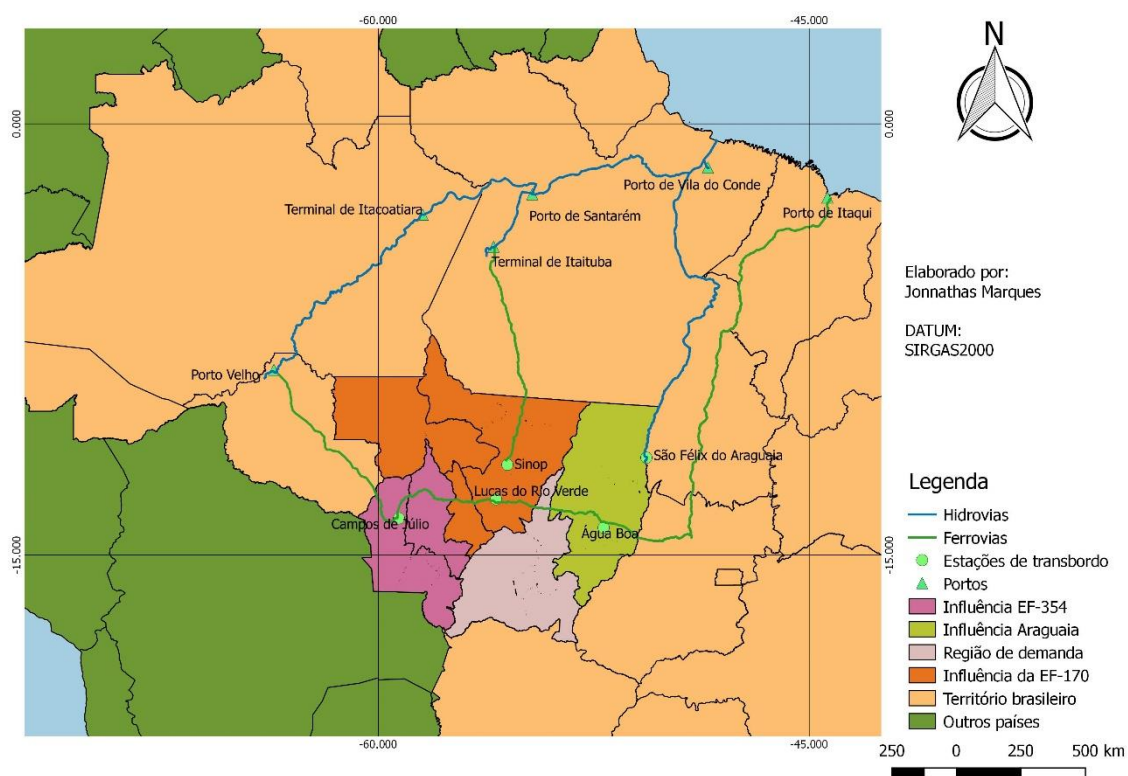
Fonte: EDPL; PHE; PNIH

O aumento no lucro anual dos produtores de soja do Mato Grosso foi mensurado em US\$ 791.298.302,05. Conforme a solução do modelo, a região de Cáceres não utilizaria a Ferrogrão ou Hidrovia do Araguaia. Considerando o aumento no lucro anual nas demais regiões do Mato Grosso, encontra-se o montante de US\$ 764.368.156,57. Adotando o aumento no lucro dos produtores mato-grossenses (exclusive da região Cáceres) como o fluxo de caixa e as premissas padrões da presente pesquisa, encontra-se uma TIR de 5,74% e um VPL de US\$ 2.136.804.007,13. Dessa maneira, as medidas de avaliação de rentabilidade indicam que o aumento no lucro com o comércio de soja que poderiam obter os produtores mato-grossenses de soja, localizados na zona de influência da EF-170 ou da hidrovia do Araguaia (conforme Figura 9) seria suficiente para financiar de forma concomitante a implantação da EF-170, a Hidrovia do rio Araguaia e as expansões portuárias necessárias. Cabe ressaltar que esse é o melhor resultado entre as simulações conjuntas.

Finalmente, foi criado um cenário em que a Ferrogrão, a FICO e a Hidrovia do rio Araguaia, são implantadas de maneira concomitante. Todas as restrições referentes a capacidade de movimentação nos portos do Arco Norte foram relaxadas, devido ao fato de todos os portos serem complementares a alguma dessas obras. Nesse cenário fica evidente a preferência acerca da obra prioritária para cada região mato-grossense, conforme pode ser visto na Figura 10. O fluxo de soja pela Ferrogrão seria de aproximadamente 11,683 milhões de toneladas, com a referida ferrovia sendo responsável pelo escoamento de toda safra da oleaginosa produzida nas regiões de Sinop, Juara e Diamantino. Por sua vez, a FICO movimentaria 4,835 milhões de toneladas da soja mato-grossense, sentido Porto Velho, absorvendo a safra de grãos das regiões do Parecis e Cáceres. Por fim, a Hidrovia do Araguaia seria o corredor utilizado para o escoamento integral da safra de soja da região de Barra do Garças, movendo 6,738 milhões de toneladas da oleaginosa. A abrangência dessa rede fica evidente ao ressaltar que esse é o único cenário, entre todas as simulações realizadas, em que toda a safra de soja do Mato Grosso foi embarcada em estações de transbordo intermodal localizadas no próprio território mato-grossense.



