UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANÁLISE DO ESCOAMENTO DA SOJA BRASILEIRA ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS

Harlenn dos Santos Lopes

Itajubá, Outubro de 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Harlenn dos Santos Lopes

ANÁLISE DO ESCOAMENTO DA SOJA BRASILEIRA ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito final à obtenção do título de ***Doutor em Engenharia de Produção***

Área de concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Renato da Silva Lima
Co-orientador: Prof. Dr. Fabiano Leal

Outubro de 2017
Itajubá

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Harlenn dos Santos Lopes

ANÁLISE DO ESCOAMENTO DA SOJA BRASILEIRA ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS

Tese aprovada por banca examinadora em 16 de outubro de 2017, conferindo ao autor o título de ***Doutor em Ciências em Engenharia de Produção.***

Banca Examinadora

Prof. Dr. Renato da Silva Lima (Orientador)
Prof. Dr. Fabiano Leal (Co-orientador)
Prof. Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega
Prof. Dr. André Luiz Barbosa Nunes da Cunha
Prof. Dr. Fábio Favaretto
Prof. Dr. Rafael de Carvalho Miranda

Itajubá

2017

“Sigo. Sem pressa e sem perder tempo.

Até a chegada”

Autor desconhecido

.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial ao meu orientador Prof. Renato Lima, cuja paciência e honestidade me acompanharam durante o doutorado, por quem tenho grande respeito e admiração. Ao meu co-orientador, Prof. Fabiano Leal, pelo apoio, auxílio e sugestões sempre motivadoras para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Instituto de Engenharia de Produção e Gestão da UNIFEI, na figura de seus professores e colaboradores, bem como aos colegas de universidade, com os quais tive a oportunidade de trocar experiências e contar com seus auxílios, em especial os alunos David, Julio e Ibrahim, cujas experiências vividas foram fundamentais para amenizar a saudade de casa.

As minhas bolsistas de Iniciação Científica Aline, Nativa e Letícia, pela enorme contribuição durante a execução desse trabalho.

Aos meus avós Alfredo e Manoela (*in memorian*), que, se estivessem aqui, seriam as pessoas mais felizes da terra.

As minhas mães – Lourdes e Ana Josefina, que sempre torceram por mim e no dia de hoje são as pessoas mais felizes da terra.

Aos meus irmãos Williams, Rafael, Emanuelle, Danyelle, Bruno e Gabriela, pela vida compartilhada.

Aos amigos que fiz em Itajubá e levarei para a vida inteira.

As agências de fomento CAPES, FAPEMIG e CNPq que permitiram a participação em congressos, subsidiaram projetos de pesquisa associados a esse trabalho e concederam uma bolsa de estudo. E aos membros da banca examinadora pelas contribuições.

RESUMO

O Brasil, desde o ano de 2013 é o maior exportador de soja em grão do mundo. Em 2016, o Brasil exportou 51,58 milhões de toneladas de soja em grão. Este valor corresponde a aproximadamente 40% da quantidade mundialmente exportada. Mesmo possuindo menores custos de produção, a competitividade da soja brasileira decai no momento que o produto entra na rede logística brasileira, com as dificuldades de escoamento da produção. Este trabalho tem como objetivo apresentar a construção e aplicação de um projeto de simulação para auxiliar as decisões estratégicas da logística de escoamento da soja brasileira por meio da simulação a eventos discretos. Sua contribuição científica encontra-se na utilização, para auxílio à decisão, da simulação a eventos discretos aplicada a um sistema logístico com o nível de abrangência estudado e a quantidade de variáveis inter-relacionadas. Para o estudo, o Brasil foi dividido em 19 regiões produtoras, de acordo com sua produção de soja, a partir de um nível mínimo em microrregiões. Estas regiões são as origens do sistema. Para cada origem, foram compostas 20 rotas de Norte a Sul do país, destinadas aos atuais portos exportadores de soja, pelos principais eixos de transporte, construídos e projetados. O processo decisório é baseado nos custos das rotas e disponibilidade dos portos. Os destinos finais são os portos de Xangai e Hamburgo. O modelo foi validado e representa adequadamente o sistema estudado. 39 cenários foram simulados para o sistema, sendo 13 cenários com projeções para os anos de 2015, 2017 e 2026. As simulações foram realizadas para um ano e o modelo implementado no software Promodel®. São realizadas análises operacionais da configuração logísticas e análises comparativas baseadas em custos reais. Ao final das simulações, verificou-se que os cenários 1, 2, 6 e 7 são as alternativas que melhor reduzem os custos logísticos do sistema estudado e que as ferrovias que levam aos portos de São Francisco do Sul e Ilo (F2 e F4, respectivamente) não são atrativas no contexto analisado. O cenário 1 propõe um rearranjo da logística da soja brasileira com as alternativas existentes. Os cenários 2, 6 e 7 direcionam a decisão para o investimento na Hidrovia Araguaia-Tocantins (HAT) e em ferrovias ligando as cidades de Maringá e Cruz Alta aos Portos de Paranaguá e Rio Grande, F1 e F3, respectivamente.

Palavras-chave: Logística, Soja, Simulação a Eventos Discretos, Sistemas logísticos de grande porte.

ABSTRACT

Brazil, since 2013, is the largest exporter of soybean in the world. In 2016, Brazil exported 51.58 million tons of soybeans. This value corresponds to approximately 40% of the quantity exported worldwide. Even with lower production costs, the competitiveness of Brazilian soybean declines when the product get on the Brazilian logistics network, facing challenges to drain the production. This paper aims to present the construction and application of a simulation project to support strategic decisions of the Brazilian soybean logistics through the simulation of discrete events. The paper's contribution is due to the use of simulation of discrete events applied to a logistic system, with a greater level of comprehension studied and the high number of interrelated variables. For the study, Brazil was divided according to its soybean production, which results in 19 producing areas coming from a minimum level of microregions. These regions are the origins of the system. For each source, 20 routes from North to South of the country were designed, destined to the current soybean export ports, by the main transport axes, either constructed or projected. The decision-making process is based on the costs of the routes and the availability of the ports. The final destinations are the ports of Shanghai and Hamburg. The model was validated, and adequately represents the studied system. A number of 39 scenarios were simulated for the system, divided in 13 scenarios per year, considering projections for 2015, 2017 and 2026. Operational analyzes of logistics configuration and comparative analyzes based on actual costs are performed. At the end of the simulations, scenarios 1, 2, 6 and 7 are the alternatives that best reduce the logistic costs of the studied system and that the railroads that lead to the ports of São Francisco do Sul and Ilo (F2 and F4 respectively) are not attractive in the analyzed context.. Scenarios 2, 6 and 7 direct the decision to invest in the Araguaia-Tocantins Hidrovia (HAT) and in railroads linking the cities of Maringá and Cruz Alta to the Ports of Paranaguá and Rio Grande, F1 and F3, respectively..

Keywords: Logistics, Soybean, Discrete Event Simulation, Large logistics systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Estrutura de elaboração da tese. 24
Figura 2.1: Evolução da produção dos 4 principais grãos no mundo entre as safras de 2000/01 e 2015/2016 29
Figura 2.2: Evolução da Produção Mundial de Soja nos principais países produtores 29
Figura 2.3: Percentual de exportação entre os principais países exportadores de soja 30
Figura 2.4: Evolução da produção de soja por microrregiões. 35
Figura 3.1: Sequência de passos para um projeto de simulação 52
Figura 4.1: Um *framework* para a elaboração de modelos conceituais 55
Figura 4.2: Passos para a determinação do escopo de um modelo 58
Figura 4.3: Elementos e simbologia do IDEF-SIM 62
Figura 4.4: Representação do modelo no IDEF-SIM – Parte I – Chegadas, decisões e rotas rodoviárias. 62
Figura 4.5: Representação do Modelo no IDEF-SIM – Parte II – Rotas multimodais hidrorodoviárias. 63
Figura 4.6: Representação do modelo no IDEF-SIM – Parte III – Rotas multimodais rodoferroviárias. 64
Figura 4.7: Representação do modelo no IDEF-SIM – Parte IV – exportação, transporte marítimo e destinos finais. 64
Figura 4.8: Exemplo de possibilidade de rotas inseridas no modelo 65
Figura 4.9: Produção de soja no Brasil, em 2015. Fonte: SIDRA (2017). 66
Figura 4.10: Divisão brasileira para determinação das origens do modelo desenvolvido. 69
Figura 5.1: *Layout* gráfico do Modelo Computacional. 76
Figura 5.2: Etapas sequenciais aplicadas na implementação do Modelo Computacional 79
Figura 5.3: Integração entre os softwares Promodel® e Excel 80
Figura 6.1: Ilustração dos portos, terminais e rotas hidroviárias e ferroviárias consideradas no modelo. 92
Figura 6.2: Representação esquemática da construção dos cenários 93
Figura 6.3: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 1 (2015, *Projeção 2017 e *Projeção 2026). 94
Figura 6.4: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 2 (2015, 2017 e 2026). 96

Figura 6.5: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 3 (2015, 2017 e 2026)... 97
Figura 6.6: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 4 (2015, 2017 e 2026) 99
Figura 6.7: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 5 (2015, 2017 e 2026)... 100
Figura 6.8: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 6 (2015, 2017 e 2026)... 101
Figura 6.9: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 7 (2015, 2017 e 2026)... 102
Figura 6.10: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 9 (2015, 2017 e 2026). 104
Figura 6.11: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 10 (2015, 2017 e 2026). 105
Figura 6.12: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 11 (2015, 2017 e 2026). 106
Figura 6.13: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 12 (2015, 2017 e 2026). 108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Comparativo de transporte de soja entre os principais países produtores 19
Tabela 2.1: Quantidade de artigos relacionados ao tema, de acordo com as bases de dados relacionadas 26
Tabela 2.2: Evolução das exportações da soja a partir de 2010, em milhões de toneladas..... 31
Tabela 4.1: Regiões consideradas para a construção das origens da soja brasileira. 67
Tabela 4.2: Processo de chegada nas regiões estabelecidas para o modelo. 70
Tabela 4.3: Rotas definidas para o modelo..... 72
Tabela 4.4: Capacidade dos Locais de transbordo (Portos exportadores e terminais multimodais)..... 74
Tabela 5.1: Parâmetros de implementação do modelo computacional 77
Tabela 5.2: Resultados do teste *one-sample-t* para as variáveis selecionadas, em relação à verificação. 81
Tabela 5.3: Resultados do teste *one-sample-t* para a variável "Exportacao_Xangai"..... 82
Tabela 6.1: Distribuição da exportação de soja brasileira em grão no ano de 2015, por porto exportador..... 85
Tabela 6.2: Resumo descritivo dos cenários estabelecidos (Variações a,b e c referentes às simulações projetadas para os anos de 2015, 2017 e 2026, respectivamente). 91
Tabela 6.3: Custos dos cenários 1 a 13 e projeções a, b e c. 109
Tabela 6.4: Custos reais de transporte de soja, em 2016..... 110

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Critérios estabelecidos para incorporação de artigos às referências. 27
Quadro 2.2: Características desagregadas do complexo da soja. 34
Quadro 3.1: Classificações e tipos de pesquisa. 50
Quadro 4.1: Características relacionadas ao projeto de simulação. 56
Quadro 4.2: Saídas do modelo aplicado 57
Quadro 4.3: Entradas do modelo (fatores experimentais) 57
Quadro 4.4: Execução dos passos para construção do modelo conceitual 58
Quadro 4.5: Lista de portos exportadores considerados no sistema modelado. 71
Quadro 5.1: Medidas de desempenho do modelo. 83

LISTA DE ABREVIATURAS

ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
EUA	Estados Unidos da América
ANEC	Associação Nacional dos Exportadores de Cereais
ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ALICEWEB	Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANUT	Associação Nacional dos Usuários do Transporte de Cargas
KM	Quilômetros
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IDEF-SIM	*Integrated Definition Methods – Simulation*
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SED	Simulação a Eventos Discretos
ITA	Porto de Itacoatiara
STM	Porto de Santarém
VDC	Porto de Vila do Conde
ITQ	Porto de Itaqui
SSA	Porto de Salvador
VIX	Porto de Vitória
SSZ	Porto de Santos
PRN	Porto de Paranaguá
SFC	Porto de São Francisco do Sul
RGD	Porto de Rio Grande
ILO	Porto de Ilo
CENTEQ	Centro
FCASA	Ferrovia Centro-Atlântica S. A.
SFAGRO	*Sucessul Farming* Brasil
AENFER	Associação dos Engenheiros Ferroviários.
SINDARMA	Sindicato das Empresas de Navegação Fluvial do Estado do Amazonas
MATOPIBA	Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia – Região produtora de soja
MT	Mato Grosso
CO	Centro-Oeste
SU	Sul

SUMÁRIO

1. **INTRODUÇÃO** 16
1.1 Objetivos 21
1.1.1. Objetivo geral 21
1.1.2. Objetivos específicos: 22
1.3. Contribuição científica e originalidade 22
1.3. Estrutura da tese 23
2. **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA** 25
2.1. Procedimentos de investigação 25
2.2. O Mercado de grãos no Brasil e no Mundo 28
2.3. A cadeia logística da soja brasileira 33
2.4. Modelagem e Simulação 41
2.4.1. Simulação aplicada à logística do agronegócio 45
2.5. Análise a partir da fundamentação teórica 47
3. **METODOLOGIA** 49
3.1. Classificação da Pesquisa 49
3.2. Etapas para a Modelagem e Simulação 51
4. **CONCEPÇÃO** 54
4.1. A aplicação do framework de modelagem conceitual 54
4.1.1. Objetivos de Modelagem e Objetivos gerais do Projeto 55
4.1.2. Identificação das saídas do modelo (respostas) 56
4.1.3. Identificação das entradas do modelo (fatores experimentais) 57
4.1.4. Determinação do conteúdo do modelo: escopo e nível de detalhes 57
4.1.5. Pressupostos e Simplificações do Modelo 59
4.3. Detalhamento da estruturação do modelo 65
4.3.2. Entidade e Processo de chegada nas origens 69
4.3.3. Portos Exportadores (j) 70
4.3.4. Destinos finais (k) 71
4.3.5. Rotas e Recursos 71
4.3.6. Velocidades, Capacidades e Taxas de Carregamento. 73
4.3.7. Custos 74

4.4.Validação do modelo conceitual.....65
5. **IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO**.....76
5.1. O modelo computacional.....76
5.2. Parâmetros de entrada e construção do modelo computacional.....77
5.2.1. Estrutura de implementação do modelo 78
5.2.2. Verificação e validação do modelo computacional.....79
5.2.3. Medidas de desempenho do modelo computacional e tempo de simulação 83
6. **ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS COMPARATIVOS**.....84
6.1. A construção dos cenários 84
6.2. Análise e discussão dos resultados dos cenários 93
6.2.1. Cenários 1 (C1a, C1b e C1c).....93
6.2.2. Cenários 2 (C2a, C2b e C2c).....95
6.2.3. Cenário 3 (C3a, C3b e C3c) 97
6.2.4. Cenário 4 (C4a, C4b e C4c) 98
6.2.5. Cenário 5 (C5a, C5b e C5c) 99
6.2.6. Cenário 6 (C6a, C6b e C6c) 100
6.2.7. Cenário 7 (C7a, C7b e C7c) 102
6.2.8. Cenário 8 (C8a, C8b e C8c) 103
6.2.9. Cenário 9 (C9a, C9b e C9c) 103
6.2.10. Cenário 10 (C10a, C10b e C10c) 105
6.2.11. Cenário 11 (C11a, C11b e C11c) 106
6.1.12. Cenário 12 (C12a, C12b e C12c) 107
6.1.13. Cenário 13 (C13a, C13b e C13c) 108
6.2. Análise comparativa dos Cenários apresentados.....109
7. **CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**.....114
APÊNDICE A – VELOCIDADE OPERACIONAL (Km/h) ADOTADAS PARA O CONJUNTO DE VIAS QUE SE DESTINAM A CADA PORTO OU TERMINAL.....119

APÊNDICE B - VARIABILIADE DOS RESULTADOS DO MODELO EM RELAÇÃO À DISTRIBUIÇÃO DOS PORTOS. EXEMPLIFICAÇÃO PARA O PORTO DE SANTOS – CENÁRIO C1a. 120
APÊNDICE C – PARÂMETROS UTILIZADOS NO PROMODEL PARA A CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS. 121
APÊNDICE D – RESULTADOS DAS DISTRIBUIÇÕES DOS CENÁRIOS 122
REFERÊNCIAS 161

1. INTRODUÇÃO

A soja é uma das principais *commodities* e principal oleaginosa produzida mundialmente e faz parte do conjunto de atividades agrícolas com maior destaque no mercado mundial. Por ter uma importância global considerável, a sua demanda é de grande relevância no mercado internacional. Segundo USDA (2015) e Salin (2017), aproximadamente 40% de toda a produção mundial de soja é exportada.

Nos últimos anos, poucos países cresceram tanto no comércio internacional do agronegócio quanto o Brasil. O país é hoje um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários. Em 2013, o Brasil alcançou o posto de maior exportador de soja e desde então, vem mantendo esta posição de liderança mundial. Essa liderança se deu em parte, pelo estímulo a partir da Lei Kandir, de setembro de 1996, que isenta produtos primários da cobrança de ICMS, daí a evolução da exportação da soja em grão, uma vez que a referida lei beneficia as exportações de *commodities* agrícolas *in natura* em relação a produtos com valor agregado, como o farelo e óleo de soja. Caso esse quadro não seja alterado, segundo Hirakuri e Lazarotto (2014), o Brasil deverá continuar se mantendo pelos próximos anos como grande exportador de *commodities* e terá um alto custo de oportunidade relacionado aos ensejos de investimentos gerados pelos mercados de valor agregado.

Em 2016, o Brasil exportou 51,59 milhões de toneladas de soja em grãos. Este valor, mesmo 5% inferior aos 54,32 milhões de toneladas exportadas em 2015 ainda coloca o país na liderança da exportação da soja mundial (SALIN, 2017; ALICEWEB, 2016). Em 2017, há a previsão de exportação de 57,5 milhões de toneladas de soja e que o Brasil continue sustentando sua posição de liderança em exportação do grão (SALIN, 2017; ABIOVE, 2017).

Salin (2017), mostra que a exportação de soja brasileira aumentou em 2016, mesmo com a elevação dos custos de produção e transporte, causada pela recessão sofrida pelo país e perda de valor da moeda brasileira no mesmo ano. Nos últimos 2 anos, adicionalmente, o crescimento da oferta mundial de soja ultrapassou a demanda, resultando em uma queda em seus preços de exportação, diminuindo ainda mais a margem dos exportadores. Entretanto, mesmo com os fatores contrários apresentados, nos últimos anos, o Brasil ganhou competitividade sobre os Estados Unidos no mercado mundial de soja, permanecendo atualmente na liderança mundial de exportações.

A matriz de exportações brasileira é caracterizada por produtos de baixo valor agregado em que se destacam os minérios e os produtos agrícolas, onde insere-se a soja em grão. Estima-se que somente o agronegócio represente mais de 33% das riquezas produzidas em território nacional, com a soja ocupando um lugar de destaque e fazendo do Brasil o segundo maior produtor e maior exportador mundial do grão (SALIN, 2016). A força da cadeia produtiva da soja permite, inclusive, ao Brasil, como um dos grandes *players* do agronegócio mundial, ter pretensões geopolíticas e geoeconômicas e a capacidade de influenciar o mercado mundial de *commodities* agrícolas (HIRAKURI e LAZAROTTO, 2014).

Para o Brasil, o complexo soja (conjunto de cadeias produtivas relacionadas à produção, comercialização e transporte do grão) tem expressiva importância, pois movimenta um amplo número de agentes e organizações ligados aos mais diversos setores socioeconômicos, como empresas de pesquisa e desenvolvimento, fornecedores de insumos, indústrias de máquinas e equipamento, produtores rurais, cooperativas agropecuárias, cooperativas agroindustriais, processadoras, produtores de óleo, fabricantes de ração e usinas de biodiesel, dentre outras. Este complexo é um vital gerador de riquezas, empregos e divisas, se transformando em um dos principais vetores de desenvolvimento regional do País (HIRAKURI e LAZARATTO, 2014; D'AGNOLL *et al.*, 2007).

China e União Europeia são os destinos de mais de 3/4 da soja mundial. As importações do país asiático evoluíram 14,73% ao ano nos últimos 5 anos, de tal forma que a China necessita importar em torno de 87% do que consome anualmente (em torno de 6,5 vezes a produção do país), o que a torna extremamente dependente da terceirização da produção de outros países produtores (HIRAKURI, 2013; HIRAKURI e LAZAROTTO, 2014).

A logística tem um papel fundamental na manutenção e incremento da competitividade deste setor. No entanto, é no transporte comercial de grãos que ela revela sua importância (KUSSANO, 2008). No Brasil, um gargalo visível para exportação de produtos agrícolas está relacionado à logística. O transporte precário da matéria-prima entre as fontes primárias de produção e seus canais de exportação representa um enorme prejuízo. A melhoria das rodovias, a maior utilização do modal ferroviário e um melhor aproveitamento do transporte hidroviário são essenciais e necessários, além do aperfeiçoamento da produtividade dos portos e armazéns (OMETTO, 2006; FRIEND e LIMA, 2011, FIORONI *et al.*, 2015).

Para as regiões produtoras mais distantes dos portos exportadores, Salin (2016) demonstra que o custo com transporte (rodoviário e marítimo) representa em torno de 27% do

preço da soja que chega ao porto importador final, sendo o transporte interno responsável aproximadamente por 20% destes custos. Os custos logísticos brasileiros são estimados em 15,4% do PIB, um custo logístico alto, se comparado com os EUA, cujos custos logísticos representam 8% do Produto Interno Bruto (PIB) (WORLD BANK, 2010).

A soja é escoada para o mercado externo principalmente pelos Portos das regiões Sul e Sudeste, sendo Santos, no estado de São Paulo, Paranaguá, no Estado do Paraná e Rio Grande, no estado do Rio Grande do Sul os principais portos exportadores do Brasil (ALICEWEB, 2017). Estes portos, apesar de possuírem melhores infraestruturas portuárias nacionais em termos de produtividade, não conseguem acompanhar o crescimento da exportação do produto pelo Brasil. Organizações envolvidas com a logística da soja vêm desenvolvendo e implantando gradativamente diversas alternativas logísticas com a utilização de outros portos no país. Entretanto, investimentos públicos e privados são necessários para melhoria desta logística de escoamento.

Em função da soja ser um produto de baixo valor agregado, Hijjar (2004) expõe que os modos mais eficientes para exportação do grão produzido no Brasil (grandes volumes, longas distâncias e valor agregado relativamente baixo) são as ferrovias e hidrovias, que embora exijam um maior tempo de transporte, possuem maior capacidade, podendo trazer economia de custos por ganho de escala e redução de perdas. O modo rodoviário, por sua vez, continuaria atuante, mas com atuação complementar aos modos de maior capacidade, levando os grãos dos produtores ou armazéns aos terminais ferroviários ou hidroviários.

Entretanto, a realidade brasileira é diferente. De acordo com ANEC (2016), a matriz real de transporte interno da soja brasileira corresponde ao inverso do que propõe Hijjar (2004), com grande participação do modal rodoviário, e baixa participação dos modais hidroviário e ferroviário, conforme mostra a Tabela 1.1. Esta inversão aprofunda a discussão sobre a realidade dos transportes existentes no Brasil, no que se refere à utilização inapropriada dos diferentes modais, visto que, no Brasil, a maior parte do transporte de grãos acontece por caminhão, que é afetado por estradas de má qualidade e fazendas de difícil acesso, com a soja percorrendo, distâncias superiores a 1000 km até chegar a um ponto de exportação.

Ainda é apresentada, na Tabela 1.1, uma comparação entre o transporte interno da soja no Brasil com seus dois principais concorrentes: Argentina e EUA. Verifica-se que, no caso dos EUA, que possui dimensões e quilometragem percorrida pela soja da mesma ordem de grandeza do Brasil, o uso de hidrovias e ferrovias somam 95%. Na Argentina, apesar do uso de

80% do modal rodoviário, a soja percorre, em média, apenas 300 quilômetros para chegar aos portos.

Tabela 1.1: Comparativo de transporte da soja entre os principais países produtores. Fonte: ANEC (2016).

Matriz de Transporte de Soja	Brasil	Argentina	EUA
Hidrovia	11%	2%	60%
Ferrovia	33%	18%	35%
Rodovia	56%	80%	5%
Distância média ao porto	1000 a 1100 km	250 a 300 km	1000 km

Por ser uma *commodity* precificada no mercado internacional, não é possível o controle sobre o preço de venda da soja, sendo qualquer atuação relacionada ao aumento da margem, limitada à gestão de custos e operações, o que cria maiores desafios relacionados à logística voltada ao escoamento da produção. O crescimento das exportações de soja nos últimos anos, tornando-a o principal produto agrícola brasileiro, adicionado à distância das áreas de plantações aos portos exportadores, oferecem o desafio relacionado à necessidade de realização de trabalhos voltados à análise dos principais problemas logísticos encontrados no escoamento da soja brasileira para o mercado externo (FIORONE *et al*., 2015).

O desenvolvimento de eixos de transporte e sua infraestrutura envolvem altos investimentos. Um sistema complexo e abrangente como o estudado neste trabalho necessita de estudos que subsidiem decisões e minimizem os riscos dos investimentos, seus impactos econômicos, sociais e ambientais. A gestão integrada entre os agentes produtores e exportadores da soja poderia gerar soluções para a eliminação dos gargalos existentes. Empresas privadas, produtoras e exportadoras de soja realizam sua gestão logística individualizada, ou associadas em forma de *joint ventures*, que realizam de maneira autônoma a individualizada a infraestrutura necessária para o escoamento da safra, com mínima ou nenhuma participação do setor público.

Decisões efetivas em um sistema complexo envolvem altos riscos e impactos associados. Assim, se faz necessário a minimização destes riscos e impactos, através de estudos que possam subsidiar decisões estratégicas e integrada. Conforme será apresentado no Capítulo 2, vêm crescendo, nos últimos anos, o número de trabalhos cuja temática é busca de soluções para os problemas relacionados à logística da soja brasileira. Entretanto, as pesquisas são em sua maioria empíricas ou qualitativas. Os trabalhos quantitativos relacionados à logística da soja, por sua vez, utilizam em sua grande maioria modelos estáticos, geralmente modelos de

otimização, com número reduzido de variáveis ou com resolução de problemas específicos, relacionadas a uma rota, eixo ou determinado sistema de transporte, não modelando a integração entre um alto número de variáveis, considerando o dinamismo das mudanças em relação ao tempo e a estocasticidade das atividades presentes no sistema.

Na busca de alternativas efetivas para melhorar a eficiência deste sistema logístico, a Simulação a Eventos Discretos (SED) torna-se uma alternativa efetiva para auxiliar decisões relacionadas ao problema da exportação da soja brasileira. A SED tem sido utilizada de forma crescente como uma ferramenta auxiliar à tomada de decisão, pois, por meio da modelagem, análise e projetos de sistemas, pode-se visualizar o impacto de mudanças de parâmetros no desempenho dos sistemas, permitindo a análise de sistemas complexos como um todo, e não somente suas partes (SARGENT, 2013). Essa análise é acompanhada à medida em que o tempo e eventos simultâneos vão ocorrendo, de uma maneira estocástica, diferenciando-se de modelos estáticos que não possuem essas características intrínsecas à SED.