Figura 10 - Região de Influência: Cenário EF-170 + EF-354+ Hidrovia do Araguaia



A concorrência entre as regiões mato-grossenses fica evidente através do exercício de comparação da variação do preço da soja por região em cada simulação realizada. No cenário em que as três obras foram incluídas, o preço recebido por tonelada da oleaginosa em Sinop aumentaria de US\$ 295,80 para US\$ 336,23. Por sua vez, no cenário só com a implantação da EF-170, o preço recebido em Sinop aumentaria para US\$ 338,50. Na região do Parecis o preço recebido por tonelada de soja aumentaria para US\$ 324,50, no cenário em que as três obras fossem viabilizadas, enquanto na simulação em que apenas a EF-354 foi implantada o preço se elevaria para US\$ 327,15. Finalmente, na região de Barra do Garças o preço recebido por tonelada de soja aumentaria para US\$ 324,67, considerando o cenário em que as três obras foram implantadas, e US\$ 326,01, na simulação em que somente a Hidrovia do rio Araguaia é implantada. Esse panorama evidencia que para cada região mato-grossense, o melhor resultado individual é aquele em que apenas a obra prioritária é implementada.

Novamente, a comparação entre a capacidade atual de movimentação nos portos e o fluxo gerado na solução do modelo, torna evidente a necessidade da realização de ampliações nos complexos portuários. Nesse sentido, os portos de Itacoatiara, Itaituba, Santarém e Barcarena devem ser ampliados. Por outro lado, a capacidade existente nos

complexos portuários de São Luís e Porto Velho mostra-se suficiente ao ser comparada com a solução do modelo. A Tabela 40 apresenta o custo estimado para as intervenções propostas nesse cenário.

Tabela 40 - Custo estimado obras: Cenário EF-170 + EF-354 + Hidrovia do Araguaia

Intervenção	Custo estimado (US\$)
Implantação da EF-170	3.649.427.434,83
Ampliação – Porto de Itaituba	301.647.965,42
Ampliação - Porto de Santarém	520.688.203,03
Implantação da Hidrovia do rio Araguaia	3.043.450.030,35
Construção – Porto de São Félix do Araguaia	255.204.208,37
Ampliação – Porto de Barcarena	200.969.784,96
Implantação da EF-354	4.376.262.154,74
Ampliação – Porto de Itacoatiara	216.698.790,29
<b>Total</b>	<b>12.564.348.571,99</b>

Fonte: EDPL; PHE; VALEC; PHE

O aumento no lucro anual dos produtores de soja do Mato Grosso foi mensurado em US\$ 780.249.501,16. Dado que todas as regiões do estado utilizariam as estruturas inseridas no sistema viário nesse cenário, não existe a necessidade de desagregar os resultados por região. Considerando o fluxo de caixa igual ao aumento do lucro dos produtores e adotando as premissas padrões da presente pesquisa, encontra-se uma TIR de 3,39% e um VPL negativo de US\$ 1.608.660.452,65. Dessa maneira, as medidas de avaliação de rentabilidade indicam que o aumento no lucro dos produtores mato-grossenses com o comércio de soja não é o suficiente para justificar a implantação de todas as infraestruturas abordadas nessa pesquisa, de forma concomitante, e as expansões portuárias requeridas para acomodar o fluxo gerado por essas.

Finalmente, a Tabela 41 apresenta de maneira sucinta os principais resultados obtidos através das simulações realizadas ao longo do Capítulo 5. Os valores satisfatórios encontrados para os indicadores de viabilidade econômica utilizando como fluxo de caixa apenas o aumento no lucro do comércio de soja, decorrente da melhoria no sistema de transportes, nas regiões mato-grossenses que efetivamente utilizariam as novas estruturas, tornam evidente a alta rentabilidade de várias intervenções abordadas.

Cabe ainda destacar que o Mato Grosso possui predominância em outros mercados, de modo que existe uma intensa circulação de outros produtos que possuem características similares às aquelas descritas para a soja *in natura*, e, portanto também seriam movimentados de maneira mais eficiente através de um modal com maior capacidade, como o ferroviário ou hidroviário. Entre esses produtos pode-se destacar: milho, fertilizantes, farelo de soja, óleo de soja, algodão, açúcar e etanol.

Dessa forma, mesmo nas simulações em que o aumento no lucro do comércio da soja não foi o suficiente para justificar a viabilização das intervenções pretendidas no sistema de transportes (por exemplo, no caso da implantação individual da Hidrovia do rio Araguaia ou da implantação concomitante das três intervenções abordadas), deve-se ressaltar que a posterior adição de outros mercados à análise possui potencial para atestar favoravelmente a viabilidade econômica dessas intervenções.

Tabela 41 - Resumo dos resultados das simulações realizadas

<b>Projeto</b>	<b>Realizações</b>	<b>Investimento (US\$)</b>	<b>Payback descontado (anos)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>VPL (US\$)</b>
Ferrogrão (EF-170)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação da ferrovia EF-170;</li> <li>• Expansão dos portos de Itaituba e Santarém.</li> </ul>	4.815.505.121,71	17,49	7,92	3.508.371.693,64
FICO (EF-354)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação da ferrovia EF-354;</li> <li>• Expansão dos portos de Porto Velho, Itacoatiara e São Luís.</li> </ul>	5.352.855.867,11	26,27	5,44	1.099.543.631,54
Hidrovia do Araguaia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação da hidrovia do rio Araguaia;</li> <li>• Expansão do porto de Barcarena;</li> <li>• Construção do porto de São Félix do Araguaia.</li> </ul>	3.761.869.932,30	Acima de 100	1,3	-777.172.775,43
Ferrogrão + FICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação das ferrovias EF-170 e EF-354;</li> <li>• Expansão dos portos de Itaituba, Santarém, Itacoatiara e São Luís.</li> </ul>	9.117.480.006,86	32,43	4,53	415.826.432,51
Ferrogrão + Hidrovia do Araguaia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação da ferrovia EF-170;</li> <li>• Implantação da hidrovia do rio Araguaia;</li> <li>• Expansão dos portos de Barcarena, Santarém e Itaituba;</li> <li>• Construção do porto de São Félix do Araguaia.</li> </ul>	8.188.089.585,64	24,76	5,74	2.136.804.007,13

(continua)

(conclusão)