No Sistema em estudo, a construção de um modelo computacional baseado em SED possibilita uma visão estratégica, a partir de regiões produtoras pré-definidas a potencializa ações integradas para o direcionamento de investimentos em transporte.

Em relação à utilização da simulação, Miranda (2012) apresentou um conjunto de estudos destacando sua crescente utilização como ferramenta de apoio à decisão, devido sua flexibilidade, versatilidade e poder de análise. Na logística da soja brasileira para exportação, os tomadores de decisão precisam escolher entre as rotas existentes para o escoamento de sua produção. Entretanto, esta não é uma simples decisão, pois envolve a necessidade de combinar uma série de critérios, que associam custos, prazos e demais restrições do sistema logístico. No sistema real, essas decisões são particulares, com organizações buscando a melhor configuração para seus problemas específicos, sem uma integração entre todos os agentes públicos e privados envolvidos com o escoamento da produção, para uma melhor configuração global de transporte.

Jahangirian *et al.* (2010), salientam a praticidade da simulação ao permitir analisar sistemas complexos como um todo, e não somente as partes. Considerando que nem todas as variáveis de decisão tem igual importância na variável de resposta, uma análise de sensibilidade pode ser feita na simulação com o objetivo de selecionar as variáveis mais importantes daquelas que podem, até mesmo, ser eliminadas das análises mais detalhadas (MONTEVECHI *et al.*, 2012).

Entendendo que o sistema logístico de exportação da soja brasileira precisa buscar alternativas que permitam uma análise integrada do sistema, baseado nos subsistemas que o compõe, implementou-se nessa pesquisa um projeto de simulação a eventos discretos para analisar o comportamento do sistema brasileiro de exportação da soja em grão. A partir da construção de um modelo padrão, que envolva regiões brasileiras de acordo com a produção e exportação de soja, portos exportadores e destinos finais, serão simulados cenários no *software* de simulação Promodel®, buscando-se verificar e interagir as variáveis presentes no sistema e analisar questões sobre racionalização dos recursos.

O modelo de SED apresentado neste trabalho aborda a modelagem de toda a logística da soja brasileira destinada à exportação, a partir de regiões pré-definidas, sendo o menor agrupamento em nível de microrregião. O modelo relaciona um alto valor de variáveis, integradas entre si, de maneira estocástica e com decisões internas ao modelo que relacionam também custos e disponibilidade de locais. Este modelo pretende fornecer um referencial para análise das variáveis particulares ao sistema logístico de exportação da soja brasileira em grão, cujas escolhas de rotas de exportação são baseadas a partir de critérios pré-definidos, seja em minimização dos custos logísticos totais, na maximização das capacidades das redes de transporte ou da redução de tempos operacionais.

O modelo desenvolvido nesta tese contempla rotas uni e multimodais, com utilização de hidrovias e ferrovias (em operação e projetadas) para o escoamento de granéis sólidos no Brasil. Espera-se, com a pesquisa, fornecer subsídios para novos projetos e avanços infra estruturais e logísticos da soja brasileira e, genericamente, do mercado de grãos para exportação, além de fornecer uma metodologia de construção e implementação de modelos de SED, sobretudo para sistemas agroindustriais.

1.1 Objetivos

Com base nas considerações efetuadas, foram estabelecidos os objetivos geral e específicos do presente trabalho.

1.1.1. Objetivo geral

Analisar o escoamento da soja brasileira destinada à exportação a partir de um projeto de simulação a eventos discretos. O projeto construído tem o intuito de realizar uma análise estratégica, avaliando a sensibilidade de parâmetros pré-definidos, a partir de Cenários

simulados no *software* de simulação Promodel®, buscando a maior a racionalização dos recursos em relação a custos e operacionalidade.

1.1.2. Objetivos específicos:

- Identificar a distribuição espacial de regiões brasileiras produtoras de soja, agregando-as de acordo com a posição geográfica e produção de soja;
- Mapear as principais alternativas de transporte de soja brasileira, a partir de suas microrregiões geográficas, aos portos brasileiros exportadores de soja;
- Integrar um *framework* de modelagem conceitual a uma técnica de diagramação em modelagem de sistemas voltados à SED, para concepção e documentação do modelo computacional;
- Implementar um modelo computacional, baseado em SED, que represente o escoamento da soja brasileira aos seus principais destinos de exportação e calibrar este modelo para as condições brasileiras.
- Implementar cenários que reflitam alternativas de transporte para o sistema de exportação da soja brasileira.

1.3. Contribuição científica e originalidade

Esta tese pretende contribuir com o conhecimento científico sob três aspectos, relacionados à originalidade e ineditismo, com lacunas preenchidas pela execução desta pesquisa, a partir de ampla pesquisa sistemática da literatura, conforme será descrito no capítulo 2. O primeiro aspecto está na utilização da SED como ferramenta de análise de decisão voltada ao ambiente estratégico, uma vez que pesquisas utilizam a SED para sistemas operacionais. O segundo está na estruturação e utilização da SED em um sistema logístico de grande porte, com as dimensões do sistema estudado e alto número de variáveis inter-relacionadas. O terceiro encontra-se na aplicação integrada de um *framework* de modelagem conceitual à uma técnica de modelagem de processos voltada à simulação a eventos discretos, para mapeamento do sistema e concepção do modelo, haja vista que foi verificada uma lacuna relacionada à diagramação na proposta do *framework*, a qual foi suprida com a integração entre os métodos.

Este conjunto de aspectos consolida a originalidade do trabalho e permite uma contribuição científica inédita, voltada à decisão em engenharia de produção, particularmente em logística e transportes.

1.3. Estrutura da tese

Além desta introdução, em que foram descritos a contextualização do problema de pesquisa, a relevância do tema, os objetivos e a metodologia adotada, o presente trabalho está estruturado em mais cinco capítulos, sendo:

- **Capítulo 2 - Fundamentação Teórica:** forma o arcabouço teórico desenvolvido para a realização deste trabalho. No capítulo, são apresentados os temas relacionados a Mercado de grãos, logística da Soja Brasileira, Modelagem e Simulação e também o procedimento de investigação utilizado neste trabalho, a revisão sistemática da literatura.
- **Capítulo 3 – Método:** apresenta o método empregado para a execução do trabalho, a modelagem e simulação.
- **Capítulo 4 – Modelagem Conceitual:** este capítulo detalha a concepção do modelo de simulação, com a contextualização e a construção do modelo conceitual, utilizando técnicas e métodos específicos, para que o modelo computacional represente adequadamente o sistema real estudado.
- **Capitulo 5 – Implementação:** detalha a implantação do modelo computacional do modelo no *software* Promodel® e propõe metodologia para aplicação em outros sistemas.
- **Capítulo 6 – Análise de sensibilidade dos cenários simulados**: utilização do modelo computacional para a realização de análises de sensibilidade, realizando alterações nas variáveis e desenvolvendo cenários comparativos.
- **Capitulo 7 – Conclusões, Sugestões para trabalhos futuros e próximas etapas da pesquisa:** são feitas as conclusões, apresentando as limitações da pesquisa, as recomendações para trabalhos futuros e os próximos passos a serem executados para continuidade da pesquisa.

A Figura 1.1 apresenta esquematicamente a estrutura de elaboração desta tese. Ao final, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas e referenciadas neste trabalho.

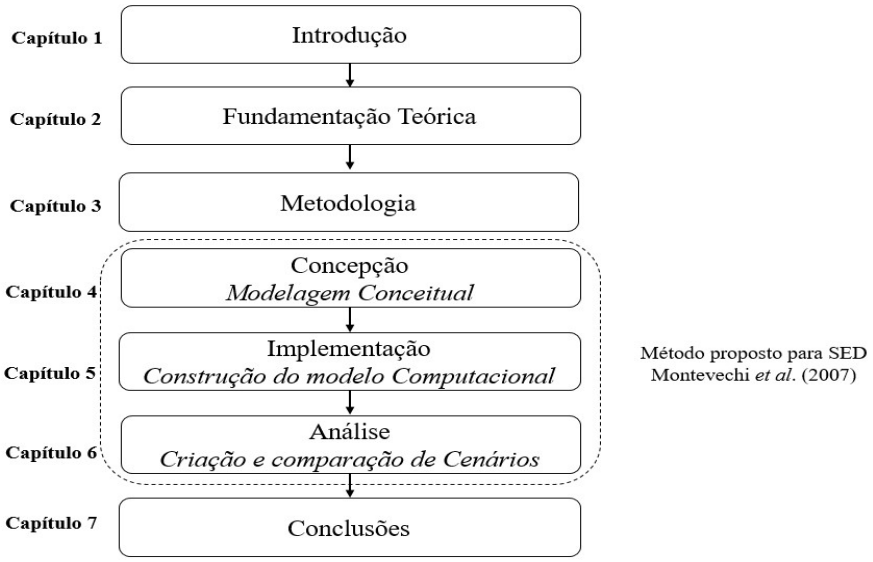


Figura 1.1: Estrutura de elaboração da tese.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para Martins (2010), a fundamentação teórica é uma visão crítica da pesquisa existente que é significante para o trabalho que o pesquisador está desenvolvendo. Conforme Rowley e Slack (2004), a fundamentação teórica identifica e organiza os conceitos encontrados em trabalhos relevantes. Seu objetivo é captar o estado da arte de um campo do conhecimento. A partir dessa revisão, torna-se possível identificar áreas nas quais uma pesquisa mais profunda poderia ser benéfica. Para subsidiar a discussão desta tese, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), alicerçada em modelagem e simulação para sistemas logísticos agroindustriais. Este capítulo apresenta os autores e os temas que formam a base teórica deste trabalho: Mercado de grãos, Logística da Soja e SED.

2.1. Procedimentos de investigação

Para a condução desta pesquisa, no que se refere à fundamentação teórica, o objetivo foi levantar o estado da arte da pesquisa na área de logística de grãos, com aplicações de modelagem e SED e identificar as principais lacunas a serem exploradas.

Para normatizar o processo de levantamento bibliográfico, relacionando as pesquisas relacionadas ao tema proposto, foi utilizada a Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Esta técnica permite sumarizar conhecimento acumulado em um campo de interesse, identificar os métodos de pesquisa que predominam na área e, ainda, determinar onde existem lacunas para futuras pesquisas (CHROCHANE LIBRARY, 2016).

A diferença entre a revisão bibliográfica tradicional e a revisão sistemática está na série de etapas replicáveis ou não, com técnicas padronizadas. Neste trabalho, os procedimentos de RSL se basearam em Tranfield *et al.* (2003), Denyer e Tranfield (2009), Oliveira *et al.* (2016) e Loureiro *et al* (2016). Assim, o procedimento de RSL utilizado neste trabalho consta de quatro estágios: projeto, execução, síntese/análise e apresentação/aplicação dos resultados.

Quanto as bases consultadas, a busca foi realizada no diretamente em 7 bases de dados principais, sendo elas: *Science Direct, Emerald, Science Electronic Library Online* (SciELO), *SpringerLink*, IEEE *Xplore* e *ResearchGate*. A pesquisa ficou restrita aos artigos científicos em inglês e português publicados em periódicos revisados por pares entre os anos de 2005 a 2017. Pela atualidade e crescimento do tema de pesquisa e também do crescimento da produção e exportação de soja pelo Brasil na década anterior, como será apresentado na, considerou-se, para os artigos científicos o ano de 2005 como ponto inicial até a atualidade, onde encontram-

se os temas mais recentes. As palavras-chave, definidas e utilizadas para a busca foram "*simulation*", "*logistics*", "*agribusiness*", "*analysis*" e "*discrete-event*". As palavras precisaram ser combinadas pois a busca individualizada ultrapassou a dezena de milhares de resultados, cuja grande maioria não fazia parte do interesse relacionados a esta pesquisa. Um refinamento e a combinação de duas palavras-chave também gerou na busca valores que ultrapassavam centenas ou milhares de resultados que também em sua maioria não condizia com os temas relacionados a este trabalho. Assim, uma terceira etapa de refinamento, combinando as palavras-chave três-a-três foi realizada para o refinamento final. A Tabela 2.1 apresenta as palavras-chave consultadas e combinadas em tríade, as bases de dados consultadas e a quantidade de artigos encontrados, por busca.

Tabela 2.1: Quantidade de artigos relacionados ao tema, de acordo com as bases de dados relacionadas.

	Base de dados consultada			
Palavras-chave	**Web of Science**	**Springer**	**Scopus**	**Scielo**
Logistics Analysis Agribusiness	16	410	23	3
Simulation Logistics Soybean	21	178	14	1
Analysis logistics soybean	60	61	152	2

A partir dos artigos encontrados, foi realizada a leitura dos resumos para primeiro enquadramento, em relação ao escopo deste trabalho. Percebeu-se que alguns resultados se repetem em mais de uma base consultada. Após leitura dos resumos, 49 artigos foram selecionados para leitura completa. Ao fim desta leitura completa, 32 artigos indexados foram selecionados. Em relação ao banco de dados do *WinterSim*, a consulta foi realizada diretamente nos anais do evento, entre os anos de 2005 e 2016, nas seções "*Logístics, SCM and Transportation*" e "*Advanced Tutorials*". Foram considerados 9 artigos relacionados diretamente ao tema pesquisado. O Quadro 2.1 apresenta os critérios utilizados para enquadramento dos artigos ao escopo desta pesquisa. Percebe-se que a maioria dos artigos selecionados atende pelo menos dois critérios considerados na análise. Aqueles artigos que se enquadram em apenas um critério, possuem motivos particulares de inserção bibliográfica, geralmente por serem artigos relacionados à metodologia deste trabalho.

Quadro 2.1: Critérios estabelecidos para incorporação de artigos às referências.

Autores	Soja	SED	Análise Logística	Otimização	Outras *commodities*
Martins *et al.* (2005)	x		x		
Higgins and Davies (2005)		x	x		x
Ojima e Yamakami (2006)	x		x	x	
Furlanetto e Cândido (2006)			x		x
Montevechi *et al.* (2007)		x			
Ding *et al.* (2008)			x		x
Rangel *et al.* (2009a)		x	x		x
Limoeiro *et al.* (2009)		x	x		x
Manuj *et al.* (2009)		x	x		
Ahumada e Villalobos (2009)			x		x
Kussano e Batalha (2012)	x		x		
Rangel *et al.* (2009b)		x	x		x
Parthanadee e Buddhakulsomsiri (2010)		x	x		x
Zhan (2010)	x		x	x	
Montevechi *et al.* (2010)		x			
Limoeiro *et al.* (2010)		x	x		x
Correa e Ramos (2010)	x		x		
Friend e Lima (2011)	x		x		
Dubke e Pizzolato (2011)	x		x		
Branco e Caixeta-Filho (2011)			x		x
Silva e Marujo (2012)	x		x	x	
Liedtke e Friedrich (2012)			x		x
Ripoll (2011)	x		x		
Silva e D'Agosto (2013)	x		x	x	
Borodin *et al.* (2013)		x	x		x
Kulak *et al.* (2013)		x	x		
Almeida *et al.* (2013)	x		x		
Morales *et al.* (2013)	x		x	x	
Robinson (2013)		x			
Sargent (2013)		x			
Brandenburg *et al.* (2014)		x	x		
Costa *et al.* (2014)		x	x		x
Wagner (2014)		x	x		
Hopewell (2014)			x		x
Fioroni *et al.* (2015)	x	x	x		
Reis e Leal (2015)	x		x		
Oliveira (2016)		x	x		
Cicolin e Oliveira (2016)			x		x
Lopes *et al.* (2016)	x		x	x	
Lopes e Lima (2017)	x		x		

Há de se reforçar que a RSL deste trabalho foi realizada para artigos científicos indexados, entretanto, pela especificidade e aplicabilidade do tema, diversas outras fontes foram consultadas para a execução deste trabalho, como relatórios de instituições governamentais, informações disponibilizadas por associações, teses e dissertações, artigos apresentados em congressos nacionais e internacionais e notícias veiculadas oficialmente em meio eletrônico.

2.2. O Mercado de grãos no Brasil e no Mundo

De acordo com a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (2016), nos últimos 15 anos poucos países cresceram tanto no comércio internacional do agronegócio quanto o Brasil. O País é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários, com destaque para a área de grãos, cuja produção bate recordes a cada safra (Além de liderar o ranking mundial de produção e exportação de café, açúcar, etanol e suco de laranja, o Brasil é o segundo maior no faturamento com as vendas externas do complexo de soja (grão, farelo e óleo). Segundo Hopewell (2014), a exportação de *commodities* agrícolas desempenhou um papel central no Brasil do início história econômica, que remonta à época colonial.

A soja faz parte do conjunto de atividades agrícolas com maior destaque no mercado mundial. É o quarto grão mais consumido e produzido globalmente, atrás de milho, trigo e arroz, além de ser a principal oleaginosa cultivada anualmente no mundo. Adicionalmente, no período entre os anos agrícolas 2001 e 2016, a soja é a cultura que apresenta o crescimento mais expressivo, tanto em consumo quanto produção, com aumento de aproximadamente 111% em sua produção mundial. No mesmo período, o Brasil apresentou crescimento superior, com 123% de aumento em sua produção de soja. A Figura 2.1 mostra a participação e evolução da produção dos 4 principais grãos no mundo, entre as safras de 2000/01 e 2015/16. A Figura 2.2 mostra e evolução da produção de soja no mundo, entre 2000/01 e 2015/16, pelos principais países produtores.

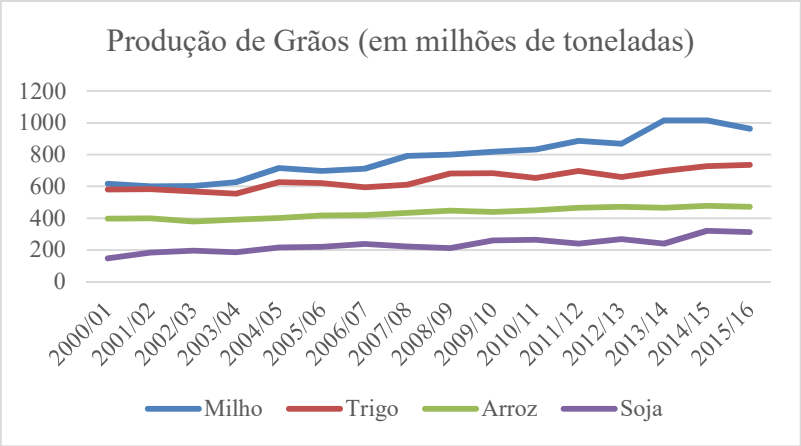


Figura 2.1: Evolução da produção dos 4 principais grãos no mundo entre as safras de 2000/01 e 2015/2016. Fonte: DEPEC (2017a, 2017b, 2017c e 2017d)

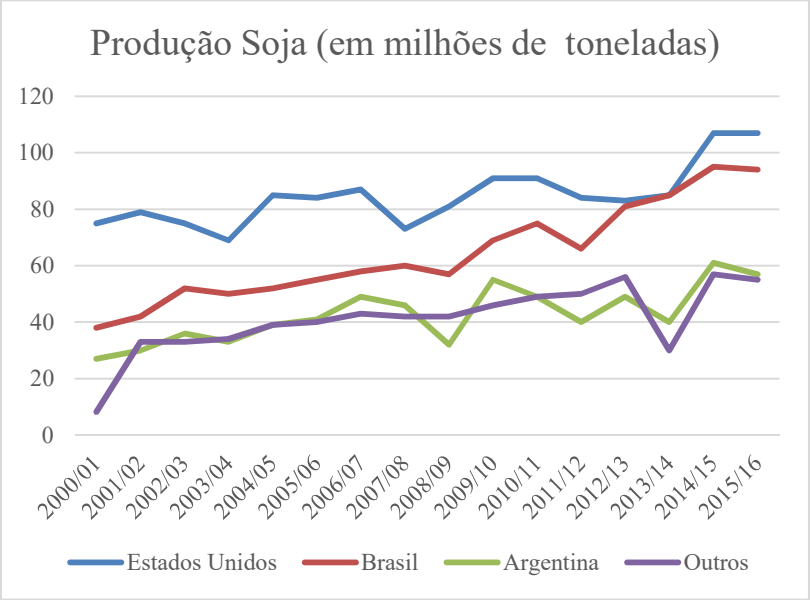


Figura 2.2: Evolução da Produção Mundial de Soja nos principais países produtores. Fonte: DEPEC (2017d).

Em 2011, um em quatro produtos do agronegócio em circulação no mundo eram brasileiros. Além disso, até 2030, um terço dos produtos comercializados no mundo será proveniente do Brasil, decorrente da crescente demanda dos países asiáticos por alimentos (ALMEIDA *et al.*, 2013).

A matriz de exportações brasileira é caracterizada por produtos de baixo valor agregado em que se destacam os minérios e os produtos agrícolas. O fortalecimento e expansão da produção agrícola e a instalação de novas indústrias são alguns dos principais vetores econômicos que têm dado suporte ao grande crescimento econômico do Brasil nos últimos anos (SOUZA *et al.*, 2014). Estima-se que somente o agronegócio represente mais de 33% das riquezas produzidas em território nacional, com a soja ocupando um lugar de destaque e

fazendo do Brasil o segundo maior produtor e o maior exportador mundial do grão (SALIN, 2016).

De acordo com Salin (2017), a economia brasileira encolheu 3,6%, após uma também contração de 3,8% em 2015. Adicionalmente, nos últimos 2 anos, o crescimento da oferta mundial de soja ultrapassou a demanda, resultando em uma queda em seus preços de exportação. Apesar do cenário exposto, em 2016 o Brasil permaneceu no posto de maior exportador de soja e a previsão é que esta posição se mantenha também em 2017 (SALIN, 2017). Em relação aos principais países exportadores, a proporção de exportação entre Brasil, Estados Unidos e Argentina foi de 40,2%, 39,8% e 8,4%, respectivamente, conforme mostra a Figura 2.3. As exportações brasileiras atingiram um recorde de 54,3 milhões de toneladas (ALICEWEB, 2017).

Figura 2.3: Percentual de exportação entre os principais países exportadores de soja (ALICEWEB, 2017; SALIN, 2017).

De acordo com Friend e Lima (2011), o comércio de *commodities* agrícolas, e particularmente o mercado de soja, representa uma oportunidade para o Brasil se consolidar como líder exportador no mercado mundial. A Tabela 2.2 apresenta a evolução da exportação de soja, pelos principais países exportadores entre 2010 e 2016, em milhões de toneladas (USDA, 2015). Verifica-se no período, o aumento, no Brasil, de mais de 90%, em relação à quantidade de soja exportada, num acréscimo absoluto de aproximadamente 26 milhões de toneladas de soja.

Tabela 2.2: Evolução das exportações da soja a partir de 2010, em milhões de toneladas. Fonte: USDA (2015)

País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Brasil	28,6	30	36,3	41,9	46,8	50	54,5
Estados Unidos	40,8	41	37,2	36,1	44,6	49,9	47
Argentina	13,1	9,2	7,4	7,7	7,8	9,6	9,8
Paraguai	4,1	5,2	3,6	5,5	4,8	4,6	4,6
Canadá	2,2	2,9	2,9	3,5	3,5	3,8	3,8
Outros	2,7	3,4	4,9	6,1	5,1	7	6,9
Total	**91,5**	**91,7**	**92,3**	**100,8**	**112,6**	**124,9**	**126,6**

Na competitividade do agronegócio nacional, a logística adquire um papel protagonista. A busca pela eficiência na função de agregar valor aos produtos através da racionalização em custos, tempo e qualidade nas atividades de exportação e importação de produtos no mercado mundial, é vital para este sistema de produção (OLIVEIRA, 2007). O sistema logístico da soja insere-se neste contexto. Ballou (2008), afirma que um sistema logístico eficiente é necessário para que uma região explore suas vantagens comparativas. Um sistema logístico eficiente permite que vantagens em relação ao custo do país ou região (custos logísticos e de produção) e à qualidade de seus produtos aumentem em relação às de seus concorrentes.

A cadeia de abastecimento agroalimentar, como qualquer outra cadeia de suprimentos, é uma rede de organizações que trabalham juntas em diferentes processos e atividades, a fim de trazer produtos e serviços para o mercado, com a finalidade de satisfazer as demandas dos clientes (CHRISTOPHER, 2011). A soja insere-se neste contexto, sendo base para diversas outras cadeias produtivas. Além do grão como alimento funcional, a soja é utilizada para a produção de produtos como ração animal, biodiesel, chocolate, temperos prontos, massas, derivados de carne, misturas para bebidas, alimentação para bebês, óleos de cozinha, agentes emulsificantes, diversos alimentos dietéticos, entre tantos outros (EMBRAPA, 2016).

Para o entendimento do contexto em que está inserida a cadeia produtiva da soja, foi realizada pesquisa em trabalhos relevantes relacionados a cadeias de suprimento do agronegócio. Dentre eles, especificamente:

- Manuj *et al.* (2009), apresentaram uma metodologia em oito passos para o Processo de desenvolvimento de modelos de simulação (SMDP) para a concepção, implementação e avaliação de modelos de simulação em logística e cadeia de suprimentos, identificando critérios de rigor para cada etapa.

- Terzi e Cavalieri (2004) realizaram um artigo de revisão de literatura e identificaram mais de 80 estudos que tratam da aplicação da simulação no contexto da cadeia de suprimentos, abordando sobretudo a simulação de Cenários envolvendo decisões sobre localização, capacidade de produção e de armazenagem, estoque de segurança, tamanhos de lotes e previsão de demanda.
- Furlanetto e Cândido (2006), apresentaram uma metodologia voltada à estruturação de cadeias de suprimentos do agronegócio. O trabalho é apresentado com três estudos de caso, realizados em diferentes formas de estruturação e coordenação dos sistemas de produção do agronegócio: uma cooperativa agrícola, uma integradora de frangos e a cadeia de suprimentos de carne bovina de uma rede de supermercados. Em seu estudo, os autores buscaram analisar o processo de estruturação das cadeias, ou seja, como foram estruturadas, sua coordenação e principais características.
- Ding *et al.* (2008) apresentaram um modelo matemático aplicado à localização de centros de distribuição de grãos com base na minimização de custos de transporte, utilizando algoritmos genéticos para resolver e otimizar o modelo.
- Ahumada e Villalobos (2009), realizaram revisões sobre as principais contribuições na área de planejamento de produção e distribuição agroalimentar, com base em culturas agrícolas, focando em modelos que obtiveram sucesso.
- Zhan (2010) analisou o fluxo internacional da logística da soja entre 2002 e 2008. Com análises mais voltadas aos principais produtores (EUA e Brasil). Seu trabalho é voltado para a importação de soja desses países pela China, baseado nos critérios: crescente fluxo de importação e custos de produção. O documento também propõe projeções futuras da logística internacional da soja.
- Sobre redes logísticas das cadeias agroalimentares, no Brasil, Branco e Caixeta-Filho (2011) realizaram uma estimativa da demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul, propondo o uso de um modelo de fluxo de custo mínimo multiproduto para a quantificação da carga captável pela ferrovia. A análise dos resultados auxiliou na identificação dos principais centroides geradores de carga para a ferrovia, os pontos de transbordo mais representativos e os principais produtos com potencial de movimentação no trecho ferroviário.

- Liedtke e Friedrich (2012) analisaram o conceito de redes logísticas no contexto de modelagem do comportamento do transporte de *commodities*. Seu trabalho é fundamentado em buscar resposta para a possibilidade de mapear, considerar de forma agregada e simular e um grande número de redes logísticas com a finalidade de modelagem de transporte.

Estes são trabalhos considerados em sua maioria trabalhos mais abrangentes, que analisam comportamento de cadeias de suprimentos e foram necessários para entendimento e estruturação do horizonte e ambiente de pesquisa, para delimitação da atuação. As próximas seções apresentarão trabalhos mais específicos à problemática estudada. Este entendimento foi explicado por Ahumada e Villalobos (2009), que expuseram que é necessário ter um olhar crítico sobre a cadeia de suprimentos sob as práticas correntes, para determinar as melhores estratégias que se ajustem às novas condições globais. Em particular, é necessário investigar a existência de melhores formas de projetar e operar uma cadeia de suprimentos cada vez mais integrada globalmente.

2.3. A cadeia logística da soja brasileira

A Soja (*Glycine max (L.) Merrill*), planta nativa da Ásia, é oriunda da China. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais, entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China. A planta chegou ao Brasil via Estados Unidos, em 1882. Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares introduzidos daquele país (EMBRAPA, 2016).

Têm-se os primeiros registros de soja no Brasil, por volta de 1930, quando foram realizadas as primeiras distribuições de sementes em São Paulo e os primeiros cultivos no Rio Grande do Sul. Na década de 1950, a cultura ganhou incentivos à plantação e na década de 1970, as fronteiras agrícolas se expandiram em direção ao Centro-Oeste através de incentivos governamentais. Essa expansão foi estimulada pelos baixos preços da terra e pela política agrícola, que compensaram os custos de produção, além do melhoramento da terra e da logística necessária ao escoamento do produto. Outro fator que contribuiu para o deslocamento da produção para o cerrado foi a garantia de preços mínimos pelo governo federal, em uma fase de tendência decrescente dos preços internacionais, além dos créditos agrícolas subsidiados (DUBKE e PIZZOLATO, 2011).

Até o início da década de 1970, a soja praticamente não tinha importância econômica no Brasil. Sua evolução produtiva se deu seguindo o modelo de desenvolvimento baseado nas vantagens comparativas de qualidade do solo, clima, domínio de tecnologia, mercado favorável e desenvolvimento de uma ampla cadeia produtiva, que permitiu a oferta crescente de modernas tecnologias de produção, a soja brasileira ganhou importância e relevância mundial (EMBRAPA, 2016; DUBKE e PIZZOLATO; 2006; HIRAKURI e LAZAROTO, 2014).

Diversos são os produtos derivados do complexo soja, entretanto, 3 produtos se destacam na cadeia exportadora. O Quadro 2.2 apresenta as características individuais destes três principais produtos considerados no complexo soja. Para o desenvolvimento deste trabalho, considerar-se-á apenas o produto "Grão de soja" ou "Soja em grão", principal e mais bruto produto do complexo.

Quadro 2.2: Características desagregadas do complexo da soja. Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2016).

Item	Características
Grão de Soja	O grão de soja é o produto mais bruto desse complexo. É vendido na forma *in natura*, devido ao baixo valor agregado, gerando custos menores ao comprador.
Farelo de Soja	O farelo de soja é obtido a partir do processamento (esmagamento) do grão. Após o esmagamento, cerca de 80% do produto é transformado em farelo, que, na maioria dos casos, é utilizado como insumo para alimentação animal (aves, suínos e outros).
Óleo de Soja	Os outros 20% provenientes do esmagamento do grão são transformados em óleo. O óleo de soja tem sido amplamente utilizado na indústria e na produção de biodiesel.

Nas últimas décadas, a produção de soja está entre as atividades econômicas que apresentaram crescimentos mais expressivos no Brasil e no mundo. Isso pode ser atribuído a diversos fatores, dentre os quais: desenvolvimento e estruturação de um sólido mercado internacional relacionado com o comércio de produtos do complexo agroindustrial da soja; consolidação da oleaginosa como importante fonte de proteína vegetal, especialmente para atender demandas crescentes dos setores ligados à produção de produtos de origem animal; geração e oferta de tecnologias, que viabilizaram a expansão da exploração sojícola para diversas regiões do mundo (HIRAKURI e LAZAROTTO, 2014). A Figura 2.4 apresenta a evolução e expansão da produção de soja no Brasil, a partir de 1995, nas microrregiões brasileiras.

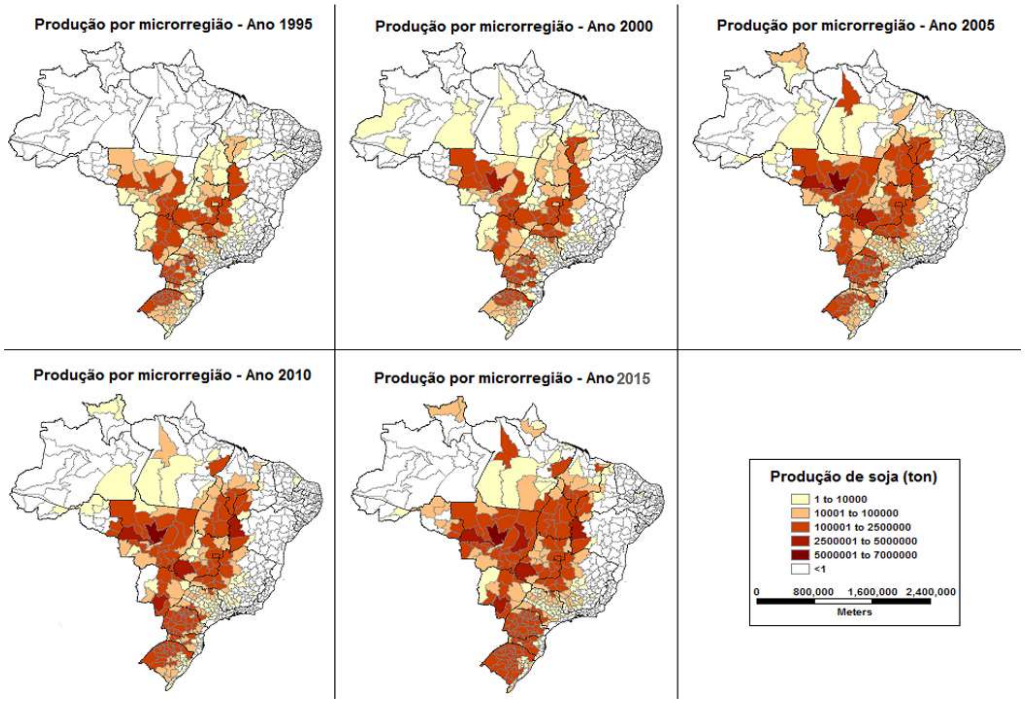


Figura 2.4: Evolução da produção de soja por microrregiões. (Fonte: baseado em SIDRA (2017)).

Além do desenvolvimento do cultivo e produção de soja, percebe-se, a partir das imagens presentes na Figura 2.4, um desenvolvimento da produção de soja mais ao interior do país, o que reflete uma distância maior aos portos, para escoamento da produção ao mercado internacional. Sendo o Brasil o maior país exportador de soja, obstáculos logísticos também se desenvolvem com esse desenvolvimento da produção de soja ao interior, causando uma espécie de "efeito chicote" na logística da soja.

Alguns problemas infraestruturais do país dificultam significativamente a expansão sustentada do agronegócio brasileiro em geral, com a soja em particular (KUSSANO e BATALHA, 2012; BRANCO e CAIXETA-FILHO, 2011). Dentre estes problemas, encontra-se a infraestrutura de transportes. A má conservação das estradas traz prejuízos importantes ao agronegócio brasileiro, pois grande parte da produção agrícola brasileira é escoada por rodovias (KUSSANO e BATALHA, 2012; KUSSANO, 2008). Dubke e Pizzolato (2011) afirmam que os custos logísticos a jusante da produção de grãos compensam as vantagens econômicas que eles têm em produzir a custos mais baixos, o que diminui a competitividade da soja brasileira no mercado mundial.

EUA e a Argentina, os dois maiores concorrentes do Brasil na produção e exportação do complexo soja, apresentam maior equilíbrio nas suas matrizes de transportes, o que lhes proporciona custos de transportes menores que os aferidos no Brasil. Na Argentina, as

distâncias médias de transporte das regiões produtoras até os portos são de 300 Km, favorecendo o transporte rodoviário de carga, que representa 82% da matriz de transporte da soja, além de usufruírem do modal ferroviário e hidroviário (RIPOLL, 2011). Nos EUA, as distâncias médias de transporte de cargas das regiões produtoras até os portos são semelhantes às distâncias brasileiras, entre 1000 e 2000 km, prevalecendo o uso intensivo das hidrovias, que representam 61% da matriz de transporte da soja, além de possuírem ferrovias e rodovias que cruzam todo o país (ANUT, 2005; LOVATELLI, 2009).

No mundo, os modos de transporte amplamente utilizados para o transporte de grãos são: rodoviário, ferroviário e hidroviário (BALLOU, 2008). O modo rodoviário é considerado adaptável devido à flexibilidade e à baixa necessidade de investimentos fixos para operações de transbordos (BOWERSOX *et al.*, 2012). Este transporte, entretanto, é recomendado para percursos curtos, uma vez que são sistemas frequentes e velozes quando comparadas às ferrovias ou hidrovias (BALLOU, 2008). Em contrapartida, estas qualidades podem reverter-se por meio dos aumentos nos preços dos combustíveis, o que é muito comum no mercado brasileiro (REIS *et al.*, 2013). Dado a pouca infraestrutura e investimentos em ferrovias e hidrovias, este modo ainda é responsável pela maior parte do transporte de grãos, já que possui maior facilidade de acesso e confiabilidade, mesmo seu valor de tonelagem por quilômetro sendo mais alto e existam problemas de infraestrutura viária para o escoamento de safras.

O modo ferroviário possui como vantagem baixo custo para a movimentação de cargas em cursos longos. Porém, além da necessidade de altos investimentos em infraestrutura, sua velocidade é baixa, se comparado ao rodoviário, sendo recomendado para o transporte de matérias-primas com pouco valor agregado (CHOPRA e MEINDL, 2012). Pelas suas características, este modo é um sistema eficaz para o transporte de grãos com um valor reduzido de tonelada por quilômetro transportado. O Brasil possui em torno de 30000 km de ferrovias. Destes, 1/3 foram construídas no período imperial e pela não atendendo às necessidades atuais. Investimentos vultuosos, execução de longo prazo e priorização da indústria automobilística são motivos políticos para a falta de investimentos relacionados à melhoria e ampliação da malha ferroviária brasileira (ESTADÃO, 2016).

O modo hidroviário, é um dos sistemas de transportes mais antigos da humanidade. Sua vantagem está relacionada à capacidade de acondicionamento de cargas volumosas, que podem ser realizados tanto em alto mar, como pela costa litorânea (cabotagem) ou por rios (navegação interior) (BOWERSOX *et al.*, 2012). Apesar das vantagens relacionadas a este modal, Ballou (200) salienta que limitações ligadas a aspectos climáticos e naturais que podem ser um gargalo

em determinas épocas do ano. O Brasil possui mais de 13000 km de vias navegáveis em seu interior e aproximadamente 7000 km de costa litorânea disponível para a cabotagem (transporte marítimo entre portos de um mesmo país). No Brasil, a participação do modal aquaviário para o transporte interior de grãos do Brasil também é baixa, se comparada ao modal rodoviário.

Os gargalos dos portos brasileiros também apresentam parcela de contribuição para reduzir a competitividade da soja brasileira (IMEA, 2016). Os fatores portuários que mais prejudicam a competitividade das exportações brasileiras são: elevado custo das tarifas portuárias; demanda superior à capacidade instalada dos terminais e armazéns; falta de investimentos na ampliação de instalações portuárias, ocasionando filas de caminhões e navios no período da safra; e a limitação de profundidade, impedindo a atracação de navios de maior porte em alguns portos (IMEA, 2016).

O planejamento de transportes carece de modernização de instrumentos, métodos e dados (SOUZA *et al.,* 2014). Branco e Caixeta-Filho (2011) afirmam que a escassez de planejamento e investimentos estimados para o setor de transportes nas últimas décadas fez com que o sistema de transportes andasse em descompasso com o crescimento econômico. Como decorrência das dificuldades fiscais e políticas inadequadas, a rede de transportes brasileira passou por um processo de sucateamento, atingindo alarmante situação, nomeada por alguns especialistas de "apagão" logístico.

Outro fator limitante à evolução da logística da soja brasileira é indicada por Dubke e Pizzolato (2011), sobre as principais áreas de produção no Brasil, significativamente longes da costa do oceano. O também uso "primitivo" dos meios de transporte, com a falta de um maior número de ferrovias e hidrovias, associada à frota rodoviária envelhecida e rodovias mal pavimentadas, soma-se aos problemas logísticos enfrentados pelo país para o escoamento da produção agrícola (BRANCO e CAIXETA-FILHO, 2011; DUBKE e PIZZOLATO, 2011).

Kussano e Batalha (2012) expõem que todos estes problemas de infraestrutura têm efeito direto no custo do escoamento e movimentação da produção agrícola, os quais terminam por aumentar os custos dos produtos brasileiros e afetar sua competitividade no mercado nacional e mundial.

Um fluxo de escoamento para o mercado externo pode ser definido como sendo o caminho que o produto percorre desde a unidade produtora até o porto de exportação. Como no Brasil as alternativas viáveis para este escoamento são relativamente reduzidas, é importante o conhecimento da estrutura logística e a identificação dos custos envolvidos na movimentação

dos produtos agrícolas, para, em seguida, quantificá-los e propor soluções que minimizem seus custos e perdas de produtos.

Assim como a expansão da produção de soja no Brasil, percebe-se também uma evolução nos estudos relacionados ao cultivo, melhoramento, processamento, distribuição e escoamento da soja brasileira. Em relação à problemática relacionada à logística da soja brasileira, de escoamento e distribuição, vêm-se buscando soluções, seja no âmbito estratégico ou operacional. Para um entendimento específico sobre o ambiente estudado nesta pesquisa e definição do sistema real a ser modelado, foram relacionados diversos trabalhos cuja problemática se dá em torno da logística da soja, dentre eles:

- Martins *et al.* (2005) avaliaram a viabilidade dos investimentos em armazenagem da soja como decisão estratégica de logística. O princípio teórico é o de compensação de custos logísticos, tendo por base que a decisão estratégica empresarial pauta-se pelo somatório dos custos logísticos, visando a identificar sua área de custos mínimos totais das operações.
- Ferrari (2006) – Propôs um modelo matemático de minimização de custos logísticos, para definir um rearranjo espacial da capacidade estática de armazenamento de soja no estado do Mato Grosso.
- Ojima e Yamakami (2006) analisaram a distribuição logística da soja brasileira aplicando um modelo de equilíbrio espacial de programação quadrática.
- Correa e Ramos (2010) apontaram perspectivas e possíveis soluções para melhoramento da malha rodoviária do Brasil, via concessões rodoviárias e Parcerias Público-Privadas (PPP). Analisa-se o uso de diferentes modais para o escoamento da soja do Centro-Oeste, e conclui-se que os hidroviários e ferroviários são os mais eficientes, em razão da eficiência energética e da maior produtividade à movimentação de cargas de densidade mais elevadas por distâncias maiores.
- Dubke e Pizzolato (2011) desenvolveram um modelo de localização para terminais especializados, utilizados como pontos de transbordo na cadeia de suprimentos da soja brasileira, ilustrando seu modelo por um pequeno estudo de caso, com utilização de ferrovias, 6 portos de escoamento da soja a ser exportada e três portos de destino final de importação do produto brasileiro.
- Ripoll (2011) estudou as rotas de escoamento da exportação da soja em grãos do Estado de Mato Grosso no ano de 2008, efetuando-se um estudo das composições de preços de

transporte de seis municípios mato-grossenses até os portos de exportação, de forma a desenvolver uma rede de escoamento que permita identificar fatores para reduzir os custos de transporte.

- Friend e Lima (2011) analisaram, com base na revisão da literatura, o efeito das políticas de transporte sobre o total custo logístico da soja no mercado mundial e as razões pelo qual a soja brasileira reduz suas vantagens competitivas da fazenda ao porto, indicando sugestões de melhorias para a política de transporte brasileira.
- Kussano e Batalha (2012) propuseram e aplicaram um modelo de cálculo de custo logístico total para produtos agroindustriais brasileiros voltados para a exportação. O modelo é aplicado para a soja em grão produzida no Mato Grosso e exportada pelo porto de Santos. As avaliações contemplam fluxos de escoamento com rotas unimodais e intermodais. Do ponto de vista teórico, o modelo proposto contempla algumas variáveis comumente negligenciadas em análises deste tipo. Este é, por exemplo, o caso das variáveis ligadas à tributação.
- Silva e Marujo (2012) apresentaram a aplicação de um modelo matemático de minimização de custos e perdas ocorridas durante o transporte intermodal origem-destino, para 6 rotas intermodais de escoamento da soja brasileira e o solucionaram através de modelos de Programação Linear e Programação Linear Inteira Mista.
- Silva e D'Agosto (2013) propuseram um modelo para estimar a origem-destino (O-D) da matriz para o fluxo de exportação da soja brasileira, com base em um modelo de gravidade restrita.
- Morales *et al.* (2013) estabeleceram a alocação de fluxo ótimo para uma rede futura de oferta de transporte prevista pelo Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT), para um horizonte até 2023 do escoamento de soja do norte do estado do Mato Grosso para o Porto de Santarém.
- Britto e Alvarenga (2013) analisaram as consequências da fusão entre América Latina Logística (ALL) e Brasil Ferrovias, sobre o valor do frete do transporte de soja no Brasil, haja vista que as empresas, concessionárias do transporte ferroviário de carga no Brasil, possuíam malhas concorrentes na provisão do serviço de movimentação de soja da região centro-oeste do Brasil até o Porto de Santos.

- Gonçalves *et al.* (2013) analisaram as rotas que escoam a produção de soja, atualmente feitas por rodovias e pela integração rodovia-ferrovia no trajeto entre a cidade de Lucas do Rio Verde-MT e o Porto de Santos, fazendo um comparativo entre as trajetórias utilizadas e os impactos ambientais que elas acarretam, propondo novas alternativas minimizadoras.
- Hopewell (2014) – Analisou os impactos do surgimento de uma agroindústria voltada para a exportação, no Brasil, privada, mas com influência considerável sobre o estado brasileiro.
- Assis *et al.* (2014) analisaram, por meio de medidas de ecoeficiência, as alternativas de rotas utilizadas para o escoamento da soja do município de Rondonópolis, no estado do Mato Grosso, até os principais portos exportadores brasileiros.
- Lopes e Lima (2015b) realizaram análises de exportação baseadas na comparação entre custos logísticos do escoamento da soja brasileira, com destinação à Europa e Ásia.
- Lee (2015) – Desenvolveu um modelo geoespacial, considerando distância de viagem e custos totais de logística para determinar uma localização alternativa para um terminal intermodal. O modelo integra Programação linear inteira para a determinação da uma localização de uma facilidade intermodal que minimiza os custos logísticos totais, considerando distância de viagem e logística e custos totais, incluindo custos rodoviários, ferroviários e custos de transbordo.
- Assis *et al.* (2015) aplicaram a lógica *Fuzzy* para avaliar o desempenho das alternativas de rota de transporte da produção de soja, baseada em aspectos econômicos, operacionais e ambientais.
- Reis e Leal (2015) propuseram um modelo matemático que opera do ponto de vista de um transportador único para otimização do planejamento logístico numa cadeia de fornecimento de soja.
- Lopes *et al.* (2017); Lopes *et al.* (2016a) e Lopes e Lima (2015a) propuseram e implantaram e analisaram modelos de otimização baseados em programação linear para o escoamento da soja brasileira.
- Lopes e Lima (2017) realizaram análises comparativas entre o escoamento da soja pelos portos tradicionais do sudeste e pela potencial hidrovia do Tocantins-Araguaia e exportação pelo porto de Vila do Conde.

2.4. Modelagem e Simulação

Após o entendimento e inserção do ambiente de pesquisa em que este trabalho se insere, se fez necessário também realizar um arcabouço teórico relacionado à modelagem e simulação e suas aplicações relacionadas à logística de grãos. Modelagem, de forma geral, é a elaboração de um modelo para a representação de algum sistema ou processo. Para Morabito e Pureza (2010, pg. 166), "modelo é uma representação de uma situação ou realidade, conforme vista por uma pessoa ou grupo de pessoas, e construída de forma a auxiliar o tratamento daquela situação de uma maneira sistemática". O aspecto mais importante de um modelo é a relação simplicidade *versus* fidelidade (MORABITO e PUREZA, 2010). Um modelo é a representação do conhecimento e a principal ferramenta para o estudo do comportamento de sistemas complexos. Modelar é o primeiro passo para a análise de um sistema de qualquer natureza e sob qualquer aspecto. Quando o modelo é uma representação válida de um sistema, informações significativas podem ser retiradas sobre sua dinâmica ou seu desempenho (TRIVELATO, 2003).

Os modelos de simulação podem ser divididos em:

- Modelos estáticos - são aqueles que não sofrem influência do tempo, não há relógio de simulação envolvido, ou seja, o estado do modelo não muda em relação ao tempo;
- Modelos dinâmicos – são modelos que sofrem influência do tempo, o estado do modelo é decorrente de segundos, horas, dias e meses simulados no relógio de simulação (BATEMAN *et al.*, 2013).

Outra classificação diz respeito à forma como o modelo trata a entrada e saída dos dados, podendo ser classificados em determinísticos ou estocásticos. Nos modelos determinísticos, os dados assumem valores determinados e não probabilísticos (randômicos), utiliza-se também a expressão DIDO (*Determinist in, Determinist out*) para denominar esse tipo de modelo. Cita-se que um modelo determinístico pode em seus processos intermediários ter um componente randômico como para representar as escolhas de caminhos para as entidades. Já o modelo estocástico descreve sistemas que variam no tempo de forma aleatória, em que os dados randômicos são definidos sobre um espaço de amostragem comum, são chamados também de RIRO (*Random in, Random out*) (LAW e KELTON, 2000).

Em relação à simulação, Chwif e Medina (2010) a classifica em dois tipos: a simulação computacional, que é aquela que necessita de um computador para ser realizada; a simulação

não computacional, que não necessita de um computador, como o uso de um protótipo de uma ponte em escala reduzida em um túnel de vento para verificar se a ponte suporta fenômenos da natureza. Conforme Brito (2011), o uso da simulação computacional se popularizou principalmente devido à complexidade dos problemas e situações diárias associadas à escassez de todos os tipos de recursos, à crescente sofisticação da indústria computacional e avanços no poder de processamento, flexibilidade e facilidade de uso dos *softwares* de simulação.

A simulação é uma poderosa ferramenta para análise de sistemas, pois, através da modelagem, já são fornecidas estruturas para uma análise lógica e consistente, visto que forçam os objetivos a serem explícitos, pensar cuidadosamente sobre variáveis a serem incluídas, quais dados são pertinentes ao modelo e reconhecer restrições, entre tantos outros motivos (CARSON II, 2005).

Para Montevechi *et al.* (2007), a simulação é a importação da realidade para um ambiente controlado, onde seu comportamento pode ser estudado sob diversas condições, sem riscos físicos ou altos custos envolvidos. A SED tem sido utilizada de forma crescente para auxiliar à tomada de decisão, que por meio de modelagem, análise e projetos de sistemas, permite visualizar o impacto de mudanças de parâmetros no desempenho dos sistemas (BANKS *et al*., 2009; SARGENT, 2011). Tako e Robinson (2012) salientam que a simulação é uma abordagem apropriada e amplamente aceita para analisar detalhadamente redes logísticas considerando a diversidade e quantidade dos dados de entrada.

A simulação é definida, segundo Harrel *et al.* (2002) como o processo de experimentação sobre um modelo simplificado de um sistema real que tem como objetivo determinar como o sistema responderá às mudanças em sua estrutura, ambientes ou condições de contorno. A simulação, quando comparada com os demais métodos heurísticos de auxílio à tomada de decisão, oferece representação do sistema real para análise de possíveis alternativas, respondendo questões do tipo “e se”, ficando o usuário a decidir pela escolha da melhor alternativa antes de sua implementação ou aprimorando o desempenho de um sistema já em operação, com custo e riscos reduzidos (KELTON *et al.*, 2007; CHANG e MAKATSORIS, 2001).

A simulação facilita o exame dos processos ou sistemas dinâmicos ao longo do tempo, permitindo a compressão de tempo real. A representação de anos pode ser realizada em questão de horas, o que ajuda e facilita a realização de inferências sobre o comportamento do sistema durante um período de tempo e a tomar decisões oportunas (CHANG E MAKATSORIS, 2001).

Verifica-se ainda, na literatura, a existência duas grandes divisões gerais de modelos de simulação computacional: a primeira referente à simulação algébrica, numérica ou modelagem matemática analítica onde a descrição das relações do sistema pode ser expressa por funções matemáticas, que representam um processo ou sistema. Sua vantagem é poder obter uma solução exata e até mesmo ótima, porém sistemas complexos podem tornar este tipo de simulação extremamente difícil. Chwif e Medina (2010) destacam que na sua grande maioria, esses modelos são de natureza estática e não apresentam soluções analíticas para sistemas complexos, devendo-se utilizar hipóteses simplificadoras.

E a segunda, relacionada a modelos experimentais, onde insere-se a SED. Estes modelos são utilizados para emular, por meio de relações lógicas, o funcionamento de sistemas que mudam o seu estado em pontos discretos no tempo. A SED tem a vantagem de poder representar sistemas complexos, com mais abrangência, porém sua resposta não é tão exata quanto às obtidas nas simulações numéricas, sendo mais difícil a validação dos resultados. Chwif e Medina (2010) salientam que os sistemas reais geralmente apresentam uma maior complexidade, devido, principalmente, a sua natureza dinâmica e aleatória, assim a SED consegue capturar com mais fidelidade essas características do sistema quando submetido às mesmas condições de contorno. Hillier e Lieberman (2010) afirmam que normalmente a simulação é usada quando o sistema real é muito complexo para ser analisado satisfatoriamente por um modelo matemático. Ainda segundo os autores, se o modelador for capaz de construir um modelo matemático que seja, ao mesmo tempo, uma representação razoável do problema e passível de ser solucionado, essa abordagem deve ser preferida em relação à simulação. Contudo, existem problemas complexos, com grande número de variáveis integradas, que exigem mais que o uso da modelagem matemática, fazendo com que a simulação seja, na maioria das vezes, a única abordagem prática para resolução do problema.

Em relação às variáveis utilizadas em um modelo de simulação, conforme Bateman *et al.* (2013), pode-se dividir em: (1) variável discreta - é uma ação instantânea que ocorre em um único momento e pode causar mudanças no estado do sistema simulado. Neste tipo de simulação, o computador mantém um dispositivo temporal conhecido por "relógio de simulação" que avança à medida que cada evento acontece num determinado instante; (2) variável contínua - é uma ação que não cessa, ela continua ininterruptamente em relação ao tempo. As variáveis contínuas normalmente são representadas por equações diferenciais, por exemplo, e permite que as variáveis mudem continuamente ao longo do tempo.

Desta forma, a partir das classificações sobre modelos de simulação, caracteriza-se este trabalho pelo uso da simulação computacional, com o desenvolvido um modelo dinâmico e estocástico, utilizando variáveis discretas para representar um sistema real por meio da SED, que subsidiará análises e decisões relacionadas à logística de exportação da soja brasileira.

Chwif e Medina (2010) definem simulação por meio do caminho inverso, informando que simulação não prediz futuros e sim, dentro de um intervalo de confiança, mostra o comportamento de um sistema. Além disso, simulação não é modelo matemático ou de otimização e precisa do raciocínio humano para sua construção e tomada de decisão, sendo uma das técnicas mais utilizadas na Pesquisa Operacional (PO).