<b>Projeto</b>	<b>Realizações</b>	<b>Investimento (US\$)</b>	<b>Payback descontado (anos)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>VPL (US\$)</b>
FICO + Hidrovia do Araguaia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação da ferrovia EF-354;</li> <li>• Implantação da hidrovia do rio Araguaia;</li> <li>• Expansão dos portos de Barcarena, Porto Velho e Itacoatiara;</li> <li>• Construção do porto de São Félix do Araguaia.</li> </ul>	8.801.913.747,66	41,68	3,70	-750.673.686,39
Ferrogrão + FICO + Hidrovia do Araguaia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação da ferrovia EF-170;</li> <li>• Implantação da ferrovia EF-354;</li> <li>• Implantação da hidrovia do rio Araguaia;</li> <li>• Expansão dos portos de Itaituba, Santarém, Barcarena e Itacoatiara;</li> <li>• Construção do porto de São Félix do Araguaia.</li> </ul>	12.564.348.571,99	49,27	3,28	-1.853.460.652,52

Fonte: Elaborado pelo autor

## 6 CONCLUSÃO

A produção brasileira de soja sofreu uma mudança espacial ao longo das últimas décadas, neste período o estado do Mato Grosso se tornou o principal pólo produtor da oleaginosa no país. Localizado no centro da América do Sul, o Mato Grosso carece de uma infraestrutura adequada, que permita o escoamento da safra de maneira eficiente. A situação tornou-se mais complexa a partir da abertura econômica da China, que mudou o patamar do volume de soja comercializado, exercendo ainda mais pressão sobre um sistema viário debilitado. A partir desse evento é possível listar algumas ações no sentido de mitigar os gargalos na logística de transportes: (i) Consolidação dos portos do Arco Norte, com a implantação das hidrovias dos rios Madeira e Tapajós, em detrimento da utilização de portos na região centro-sul do país, como Paranaguá e Vitória; (ii) Expansão da malha da ferrovia Rumo Norte até o município de Rondonópolis; (iii) Pavimentação da BR-163 entre Cuiabá e Itaituba (PA).

Apesar das intervenções estruturais descritas no último parágrafo, o panorama da produção de soja no Mato Grosso segue complexo, uma vez que os dados oficiais evidenciam que o preço recebido pela oleaginosa, um produto homogêneo, é sensivelmente inferior para os produtores do Mato Grosso em relação àqueles localizados em outros estados brasileiros ou países ofertantes concorrentes. Nesse sentido, pode-se destacar que, apesar das mencionadas intervenções dos últimos anos incentivarem a intermodalidade (operação de transporte mais adequada às características da carga), o terminal de transbordo intermodal segue afastado das regiões produtoras, de modo que as rotas para transporte da soja implicam em extensões percorridas no modal rodoviário superiores à 1000 km. Esse panorama se deve às grandes dimensões geográficas do Mato Grosso, aliado ao fato dos terminais de transbordos estarem localizados em estados vizinhos, com exceção da ferrovia Rumo malha norte, cuja capacidade da via permanente está no limite. O fluxo gerado na solução do modelo base pode ser usado para ilustrar as últimas afirmações, uma vez que a distância média percorrida pelo modal rodoviário até alcançar um terminal de transbordo (hidroviário ou ferroviário) nos Estados Unidos foi estimada em aproximadamente 135,5 km enquanto, o trajeto rodoviário percorrido pela safra mato-grossense foi estimado com uma extensão média de 1.126,6 km, ou seja, um comprimento 8,31 vezes mais elevado.

Buscando capturar os pontos de estrangulamento no sistema viário brasileiro, os principais corredores logísticos atualmente utilizados para o escoamento da safra de soja do Mato Grosso foram minuciosamente descritos e analisados. Identificou-se a capacidade máxima de movimentação de soja em cada um deles, mantendo constante o trânsito das outras mercadorias. A partir desse exercício, tornou-se evidente que nos terminais hidroviários e portuários, a capacidade de movimentação na estrutura de atracagem dos terminais portuários configura-se como principal problema. Por sua vez, nas ferrovias os problemas estão concentrados na via permanente, uma vez que a capacidade de tráfego de vagões nos trilhos foi atingida em diversas estradas de ferro.

Levando em consideração o panorama descrito nos últimos parágrafos, utilizou-se um modelo de equilíbrio espacial, com a finalidade de capturar o benefício das melhorias no sistema de transporte sobre a receita dos produtores de soja do Mato Grosso, além da identificação de quais regiões seriam prejudicadas, dentro e fora do referido estado. Nesse sentido, as melhorias no sistema de transporte referem-se a obras de infraestrutura que possuem como objetivo de aproximar as estações de transbordo intermodal e as regiões produtoras de soja do Mato Grosso, minimizando a distância percorrida pela carga no modal rodoviário. A partir dos dados coletados sobre os corredores de transporte, o método de análise consistiu na criação de um modelo base para representar a infraestrutura existente. Em seguida foi realizada a etapa de validação do modelo, confrontando a aderência dos fluxos gerados pelo modelo com os fluxos observados nos dados observados (reais).

Após a validação do modelo base foram introduzidas melhorias no sistema de logística de transportes com a finalidade de analisar como se propagaria o choque no mercado estadual, nacional e internacional da soja, decorrente da aproximação entre o terminal de transbordo intermodal e as regiões produtoras no Mato Grosso. Para esse fim foram apresentadas três obras de infraestrutura que promoveriam impactos diferentes entre as regiões do referido estado: (i) EF-170 ou “Ferrogrão”; (ii) EF-354 ou Ferrovia de Integração do Centro Oeste e (iii) Hidrovia do rio Araguaia. Inicialmente foram realizadas simulações individuais, onde cada obra de infraestrutura foi inserida de forma individual ao modelo base. Em seguida foram realizadas simulações conjuntas, através de cenários em que as intervenções eram inseridas ao modelo base de maneira concomitante.

A solução dos modelos modificados trouxe à tona questões importantes que devem ser debatidas. A principal delas diz respeito ao saturamento da capacidade de movimentação da infraestrutura de atracagem dos portos do Arco Norte, sendo que todas as restrições referentes à capacidade desses portos são ativas na solução do modelo base.

Uma vez que todas as obras abordadas nessa pesquisa desviam o fluxo de soja para algum dos portos localizados no Arco Norte, a implementação dessas intervenções tende a aumentar o fluxo de mercadorias movimentadas por esses terminais, que podem não estar preparados para proporcionar a vazão exigida por esse novo nível de movimentação de cargas. Nesse sentido, nos cenários em que as obras de infraestrutura foram inseridas no modelo base, sem o relaxamento da restrição de capacidade de movimentação nos terminais portuários complementares a tais intervenções, a solução do modelo indica que o ganho proporcionado aos produtores mato-grossenses seriam relativamente baixos, ao passo que as perdas econômicas (diminuição do preço recebido e quantidade comercializada) seriam concentradas em outras regiões brasileiras que utilizam o terminal portuário, para o qual a nova infraestrutura desvia o fluxo de soja. Nesta simulação a receita brasileira oriunda do comércio da soja poderia até diminuir, como nos casos da EF-354 e Hidrovia do Araguaia, ou permanecer constante, como no caso da EF-170.

Nas simulações individuais, em que as restrições de capacidade de movimentação nos portos (complementares a infraestrutura) são relaxadas, os ganhos potenciais da aproximação do transbordo intermodal às regiões do Mato Grosso podem ser visualizados. Nesse sentido, a viabilização da EF-170 em conjunto com a expansão dos portos de Itaituba e Santarém, no Pará, elevariam o lucro anual do comércio de soja no Mato Grosso em um montante superior a 665 milhões de dólares. No tocante a dinâmica entre as regiões mato-grossenses, a construção da EF-170 (concomitante as ampliações portuárias em Itaituba e Santarém) configura-se como a obra prioritária para as regiões de Sinop, Juara e Diamantino, no Mato Grosso, proporcionando um aumento de US\$ 42,70, US\$ 41,19 e US\$ 22,49, respectivamente, no preço recebido por tonelada de soja nessas localidades. Nesse cenário o preço recebido por tonelada em Sinop, principal região produtora do Mato Grosso, foi superior ao preço recebido pelos produtores em Illinois, principal região exportadora dos Estados Unidos, em US\$ 3,43.



Pode-se ressaltar que esse cenário proporcionou os valores mais elevados aos indicadores de viabilidade econômica utilizados na pesquisa, TIR e VPL.

Para as regiões de Parecis-RO e Cáceres-MT, a implantação da EF-354, em conjunto com a ampliação dos terminais portuários de Porto Velho e Itacoatiara-AM pode ser considerada como a intervenção prioritária. Pode-se destacar o caráter agregador da EF-354, uma vez que carrega a vantagem de atrair grãos de todas as regiões de oferta do Mato Grosso. Entretanto, o aumento do lucro estadual com a viabilização da FICO é inferior ao verificado na simulação referente à implantação individual da Ferrogrão. Ressalta-se ainda que o custo de implantação do cenário individual que envolve a EF-354 é maior em relação ao cenário de implantação da EF-170. Dessa forma, os indicadores de viabilidade econômica, apesar de satisfatórios, são inferiores àqueles registrados para o caso da Ferrogrão. É importante destacar que os produtores das regiões de Parecis e Cáceres também experimentaríamos aumento substancial na receita bruta e no preço recebido com a implantação da EF-170.

Finalmente é importante destacar a perspectiva futura da FICO como um corredor transoceânico. Caso a EF-354 seja viabilizada até o porto de Ilo, no Peru, a produção de soja do Mato Grosso poderia ser escoada através de um porto localizado no oceano Pacífico, encurtando a distância marítima até o mercado asiático, que é o principal consumidor da oleaginosa, de modo que o custo do frete marítimo também tende a diminuir. Apenas para efeito de comparação, a distância entre os portos de Ilo e Shanghai é de aproximadamente 9792 milhas náuticas, enquanto, por sua vez, a menor distância entre os portos de Santarém e Shanghai é de 11200 milhas náuticas (rota por meio do Canal do Panamá). Nesse sentido, o potencial de redução do frete marítimo torna-se evidente ao se ressaltar que a taxa de utilização do Canal do Panamá por um navio Panamax era de US\$ 220 mil em dezembro de 2017 (Salin et al., 2018).

Dessa maneira, a situação mais complexa é a da região de Barra do Garças, no nordeste do Mato Grosso. O aumento no preço estimado com a implantação da EF-354 é relativamente pequeno, devido a grande distância ferroviária até o porto de São Luís. Por sua vez, a implantação da EF-170 não gera qualquer benefício para a referida região. A obra prioritária para Barra do Garças é a hidrovia do rio Araguaia. Entretanto, essa é uma intervenção altamente especializada, dado que no Mato Grosso essa hidrovia possui potencial de atrair apenas a carga oriunda da região de Barra do Garças. A complexidade torna-se explícita, ao passo que o aumento no lucro do comércio da soja

em Barra do Garças, gerado pela implantação da hidrovía do Araguaia, não torna o projeto viável, com VPL negativo e TIR abaixo da TMA.