Chwif e Medina (2010) também afirmam que a simulação permite avaliar e analisar sistemas reais a partir da construção de modelos computacionais, por meio dos quais se pode responder a perguntas do tipo "o que o aconteceria se" (*what-if*), tornando-se assim uma poderosa ferramenta de apoio à tomada de decisão. Assim, uma das razões para a utilização da SED neste trabalho é que tal método permite a análise de um problema a fim de encontrar possíveis soluções e propostas de planejamento, de modo a auxiliar os tomadores de decisão no momento de suas escolhas, principalmente quando aplicado a problemas complexos.

Brito (2011) conclui que a modelagem e simulação transita entre o objetivo de tornar-se um elemento de aprendizado e a sua função de predição, sendo que ambos os objetivos buscam atingir um bom nível de compreensão do sistema real para que se possa atuar eficientemente sobre ele. O autor também destaca a importância de se reduzir a complexidade do sistema simulado sem que haja perdas à utilidade do modelo. Embora se tenha um alto nível de desenvolvimento do processamento computacional, seria praticamente impossível representar 100% de um sistema real em um modelo computacional, devido às várias relações internas e externas de seus componentes, em contatastes mutações e adaptações à realidade.

Contudo, como qualquer outra ferramenta de gestão e dependo do caso especifico, a simulação apresenta algumas limitações e desvantagens listadas na literatura. Custo com aquisição de *software*, necessidade de coleta de dados confiáveis e treinamento para construção do modelo, tempo para modelar e analisar o modelo, sendo necessária adequada interpretação de seus resultados (DIAS e CORREA, 2001; LAW e KELTON, 2000; BANKS *et al.*, 2009). Os resultados da simulação podem ser de difícil interpretação devido a sua aleatoriedade.

Ressalta-se que as desvantagens citadas têm sido minimizadas por meio de diversas razões: desenvolvimento de pacotes de *software* de simulação que contenham *templates* pré-

concebidos, onde é necessário somente definir os dados da operação; desenvolvimento de ferramentas que facilitam a análise dos dados de saída e avanços nas plataformas computacionais permitem que a simulação seja realizada cada vez mais rapidamente (MIYAGI, 2006).

2.4.1. Simulação aplicada à logística do agronegócio

Brito (2011) e Manuj *et al.* (2009) afirmam que a modelagem e simulação, especificamente a SED, vêm sendo utilizadas no campo da logística devido principalmente à combinação de suas características com as características de sistemas logísticos em geral. A SED apresenta potencialidades, em relação aos seus aspectos práticos e técnicos, que a torna mais apropriada para a análise detalhada de sistemas específicos bem definidos, como são tratados usualmente os sistemas logísticos no ambiente da simulação. Tako e Robinson (2012) afirmam que simulação é uma abordagem apropriada e amplamente aceita para analisar detalhadamente redes logísticas considerando a diversidade e quantidade dos dados de entrada. Entretanto, são pontuais os trabalhos relacionando à SED à logística do agronegócio. Assim, destacam-se os trabalhos de:

- Costa *et al.* (2014), que apresentaram um modelo de simulação projetado para representar uma rede regional de gasodutos, a partir de um estudo de caso de uma região brasileira com refinarias, um terminal marítimo, um terminal de *hub* e bases de distribuição. Como metodologia de modelagem conceitual, os autores utilizaram a metodologia IDEF-SIM, apresenta por Silva *et al.* (2014) e Montevechi *et al.* (2007).

- Higgins e Davies (2005), que desenvolveram um modelo de simulação estocástica para o planejamento de capacidade de transporte de cana-de-açúcar. O modelo proposto visa estimar o número de locomotivas e deslocamentos necessários; o número de caixas necessários; e os atrasos para as operações de colheita. O modelo foi aplicado para uma região açucareira da Austrália, em parceria com representantes relacionados à moagem, colheita e cultivo.

- Mundim (2009), cujo estudo aborda o problema de dimensionamento da frota de equipamentos utilizados no Corte, Carregamento e Transporte (CCT), utilizando-se a técnica de SED, buscando maximizar a produção do sistema como um todo e minimizar o custo operacional.

- Rangel *et al.* (2009a), que desenvolveram um modelo de simulação para avaliar a relação do custo do frete no Corte, Carregamento e Transporte (CTT) com a distância do fornecedor de cana-de-açúcar até a usina. Foram realizadas simulações de seis Cenários hipotéticos no *software* ARENA, construídos para permitir relacionar os diversos fornecedores com relação ao frete pago, buscando determinar o impacto do frete nos custos operacionais diretos das operações de CCT.

- Rangel *et al.* (2009b) apresentaram em seu trabalho, um modelo de simulação no *software* ARENA para avaliar o sistema de fornecimento de cana-de-açúcar para as usinas, abordando operações de colheita (corte e transporte), transporte e descarga no moinho. O modelo avalia a relação da carga, o tempo de espera, a frota de caminhões, além do custo de corte e transporte, relacionado com o montante a ser pago pela carga de cana fornecida ao moinho. O modelo foi usado para analisar a variação do resultado da carga de cana transportada para o moinho, tendo em conta a variação do frete e desconto aplicado em relação ao prazo de entrega.

- Parthanadee e Buddhakulsomsiri (2010), que centram seu estudo de caso em um sistema de produção de uma indústria de frutas processadas em conserva, propondo o uso de modelagem de simulação, conduzindo experimentos sobre o modelo, para determinar um conjunto de regras de sequenciamento apropriadas para a indústria estudada.

- Borodin, *et al.* (2013), que apresentaram uma aplicação de um modelo estocástico de SED para a colheita, o transporte e atividades de armazenamento de grãos e sementes oleaginosas em uma Sociedade Cooperativa Agrícola na região de *Arcis-sur-Aube* (França), explorando e avaliando Cenários e configurações da cadeia de suprimentos a fim de reduzir custos e melhorar o nível de serviço, utilizando o *software* ARENA.

- Lopes *et al.* (2015) apresentaram um modelo de simulação a eventos discretos aplicado à logística da soja na hidrovia Tapajós-Amazonas.

- Fiorone *et al.* (2015) apresentam um estudo de simulação no *software* ARENA baseada em Cenários comparativos, para o transporte multimodal e armazenamento de soja, da fazenda ao porto, considerando recursos, locais e interferências. Um estudo de localização foi feito para alimentar o modelo com as melhores localizações de armazéns.

- Lopes *et al.* (2016b) apresenta e analisa um modelo de simulação baseado em eventos discretos para o escoamento da soja brasileira para exportação, a partir da soja produzida nas microrregiões do Estado do Mato Grosso.

Além de trabalhos que relacionam especificamente simulação e logística do agronegócio, outros trabalhos, relacionando simulação e logística serviram como subsídio teórico para esta tese. Dentre eles, pode-se destacar os trabalhos de: Limoeiro *et al.* (2010) e Limoeiro *et al.* (2009), que apresentaram o uso de modelos de simulação no *software* Promodel® para avaliar impactos logísticos relacionados ao investimento em refinarias de petróleo; Kulak *et al.* (2011) e Ferreira Netto (2012), que desenvolveram modelos de SED, para analisar Cenários de operações de cargas contentorizadas; Costa *et al.* (2014) realizaram um conjunto de experimentos de simulação em quatro Cenários comparativos, objetivando determinar Cenários de investimento logísticas mínimos para gasodutos e refinarias; Camargo (2010) utiliza a simulação-otimização para realizar a análise de possíveis estratégias operacionais para um sistema de transporte ferroviário operando em ciclo fechado e Silva (2012), que propõe análises multicritérios e de sensibilidade, a partir da SED para sistemas de transporte aquaviários.

Percebe-se, entre todos os trabalhos disponíveis e listados, uma lacuna à aplicação de projetos de simulação a eventos discretos em nível estratégico, com decisões influenciando toda uma ou mais cadeias produtivas, sobretudo relacionada ao agronegócio. Dentre os trabalhos apresentados, todos possuem características operacionais, com a resolução de problemas específicos, em geral de uma ou poucas organizações. O trabalho aqui aplicado tem a característica inovadora de utilizar a SED para decisões estratégicas, com atuação em uma cadeia produtiva, num nível de atuação abrangente, relacionando a logística da soja desde as origens, em todo o território brasileiro, passando pelos principais portos nacionais e chegando aos principais destinos internacionais.

2.5. Análise a partir da fundamentação teórica

A partir da fundamentação teórica realizada, alguns aspectos puderam ser considerados para a continuidade e desenvolvimento desta pesquisa:

- Verificou-se a importância da soja nos últimos anos no mercado mundial de grãos e particularmente no agronegócio brasileiro, sobretudo pelo seu crescimento relacionado à produção e exportação nos últimos anos;
- Este crescimento vem originando trabalhos sucessivos abordando proposições e soluções das problemáticas relacionadas à logística da soja, principalmente a partir do ano de 2005;

- Os trabalhos voltados à logística da soja são em sua maioria pesquisas empíricas ou que utilizam modelos estáticos ou determinísticos relacionados à decisão, com decisões pontuais sobre um sistema complexo, com um alto número de variáveis inter-relacionadas;
- Em relação à SED, verificou-se uma lacuna relacionada a projetos deste tipo de simulação em nível estratégico. Os trabalhos realizados possuem, em geral, características operacionais, com a resolução de problemas específicos ou pontuais.

Assim, a partir da fundamentação teórica, buscou-se a construção de um projeto de simulação a eventos discretos, voltado para decisões estratégicas, com atuação na cadeia logística da soja. Sua atuação é abrangente e envolve um grande número de variáveis discretas inter-relacionadas. O modelo possui origens em todo o território brasileiro, passando pelos principais portos nacionais, com rotas unimodais rodoviárias e multimodais integrando rodovias, ferrovias e hidrovias. O modelo tem como destino final os principais destinos internacionais. Esta integração permite a decisão em nível estratégico, analisando o sistema integrado, com soluções globais que buscam configurações adequadas do sistema.

3. MÉTODO

Este capítulo apresenta o método empregado para execução desta pesquisa. O método de pesquisa utilizado é a modelagem e simulação. Especificamente a simulação a eventos discretos, conduzida de acordo com a estrutura apresentada por Montevechi *et al.* (2007), em que a simulação é apresentada contemplando três fases: concepção, implementação e análise. Estas três etapas serão divididas nos capítulos 4, 5 e 6. Devido à complexidade do sistema a ser simulado, foi inserido na estrutura do projeto de simulação um *framework* de modelagem conceitual associado à técnica IDEF-SIM.

3.1. Classificação da Pesquisa

Segundo Marconi e Lakatos (2002), o método de pesquisa é um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que orientam a geração de conhecimentos válidos, indicando um caminho a ser seguido. Isto consiste na aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observadas para construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos vários âmbitos da sociedade (PRODANOV e FREITAS, 2013). Assim, seu estudo possibilita ao pesquisador identificar, dentre outros, a abordagem de pesquisa a ser adotada, escolher os instrumentos de coleta de dados e planejar procedimentos de tratamento e análise dos dados (VILAÇA, 2010). Rodrigues (2005) destaca que a metodologia deve ser exposta de modo suficientemente claro e detalhado, para que o leitor seja capaz de reproduzir, se necessário for, o aspecto essencial do estudo.

Uma pesquisa pode ser classificada segundo sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. O Quadro 3.1 é um quadro-resumo que sintetiza, baseado em Martins (2012), Appolinario (2004), Morabito e Pureza (2010), Gil (2007), Marconi e Lakatos (2002) e Bertrand e Fransoo (2002), as classificações entre as pesquisas científicas. Em negrito, no Quadro 3.1, apresentam-se as características desta pesquisa.

Quadro 3.1: Classificações e tipos de pesquisa.

Classificação	Tipo de pesquisa	Descrição
Natureza	Básica	Tem como objetivo gerar novos conhecimentos teóricos, que sejam úteis para o avanço da ciência, sem a preocupação de utilizá-los na prática.
	Aplicada	Objetiva produzir conhecimento para aplicação de seus resultados, com o intuito de contribuir para fins práticos.
Abordagem	**Quantitativa**	Ocorre quando o pesquisador captura as evidências de pesquisa por meio da mensuração das variáveis.
	Qualitativa	Ocorre quando o processo de interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicos no processo de pesquisa e os dados são analisados indutivamente.
Objetivos	Exploratória	Proporciona uma maior familiaridade com o objetivo de estudo. Busca construir hipóteses, para tentar torná-lo explícito.
	Descritiva	Descreve as características de determinada população ou fenômeno. Estabelece relação entre variáveis
	Explicativa	Identifica fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos. Aprofunda o conhecimento explicando o "porquê" das coisas.
	Normativa	Busca o desenvolvimento de políticas, estratégias e ações para aperfeiçoar os resultados disponíveis na literatura existente, para encontrar uma solução ótima para novas definições de problemas ou para comparar várias estratégias relativas a um problema específico.
Método ou estratégia	Pesquisa bibliográfica	Quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e, atualmente, de material disponibilizado na Internet.
	Pesquisa-ação	Utilizada quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.
	Estudo de caso	Envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.
	Levantamento (*Survey*)	Empregada quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer.
	Experimento	Empregado quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que podem ser capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.
	Soft system methodology	Auxilia a formulação e estruturação do pensamento sobre os problemas em situações complexas. Seu princípio está na construção de modelos conceituais (baseados no entendimento das atividades humanas) e na comparação desses modelos com o mundo real.
	Simulação	Empregada quando se deseja experimentar, através de um modelo, um sistema real, determinando-se como este sistema responderá a modificações que lhe são propostas

A partir deste quadro-resumo, pode se caracterizar esta pesquisa como:

- **Aplicada**, por crer na contribuição prática que o método proposto pode proporcionar em relação a análises e tomada de decisão para a logística de exportação da soja brasileira.

- **Normativa,** pois busca o estabelecimento de estratégias e soluções para o sistema proposto, comparando e analisando alternativas ao problema estudado.
- **Quantitativa,** uma vez que propõe relações de causa e efeito através do uso integrado de variáveis.
- **Explicativa,** pois identifica fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos, aprofundando o conhecimento explicando o "porquê" das coisas, relacionando a logística da soja brasileira com a utilização da SED.
- **Simulação,** pois realiza a construção de um modelo no *Software* Promodel®, para, a partir da SED analisar um real problema complexo, para o auxílio ao processo de tomada de decisão. A simulação é realizada através de cenários comparativos, analisando variáveis consideradas na simulação.

3.2. Etapas para a Modelagem e Simulação

Neste trabalho, a estrutura geral do projeto de simulação a ser utilizada é a proposta e apresentada em Montevechi *et al.* (2007) e Montevechi *et al.* (2010), possuindo três etapas principais: concepção (modelo conceitual), implementação (modelo computacional) e análise (modelo operacional).

A Figura 3.1 mostra o *framework* apresentado por Montevechi *et al.* (2007), com a representação dos passos para um projeto de SED. Este diagrama mostra três fases e cada uma delas caracterizadas por uma fase de modelagem: fase de concepção (modelo conceitual), implementação (modelo computacional) e análise (modelo operacional).

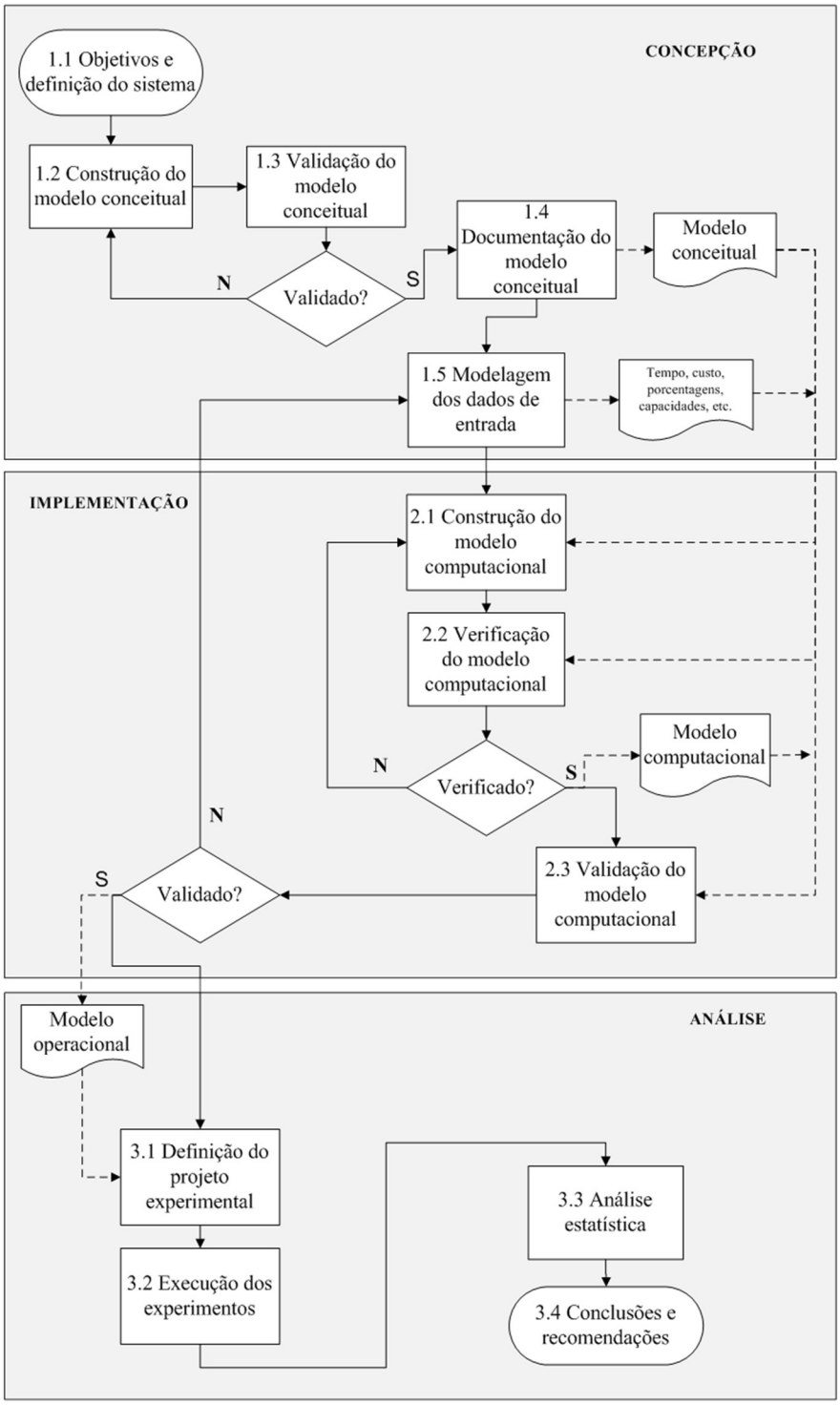


Figura 3.1: Sequência de passos para um projeto de simulação. Fonte: Montevechi *et al.* (2007).

Especificamente para a etapa de concepção, será aplicado o *framework* apresentado por Robinson (2008b), integrado à técnica IDEF-SIM, apresentada por Silva (2014) e Montevechi *et al.* (2007) para a modelagem conceitual. Esta etapa será explicada no capítulo 4. Esta particularidade de aplicação integrada se dá pela complexidade do sistema, com alto número de

variáveis inter-relacionadas e a necessidade de modelar de maneira mais precisa o sistema estudado para implementação computacional.

A etapa de implementação, que será explicada no capítulo 5 será a construção do modelo no *software* Promodel®, a qual será apresentada a partir de metodologia desenvolvida e aplicada neste trabalho para o tipo de sistema estudado. Já a etapa de análise será realizada no capítulo 6, onde cenários serão construídos, simulados, analisados e discutidos em comparação com outros trabalhos desenvolvidos.

O projeto de simulação e suas etapas de modelagem, implementação e análise será explicado em 3 capítulos, dada a particularidade e minuciosidade da elaboração do modelo.

4. CONCEPÇÃO

O primeiro passo para o processo de modelagem em simulação é a criação do modelo abstrato ou conceitual (LAW e KELTON, 2000). Para Robinson (2008a), a modelagem conceitual é uma descrição específica do modelo que será simulado, sem ainda desenvolver programação em *software* do modelo que será desenvolvido. Esta modelagem descreve os objetivos, entradas, saídas, conteúdo, pressupostos e simplificações do modelo (ROBINSON, 2013). Chwif e Medina (2010) explicam essa importância, pois um modelo conceitual abrangente certamente levará a um modelo computacional completo que, consequentemente, levará a um modelo operacional válido. Este capítulo aborda a etapa de Concepção proposta por Montevechi *et al.* (2007) e é a base conceitual para a construção do modelo computacional a partir do sistema real. Esta etapa realizará os passos propostos por Robinson (2008b), em *framework* proposto para modelagem conceitual integrado à técnica IDEF-SIM, sendo esta técnica voltada à diagramação e representação do sistema.

4.1. A aplicação do framework de modelagem conceitual

Robinson (2013), explica que a modelagem conceitual é a abstração, em um modelo de simulação, de uma parte do mundo real que está representando, denominado "sistema real". Este sistema real pode ou não existir verdadeiramente. Essa abstração é a necessidade de uma representação simplificada desse sistema real em um modelo de simulação. Uma satisfatória modelagem conceitual busca obter o nível de simplificação correta, para abstrair no nível certo um modelo que atenda, de maneira adequada, os objetivos propostos. Todos os modelos são simplificações do mundo real e envolvem modelagem conceitual. Mesmo a simulação mais complexa e detalhada faz várias suposições sobre o mundo real e opta por ignorar certos detalhes. Para Brooks e Robinson (2001), o modelo conceitual é uma descrição do sistema a ser simulado, independente do *software* em que será implementado.

Especificamente à etapa de concepção, aplicou-se o *framework* proposto por Robinson (2008b) integrado à técnica IDEF-SIM, apresentada por Montevechi *et al.* (2010) e Silva (2014), cuja orientação é baseada em uma sequência de atividades necessárias para o desenvolvimento de um modelo conceitual, que será aplicada no item 4.2. O *framework* proposto tem como base o modelo proposto também por Robinson (2004), que é orientação geral para modelagem conceitual em projetos de simulação. Este modelo, de caráter iterativo, é apresentado na Figura 4.1 e fornece uma visão geral da estrutura de modelagem conceitual, dividida em cinco atividades-chave: compreender a situação problema, determinar a

modelagem e objetivos gerais do projeto, identificar as saídas ou resultados do modelo, identificar as entradas ou fatores experimentais do modelo e determinar o conteúdo do modelo (alcance e nível de detalhe), identificando quaisquer pressupostos e simplificações.

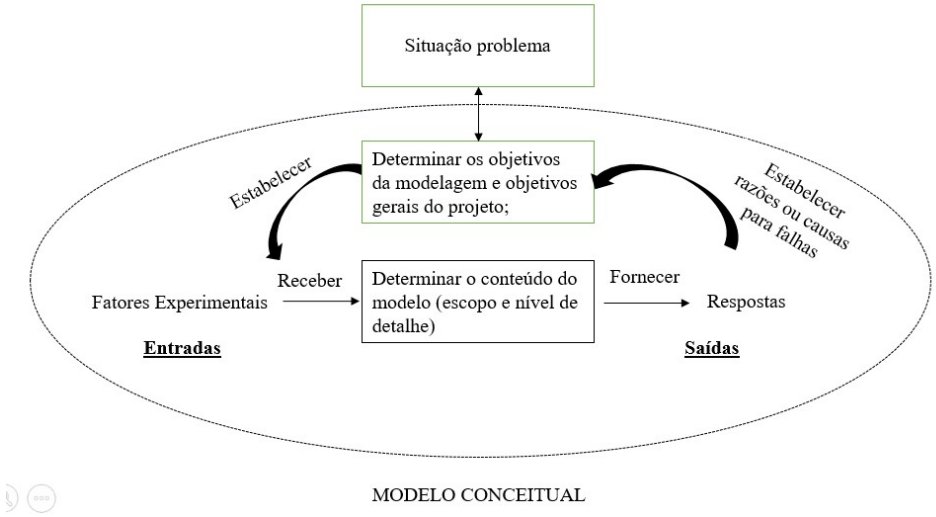


Figura 4.1: Um *framework* para a elaboração de modelos conceituais. Fonte: Robinson (2004); Robinson (2008b).

Apesar do caráter iterativo deste *framework* em modelagem conceitual, sua aplicabilidade é abrangente e não é orientada diretamente para SED. Para implementar um modelo com alto grau de componentes, buscou-se a aplicação integrada entre o *framework*, para a compreensão e delimitação do sistema estudado e a técnica IDEF-SIM, uma vez que esta técnica é aplicável diretamente a modelos voltados à SED.

A partir do *framework* apresentado, parte-se para um detalhamento específico do modelo (Seções 4.1.1 a 4.1.5). Somente após este detalhamento conceitual, será aplicada, no item 4.2, a técnica IDEF-SIM para representação diagramática que fornecerá subsídio à estruturação completa do modelo computacional

4.1.1. Objetivos de Modelagem e Objetivos gerais do Projeto

Três pontos definem os objetivos de modelagem: Resultado, Desempenho e Restrições. Entendendo que o sistema logístico de exportação da soja precisa buscar alternativas que permitam uma análise do sistema como um todo, procura-se desenvolver um modelo computacional, baseado em SED, para análise do comportamento do sistema de exportação da soja brasileira, com origem nas microrregiões do estado brasileiro do Mato Grosso, em função de custos e operacionalidade.

Como resultado do modelo pretende-se fornecer subsídios para novos projetos e diretrizes de avanços infra estruturais e logísticos da soja brasileira e, genericamente, do mercado de grãos para exportação. Em termos de desempenho, serão gerados cenários alternativos, cujas performances serão medidas comparativamente, entre si e com o sistema real, buscando configurações que minimizem o sistema ou seus componentes em termos de custos ou operações. As limitações que o modelo possui estão descritas no item 4.1.5.

Em relação aos objetivos do projeto de simulação, são 5 pontos a se esclarecer: Flexibilidade, Velocidade de execução, exibição visual, facilidade de uso e reutilização do modelo. As características relacionas ao projeto aplicado estão no Quadro 4.1.

Quadro 4.1: Características relacionadas ao projeto de simulação.

Característica	Aplicação	Nível
Flexibilidade	Modelo flexível, podendo ser expandido para maior número de origens, destinos e rotas.	Médio
Velocidade de execução	Execução rápida, entre 3 e 4 horas por Cenário.	Alto
Exibição visual	Exibição visual pode ser adaptável para diferentes configurações ou *layout*s. Interface gráfica em 2D útil para validação do modelo.	Satisfatório
Facilidade de uso	Rápida e fácil mudança de parâmetros no modelo construído.	Alto
Reutilização do modelo	Modelo integrado através de programação. Necessário conhecimento preliminar e específico para configurar novos Cenários.	Médio

Verifica-se, então, no modelo aplicado, que este atende os requisitos e cumpre seus objetivos de concepção de projeto. Como o modelo é criado a partir de um sistema real, suas principais restrições referem-se à flexibilidade, reutilização. Um modelo é como um laboratório, onde as condições, por mais fidedignas que sejam, pertencem a um ambiente controlado ou semi-controlado.

Apesar das restrições encontradas, no item 4.6 é apresentado um método para construção e adaptação do modelo para sistemas com característica semelhantes ao sistema estudado.

4.1.2. Identificação das saídas do modelo (respostas)

Após a definição dos objetivos do modelo, os próximos passos são a identificação das saídas e entradas do modelo. As saídas são colocadas em primeiro lugar pois é provavelmente mais fácil pensar inicialmente em termos do que os clientes querem de um modelo, em vez de quais as mudanças que pode fazer enquanto faz-se experimentos com o modelo. As respostas têm dois propósitos: identificar se os objetivos de modelagem estão sendo atingidos e apontar

as razões pelas quais os objetivos não estão sendo atingidos, caso eles não o sejam. No modelo aplicado, são identificadas saídas para os dois propósitos e apresentadas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2: Saídas do modelo aplicado

Saídas do Modelo (para determinar a realização dos objetivos)
Toneladas de Soja no sistema
% e total de utilização dos portos
Quantidade de soja recebida nos destinos finais
Quantidade de soja expedida por rota
Custo total da operação por Cenário
Saídas (para determinar razões para o fracasso de cumprir os objetivos)
% modos de transporte utilizados
% portos ociosos
Quantidade de soja no sistema ao final da simulação
Quantidade e % de rotas não utilizadas, por origem

As variáveis de saída propostas no Quadro 4.2 foram selecionadas durante a concepção do modelo pois são as variáveis fundamentais para a análise dos resultados do modelo proposto, que relacionam os quantitativos de soja nos diversos locais do modelo, a distribuição percentual alocada pela lógica implementada e os custos associados a cada cenário que será estabelecido.

4.1.3. Identificação das entradas do modelo (fatores experimentais)

Os fatores experimentais são os dados do modelo, que podem ser alterados, para que objetivos de modelagem sejam atingidos. Os fatores experimentais são um subconjunto limitado dos dados gerais de entrada, que são necessários para a realização do modelo. Assim como na identificação das saídas, a identificação das entradas é impulsionada pelos objetivos de modelagem. No modelo aplicado, o Quadro 4.3 identifica os fatores experimentais do modelo proposto, que podem ser adequados para geração dos experimentos.

Quadro 4.3: Entradas do modelo (fatores experimentais)

Entradas
Processo de chegada, por origem
Velocidade dos recursos de transporte utilizados
Capacidade de armazenamento nos terminais de transbordo, portos exportadores e importadores
Capacidade dos veículos de transporte
Capacidade de carregamento nos terminais de transbordo, portos exportadores e importadores
Capacidade de carregamento nos terminais de transbordo e Portos exportadores
Quantidade de veículos de transporte

4.1.4. Determinação do conteúdo do modelo: escopo e nível de detalhes

A partir deste ponto, o modelo conceitual torna-se específico para simulação. Para se determinar o escopo de um modelo, é necessário a identificação de 4 elementos, propostos por

Pidd (2004) e aplicados por Robinson (2008b), que são: as entidades, as atividades, as filas e os recursos. Robinson (2008b) também propõe um método, em 3 passos, para determinação do escopo de um modelo (Figura 4.2).

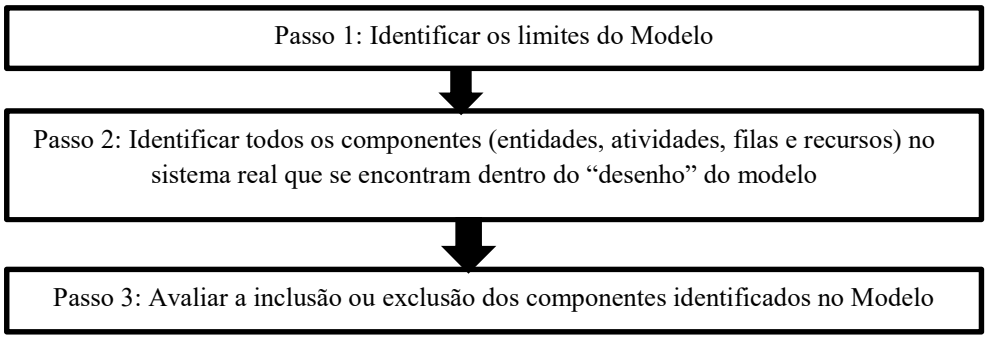


Figura 4.2: Passos para a determinação do escopo de um modelo

Com os passos descritos na Figura 4.2, espera-se que haja uma série de iterações entre os três passos antes que o escopo do modelo esteja totalmente acordado entre as partes envolvidas. Os registros também devem ser documentados para o desenvolvimento de modelos, a validação e a reutilização. Esse debate poderia incidir sobre a validade, credibilidade, utilidade e viabilidade de cada versão do modelo. No Quadro 4.4, são executados e documentados os passos apresentados para o modelo proposto.

Quadro 4.4: Execução dos passos para construção do modelo conceitual

Componente	Incluir/Excluir	Justificativa
Entidades		
Soja em grão (toneladas)	Incluir	Respostas do modelo
Atividades		
Armazéns	Excluir	Não se aplica ao nível estratégico do modelo
Origens (Microrregiões)	Incluir	Fator experimental
Terminais Multimodais	Incluir	Fator experimental
Portos Exportadores	Incluir	Fator experimental
Portos Importadores	Incluir	Fator experimental
Destinos finais	Incluir	Fator experimental
	Incluir	Fator experimental
Filas		
Rotas alternativas	Incluir	Rotas alternativas disponibilizadas, porém limitadas.
Capacidades nas Origens	Excluir	Suponha sempre disponível
Capacidades nos Portos	Incluir	Capacidade é fator limitante e decisório
Capacidade nos Terminais	Incluir	Capacidade é fator limitante e decisório
Sistemas de carregamento nos Portos e Terminais	Incluir	Elemento gargalo e limitante
Recursos		
Veículos	Incluir	Definido por rota
Sistemas de carregamento e	Excluir	Considerada a taxa de carregamento
descarregamento	Excluir	Nível do modelo mais estratégico
Operadores		

A primeira coluna do Quadro 4.4 segue os passos 1 e 2, apresentando uma lista dos componentes limitantes ao modelo. A segunda coluna regista as decisões do Passo 3 e a terceira coluna descreve o raciocínio por trás da decisão de incluir ou excluir cada componente. Este registro na tabela fornece uma representação em torno do qual os agentes envolvidos com o modelo possam debater sobre o escopo do modelo. A partir de então, juntamente a esta tabela, seria útil ter um diagrama do sistema. Na representação visual aplicada por Robinson (2008b), uma espécie de layout já fornece uma visão mais acessível das decisões realizadas, mas fornecendo informações limitadas, sendo a tabela a responsável por fornecer mais detalhes, especialmente em relação a justificativa do escopo modelo. A partir destas informações, propõe-se, neste trabalho, a incorporação da técnica IDEF-SIM, acompanhando todas as etapas propostas na modelagem conceitual. Esta técnica representa esquematicamente o modelo já orientado à SED e resulta em um documento integrado ao "*Design Model*", pois a aplicação do IDEF-SIM ao Framework de Robinson, além de apresentar visual e esquematicamente o modelo conceitual, já fornece toda a lógica de desenvolvimento e construção do modelo computacional.

4.1.5. Pressupostos e Simplificações do Modelo

Pressupostos são realizados quando existem incertezas sobre o mundo real que está sendo modelado, enquanto que simplificações são incorporadas mais rapidamente a um modelo para permitir seu melhor desenvolvimento e utilização. Assim, foram listados os seguintes pressupostos e simplificações do modelo aplicado:

- As origens são regiões brasileiras, agrupadas a partir do nível de microrregiões, de acordo com a produção de soja (19 regiões estabelecidas);
- São considerados 11 portos exportadores, baseado na exportação real de soja e localização geográfica;
- São considerados 2 destinos finais, correspondendo aos principais importadores da soja brasileira – Ásia e Europa;
- Foram definidas até 21 rotas para cada origem, sendo os trechos rodoviários definidos como os caminhos mais curtos, em distância, entre dois lugares;
- Caminhões estão sempre disponíveis nos trechos rodoviários;
- Navios estão sempre disponíveis nos Portos, sendo utilizados de acordo com a taxa de carregamento.

Nível de detalhe

Já definido o escopo, é necessária a elaboração do nível de detalhe do modelo. Para isso, são necessários os dados requeridos do modelo (PIDD, 2004). A identificação destes dados é elaborada com referência aos seus componentes e detalhes que serão incluídos no modelo no momento em que estes dados precisam estar disponíveis. Isto apoia a ideia de que o modelo deve conduzir os dados e não vice-versa (PIDD, 1999). Para o modelo aplicado, são listados os seguintes dados requeridos:

- Quantidade de soja exportada, por microrregião, por unidade de tempo;
- Taxas de carregamento nos terminais multimodais e nos Portos exportadores;
- Capacidade estática dos terminais multimodais e Portos exportadores;
- Velocidades médias nas vias, por modo de transporte;
- Distâncias dos trechos presentes nas rotas;
- Custo logístico da rota escolhida;
- Capacidade de transporte dos recursos, em toneladas.

4.2. A aplicação da Técnica IDEF-SIM

Robinson (2008b) apresentou um conjunto de tabelas estruturadas em *framework* para detalhamento do modelo conceitual, cujos passos foram seguidos para estruturação do modelo conceitual desta pesquisa. Entretanto, essa estruturação não indica uma diagramação do modelo a ser construído, bem como não orienta diretamente à SED. Desta forma, se fez uso da técnica IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*), apresentada por Leal (2008), Montevechi *et al.* (2010) e Silva (2014), cuja característica principal desta técnica é possuir lógica de aplicação diagramática semelhante à lógica utilizada em SED (MONTEVECHI *et al.*, 2010).

O IDEF-SIM é uma adaptação dos elementos lógicos presentes nas técnicas IDEF0 e IDEF3, voltado à lógica de interpretação utilizada em projetos de simulação. A principal característica do IDEF-SIM é a similaridade da sua lógica de aplicação com a lógica utilizada na implementação de modelos de simulação a eventos discretos. Esta característica tem como

objetivo a criação e diagramação de um modelo conceitual do processo a ser simulado que contenha elementos necessários na fase de modelagem computacional.

A Figura 4.3 apresenta a simbologia utilizada na técnica IDEF-SIM. A seguir são apresentadas as funções de cada elemento apresentado

a) Entidade: Itens a serem processados pelo sistema, representando matéria-prima, produtos, pessoas, documentos, entre outros;

b) Funções: Locais onde a entidade sofrerá alguma ação. Entendem-se como funções os postos de trabalho, esteiras de movimentação, filas e estoques e postos de atendimento;

c) Fluxo da entidade: Direcionamento da entidade dentro do modelo;

d) Recursos: Elementos utilizados para movimentar as entidades e executar as funções. Os recursos podem representar pessoas ou equipamentos;

e) Controles: Regras utilizadas nas funções, como sequenciamento, regras de filas, programações, entre outros;

f) Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos: Estas regras são chamadas de junções, na técnica IDEF3;

g) Movimentação: Deslocamento de entidade, no qual o modelador acredita possuir efeito importante sobre o modelo;

h) Informação explicativa: Utilizada para inserir uma explicação no modelo, com o objetivo de facilitar o entendimento do modelo;

i) Fluxo de entrada no sistema modelado: Define a entrada ou criação das entidades dentro do modelo;

j) Ponto final do sistema: Define o final de um caminho dentro do fluxo modelado. Tudo o que se encontra além deste ponto está fora dos limites do modelo;

k) Conexão com outra figura: Utilizado para dividir o modelo em figuras diferentes.

Figura 4.3: Elementos e simbologia do IDEF-SIM. Fonte: Leal (2008), Montevechi *et al*. (2010) e Silva *et al*. (2014).

Elementos	Simbologia	Técnica de origem
Entidade		IDEF3 (modo descrição das transições)
Funções		IDEF0
Fluxo da entidade		IDEF0 e IDEF3
Recursos		IDEF0
Controles		IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	& Regra E	IDEF3
	X Regra OU	
	o Regra E/OU	
Movimentação		Fluxograma
Informação explicativa		IDEF0 e IDEF3
Fluxo de entrada no sistema modelado		
Ponto final do sistema		
Conexão com outra figura		

Devido à complexidade no número de redes existentes, o modelo conceitual construído no IDEF-SIM, foi dividido em 4 partes (Figuras 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7). Cada representação esquemática representa uma etapa de construção do modelo, associada a modos de transportes específicos.

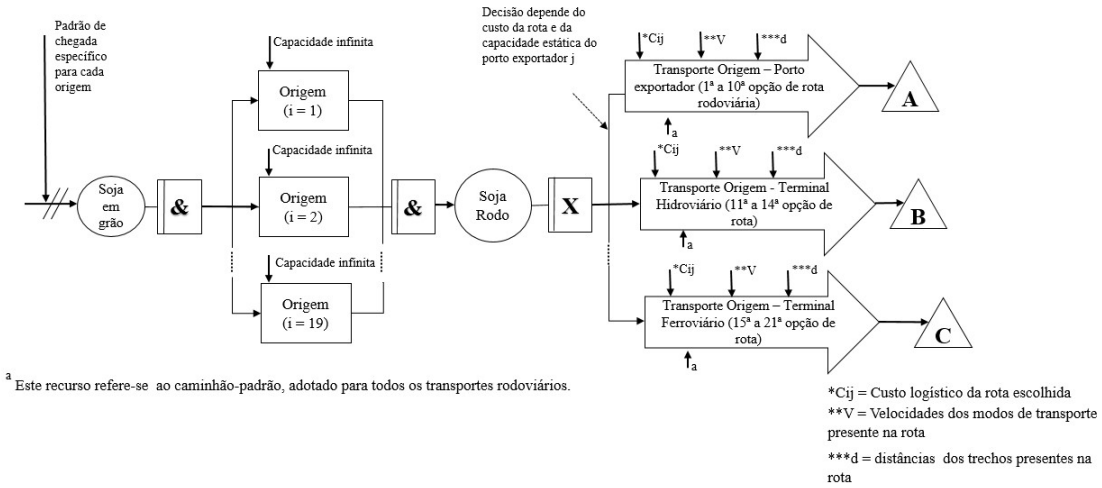


Figura 4.4: Representação do modelo no IDEF-SIM – Parte I – Chegadas, decisões e rotas rodoviárias.

A Figura 4.4 representa a primeira parte do IDEF-SIM do modelo construído, desde a construção das origens e entrada de entidades nas origens, mudança de entidade (de inicialmente "Soja" para "SojaRodo"), e transportes rodoviários das origens aos destinos especificados. Percebe-se na representação as premissas, controles, recursos, restrições e variáveis necessárias para o desenvolvimento do modelo. Na Figura 4.4, a linha pontilhada entre linhas contínuas foi utilizada para representar atividades que se repetem, como por exemplo, a chegada de entidade soja em cada região considerada. Esta linha pontilhada será utilizada também nas Figuras 4.5, 4.6 e 4.7, também para atividades com mesmas atribuições.

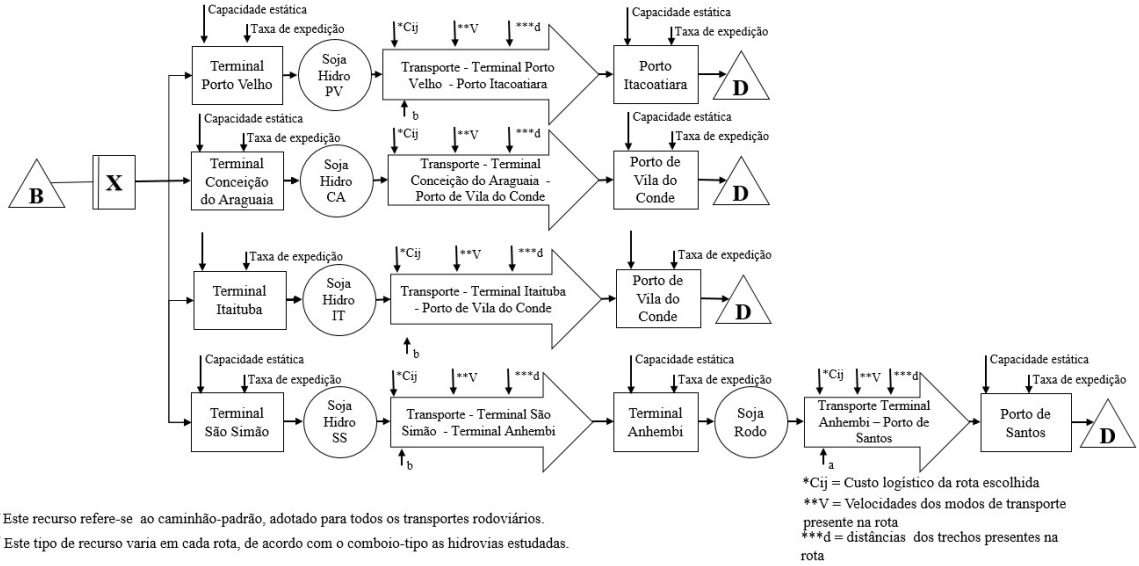


Figura 4.5: Representação do Modelo no IDEF-SIM – Parte II – Rotas multimodais hidrorodoviárias.

A Figura 4.5 representa as rotas multimodais hidro-rodoviárias, que serão representadas no modelo, desde a entrada nos terminais, a partir de trechos rodoviários, com transporte pelas hidrovias, eventual recomposição rodoviária (no caso da hidrovia Tietê-Paraná) e chegada ao Porto exportador específico daquela rota. Percebe-se a mudança de entidade, especificamente para cada rota. A Figura 4.5 também apresenta as premissas, controles, recursos, restrições e variáveis necessárias para o desenvolvimento do modelo.

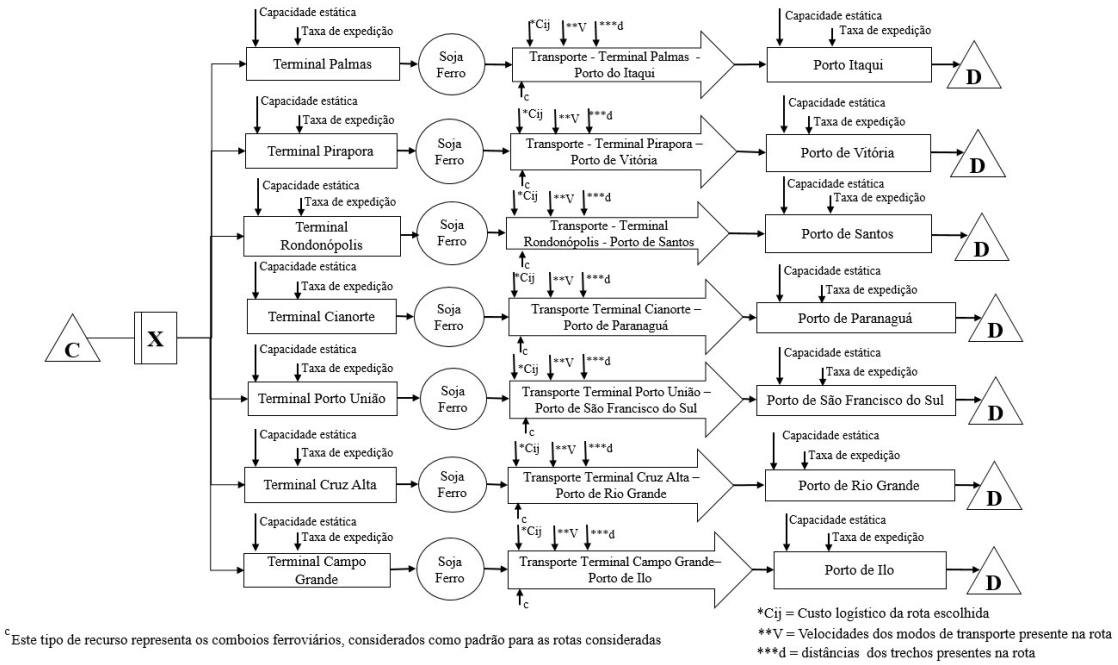


Figura 4.6: Representação do modelo no IDEF-SIM – Parte III – Rotas multimodais rodoferroviárias.

A Figura 4.6 representa as rotas multimodais rodoferroviárias, que serão representadas no modelo, desde a entrada nos terminais, a partir de trechos rodoviários, com o transporte pelas ferrovias, e chegada ao porto exportador específico daquela rota, com premissas, controles, recursos, restrições e variáveis necessárias para o desenvolvimento do modelo. Percebe-se a mudança de entidade, padrão para todas as ferrovias, denominada "SojaFerro".

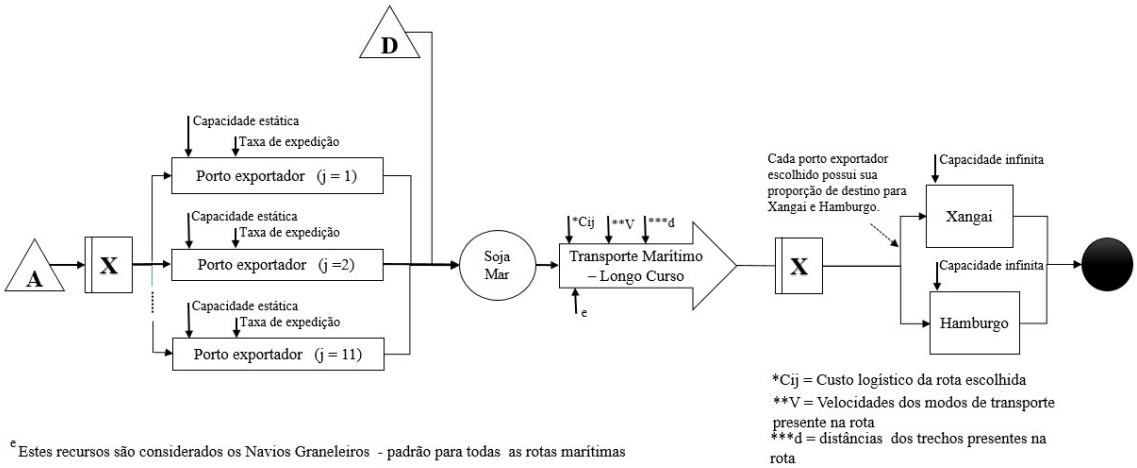


Figura 4.7: Representação do modelo no IDEF-SIM – Parte IV – exportação, transporte marítimo e destinos finais.

A Figura 4.7 representa a chegada de todas as rotas aos portos exportadores, a criação de nova entidade, denominada "Soja_Maritimo", que representa a entidade a ser transportada nos navios e a destinação final do produto soja aos portos internacionais estabelecidos. São

também representadas as premissas, controles, recursos, restrições e variáveis necessárias para o desenvolvimento do modelo.

Além da representação no IDEF-SIM, é apresentado também um exemplo da representação do modelo, a partir de apenas uma origem (no caso, a Origem 2 e suas possíveis rotas para os 11 portos considerados), na Figura 4.8. A Partir dos portos brasileiros, a soja é transportada para os Portos Internacionais (neste modelo, Xangai e Hamburgo. Da mesma forma, todas as origens possuem comportamento similar para chegada aos portos, variando-se as distâncias rodoviárias aos Portos exportadores ou aos Pontos de transbordo multimodal. Nesta seção ainda serão definidas as origens, os destinos, os pontos de transbordo, os portos exportadores e importadores, os recursos utilizados nas rotas, os custos e validação do modelo conceitual.

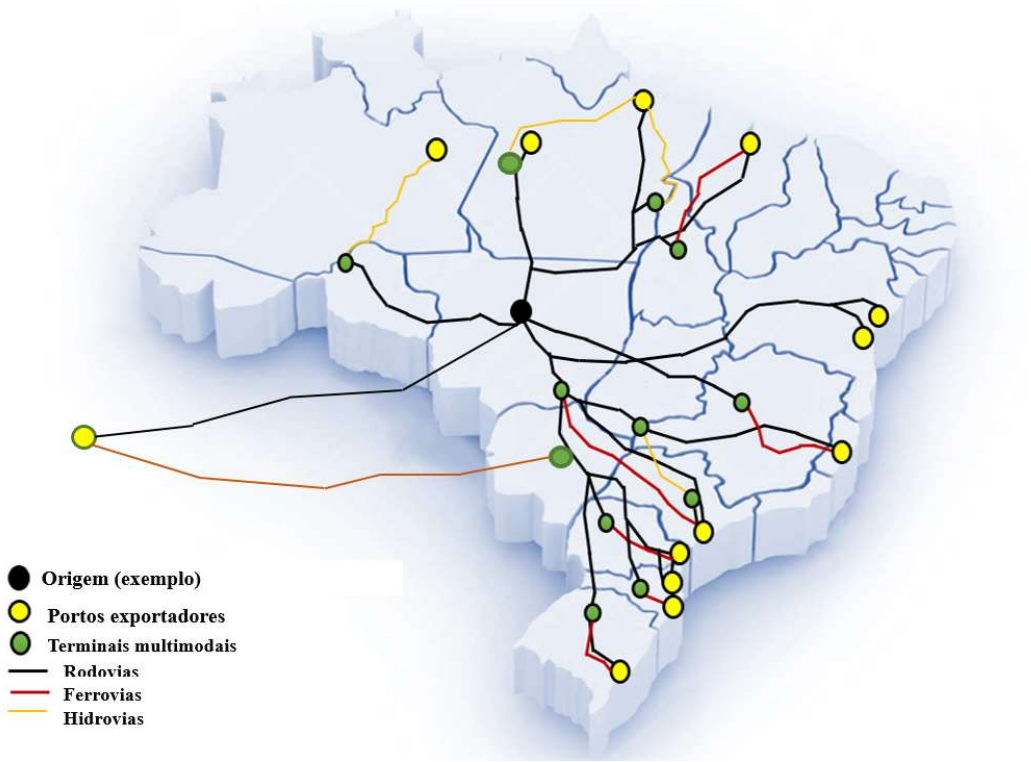


Figura 4.8: Exemplo de possibilidade de rotas inseridas no modelo

4.3. Validação do modelo conceitual

Para checar se o modelo concebido se comporta de acordo com o sistema real, utilizou-se a validação face a face, apresentada por Sargent (2013), que consiste na avaliação dos requisitos relacionados nas etapas de implantação do *framewok* proposto por Robinson (2008) e na análise da diagramação do IDEF-SIM, tanto pelos autores analistas do processo, como por pares das áreas de simulação e logística. Após esta validação, o modelo conceitual, foi

documentado para consultas futuras, servindo como base de dados para a etapa de construção do modelo computacional.

4.4. Detalhamento da estruturação do modelo

Após a estruturação do modelo conceitual, se faz necessário parametrizar os dados de entrada do modelo. Assim, nos itens 4.3.1 a 4.3.7 são apresentados todos os parâmetros considerados necessários para a construção do modelo computacional.

4.3.1. Determinação das origens (i)

As origens são os pontos de partida do modelo, onde são realizadas as chegadas das entidades e, a partir desta chegada, é escolhida a melhor rota para escoamento. Nesta pesquisa, o nível mínimo de agregação espacial escolhido para análise tem como base as microrregiões brasileiras. Porém, das 558 microrregiões no Brasil, 249 produzem soja. Considera-se também que algumas microrregiões produzem mais que as outras, chegando a uma microrregião produzir mais que estados ou regiões administrativas. Assim, baseada em critérios de produtividade, essa agregação em microrregiões pode se estender até o nível de regiões administrativas. A Figura 4.9 apresenta a configuração a produção de soja, no Brasil, por microrregião, no ano de 2015.