Em relação às simulações conjuntas, aquela que apresentou melhor desempenho no que concerne a análise de viabilidade econômica foi a implantação conjunta da EF-170 e Hidrovía do Araguaia. Isso acontece devido ao caráter de complementação da logística regional entre as duas obras, uma vez que a EF-170 possui alto potencial de benefício em todas as regiões do Mato Grosso, com exceção de Barra do Garças, enquanto a Hidrovía do Araguaia apresenta baixo potencial de retorno em todas as regiões, com exceção de Barra do Garças. Dessa forma, os indicadores de viabilidade econômica desse cenário apresentaram o segundo melhor desempenho, atrás apenas dos indicadores relacionados a implantação individual da EF-170. A complexidade torna-se evidente à medida que, excetuando os produtores de Barra do Garças, aqueles localizados nas demais regiões do Mato Grosso podem não possuir interesse aparente na hidrovía do Araguaia. O cenário mais vantajoso para os produtores das demais regiões é aquele em que apenas as intervenções relacionadas a implantação individual da EF-170 são realizadas.

É importante reforçar que esse estudo foi elaborado levando em consideração apenas o benefício econômico gerado pela melhoria do sistema de transportes sobre o mercado mundial da soja *in natura*, de maneira que os indicadores de viabilidade econômica foram calculados tendo como base apenas os benefícios para esse mercado. Portanto, deve-se evidenciar a possibilidade de indicadores de viabilidade ainda mais favoráveis, uma vez que as intervenções propostas possuem alto potencial para atrair outras mercadorias, tipicamente movimentadas de maneira mais eficiente pelo modal ferroviário e que também são transacionadas em alto volume no estado do Mato Grosso, tais como: milho, farelo de soja, óleo de soja, algodão, fertilizantes, açúcar e etanol.

Finalmente, cabe ressaltar os efeitos no mercado internacional da oleaginosa. Para os países demandantes, como a China, a melhoria no sistema viário do Mato Grosso, geraria uma redução substancial no preço pago pela soja, ao mesmo tempo que aumenta o consumo, traduzindo-se em uma robusta economia. No caso da viabilização individual da EF-170, por exemplo, a despesa dos chineses com a aquisição de soja sofreria uma redução de aproximadamente US\$ 122 milhões ao ano. Por sua vez, a receita bruta dos produtores de soja do Estados Unidos, apresentaria queda considerável

que poderia chegar ao montante de 200 milhões de dólares ao ano, por exemplo, no caso da implantação individual da EF-170.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL); CONEJO, João G. L. **A navegação interior e sua interface com o setor de recursos hídricos**. Brasília (DF): ANA - SPR 2007. 168 p.

AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (BRASIL) – ANTAQ. **Anuário Estatístico**. Diversas consultas. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/Anuario/>>

AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (BRASIL) – ANTAQ. **Plano Nacional de Integração Hidroviária: Bacia Amazônica**. Brasília: ANTAQ, 2013. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/portaltv3/PNIH/RTBaciaAmazonica.pdf/>>.

AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (BRASIL) – ANTAQ. **Plano Nacional de Integração Hidroviária: Bacia do Tocantins-Araguaia**. Brasília: ANTAQ, 2013. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/portaltv3/PNIH/RTBaciaTocantinsAraguaia.pdf/>>

AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (BRASIL) – ANTAQ. **Relatório de Metodologia: Plano Nacional de Integração Hidroviária**. Brasília: ANTAQ, 2013. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/portaltv3/PNIH/RelatorioMetodologia.pdf/>>.

AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES TERRESTRES (BRASIL) – ANTT. **Declaração de Rede - 2018**. Disponível em: <[http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Declaracao\\_de\\_Rede\\_2018.html/](http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Declaracao_de_Rede_2018.html/)>.

ALBUQUERQUE, S. M. **Ferrovias: aspectos técnicos de projecto**. Fortaleza, Brasil. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2011. Trabalho de graduação.

ASSOCIATION OF AMERICAN RAILROADS (Estados Unidos) – AAR. **National Rail Freight Infrastructure Capacity and Investment Study**. Cambridge Systematics, Inc. Cambridge, Massachusetts. Set/2007.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE E LOGÍSTICA – NTC. **Anuário NTC & Logística**. São Paulo, 2015.

BATALHA, M. O. **Gestão agroindustrial**: GEPAI: Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 770 p.

BRASIL - Secretaria Nacional Dos Portos – SNP. **Plano mestre do complexo portuário de Porto Velho**. Brasília, DF, 2017a.

BRASIL - Secretaria Nacional Dos Portos – SNP. **Plano mestre do complexo portuário de Santarém**. Brasília, DF, 2017b.

BRASIL - Secretaria Nacional Dos Portos – SNP. **Plano mestre do complexo portuário de Belém e Vila do Conde**. Brasília, DF, 2017c.

BRASIL - Secretaria Nacional Dos Portos – SNP. **Plano mestre do complexo portuário de São Francisco do Sul**. Brasília, DF, 2017d.

BRASIL. Secretaria Nacional dos Portos – SNP. **Relatório de metodologia: Planos mestres**. Brasília, DF, 2018a.

BRASIL - Secretaria Nacional Dos Portos – SNP. **Plano mestre do complexo portuário do Itaqui**. Brasília, DF, 2018b.

BRASIL - Secretaria Nacional Dos Portos – SNP. **Plano mestre do complexo portuário de Santos**. Brasília, DF, 2018c.

BRASIL - Secretaria Nacional Dos Portos – SNP. **Plano mestre do complexo portuário de Paranaguá e Antonina**. Brasília, DF, 2018d.

BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. L.; MÜLLER, P. K.: **A economia mundial da soja**: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000. Anais dos Congressos. XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto. São Paulo, 2005.

CAIXETA FILHO, J.V. **Transporte e Logística no Sistema Agroindustrial**. Preços Agrícolas, n. 119, p. 2-7, set. 1996.

CAIXETA-FILHO, J. A. V.; MARTINS, Ricardo Silveira. **Gestão logística do transporte de cargas**. São Paulo: Atlas 2001. 296 p.

CAIXETA FILHO, J. V. **A logística do escoamento da safra brasileira**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, ESALQ/USP. Piracicaba, 2006.

CAMPOS, A. C. de; PAULA, N. de. **A evolução da agropecuária brasileira nos anos 90**. Indicadores Econômicos FEE, Porto Alegre, v. 29, n. 4, p. 177-199, fev. 2002.

CAMPOS, M.C. **O papel do estado brasileiro na expansão do complexo da soja**. XII Coloquio Internacional de Geocrítica. Bogotá, 2012.

CASAVANT; KEN; DENICOFF M.; JESSUP E.; TAYLOR A.; NIBARGER D.; SEARS D.; KHACHATRYAN H.; MCCRACKEN V.; PRATTER M.; O'LEARY J.; MARATHON N.; MCGREGOR B.; OLOWOLAYEMO S. **Study of Rural Transportation Issues**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Abril, 2010.

CASTILHO, D.; ARRAIS, T. A. **A ferrovia Norte Sul e a economia regional do centro oeste do Brasil**. Soc. & Nat., Uberlândia, 29 (2): 209-228, 2017.

CASTRO, G. S. A.; CARVALHO, C. A. de; DALTIO, J.; MAGALHÃES, L. A.; MARTINHO, P. R. R.; FONSECA, M. F.; GARAGORRY, F. L.; MIRANDA, E. E. de. **Macrologísticas da agropecuária brasileira: estudo de caso das exportações de soja e milho**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2017.31 p.: il.; (Documentos / Embrapa Monitoramento por Satélite, ISSN 0103-7811; 118)

CHIANG, Alpha C.; WAINWRIGHT, Kevin. **Matemática para economistas**. Rio de Janeiro: Elsevier Campus 2006, c2005. xxv, 659 p

CHRISTOPHER, M.C. **Logistics & Supply Chain Management**. 5. ed. Pearson UK, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (BRASIL) – CONAB. **Norma manual de cálculo de custo operacional rodoviário de carga 30.202**. SULOLOG/GELOG. Brasília, 2018. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000\\_sistema\\_de\\_operacoes/30.202\\_norma\\_manual\\_calculo\\_custo\\_operacional\\_rodovi%C3%A1rio\\_carga.pdf](https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000_sistema_de_operacoes/30.202_norma_manual_calculo_custo_operacional_rodovi%C3%A1rio_carga.pdf)>

COMPANHIA NORTE DE NAVEGAÇÃO E PORTOS – CIANPORT. **Estudo de impacto ambiental: Estação de transbordo de cargas Tapajós**. 2012.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. **Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho**. Brasília: CNT, 2015.

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, Brasília, v. 48, n.2, abril/junho 2010.

COSTA, R. F. **The impacts of improving Brazil's transportation infrastructure on the world soybean market.** Texas A&M University. 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1969.1/ETD-TAMU-2006/>>

DALL'AGNOL, Amélio. **A Embrapa Soja no Contexto do Desenvolvimento da Soja no Brasil: Histórico e contribuições.** 1. ed. Brasília: Embrapa, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (BRASIL) – DNIT. **Manual de custos de infraestrutura de transportes.** Vol. 10, conteúdo 9. Brasília, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (BRASIL) – DNIT. **Sistema Nacional de Viação.** Brasília, 2018. Disponível em: <[http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao/snv\\_201910a.xls](http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao/snv_201910a.xls)>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.

EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES – GEIPOT. **Corredores Estratégicos de Desenvolvimento: relatório final.** Brasília: GEIPOT, 2001.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA (BRASIL) – EPL. **Estudo dos custos do transporte hidroviário no Brasil: Elaboração de ferramenta de simulação.** Rel. 3. 2015. Disponível em <[https://www.epl.gov.br/html/objects/\\_downloadblob.php?cod\\_blob=5327/](https://www.epl.gov.br/html/objects/_downloadblob.php?cod_blob=5327/)>.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA (BRASIL) – EPL. **Manual da simulação dos custos de transporte e transbordo de cargas.** Brasília, 2014.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA (BRASIL) – EPL. **Construção da matriz origem/destino observada para transporte de cargas inter-regional.** Brasília, 2016. Disponível em: <[https://www.epl.gov.br/html/objects/\\_downloadblob.php?cod\\_blob=4054/](https://www.epl.gov.br/html/objects/_downloadblob.php?cod_blob=4054/)>.

ENKE, S. **Equilibrium among spatially separated markets**: Solution by electrical analogue. *Econometrica*, vol.19 (1951), pp.40-47.

ESTAÇÃO DA LUZ PARTICIPAÇÕES – EDLP. **Estudos definitivos de engenharia**. Vol. 1. 2016.

FAJARDO, Ana Paula Cardoso. **Uma contribuição ao estudo do transporte intermodal**: otimização da expansão dinâmica das redes intermodais do transporte da soja produzida no estado de Mato Grosso. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2006. Tese de doutorado. 187 p.

FARIA, A. C. **Gestão de custos logísticos**: custeio baseado em atividades (ABC), balanced score card (BSC), valor econômico agregado (EVA). São Paulo: Atlas 2005. 431 p.

FELLIN, L.; FULLER, S. **Effect of proposed waterway user tax on U.S. grain flow patterns and producers**. *Journal of the Transportation Research Forum*. Reston, v.2, n.2, p.11-25, 1997.

FELLIN L.; FULLER Stephen W.; KRUSE J.; MEYER S.; WOMACK A. **The Upper Mississippi and Illinois Rivers as Grain Transport Arteries: A Spatial Equilibrium Analysis**. *Journal of the Transportation Research Forum*, Vol. 47, No. 2, pp. 73-88.

FLEURY, F. **A infra-estrutura e os desafios logísticos das exportações brasileiras**. Centro de Estudos em Logísticas (CEL), Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2005.

Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI). **Documentation of the FAPRI Modeling System**. University of Missouri, 2004.

FULLER, Stephen W.; FELLIN, Luis; ERIKSEN, Ken. **Panama Canal: How Critical to U.S. Grain Exports?** *Agribusiness*, v.16, n.4, p.435-455, 2000.