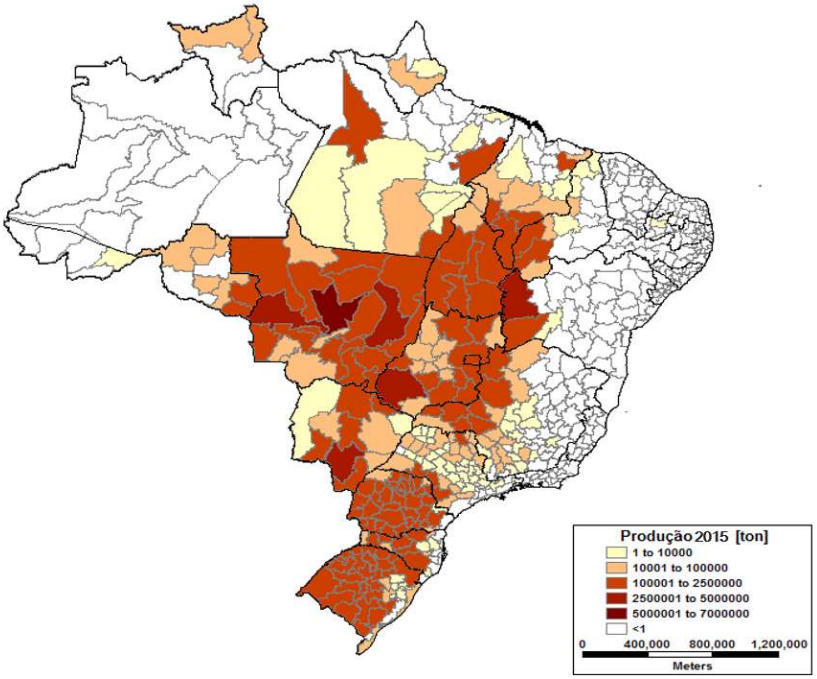


Figura 4.9: Produção de soja no Brasil, em 2015. Fonte: SIDRA (2017).

O número de microrregiões brasileiras produtoras de soja inviabilizaria a construção do modelo computacional baseado em SED. Conforme será explicado mais adiante, serão estabelecidas 21 rotas para cada origem. Estabelecer as origens em microrregiões alcançaria o valor de 10.458 rotas para a construção do modelo computacional, o que seria um valor alto para a implantação em *softwares* direcionados à SED, como o utilizado nesta pesquisa. Assim, visando seguir as diretrizes dos princípios de simplificação de modelos proposto por Pidd (1999), foi realizado o agrupamento de microrregiões, de acordo com a produção de soja, de acordo com a produção e área total, para que pudessem ser definidas as origens do modelo. O ponto de origem em cada região considerada, para construção das rotas, é o município com maior produção daquela região escolhida.

Assim, como origens, foram definidas 19 novas regiões, de acordo com a produção de soja e área máxima da região. Inicialmente, no processo de pesquisa, buscou-se um agrupamento apenas em microrregiões. Entretanto, percebeu-se que, enquanto algumas microrregiões brasileiras possuem altíssima produção anual, outras não produzem soja. Assim, a partir do valor das 3 maiores microrregiões produtoras (Alto Teles Pires e Parecis, no estado do Mato Grosso e Dourados, no estado do Mato Grosso do Sul), foi-se ajustando um processo de agrupamento. De acordo com a produção, o agrupamento chegou a se dar em nível de Estados brasileiros. O ponto de origem de cada região é o município com maior produção dentro da região estabelecida. A Tabela 4.1 apresenta o detalhamento das regiões definidas para o modelo, com a região, o município considerado como ponto de início das rotas, as regiões brasileiras consideradas (de acordo com o agrupamento em microrregião, mesorregião, estado ou divisão em regiões) e os motivos para o agrupamento considerado e a Figura 4.10 apresenta a divisão do Brasil proposta para a construção do modelo.

Tabela 4.1: Regiões consideradas para a construção das origens da soja brasileira. Fonte de dados: SIDRA (2017)

Região	Região considerada	Origem	Produção (Toneladas Soja/ ano)	Motivos
Região 1	Estados: Amazonas (AM), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR), Acre (AC)	Paragominas (PA)	1856271	Baixa Produção Necessário o agrupamento de estados para aumento de produção.
Região 2	Estados: Maranhão (MA), Tocantins (TO), Piauí (PI), Ceará (CE, Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB)	Balsas (MA)	6290596	Produção concentrada em três estados (MA, TO, PI) Ausência de produção em outros três estados (CE, RN, PB)
Região 3	Estados: Bahia (BA), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Sergipe (SE).	Santa Maria da Vitória (BA)	4514183	Produção existente apenas em um estado (BA) Ausência de produção nos demais estados (PE, AL, SE)

Tabela 4.1: Regiões consideradas para a construção das origens da soja brasileira (CONTINUAÇÃO). Fonte de dados: SIDRA (2017).

Região 4	Microrregião - Alto Teles Pires (MT)	Sorriso (MT)	6933214	Altíssima produção em apenas uma microrregião
Região 5	Microrregião - Parecis (MT)	Sapezal (MT)	4225877	Altíssima produção em apenas uma microrregião
Região 6	Mesorregião: Noroeste Mato-grossense (MT), exceto Microrregiões de Alto Teles Pires e Parecis.	Sinop (MT)	6496864	Boa produtividade
Região 7	Mesorregião: Nordeste Mato-grossense (MT)	Querência (MT)	5116458	Boa produtividade
Região 8	Mesorregiões: Sudoeste Mato-grossense (MT), Centro-Sul Mato-grossense (MT) e Sudeste Mato-grossense (MT).	Itiquira (MT)	5078541	Agrupamento de mesorregiões para alcançar bom nível de produção
Região 9	Mesorregiões Noroeste de Goiás (GO), Norte de Goiás (GO), Centro de Goiás (GO) e Leste de Goiás (GO) Distrito Federal (DF)	Cristalina (GO)	2612120	Agrupamento de mesorregiões para alcançar bom nível de produção
Região 10	Mesorregião: Sul Goiano (GO)	Jataí (GO)	6174922	Boa produtividade
Região 11	Microrregião de Dourados (MS)	Maracaju (MS)	3806600	Altíssima produção em apenas uma microrregião
Região 12	Estado: Mato Grosso do Sul (MS), exceto microrregião Dourados.	São Gabriel do Oeste (MS)	3499008	Boa produtividade
Região 13	Estados: Minas Gerais (MG) São Paulo (SP) Rio de Janeiro (RJ) Espírito Santo (ES)	Unaí (MG)	5930317	Necessário o agrupamento de estados para aumento de produção. Ausência de produção em dois estados (RJ, ES)
Região 14	Mesorregiões: Noroeste Paranaense (PR), Centro-Ocidental Paranaense (PR), Norte Central Paranaense (PR), Norte Pioneiro Paranaense (PR).	Mamborê (PR)	7127901	Agrupamento de mesorregiões para alcançar bom nível de produção
Região 15	Mesorregiões: Oeste Paranaense (PR) Sudoeste Paranaense (PR)	Assis Chateaubriand (PR)	5054452	Agrupamento de mesorregiões para alcançar bom nível de produção
Região 16	Mesorregiões: Centro-Oriental Paranaense (PR), Centro-sul Paranaense (PR), Sudeste Paranaense (PR) e Região Metropolitana de Curitiba (PR)	Guarapuava (PR)	5047025	Agrupamento de mesorregiões para alcançar bom nível de produção
Região 17	Estado: Santa Catarina Mesorregião: Nordeste rio-grandense (RS) Microrregiões: Santa Rosa (RS), Três Passos (RS), Frederico Westphalen (RS), Erechin (RS), Sananduva (RS), Cerro Largo (RS).	Muitos Capões (RS)	5499964	Agrupamento de um estado (SC) à mesorregião e microrregião de outro (RS), para alcançar boa produtividade.
Região 18	Mesorregião: Noroeste rio-grandense (RS), exceto microrregiões: Santa Rosa (RS), Três Passos (RS), Frederico Westphalen (RS), Erechim (RS), Sananduva (RS), Cerro Largo (RS).	Cruz Alta (RS)	6828343	Boa produtividade no restante da mesorregião.
Região 19	Mesorregiões: Metropolitana de Porto Alegre (RS), Centro-Oriental rio-grandense, Centro-Ocidental rio-grandense, Sudeste rio-grandense e Sudoeste rio-grandense.	Cachoeira do Sul (RS)	5372280	Agrupamento de mesorregiões para alcançar bom nível de produção

Figura 4.10: Divisão brasileira para determinação das origens do modelo desenvolvido.

Ao se comparar a divisão realizada na Figura 4.10 com a Figura 4.9, percebe-se que a definição das origens segue a orientação da distribuição espacial da soja brasileira, com maior concentração de origens no eixo centro-sul do Brasil. Esta divisão proposta tem o intuito de associar a distribuição espacial da soja brasileira à construção de um modelo de SED, cujo *trade-off* "processo de simplificação *versus* abstração da realidade" precisa ser válido para a implementação do modelo.

4.4.2. Entidade e Processo de chegada nas origens

As entidades são "objetos" da simulação com características próprias e suas atividades, no decorrer da simulação, servem como parâmetro fundamental para análise do comportamento do sistema. Neste modelo, a entidade inicial considerada para análise foi denominada "soja" e possui característica dinâmica, ou seja, se desloca pelo sistema implementado. Inicialmente, cada entidade representa 1 tonelada de soja em grão que chega às microrregiões, e percorre o sistema. A partir da escolha de rotas, as entidades são agrupadas em "lotes" e passam a possuir valores diferentes, para simplificar a movimentação. Desta forma, foram criadas 7 entidades, com características específicas, que se alternam ao longo do modelo, de acordo com a rota escolhida.

Em relação ao processo de chegada, consultou-se a base de dados disponibilizados em SIDRA (2017), referente à produção, por microrregião, em 2015. Segundo ALICEWEB (2017), o Brasil exportou, em 2015, 55,74% de sua produção de soja em grão. Assim, considerou-se, como chegadas, em cada uma das 19 regiões consideradas, o equivalente a 55,74% de sua produção. Como as chegadas precisam ser discretizadas e possuir um fluxo, seu valor é estabelecido em toneladas, com chegadas horárias proporcionais ao ano de 2015. A Tabela 4.2 apresenta o processo de chegada, em cada região estabelecida. Na construção de cenários, com projeções estabelecidas, o valor do processo de chegada é adicionado aos percentuais destas projeções.

Tabela 4.2: Processo de chegada nas regiões estabelecidas para o modelo.

Região	Exportação anual considerada	Processo de chegada (Toneladas/hora)
Região 1	982.517	114
Região 2	3.329.589	385
Região 3	2.389.340	276
Região 4	3.669.724	425
Região 5	2.236.741	259
Região 6	3.438.766	398
Região 7	2.708.122	313
Região 8	2.688.053	311
Região 9	1.382.585	160
Região10	3.268.363	379
Região 11	2.014.819	233
Região 12	1.852.012	214
Região 13	3.138.894	363
Região 14	3.772.771	437
Região 15	2.675.302	310
Região 16	2.671.371	309
Região 17	2.911.110	337
Região 18	3.614.216	418
Região 19	2.843.527	329

4.4.3. Portos Exportadores (j)

Em relação aos portos brasileiros (exportadores), foram 16 os portos exportadores de soja no ano de 2015 (ANTAQ, 2016). Para o modelo construído, baseado nos relatórios consultados e nas localizações portuárias adjacentes, foram considerados 11 Portos brasileiros como exportadores, de acordo com a Tabela 1, e adicionado o Porto de Ilo, no Peru, em alguns cenários. Esta adição baseia-se em diversos estudos, dentre os quais destacam-se os apresentados por Almeida *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2011), que consideraram a travessia da Cordilheira dos Andes uma potencial rota para o escoamento de grãos brasileiros.

De acordo com Almeida *et al.* (2013), utilizar o Oceano Pacífico como alternativa para escoamento e abastecimento do mercado internacional é um sonho antigo e se tornou importante não somente pela crescente demanda do mercado asiático, mas também pela importância em fortalecer parcerias, objetivando o crescimento regional de países da América do Sul. A travessia das Cordilheiras dos Andes, cruzando países como Peru, Argentina e Chile, é uma das possibilidades para o escoamento da soja produzida por brasileiros e com destino à China. Com isso, existe a hipótese de que essas opções alternativas de rota possam reduzir os custos logísticos de muitos produtores de soja, já que a travessia marítima do pacífico garante seis dias a menos na viagem entre Brasil e China quando comparada com a mesma viagem feita via Oceano Atlântico (ALMEIDA *et al*., 2013). O Quadro 4.5 apresenta a listagem dos Portos exportadores considerados para o desenvolvimento do modelo.

Quadro 4.5: Lista de portos exportadores considerados no sistema modelado.

Itacoatiara – AM	Santos – SP
Santarém – PA	Paranaguá – PR
Vila do Conde – PA	São Francisco do Sul – SC
Itaqui – PA	Rio Grande – RS
Salvador – BA	Ilo – PER
Vitória – ES	

4.4.4. Destinos finais (k)

Em relação a soja brasileira exportada em 2015, a China aparece como principal país importador (75,3%) (ALICEWEB, 2017; MUHAMMAD, 2010). Já a Europa absorve 10,3% das exportações brasileiras (ALICEWEB, 2017). Relatórios de exportação da soja brasileira também são apresentados em Salin (2016), para os Portos de Xangai, na China, e Hamburgo, na Alemanha, como chegada principal da soja brasileira para os principais destinos importadores. Neste trabalho, para a construção do modelo, considerou-se também estes dois portos como destino final à soja brasileira. A partir de dados disponíveis em ALICEWEB (2017), proporcionalizou-se, em cada porto exportador, a parcela destinada aos dois portos importadores considerados.

4.4.5. Rotas e Recursos

Cada origem estabelecida foi construída com até 21 alternativas de escoamento, de acordo com cada cenário simulado. São 11 alternativas rodoviárias (referentes a cada porto exportador, com exceção do Porto de Itacoatiara) e 10 alternativas multimodais, com os principais eixos multimodais de escoamento de grãos (existentes e projetados). O Porto de Itacoatiara, em razão de sua localização, possui apenas a possibilidade multimodal. Dessa

forma, foram estabelecidas, então, até 399 rotas rodoviárias partindo das origens, por rotas unimodais (rodoviárias) e multimodais. As rotas multimodais serão detalhadas na Tabela 4.3.

Para as rotas rodoviárias, adotou-se o caminhão tipo bitrem graneleiro como caminhão-padrão, cuja capacidade máxima de transporte, no Brasil, é de 37 toneladas (ROSSETI, 2016; OLIVEIRA NETO, 2009). Para as rotas marítimas, o tipo de embarcação parametrizada será o navio tipo *Handymax* graneleiro, cuja capacidade de carga é de até 55.000 toneladas (CENTEQ, 2016). Foi utilizado este valor máximo para as simulações. Através de *software*s de mapas e rotas, foram estabelecidas todas as distâncias rodoviárias das origens consideradas aos portos exportadores e às cidades que possuem terminais de transbordo multimodal. Todas as rotas consideradas, a partir de uma origem *i* são apresentadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Rotas definidas para o modelo. Fonte: ANTAQ (2016), PORTOGENTE (2016), FCASA (2016), BRASIL (2016), SFAGRO (2016).

Rota	Tipo	Modal	Origem – Destino	Trecho (km)	Meio de transporte	Situação real
1	Multimodal	R	Origens - Porto Velho (RO)	Variados	Caminhões padrão	Operante
		H	Porto Velho (RO) – Porto de Itacoatiara (AM)	1100	Comboio-tipo 40000 toneladas	
2	Unimodal	R	Origem - Porto de Santarém (PA)	Variados	Caminhões padrão	Operante
3	Unimodal	R	Origem - Porto de Vila do Conde (PA)	Variados	Caminhões padrão	Operante
4	Unimodal	R	Origem - Porto do Itaqui (MA)	Variados	Caminhões padrão	Operante
5	Unimodal	R	Origem - Porto de Salvador (BA)	Variados	Caminhões padrão	Operante
6	Unimodal	R	Origem - Porto de Vitória (ES)	Variados	Caminhões padrão	Operante
7	Unimodal	R	Origem - Porto de Santos (SP)	Variados	Caminhões padrão	Operante
8	Unimodal	R	Origem - Porto de Paranaguá (PR)	Variados	Caminhões padrão	Operante
9	Unimodal	R	Origem - Porto de São Francisco do Sul (SC)	Variados	Caminhões padrão	Operante
10	Unimodal	R	Origem - Porto de Rio Grande (RS)	Variados	Caminhões padrão	Operante
11	Unimodal	R	Origem - Porto de Ilo	Variados	Caminhões padrão	Operante
12	Multimodal	R	Origens – Terminal de Conceição do Araguaia (PA)	Variados	Caminhões Padrão	Inoperante
		H	Terminal de Conceição do Araguaia (PA) – Porto de Vila do Conde (PA)	1083	Comboio-tipo 8000 Toneladas	
13	Multimodal	R	Origens - Terminal de Itaituba (PA)	Variados	Caminhões Padrão	Operante
		H	Terminal de Itaituba (PA) – Porto de Vila do Conde (PA)		Comboio-Tipo 40000 Toneladas	
14	Multimodal	R	Origens – Terminal de Palmas (TO)	Variados	Caminhões Padrão	Operante
		F	Terminal de Palmas – Porto do Itaqui (MA)	968	Composição ferroviária 6200 Toneladas	

Tabela 4.3: Rotas definidas para o modelo (CONTINUAÇÃO). Fonte: ANTAQ (2016), PORTOGENTE (2016), FCASA (2016), BRASIL (2016), SFAGRO (2016).

15	**Multimodal**	R	Origens – Terminal de Pirapora (MG)	Variados	Caminhões padrão	Operante
		F	Terminal de Pirapora (MG) – Porto de Vitória (ES)	1000	Composição ferroviária 6200 Toneladas	
16	Multimodal	R	Origens – Terminal de São Simão (GO)	Variados	Caminhões padrão	Operante
		H	São Simão (GO) – Terminal de Anhembi (SP)	760	Comboio-tipo 6000 toneladas	
		R	Terminal de Anhembi (SP) – Porto de Santos (SP)	276	Caminhões padrão	
17	**Multimodal**	R	Origens – Terminal de Rondonópolis (MT)	Variados	Caminhões Padrão	Operante
		F	Terminal de Rondonópolis (MT) – Porto de Santos (SP)	1700	Composição ferroviária 6200 Toneladas	
18	**Multimodal**	R	Origens – Terminal de Maringá (PR)	Variados	Caminhões Padrão	Inoperante
		F	Terminal de Maringá (PR) – Porto de Paranaguá (PR)	545	Composição ferroviária 6200 Toneladas	
19	**Multimodal**	R	Origens – Terminal de Porto União (SC)	Variados	Caminhões Padrão	Inoperante
		F	Terminal de Porto União (SC) – Porto de São Francisco do Sul (SC)	437	Composição ferroviária 6200 Toneladas	
20	**Multimodal**	R	Origens – Terminal de Cruz Alta (RS)	Variados	Caminhões Padrão	Inoperante
		F	Terminal de Cruz Alta (RS) – Porto de Rio Grande	507	Composição ferroviária 6200 Toneladas	
21	**Multimodal**	R	Origens – Terminal de Campo Grande (MS)	Variados	Caminhões padrão	Inoperante
		F	Terminal de Campo Grande (MS) – Porto de ILO (PER)		Composição ferroviária 6200 Toneladas	

4.4.6. Velocidades, Capacidades e Taxas de Carregamento

Em relação à velocidade dos transportes, foram estabelecidos valores para as velocidades nas rodovias brasileiras, para a navegação na hidrovias e navegação marítima e para o transporte ferroviário. A velocidade é particular a cada rota, exceto no transporte marítimo, onde se considerou um padrão máximo de 20 nós (aproximadamente 37 km/h). Para garantir a estocasticidade do modelo, em todos os modais utilizados, os valores foram associados em distribuição triangular. De acordo com Montgomery (2012), a distribuição triangular é usada quando é possível se determinar o valor mais provável, o mínimo e o máximo de uma variável aleatória. Nesta pesquisa, baseando-se também em, Bonato (2014), os valores relacionados à velocidade na rodovias brasileiras foram coletados em sites de mapeamento e roteirização, de origens para destinos, com 10 valores para cada conjunto de rotas que leva a determinado porto ou terminal multimodal e ajustados para cada conjunto de rodovias que levam a determinado porto ou terminal, baseado nas velocidades operacionais disponíveis em Bonato (2014) e Patroni (2017) Os valores de velocidade para as rotas rodoviárias construídas

no modelo encontram-se no Apêndice A. Para as hidrovias, baseado em SINDARMA (2014), PORTOGENTE (2013) e Pompermayer (2014), foram estabelecidos valores operacionais para as velocidades, também contidos no apêndice A. Para as ferrovias, baseado em FCASA (2016) e AENFER (2017), foi estabelecido o valor de 27 km/h, com variação percentual de 20% para inserção em distribuição triangular, para todas as ferrovias consideradas.

De posse dos dados, foi utilizada a ferramenta *StatFit*, componente do *software* Promodel®, onde para todos os conjuntos de dados, a distribuição triangular mostrou-se aceitável. Foram então estabelecidos os valores máximo, mínimo e mais provável, que compõem esta de distribuição. No transporte rodoviário, foram coletados dados de viagem das origens para cada porto, haja vista que, no sistema real, os veículos acabam por utilizar o mesmo conjunto de vias para chegar a determinado porto ou terminal. Em relação à capacidade estática de armazenamento nos portos exportadores e terminais multimodais, os dados foram consolidados na Tabela 4.4 a partir de ALICEWEB (2017) fontes individuais de consulta, relatórios, sites de empresas, artigos, teses e dissertações.

Tabela 4.4: Capacidade dos Locais de transbordo (Portos exportadores e terminais multimodais). Fonte: ALICEWEB (2017).

	Local	**Capacidade estática de armazenagem (Ton)**	**Taxa de embarque (Ton/h)**		**Local**	**Capacidade estática de armazenagem (Ton)**	**Taxa de embarque (Ton/h)**
Portos	Itacoatiara	90.000	1.500	**Terminais Multi-modais**	Porto Velho	40.000	8.333
	Santarém	114.000	1.500		Palmas	240.000	1.350
	Vila do Conde	150.000	450		Rondonópolis	60.000	8.000
	Itaqui	500.000	570		São Simão	135.000	3.000
	Salvador	410.000	1.500		Anhembi	60.000	1.500
	Ilhéus	48.000	1.500		Pirapora	50.000	1.200
	Vitória	90.000	1.200		Maringá	50.000	570
	Santos	1.000.000	8.333		Conceição do Araguaia	50.000	1.500
	Paranaguá	900.000	8.000		Cruz Alta	50.000	1.500
	Imbituba	30.000	500		Porto União	50.0000	450
	São Francisco do Sul	200.000	1.500				
	Rio Grande	1.200.000	3.000				

4.4.7. Custos

Ao preparar o modelo para a simulação, são relacionados ordinariamente os custos atribuídos para cada rota, a partir de uma matriz externa. A matriz é oriunda de Planilha realizada no *software* EXCEL e integrada ao modelo de simulação, com o custo para o transporte de 1 tonelada, para cada rota. Estes custos são fundamentais para a decisão, conjuntamente com a disponibilidade da capacidade estática de cada porto exportador e seguem

a seguinte composição, para cada x_{ij} (sendo x_{ij} cada arco ou cada rota escolhida entre *i* e *j*). No modelo simulado, a decisão é realizada é baseada no custo em se transportar 1 (uma) tonelada de soja por cada rota atribuída. São estabelecidos para

c_{ij} = custo da movimentação logística entre a origem produtora i até o porto exportador *j*

$$c_{ij} = \sum(c_r + c_f + c_h + c_p + c_{t)} \quad (4.1)$$

Em que:

c_r: custo de transporte rodoviário, em R$/Ton.

c_f: custo de transporte ferroviário, em R$/Ton, se houver ferrovia na rota;

c_h: custo de transporte hidroviário, em R$/Ton, se houver hidrovia na rota;

c_p: custo de movimentação portuária, e

c_t: custo de transbordo, em R$/Ton, em caso de utilização de mais de um modo de transporte.

Sendo:

$$t \geq 0 \quad (4.2)$$

$$c_t \geq t.c_{tu} \quad (4.3)$$

Em que:

t = número de transbordos para x_{ij};

c_{tu} = custo unitário de transbordo, em R$/ ton.

Os custos foram coletados para diversos trechos da soja brasileira e proporcionalizado para os outros modos baseado em IMEA (2016) e Ripoll (2011). Estes custos estão presentes na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Custos para as operações logísticas inseridas no modelo. Fonte: (Salin, 2016), Lopes *et al.* (2015), e IMEA (2016)

Modo	Valor	Modo	Valor
Rodoviário	0,1472 R$/ Ton.km	**Marítimo**	0,0010 R$/ Ton.km
Ferroviário	0 a 400 km – 0,0792 R$/Ton.km 401 – 800km – 0,0713 R$/Ton.km 801 – 1600 – 0,0553 R$/Ton.km Acima de 1601km – 0,0382 R$/Ton.km	**Transbordo**	2,00 R$/ Ton
Hidroviário	0,025R$/ Ton.km		

5. IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

Nesta fase, é construído o modelo computacional, a partir do modelo conceitual, no qual os analistas utilizam um *software* de simulação para sua construção (SARGENT, 2010). Em seguida, o analista deve verificar e validar a capacidade do modelo em simular a realidade. Os passos de validação e verificação são importantes para pesquisas de simulação (SARGENT, 2010). Nesta primeira atividade da fase de implementação, os analistas devem construir o modelo computacional, a partir do modelo conceitual validado. Serão utilizados os dados coletados e tratados na fase de concepção, para alimentar este modelo.

5.1. O modelo computacional

A partir do modelo proposto em IDEF-SIM (Figuras 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6), pode-se realizar a construção do modelo computacional. O *software* utilizado foi o Promodel®, pela sua interface gráfica e a possibilidade de construção de modelos estocásticos baseados em SED. A Figura 5.1 apresenta o *layout* gráfico do modelo computacional.

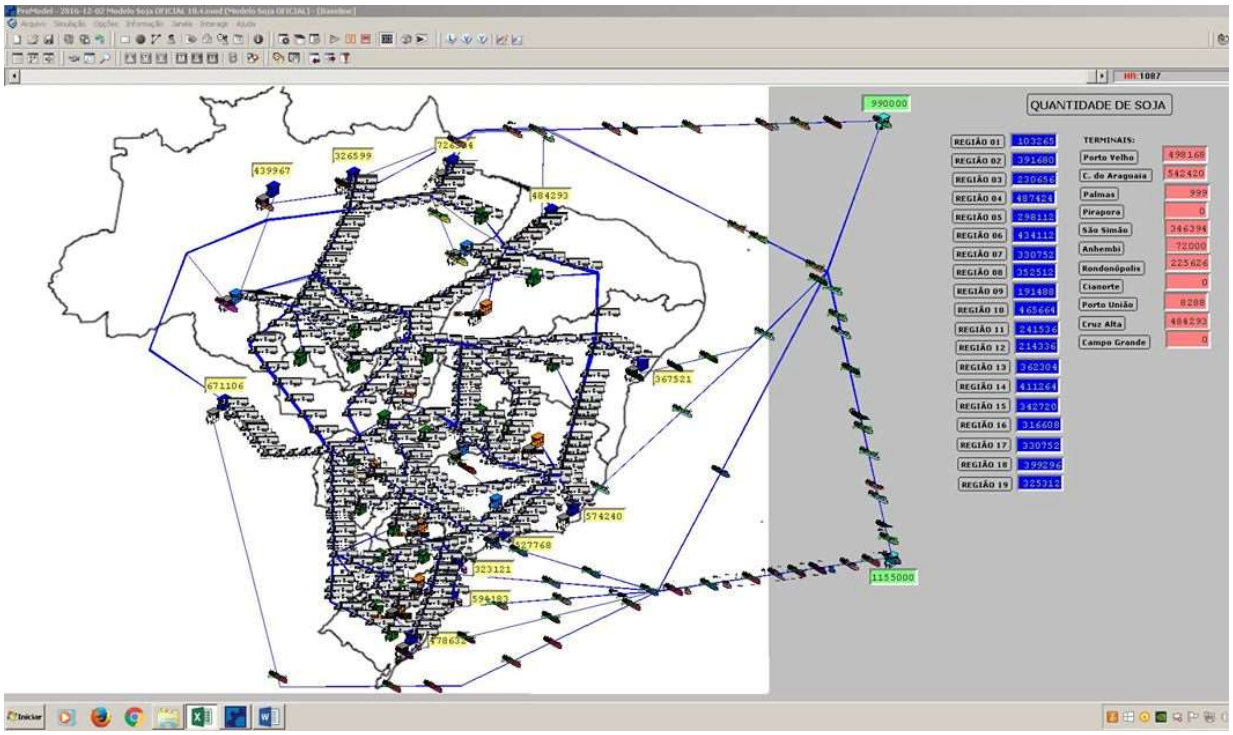


Figura 5.1: *Layout* gráfico do Modelo Computacional.