FULLER, Stephen W.; YU, Tun-Hsiang.; FELLIN, Luis; LALOR, Alejandro; KRAJEWSKI, Ricardo. **Effect of Improving South American Transportation System on U.S. and South American Corn and Soybean Economies**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, out 2001, 85p.



FURSTENAU, V. **A política de crédito rural na economia brasileira pós 1960**. Ensaios FEE. Porto Alegre, v.8, n.1, p139-154, 1987. Disponível em: <file:///C:/Users/jonna/Downloads/1075-4582-1-PB.pdf>. Acesso em: 09 set. 2018.

GARDINER, W.H., RONINGEN K. L. **Elasticities in the Trade Liberalization Database**. Washington DC: U.S. Department of Agriculture, Econ. Res. Serv. Staff Report n.89, 1989.

GASS, S.I. **Decision-Aiding Models: Validation, Assessment, and Related Issues for Policy Analysis**. Operations Research, 31, 4 (1983), 603-631.

GUEDES, M. H. **A região dos oeste pantaneiros!** Joinville: Clube de Autores, 2015. 102 pg.

HIDROVIAS DO BRASIL S.A. – HSBA. **Estudo de impacto ambiental: Estação de transbordo de cargas HSBA Tapajós**. 2012. Disponível em: <[https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2017/08/eia/hbsa\\_tapajos.pdf](https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2017/08/eia/hbsa_tapajos.pdf)>

HIJJAR, M. F. **Logística, soja e comércio internacional**. Centro de Estudo em Logística. COPPEAD, UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

HILLIER, Frederick S; GRIESI. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2013, 1005 p.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J.J. **O Agronegócio da Soja nos Contextos Brasileiro e Mundial**. Londrina: Embrapa, 2014.

IBÁÑEZ, Carlos. **Hidrovia del Parana y el comercio granario**. Area Infraestructura Comercial y Regímenes Especiales. Dirección de Mercados Agroalimentarios. Disponível em: <[https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss\\_mercados\\_agropecuarios/infraestructura/archivos/000080\\_Informes/000040\\_Hidrov%C3%ADa%20del%20Paran%C3%A1%20y%20eI%20Comercio%20Granario.pdf](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/infraestructura/archivos/000080_Informes/000040_Hidrov%C3%ADa%20del%20Paran%C3%A1%20y%20eI%20Comercio%20Granario.pdf)>.

INFORMA ECONOMICS. **Panama Canal Expansion: Impact On U.S. agriculture**. Memphis: dezembro, 2011.

INFORMA ECONOMICS. **Farm To Market: A Soybean's Journey From Field To Consumer**. Memphis: agosto, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.  
**Anuário Estatístico do Brasil.** Rio de Janeiro: 1941/2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.  
**Pesquisa Agrícola Municipal.** Rio de Janeiro: 1974/2018.

INSTITUTO MATO GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA –  
IMEA. **Entendendo o mercado da soja.** Workshop jornalismoagropecuário. Cuiabá,  
junho, 2015.

IQBAL, Md Zabid; BABCOCK, Bruce A. **Global Growing Area Elasticities of  
Key Agricultural Commodities Estimated Using Dynamic Heterogeneous Panel  
Methods.** *Agricultural Economics*, Vol. 6, no. 6 (nov. 2018), pp 681-690.

KUNAKA, C.; CARRUTHERS, R. **Trade and transport corridor  
management toolkit.** The World Bank, Washington D.C. 2014.

KUSSANO, M. R.; BATALHA M. O. **Custos logísticos agroindustriais:**  
avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo.  
*Revista Gestão e Produção*, São Carlos, v. 19, n. 3, 2012.

LEITE, M. R. S. V. D. **Especificações técnicas da via-férrea.** Instituto Superior  
de Engenharia do Porto. Porto, 2017. Tese de mestrado 226p.

LUNKES, R.J.; SANTOS, V.F.; SOUZA, P. **Tarifas Portuárias:** Estudo  
Comparativo entre os Modelos Brasileiro e Português. In: Congresso UFSC de  
Controladoria e Finanças & Iniciação Científica em Contabilidade, 5, 2014,  
Florianópolis-SC.

MCCARL, B.A; SPREEN, T.H. **Applied Mathematical Programming Using  
Algebraic Systems.** Texas A&M University, 2003.

MIGUENS, A.P. **Navegação:** A ciência e a arte. Marinha do Brasil. Diretoria de  
Hidrografia e Navegação, Niterói, RJ, 1996.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS  
(BRASIL) - MDIC. **Sistema ComexStat.** Disponível em:  
<<http://alicesweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em 01 dez. 2017.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA (BRASIL). **Plano Hidroviário Estratégico**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://transportes.gov.br/conteudo/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7494-plano-hidroviario-estrategico.html/>>.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL (BRASIL) - MTPA. **Corredores Logísticos Estratégicos: Complexo de Soja e Milho**. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Brasília: MTPA, 2017. 2 v.: gráfs., II.

MOSS, G; MOSS, M. **Projeto Brasil das Águas: Sete rios**. Brasília, DF, 2007.

NERLOVE, M. **The dynamics of supply: estimation of farmers response of price**. Baltimore, John Hopkins Press, 1958.

NEUBAUER, Eric A. **Guides to car types codes**. 2007. Disponível em: <<https://eaneubauer.ipower.com/type.pdf>>.

OJIMA, Andréa. **Análise da Movimentação Logística e Competitividade da Soja Brasileira**: Uma aplicação de um modelo de equilíbrio espacial de programação quadrática. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação, Universidade de Campinas, 2004.

OLOWOLAYEMO, Surajudeen. **Grain Truck and Ocean Rate Advisory: Quarterly Updates**. Agricultural Marketing Service-USDA, 2018. Disponível em: <<https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/GTOR4thQtr2018Quarterly.pdf>>

OLIVEIRA, C.A. **Prospecção de futuros**: Estudo da hidrovia do Madeira. Escola de Guerra Naval-FundaçãoEzute, 2016.