5.2. Parâmetros de entrada e construção do modelo computacional

Os parâmetros referem-se à lógica de construção de um modelo de simulação. Neste modelo, são implementados locais, entidades, chegadas, processos, recursos, redes de caminho, macros, vetores e variáveis. A Tabela 5.1 apresenta todos os parâmetros elaborados para o modelo, que são utilizados de acordo com o cenário estabelecido. O apêndice C apresenta a utilização dos parâmetros em cada cenário.

Tabela 5.1: Parâmetros de implementação do modelo computacional

Parâmetro	Quantidade	Descrição
Entidades	7 entidades, sendo:	Produto transportado por todo o sistema, por diferentes modais.
	Soja - 1 tonelada	1 tonelada de soja em grão
	SojaRodo – Agrupada em 37 unidades de Soja	Agrupamento para transporte rodoviário
	Soja_HidroPVH – Agrupada em 1081 unidades de SojaRodo	Agrupamento para transporte hidroviário entre o Terminal Porto Velho e o Porto Itacoatiara
	SojaHidroCA – Agrupada em 216 unidades de SojaRodo	Agrupamento para transporte hidroviário entre o Terminal Conceição do Araguaia e o Porto de Vila do Conde.
	SojaHidroSS – Agrupa em 162 unidades de SojaRodo	Agrupamento para transporte hidroviário entre o Terminal São Simão e o Terminal Anhembi.
	SojaFerro – Agrupada em 168 unidades de Soja Rodo	Agrupamento para transporte ferroviário padrão.
	Soja_Maritimo - Agrupada em 1487 unidades de SojaRodo	Agrupamento para transporte marítimo padrão
Locais	19 origens (Regiões) 11 Portos exportadores 10 Embarques nos Portos exportadores plataformas de recebimento das rotas multimodais (apenas para portos que possuem rotas multimodais) 11 Terminais multimodais 11 Plataformas de embarque multimodal 2 Portos Importadores	São os locais físicos do sistema.
Chegadas	19 processos de chegada, definido para cada região estabelecida	Fluxo da chegada de entidade do sistema.
Processos	169 processos	São processos lógicos operacionais, que ocorrem nos locais e entre locais.
Recursos	20 tipos de recurso rodoviário 3 tipos de comboio hidroviário 6 tipos de composição ferroviária 10 tipos de recursos marítimos	São os meios utilizados para transportar entidades, que possuem velocidades e taxas de carregamento.
Redes de caminho	2 redes, sendo 1 para a logística interna e 1 para a logística marítima, com 474 arcos.	São todas as rotas construídas para o fluxo do sistema.
Vetores	26 matrizes, sendo 2 matrizes de importação (custos capacidade e disponibilidade, baseada em capacidade), 2 matrizes de exportação (custo e disponibilidade) 1 matriz local de contador e 19 matrizes de exportação, dos resultados de custo por região de origem	São matrizes externas, cuja base de dados alimenta o modelo

Tabela 5.1: Parâmetros de implementação do modelo computacional (CONTINUAÇÃO)

Variáveis	84 variáveis, sendo 77 variáveis globais e 7 variáveis locais: Variáveis Globais: 34 variáveis referentes à velocidade dos modos de transporte 1 variável referente ao número de rotas possíveis. 6 variáveis referentes à capacidade dos recursos 36 variáveis referentes ao comportamento das entidades no sistema. Variáveis Locais: 7 variáveis locais para desenvolvimento da lógica de inicialização de escolha de rota.	São elementos criados para representar elementos que mudam valores numéricos.

5.2.1. Estrutura de implementação do modelo

A implementação do modelo segue conceitualmente a descrição do modelo, o método descrito no *framework* de Robinson (2008) e a técnica IDEF-SIM, entretanto, ao longo da pesquisa e construção de diversos modelos preliminares, até que se chegasse ao modelo proposto, verificou-se a possibilidade de criação de um *framework* para estruturar a implantação de modelos voltados a sistemas logísticos agroindustriais de grande porte. Este *framework* reflete a experiência adquirida no processo de pesquisa e servirá como referência para autores e profissionais relacionados à logística e ao agronegócio, que possuam trabalhos e pesquisas utilizando a SED. A Figura 5.2 apresenta a estruturação descrita e detalha o processo de construção de um modelo genérico baseado em redes e escolha de rotas.

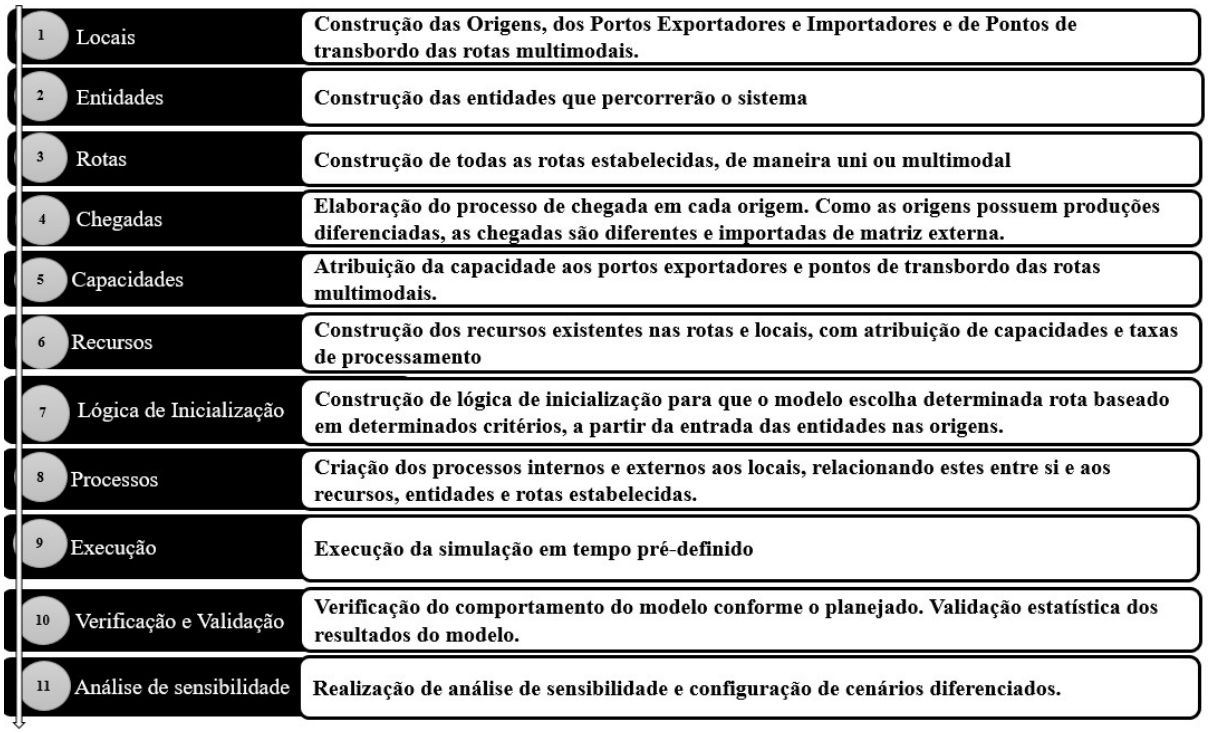


Figura 5.2: Etapas sequenciais aplicadas na implementação do Modelo Computacional.

O *framework* proposto se baseia na construção orientada para aplicação no *software* Promodel®, entretanto, pode ser aplicado e adaptado para qualquer outro *software* relacionado à SED.

5.2.2. Verificação e validação do modelo computacional

Um modelo é considerado válido quando possui a exatidão necessária para cumprir as metas do modelo (CORREA *et al.*, 2014). A verificação busca encontrar erros de lógica do modelo (SARGENT, 2013). Para verificação, este trabalho usou a animação gráfica e contadores que mostram os valores das variáveis durante o processo de simulação. Foram também realizados testes estatísticos (Tabela 5.2) para verificar se algumas variáveis operacionais se comportam adequadamente. A validação busca certificar que o modelo representa de fato o sistema real simulado. Para isto, foram realizados testes estatísticos que permitiram a certificação de que os resultados do modelo computacional seriam válidos para as análises a serem realizadas.

Além deste procedimentos, merece destaque a lógica de inicialização proposta na simulação, onde é possível verificar a integração entre os softwares Promodel® e Excel, através de matrizes importadas e exportadas. Esta integração entre os softwares se dá em três momentos: no início da simulação, com a entrada de dados de custos; durante a simulação, com matrizes dinâmicas de disponibilidade, que se atualizam a cada evento discreto; e ao término

da simulação, com matriz representando a alocação da soja, por rota e destino. A integração é fundamental, pois na lógica de inicialização do modelo, as rotas são organizadas de acordo com seus custos (presentes na planilha), a partir de cada origem. Durante o processo de alocação, o modelo também verifica a disponibilidade do destino que possui a melhor rota, em termos de custos, buscando a segunda opção mais viável e assim, subsequentemente, até encontrar a melhor rota em termos de custos e disponibilidade do destino. A Figura 5.3 apresenta um diagrama da interação entre os softwares no processo de simulação.

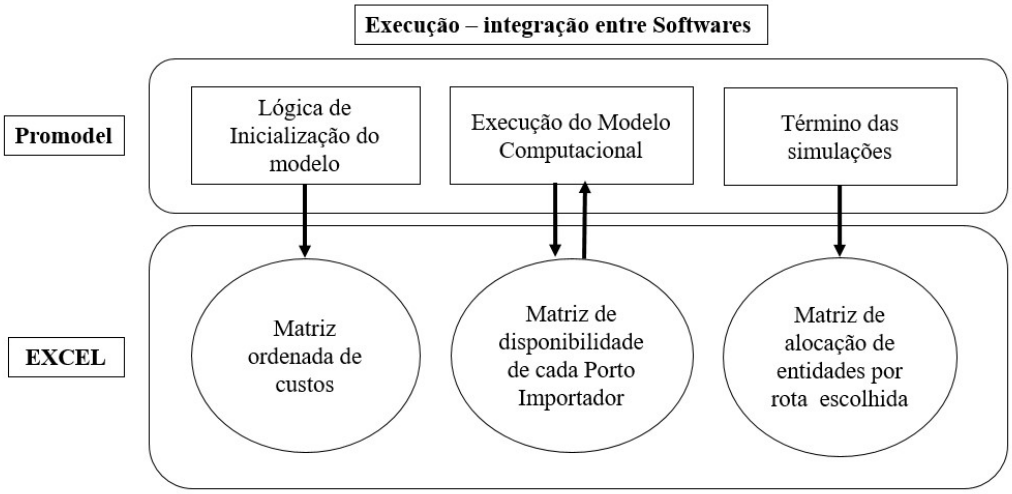


Figura 5.3: Integração entre os softwares Promodel® e Excel.

O processo de verificação relaciona-se ao comportamento operacional do modelo, em relação ao sistema real. Assim, foram realizados testes em 4 variáveis, representativas dos 4 modos de transporte existentes no modelo, para analisar se seus comportamentos estavam de acordo com o sistema real. Os dados relacionados são os tempos de viagem, em horas, os quais foram inseridos no modelo a partir de uma distribuição de probabilidade triangular. O cenário 1, considerado aquele que representa as rotas mais utilizadas no sistema real, foi utilizado para o processo de verificação e validação. Ao final da simulação, comparou-se os valores obtidos com o valor mais provável dos dados de entrada, a partir do teste *one-sample-t*, apresentado em Montgomery (2012). Este teste possui a característica de comparar resultados simulados com um valor esperado. Com o teste, pode-se verificar o intervalo de aceitação das variáveis e o *p-value*, para o grau de confiança de 95%, comparando-se os resultados obtidos em 30 replicações com o valor mais provável dos dados de entrada. Os resultados podem ser observados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Resultados do teste *one-sample-t* para as variáveis selecionadas, em relação à verificação.

	Tipo de Trecho	Valor Médio Observado	Quantidade média de Observações	Valor mais provável	*p-value*	Intervalo aceito GC 95%
Região 7 - Terminal Palmas	Rodoviário	22,05	41852	21,8	0,586	(21,792; 22,311)
Terminal Palmas - Porto do Itaqui	Ferroviário	51,51	249	51,5	0,994	(49,898; 53,115)
Terminal Itaituba - Porto de Vila do Conde	Hidroviário	146,24	24	141,67	0,285	(137,80; 154,67)
Porto de Rio Grande – Xangai	Marítimo	813,1	191	779,66	0,124	(770,4; 855,8)

A partir das informações contidas na Tabela 5.2, nota-se que as 4 variáveis possuem comportamento aceitável na execução das simulações, tanto no que se refere à inserção dentro do intervalo de aceitação, quanto no *p-value*, cujos resultados demonstram que os resultados das variáveis não podem ser rejeitados.

Em relação à validação, é necessário avaliar se os resultados do modelo estão de acordo com os resultados do sistema real. Para a validação, foi utilizada a variável "Exportacao_Xangai", que representa a quantidade de soja que chega a Xangai. Esta variável foi escolhida pela sua variabilidade entre as réplicas e também pela representatividade da exportação de soja ao mercado Chinês. O modelo implementado possui 2 destinos finais: Xangai e Hamburgo, complementares entre si na totalidade de soja exportada. Assim, a validação para um destino é também para o outro, em termos percentuais. Em 2015, o Brasil exportou 76% de sua produção de soja para a Ásia e 10% para o continente europeu, sendo o restante distribuído em diversos países de outros continentes. Para o processo de validação, proporcionalizou-se o total exportado apenas para esses destinos. Assim, para a China foi alocado aproximadamente 87,8% e para a Europa, aproximadamente 12,2%, do total de 54.322.651 toneladas de soja exportada.

A partir dos valores simulados, foi realizada a comparação do valor esperado destinado à China de 47.470.266 toneladas de soja com os resultados da simulação, a partir do teste *one-sample-t*, em 30 replicações do modelo em seu Cenário 1. Os dados referentes ao teste *one-sample-t* encontram-se na Tabela VI, com a variável "Exportacao_Xangai" sendo o resultado das réplicas das simulações.

Tabela 5.3: Resultados do teste *one-sample-t* para a variável "Exportacao_Xangai".

Variável	Valor esperado	Número de Replicações	Média observada	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança GC 95%	*P-value*
Exportacao_Xangai	47470266	30	47330000	500470	(47146122;47519878)	0,144

A partir da Tabela 5.3, com os resultados obtidos, observa-se que os resultados do modelo não podem ser desconsiderados em relação ao sistema real, o que confirma positivamente o processo de validação.

Apesar de realizados testes estatísticos para verificação e validação, vale ressaltar que o processo de validação de um modelo baseado em SED, com o nível de abrangência estudado nem sempre pode ser realizado pelos métodos tradicionais existentes na literatura. O próprio modelo em seu cenário 1 não é uma simples reprodução do sistema real, pois sua lógica de decisão já na inicialização do modelo já interfere em seu comportamento, comparativamente ao sistema real, sendo o Cenário 1 já considerado um experimento. Os resultados do Cenário 1 serão discutidos no capítulo 6.

Este cenário é utilizado também para o cálculo do número de réplicas a serem simuladas. Foi realizada uma amostra com 10 replicações iniciais para estimar a precisão do modelo e, a partir de então, estimar um número adequados de replicações que permitirão resultados válidos do modelo simulado. O sistema estudado é um sistema não-terminal, o que significa que este não possui condições inicias fixas ou um evento determinante do final do processo de simulação. Essa característica permite que seja utilizado o Método do Intervalo de Confiança (com precisão especificada), apresentado por Banks *et al*. (2009), Robinson (2004) e Law (2005). Este método executa números crescentes de repetições até que os intervalos de confiança construídos em torno da variável de saída escolhida usando a estatística *t* estejam dentro de uma precisão especificada (usuário). Para este cálculo utilizou-se a variável que quantifica o total de soja exportada para Xangai, pelos mesmos critérios utilizados na validação do modelo computacional.

A precisão é encontrada através da equação (a).

$$h = t_{\propto/2,n-1.} \frac{S}{\sqrt{R}} \tag{5.1}$$

Na equação, é necessário o número de replicações R da amostra inicial, o desvio-padrão S desta amostra e o valor da estatística t definida. Com a precisão da amostra estabelecida (h), parte-se para o cálculo do número de replicações R* necessárias para o modelo, baseado em uma nova precisão ou intervalo de confiança h*, estipulada pelo modelador. O desvio-padrão e

o número de réplicas utilizadas inicialmente encontram-se na Tabela 5.3. O valor de *t* é de acordo com o número de replicações. A precisão é definida pelo modelador. Neste modelo, estimou-se a precisão em 1% do valor esperado de saída, ou seja, 474.702 toneladas de soja (1% de 47.470.266 toneladas exportadas para Xangai). O número de réplicas é encontrado a partir da equação (b).

$$R^* = [R.(\frac{h}{h^*})^2] \tag{5.2}$$

Após os cálculos, o número mínimo de replicações necessárias para a precisão estipulada seria de 7 replicações. Como este valor é um valor baixo, relacionado à análise de dados de simulação a eventos discretos, optou-se por manter o número de 30 replicações durante todos os cenários, uma vez que este valor garante os resultados do modelo dentro da precisão estipulada. Cada rodada de simulação, com 30 réplicas tem duração entre 3 e 4 horas, de acordo com o cenário estabelecido, num computador de 2.66GHz e memória RAM de 4,00GB.

5.2.3. Medidas de desempenho do modelo computacional e tempo de simulação

Os parâmetros de saída do modelo são as medidas de desempenho que subsidiam as análises dos cenários propostos, bem como para ajustes e sugestões ao modelo (Quadro 5.1). Em relação ao tempo de simulação, todos as simulações e cenários são analisados para um período equivalente a um ano, baseado na demanda anual de exportação, para avaliação mais estratégica e de planejamento do sistema estudado.

Quadro 5.1: Medidas de desempenho do modelo.

Medidas de Desempenho do Modelo	**Unidade**
Toneladas de Soja expedida	Toneladas
Quantidade de soja destinada a cada porto exportador	Toneladas Porcentagem
Quantidade de soja destinada a rota interna	Toneladas Porcentagem
Quantidade de soja destinada, por porto, a cada porto importador	Toneladas Porcentagem

6. ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS COMPARATIVOS

Na etapa de análise, o modelo está pronto para os experimentos dando origem ao modelo operacional, e os resultados são analisados e documentados. Nessa fase, os resultados obtidos são analisados e encontram-se aptos a apoiarem a tomada de decisões. Caso necessário, o modelo pode ser alterado e o ciclo reiniciado (CHWIF e MEDINA, 2010). Neste trabalho, a simulação será utilizada para a geração de cenários comparativos. A partir de informações de distribuição do sistema real, de projeções de demanda e infraestrutura, podem ser projetados os mais diversos cenários para análise e auxílio à tomada de decisão. Durante o processo de pesquisa, foram realizados inúmeros cenários, com diferentes combinações. Para consolidação e análise desta pesquisa foram descritos e aplicados 13 cenários, com 3 variações de projeções para cada um, totalizando 39 projeções de cenários analisadas, com diferentes características. Estes cenários foram considerados os mais importantes para análises e discussões a respeito do transporte da soja brasileira. Assim, de acordo com seus resultados, interferências e variações, os cenários apresentados serão discutidos, em maior ou menor grau, dada sua potencial influência no sistema logístico estudado. Este capítulo foi dividido em 3 seções: a seção 6.1 caracteriza os cenários construídos, a seção 6.2 apresenta os principais resultados obtidos em cada cenário e a seção 6.3 analisa comparativamente os cenários simulados.

6.1. A construção dos cenários

A partir de dados disponíveis em ALICEWEB (2017), é apresentada a configuração real da distribuição de soja pelos portos brasileiros. Os dados são referentes à configuração do ano de 2015, para que possam ser comparados com os dados de saída do modelo simulado, cuja base de dados de entrada também é do ano de 2015. A Tabela 6.1 apresenta esta configuração, com a porcentagem estabelecida para cada porto brasileiro.

Tabela 6.1: Distribuição da exportação de soja brasileira em grão no ano de 2015, por porto exportador. Fonte: ALICEWEB (2017); ANTAQ (2016).

Descrição do Porto	Quantidade exportada	%
Itacoatiara-AM (ITA)	1.653.273	3,02%
Vila do Conde – PA (VDC)	2.185.380	4,04%
Santarém – PA (STM)	1.027.238	1,90%
Itaqui – MA (ITQ)	5.004.498	9,25%
Salvador - BA (SSA)	2.693.166	4,98%
Vitória - ES (VIX)	3.771.931	6,97%
Santos – SP (SAN)	13.031.788	24,08%
Paranaguá – PR (PRN)	8.518.988	15,74%
São Francisco do Sul – SC (SFC)	4.869.019	9,00%
Rio Grande – RS (RGD)	11.372.731	21,02%
TOTAL	54.128.012	100%

Os portos de Salvador e São Francisco do Sul incorporam o quantitativo de soja dos portos de Ilhéus e Imbituba, respectivamente, para a comparação com o modelo. Estes portos exportadores foram suprimidos dadas suas proximidades geográficas com aqueles portos.

Ressalta-se que em todos os cenários o modelo já se comporta como um experimento, pois sua lógica de decisão de alocação é baseada em custos e disponibilidade das rotas a cada chegada nas origens. Partindo-se de um cenário considerado realista e efetivamente operacional, propõe-se a construção dos demais, com a projeção de demanda futura e a inserção de novos eixos de transporte no Brasil, cujas características aplicam a multimodalidade, com a potencial utilização de hidrovias e ferrovias.

Os cenários foram simulados com 30 replicações. Como o processo de chegada foi definido como um processo determinístico, as saídas totais do modelo também são resultados pontuais, conforme será apresentado na seção 6.1.1. Vale ressaltar que as velocidades dos recursos, bem como a distribuição de exportação nos portos exportadores e importadores são probabilísticos, o que classifica o modelo como um modelo estocástico, conforme descrito na seção 2.4.

Entretanto, verificou-se uma baixa variabilidade entre as réplicas simuladas, o que é aceitável, de acordo com os resultados da equação (a), da seção 5.5.2. Para demonstrar a baixa variabilidade do modelo, foi realizado um procedimento com 30 replicações, no cenário C11a, com relação à quantidade de soja expedida para o Porto de Santos, que é o maior exportador real do Brasil e possui 3 diferentes rotas no modelo construído (Apêndice B). A escolha do cenário C11c se dá pelo fato de ser o cenário com maior número de rotas e maior projeção de carga, o que supõe a maior variabilidade de distribuição de carga pelos portos e rotas.

Dada a baixa variabilidade dos dados em relação às replicações, optou-se por utilizar os valores médios obtidos ao final das replicações (contidos no Apêndice D) e também por utilizar estes valores médios para o cálculo dos custos totais e unitários contidos na seção 6.3.

Ao final das simulações, estima-se também o custo total de cada cenário, em trilhões de dólares, baseados nos custos apresentados no item 3.4.7, para efeito comparativo na seção 6.3. Os cenários construídos e suas características estão descritos nos itens 6.1.1 a 6.1.12. As mudanças computacionais relacionadas à construção de cada cenário no *software* Promodel® estão contidas no apêndice B.

6.1.1. Cenários 1 (C1a, C1b e C1c) – Rotas atuais operantes

Estes cenários foram construídos considerando-se as principais rotas existentes, em sua maioria rodoviárias, refletindo o real sistema de transporte brasileiro de grãos (Rotas 1 a 10 e 13 a 17– vide Tabela 4.3). Além das possibilidades rodoviárias nos portos nacionais considerados, foram inseridas as rotas multimodais que estão em utilização para o transporte da soja. Este cenário apresenta as principais rotas em operação, entretanto, ao utilizar a lógica pré-estabelecida no modelo, já busca uma melhor configuração de distribuição da soja às rotas durante as simulações. Este cenário foi a base para verificação e validação do modelo computacional, descrita na seção 5.2.2. Para C1a, foram utilizados os dados de exportações do ano de 2015, disponibilizados em SIDRA (2017) e ALICEWEB (2017). C1b e C1c foram construídos com as mesmas rotas de C1a, utilizando-se as projeções realizadas através de modelos econométricos e séries temporais em MAPA (2016), para o ano de 2017 e 2026, respectivamente, com o aumento aproximado de 10,23% e 43,68% da exportação de soja no Brasil nos anos projetados. Utilizou-se estas porcentagens para o valor exportado e análise do comportamento do sistema, com projeções para 2015, 2017 e 2026.

Todos os cenários apresentados adiante possuem variação **a, b** e **c**, de acordo com o ano base da simulação realizada. Assim, os cenários das projeções 2015 (cenários a) possuem o valor final de 54.327.988 milhões de toneladas; os das projeções 2017 (cenários b), o valor de 59.892.085.e os das projeções 2026 (cenários c), o valor de 78.018.829 toneladas exportadas. Dados estes valores totais para cada projeção, realiza-se prioritariamente as análises dos cenários em valores percentuais.

Os conjuntos de cenários de 2 a 13 apresentam alternativas de rotas adicionais às rotas apresentadas neste conjunto de cenários 1, ou seja, todas as rotas presentes no cenário 1 também estarão presentes no conjunto de cenários 2 a 13.

6.1.2. Cenários 2 (C2a, C2b e C2c) – Inserção da Hidrovia Araguaia-Tocantins (HAT)

Estes cenários adicionam exclusivamente a hidrovia Araguaia-Tocantins (Rota 12 – vide Tabela 4.3) excluindo-se as demais opções inoperantes (Vide Tabela 4.3). O modo hidroviário passou a ser contemplado como uma das prioridades do PAC e PNLT, com uma série de investimentos para navegabilidade e substituição ao transporte rodoviário (PORTO *et al.*, 2015). A hidrovia é um eixo potencial de transporte de grãos e possui poucas, mas decisivas obras para sua liberação, principalmente no eixo maior do Rio Tocantins. Trabalhos como o de Almeida (2004), Lopes e Lima (2015b), Lopes (2011), PBLOG (2013), Aragão *et al.* (2015) e Porto *et al.* (2015), estudam investimentos e o transporte de carga potencial para esta hidrovia, cuja ação tem raio prioritário no eixo Centro-Norte, com o mercado de granéis oriundo do Centro-Oeste, parte do Norte e Nordeste brasileiro. Outros cenários (cenários 7, 11 e 13), que serão explicados adiante, incluirão a hidrovia em questão em atuação conjunta com outras rotas projetadas.