ORCUTT, Guy H. **Measurement of price elasticities in international trade**. The Review of Economics and Statistics, Vol. 32, No. 2 (Maio, 1950), pp. 117-132.

NATIONAL AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE – NASS. **Quickstats**. Disponível em: <<https://quickstats.nass.usda.gov/>>. Acesso em: várias consultas.

PEREIRA, Anderson. **Projeto ótimo de pórticos planos com restrição à flambagem**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ). Rio de Janeiro, 2002. Tese de mestrado. 99 p.

POMPERMAYER, F.M.; CAMPOS-NETO, C. A. S.; PAULA, J. M. P. **Hidroviás no Brasil: Perspectiva histórica, custos e institucionalidade.** Texto para discussão/Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2014.

SALIN, D. **Soybean Transportation Guide: Brazil 2018.** U.S. Dept. of Agriculture, Agricultural Marketing Service. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.9752/TS048.07-2019/>>

SAMUELSON, P. A. **Spatial Price Equilibrium and Linear Programming.** The American Economic Review, Vol. 42, No. 3 (Jun., 1952), pp. 283-303.

SANTOS, D. T.; BATALHA, M. O.; PINHO, M.: **A evolução do consumo de alimentos na China e seus efeitos sobre as exportações agrícolas brasileiras.** Revista Economia Contemporânea, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 333-358, mai-ago/2012.

SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DO MATO GROSSO – SINFRA-MT. **Sistema Rodoviário Estadual.** Cuiabá/MT, 2018. Disponível em: <[http://www.mt.gov.br/documents/363190/2303883/SRE\\_2012\\_-\\_COEP\\_-\\_versao\\_final.pdf/ce76bcde-55e3-4f88-8d41-411c65f61a0d/](http://www.mt.gov.br/documents/363190/2303883/SRE_2012_-_COEP_-_versao_final.pdf/ce76bcde-55e3-4f88-8d41-411c65f61a0d/)>

SHEI, S.; R.L. Thompson. **The Impacts of Trade Restrictions on Price Stability in the World Wheat Market.** American Journal of Agricultural Economics 59:628-38. 1977.

SILVA NETO, Samuel. **Impactos de investimentos em infraestrutura logística na cadeia de grãos no Brasil:** Uma aplicação de programação linear. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2018. 112p.

SIMON, Carl P.; BLUME, Lawrence. **Matemática para economistas.** Porto Alegre: Bookman 2004. 919 p.

SOUSA, Eduardo Luis Leão de; SAES, Maria Sylvia Macchione; NUNES, Rubens. **Mudanças institucionais e desempenho da produção de milho e soja no Brasil e na Argentina.** Gest. Prod., São Carlos, v. 6, n. 3, p. 185-201. Dez.1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X1999000300005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X1999000300005&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em: 08 de abril de 2020. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X1999000300005>.

SOUSA, F. O. B. **BR-158 em Mato Grosso, uma alternativa de escoamento da produção.** Revista de Economia Agrícola, São Paulo, n.2, 2005.

SYDSATER, K; HAMMOND, P.; SEIERSTAD, A.; STROM, A. **Further mathematics for economic analysis.** 2nd. ed. Harlow, England: New York: Financial Times/Prentice Hall 2008. 616 p.

SYDSAETER, Knut; HAMMOND, Peter J. **Essential mathematics for economic analysis.** 4th ed. Harlow, England: Pearson Education, 2012. xviii, 745 p.

TAKAYAMA, T.; JUDGE, G.G. **Spatial and Temporal Price and Allocation Models.** Amsterdan: North Holland Publishing Co., 1971.

TAYLOR, A. **Profiles of the Top U.S. Agricultural Ports.** U.S. Department of Agriculture, Agricultural, Marketing Service. Abril 2017. Disponível em: <<https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/PortProfiles2017.pdf>>.

TERMINAL FRONTEIRA NORTE – TERFRON. **Estudo de impacto ambiental:** Estação de transbordo de cargas Tapajós. 2013.

UNITED NATIONS.UN **COMTRADE Data Base.** Disponível em: <<https://comtrade.un.org/data/>>. Acesso em: várias consultas.

UNITED STATES DEPARTAMENT OF AGRICULTURE – USDA. **ForeignAgricultural Service.** Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: várias consultas.

U.S. SOYBEAN EXPORT COUNCIL (USSEC). **U.S. Soy: International Buyers Guide.** St. Louis, Missouri: 2015.

VALE S.A. **Memorial descritivo do porto de Tubarão.** Disponível em: <[http://www.vale.com/PT/business/logistics/ports-terminals/Documents/pdf/memorial\\_descritivo\\_terminal\\_tubarao.pdf](http://www.vale.com/PT/business/logistics/ports-terminals/Documents/pdf/memorial_descritivo_terminal_tubarao.pdf)>

VALEC. **Ferrovia Transcontinental:** Relatório final. Vol.1. Brasília, DF, 2014.

VALENTE, Amir Mattar. **Qualidade e produtividade nos transportes.** São Paulo: Cengage Learning 2008. 236p

WANKE, P. **Estratégia de posicionamento logístico**: Conceitos, implicações e análise da realidade brasileira. Centro de Estudos em Logísticas (CEL), Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2001.

YNTEMA, Theodore Otte. **A mathematical reformulation of the general theory of international trade**. The University of Chicago Press, 1932. 122 p.

YU, Bingxin; LIU, Fengwei; YOU, Liangzhi. **Dynamic Agricultural Supply Response Under Economic Transformation**: A Case Study of Henan, China. American Journal of Agricultural Economics, Vol. 94, No. 2, Proceedings (January 2012), pp. 370-376

ZÖRNIG, Peter. **Introdução à programação não linear**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. 395 p.