6.1.3. Cenários 3 (C3a, C3b e C3c) – Inserção de Ferrovia ligando a cidade de Maringá – PR ao Porto de Paranaguá (F1).

Estes cenários foram construídos a partir da projeção de uma ferrovia ligando a cidade de Maringá, no Paraná, ao Porto de Paranaguá (Rota 18 – Vide Tabela 4.3), com extensão estimada em 545 km. Esta ferrovia encontra-se inoperante e necessita de obras para viabilizar sua operacionalidade. Estudos como o de Assis *et al.* (2015) e Assis *et al.* (2014) projetaram esta rota em seus estudos relacionados a impactos ambientais do transporte de soja. Este trecho ferroviário teria início ao norte do Estado do Paraná e poderia também escoar não só a produção do estado, como também parte de soja (e outros produtos) das regiões Centro-Oeste e Sudeste, sobretudo as regiões exportadoras ao sul dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. A ausência desta ferrovia, segundo Auada (2011) obriga produtores de vários segmentos a escoarem sua safra através do modal rodoviário. Outros cenários (6, 7, 11 e 13), explicados adiante, incluirão a ferrovia em questão em atuação conjunta com outras rotas projetadas.

6.1.4. Cenários 4 (C4a, C4b e C4c) – Inserção de Ferrovia ligando a cidade de Porto União - SC ao Porto de São Francisco do Sul (F2).

Estes cenários foram construídos a partir da projeção de uma ferrovia ligando a cidade de Porto União, em Santa Catarina, ao Porto de São Francisco do Sul (Rota 19 – Vide Tabela 4.3), com extensão estimada em 437 km. Esta ferrovia encontra-se operante apenas no trecho entre Mafra - SC e São Francisco do Sul, necessitando de investimentos para viabilizar sua operacionalidade até Porto União - SC. Esta ferrovia já fora apresentada por diversos estudos, destacando-se o de Goularti Filho (2008), onde o autor apresenta as potencialidades referentes ao Porto de São Francisco do Sul. Este trecho ferroviário teria início ao centro do estado de Santa Catarina e poderia também escoar a produção do sul do Paraná e do Norte do Rio grande do Sul. Outros cenários (6, 7, 11 e 13), que serão explicados adiante, incluirão a ferrovia em questão em atuação conjunta com outras rotas projetadas.

6.1.5. Cenários 5 (C5a, C5b, C5c) – Inserção de Ferrovia ligando a cidade de Cruz Alta - RS ao Porto de Rio Grande (F3).

Estes cenários foram construídos a partir da projeção de uma ferrovia ligando a cidade de Cruz Alta, no Rio Grande do Sul ao Porto de Rio Grande (Rota 20 – Vide Tabela 4.3), com extensão de 507 km. Esta ferrovia encontrava-se inoperante, entretanto, vem operando desde o ano de 2015, com inserção de diversas cargas de importação e exportação. Entretanto, de acordo com Rumos 2015 (2006), em torno de 9% da carga total do estado do Rio Grande do Sul é transportada por ferrovias. Ainda é baixa a evolução deste modo de transporte no Brasil. Dentre este percentual encontra-se a soja, concorrendo com as demais cargas exportadas no estado. Este trecho ferroviário teria início mais ao centro e ao norte do estado do Rio Grande do Sul, podendo escoar não só a produção do estado, como também do estado de Santa Catarina. Outros conjuntos de cenários (6, 7, 11 e 13), que serão explicados adiante, incluirão a ferrovia em questão em atuação conjunta com outras rotas projetadas.

6.1.6. Cenários 6 (C6a, C6b, C6c) – Inserção conjunta das ferrovias ligando as cidades de Maringá - PR, Porto União - SC e Cruz Alta - RS aos Portos de Paranaguá, São Francisco do Sul e Rio Grande, respectivamente (F1 + F2 + F3).

Três grandes ferrovias foram apresentadas nos cenários 3, 4 e 5. Entretanto, foram analisadas de maneira individual, inseridas dentro do contexto nacional de exportação de soja.

Nestes cenários, as três ferrovias foram projetadas operando de maneira integrada, para verificação da distribuição de cargas pelo país.

6.1.7. Cenários 7 (C7a, C7b, C7c) – Inserção conjunta das ferrovias ligando as cidades de Maringá - PR, Porto União - SC e Cruz Alta - RS aos Portos de Paranaguá, São Francisco do Sul e Rio Grande, respectivamente e da Hidrovia Araguaia-Tocantins (F1 + F2 + F3 + HAT).

Estes cenários avaliam a operação conjunta das três grandes ferrovias apresentadas para a região sul, em conjunto com a hidrovia Tocantins-Araguaia (apresentada nos cenários 2), para verificação do comportamento da distribuição de cargas ao longo do país, com potenciais alternativas de transportes.

6.1.8. Cenários 8 (C8a, C8b e C8c) – Inserção de rota rodoviária até o Porto de Ilo - Peru.

Estes cenários, assim como os cenários 9, inserem o Porto de Ilo como alternativa para a exportação da soja brasileira. Nos cenários 8, são inseridas rotas rodoviárias internacionais que levam a soja de todas as origens ao Porto de Ilo, no Peru (denominada de rota 11 – Vide Tabela 4.3). Trabalhos como o de Almeida *et al.* (2013), Abranches (2011), BNDES (2011) e Montilha e Darancho (2015) apresentaram a possibilidade do escoamento da soja brasileira para o porto. Sua maior proximidade com os portos asiáticos, principalmente a China, faz com que este porto mereça destaque na construção de cenário. Vale ressaltar que o próprio porto necessita de investimentos para suportar a exportação brasileira de soja.

6.1.9. Cenário 9 (C9a, C9b, C9c) – Inserção de ferrovia ligando a cidade de Campo Grande-MS até o Porto de Ilo – Peru (F4).

Assim como nos cenários 8, estes cenários também consideram a alternativa de exportação da soja brasileira também pelo Porto de Ilo-PER. Entretanto, nestes cenários é analisado o escoamento utilizando uma potencial ferrovia com destino também ao Porto de Ilo (Rota 21 – vide Tabela 4.3). Esta ferrovia teria início na cidade de Campo Grande – MS. Esta proposta se baseia também nos estudos de Almeida *et al.* (2013), Abranches (2011), BNDES (2011) e Montilha e Darancho (2015). Esta rota alternativa também será considerada nos cenários 10, 11 e 13.

6.1.10. Cenários 10 (C10a, C10b, C10c) – Inserção conjunta das ferrovias ligando as cidades de Maringá - PR, Porto União - SC, Cruz Alta - RS e Campo Grande - MS aos Portos de Paranaguá, São Francisco do Sul, Rio Grande e Ilo, respectivamente (F1 + F2 + F3 + F4).

Estes cenários avaliam a operação conjunta do sistema real de transporte de soja adicionando as três ferrovias apresentadas para a região sul (cenários 3, 4 e 5) e à ferrovia proposta para a exportação pelo Porto de Ilo no cenário 9. Este conjunto de cenários tem a intenção de avaliar o impacto da melhoria e expansão do sistema ferroviário brasileiro no escoamento da soja.

6.1.11. Cenários 11 (C11a, C11b e C11c) – Inserção conjunta de todas as rotas reais e planejadas consideradas no modelo (HAT).

Os cenários 11 avaliam a operação conjunta do sistema real proposto a todas as alternativas propostas nos cenários anteriores, ou seja, a adição das três ferrovias apresentadas para a região sul (cenários 3, 4 e 5), de rodovias e ferrovia proposta para a exportação pelo Porto de Ilo (cenários 8 e 9) e também a operação da Hidrovia Araguaia-Tocantins (cenários 2). Estes cenários permitem avaliar, dentre as principais propostas de investimento e operação destinada à exportação de grãos, aquelas que são ou se tornarão mais viáveis nos horizontes considerados e projetados.

6.1.12. Cenários 12 (C12a, C12b e C12c) e 13 (C13a, C13b e C13c) – Limitação da capacidade anual dos Portos de Santos e Paranaguá, a partir dos cenários 1 e 11, respectivamente.

Os cenários de 1 a 11 foram construídos sem a limitação anual de capacidade dos portos, com limitantes de taxas e capacidades operacionais (Tabela 4.4). Entretanto, portos como o Porto de Santos e Paranaguá, que estão entre os maiores exportadores do Brasil, não apresentam significativo incremento de carga ao longo das últimas safras, o que reflete a operação no limite destes portos (BRASIL, 2017). Assim, foram elaborados os novos conjuntos de cenários 12 e 13, para avaliação do comportamento do modelo simulado, com a restrição de cargas nestes portos. Os Portos de Santos e Paranaguá exportaram, no ano de 2015, o percentual de 24,1% e 15,7% de toda a soja brasileira. Nestes cenários (12 e 13) foi estabelecido este valor percentual limite, sendo adicionada uma tolerância de 10%. Assim, nestes cenários, os portos de Santos e

Paranaguá poderiam receber o valor máximo de 26,5% e 17,3%, respectivamente, de toda a carga exportada no país.

O conjunto de cenários 12 (C12a, C12b e C12c) segue a construção do cenário 1 e suas projeções em 2015, 2017 e 2026. O cenário 13 reproduz a construção do cenário 11 e suas projeções em 2015, 2017 e 2026. A escolha dos cenários 1 e 11, para a construção dos cenários adicionais 12 e 13 se deu em razão do cenário 1 representar a construção mais aproximada do sistema real operacional e do cenário 11 ser o cenário mais completo, com todas as projeções consideradas, associado aos melhores resultados em custos.

A Tabela 6.2 resume a construção dos 13 cenários apresentados e suas projeções em simulação, com referência às rotas construídas (vide Tabela 4.3). Para melhor localização geográfica das alternativas criadas nos cenários estabelecidos, a Figura 2 ilustra os portos e terminais considerados, bem como as rotas hidroviárias e ferroviárias operantes e projetadas. A Figura 6.2 apresenta uma estruturação esquemática da construção dos cenários.

Tabela 6.2: Resumo descritivo dos cenários estabelecidos (Variações a,b e c referentes às simulações projetadas para os anos de 2015, 2017 e 2026, respectivamente).

Cenário	Rotas utilizadas	Característica
1 (C1a, C1b, C1c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16 e 17	Representação do Sistema real. Modelo com forte presença de rotas unimodais, com predominância do modal rodoviário. Estes cenários serão denominados cenários-base.
2 (C2a, C2b, C2c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16 e 17	Inserção da rota 12 aos cenários-base. O trecho hidroviário representa a hidrovia Tocantins-Araguaia, com início na Cidade de Conceição do Araguaia-PA e término no Porto de Vila do Conde.
3 (C3a, C3b, C3c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17 e 18	Inserção da rota 18 aos cenários-base. O trecho ferroviário liga a cidade de Maringá -PR ao Porto de Paranaguá.
4 (C4a, C4b, C4c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17 e 19	Inserção da rota 19 aos cenários-base. O trecho ferroviário liga a cidade de Porto União-SC ao Porto de São Francisco do Sul.
5 (C5a, C5b, C5c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17 e 20	Inserção da rota 20 aos cenários-base. O trecho ferroviário liga a cidade de Cruz Alta - RS ao Porto de Rio Grande.
6 (C6a, C6b, C6c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20.	Inserção conjunta das rotas 18, 19 e 20 aos cenários-base.
7 (C7a, C7b, C7c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20	Inserção conjunta das rotas 12, 18, 19 e 20 e aos cenários-base.
8 (C8a, C8b, C8c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16 e 17	Inserção da rota 11 aos cenários-base, representando rotas rodoviárias a partir das origens, que levam a soja até o Porto de ILO-PER.
9 (C9a, C9b, C9c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 21	Inserção da rota 21 aos cenários-base. O trecho ferroviário liga a cidade de Campo Grande - MS ao Porto de ILO-PER.

Tabela 6.2: Resumo descritivo dos cenários estabelecidos (Variações a,b e c referentes às simulações projetadas para os anos de 2015, 2017 e 2026, respectivamente). (CONTINUAÇÃO).

10 (C10a, C10b, C10c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21.	Inserção conjunta das rotas 18, 19, 20 e 21 aos cenários-base.
11 (C11a, C11b, C11c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21	Cenários que representam a junção de todas as rotas existentes e planejadas (Rotas 1 a 21).
12 (C12a, C12b, C12c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16 e 17.	Características do cenário 1, com restrição de exportação anual pelos Portos de Santos e Paranaguá.
13 (C13a, C13b, C13c)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21.	Características do cenário 11, com restrição de exportação anual pelos Portos de Santos e Paranaguá.

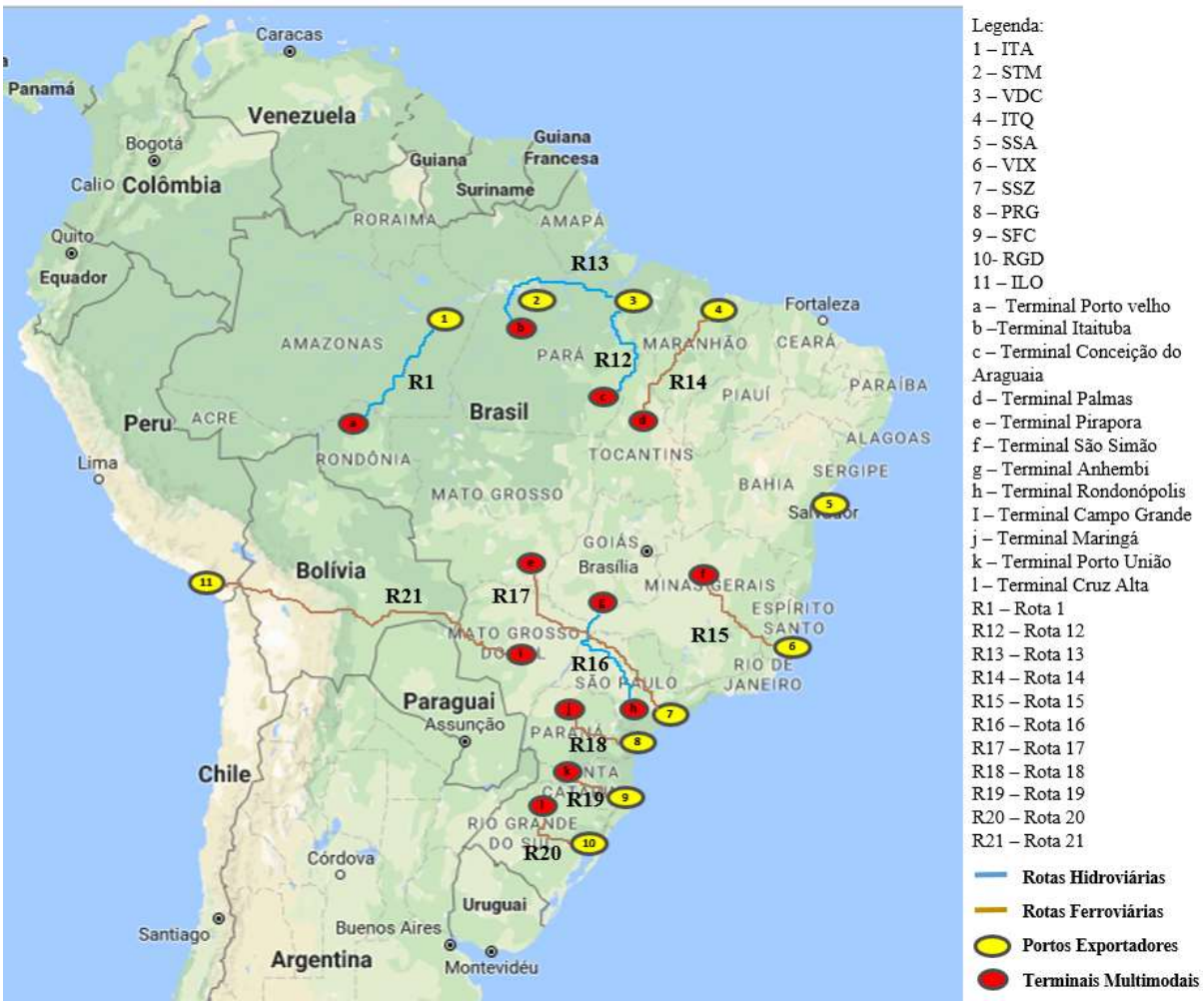


Figura 6.1: Ilustração dos portos, terminais e rotas hidroviárias e ferroviárias consideradas no modelo.

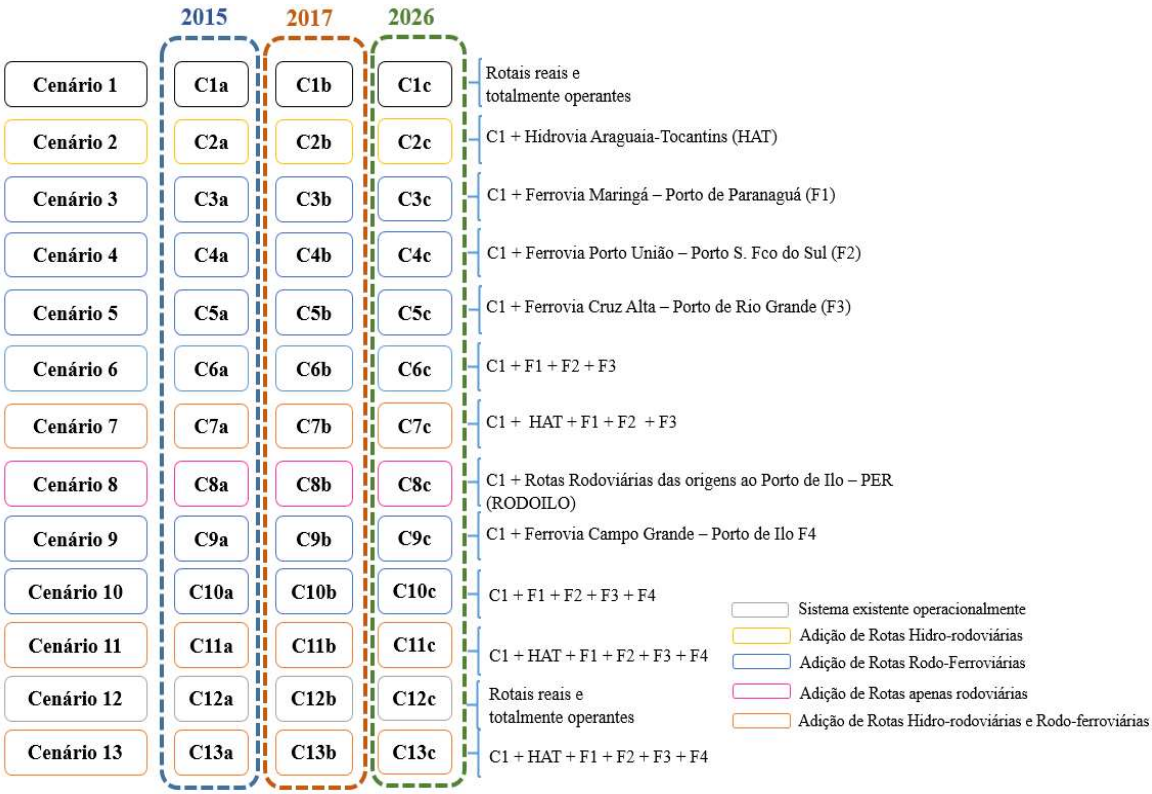


Figura 6.2: Representação esquemática da construção dos cenários.

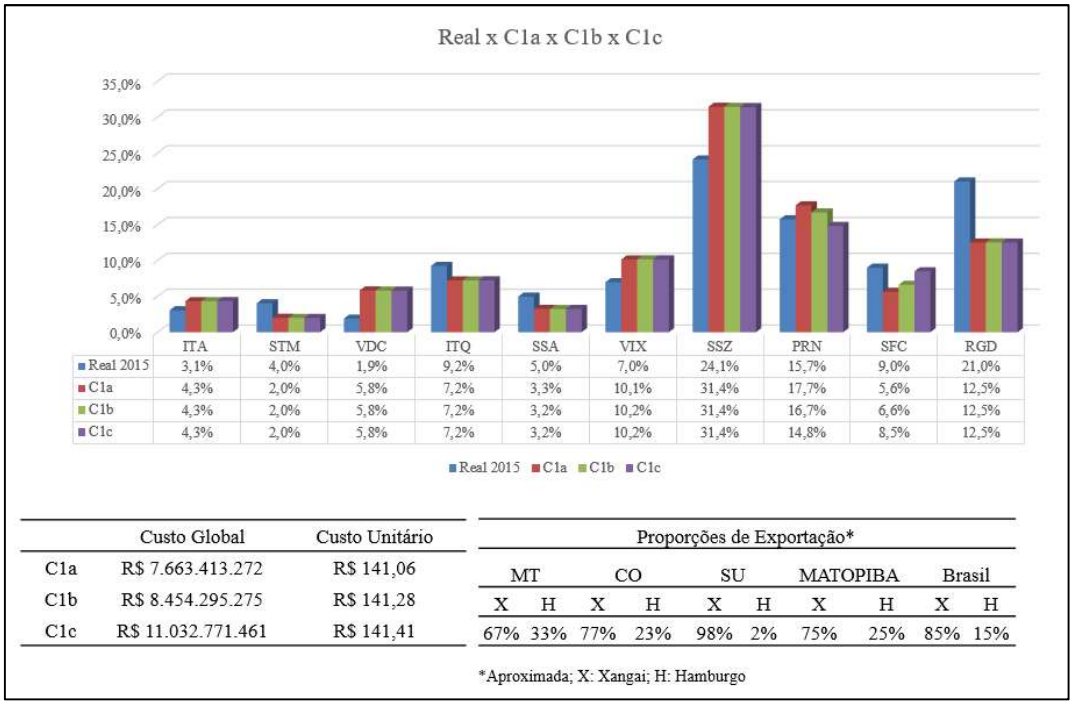
Na seção 6.2, serão apresentados resultados dos cenários simulados, elencando uma série de informações gerais e específicas e comparando as projeções de cada cenário com as projeções para o cenário 1. Ao final das simulações dos cenários, os valores médios encontrados nas replicações foram multiplicados pelos custos apresentados na Tabela 4.4, chegando-se assim a um valor de custo total, por cenário estabelecido. Uma apresentação e análise comparativa de custos e sua análise comparativa estão contidas na seção 6.3. Esta seção também realiza uma análise operacional e de viabilidade dos cenários executados.

6.2. Análise e discussão dos resultados dos cenários

6.2.1. Cenários 1 (C1a, C1b e C1c)

A partir das condições pré-definidas, o primeiro conjunto de cenários busca representar o sistema de escoamento da soja brasileira, com as principais rotas unimodais e multimodais operantes no país. A partir da projeção em 3 cenários (ano-base: 2015, projeção 2017 e projeção 2026), pode-se verificar a distribuição em quantitativo e percentual de cada porto, de acordo com a lógica implementada no modelo, de maneira agregada (Figura 6.2). Os dados gerais da média das 30 replicações encontram-se no Apêndice D. Deste apêndice, extraiu-se dados

específicos, relacionados às configurações de distribuição. Os resultados de saída dos cenários C1a, C1b e C1c encontram-se na Figura 6.3.



	ITA	STM	VDC	ITQ	SSA	VIX	SSZ	PRN	SFC	RGD
Real 2015	3,1%	4,0%	1,9%	9,2%	5,0%	7,0%	24,1%	15,7%	9,0%	21,0%
C1a	4,3%	2,0%	5,8%	7,2%	3,3%	10,1%	31,4%	17,7%	5,6%	12,5%
C1b	4,3%	2,0%	5,8%	7,2%	3,2%	10,2%	31,4%	16,7%	6,6%	12,5%
C1c	4,3%	2,0%	5,8%	7,2%	3,2%	10,2%	31,4%	14,8%	8,5%	12,5%

Figura 6.3: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 1 (2015, *Projeção 2017 e *Projeção 2026).

Verifica-se, a partir dos dados dos gráficos da Figura 6.3, que as simulações indicam que os portos mais utilizados para a exportação de soja seriam Santos e Paranaguá, diferenciando-se do sistema real, que possui o Porto de Rio Grande como segundo maior exportador. Há o indicativo de aumento da quantidade exportada principalmente para os portos de Vila do Conde, Vitória e Itacoatiara. No modelo construído, o Porto de Vila do Conde absorve grande parte da demanda real do Porto de Santarém, dada a operacionalidade da hidrovia Tapajós-Amazonas e exportação pelo Porto de Vila do Conde. Esta alternativa, num contexto global, é mais atrativa economicamente que a exportação direta pelo Porto de Santarém, entretanto, concorre com a utilização do mesmo conjunto de vias, no trajeto rodoviário. Esta hidrovia, nas simulações realizadas teve uma média de 80,3% da carga alocada para VDC. Em relação ao sistema real, os resultados do cenário 1 apontam diminuição da carga destinada aos portos de Santarém, Itaqui e São Francisco do Sul, o que indica que essas alternativas, apesar de utilizadas na prática, possuem maior custo que outras alternativas reais. Os demais portos apresentaram comportamento similar ao sistema real, com pouca variabilidade de alocação de carga.

Os cenários C1a, C1b e C1c possuem comportamento praticamente semelhante nas três projeções. Como o modelo implementado busca soluções mais viáveis, no sistema construído para estes cenários, o indicativo de direcionamento de carga é similar, com pouca variação percentual entre os portos.

Em relação à exportação real 2015 e os eixos de transporte considerados, verifica-se, ao norte do país que os Portos de Vila do Conde e Itacoatiara são mais competitivos que os Portos de Santarém e Itaqui, a partir de determinadas origens.

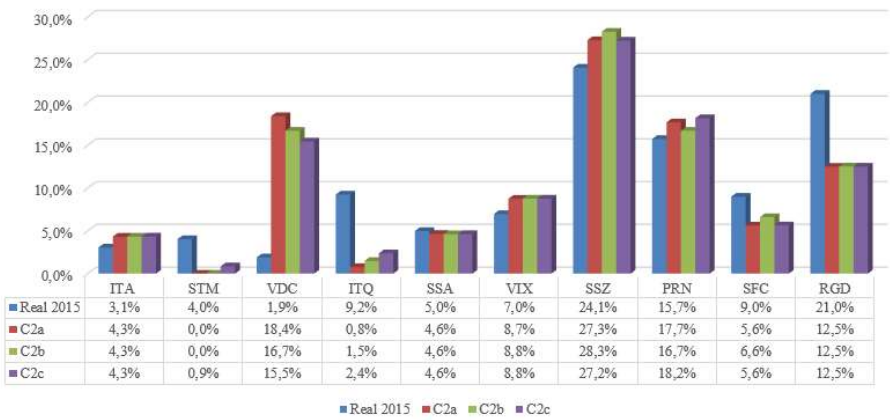
Apesar de serem alternativas de maior custo, os portos de Rio Grande e São Francisco do Sul possuem vias de escoamento e infraestrutura portuária, sendo alternativas reais bastante utilizadas para a exportação de grãos.

No que se refere a análises específicas, nos 3 cenários analisados, o Estado do Mato Grosso exportou, em média, 67% da carga para Xangai, valor inferior à média da região Centro-Oeste, que teve uma média de 77% das exportações para a China. A região Sul, por sua vez exportou uma média de 98% para a Ásia, nos 3 cenários analisados. A região do MATOPIBA (Maranhão – Tocantins – Piauí e Bahia), que é uma nova fronteira de desenvolvimento da soja, responsável por 11% da produção nacional de soja, indicou média de 75% de sua exportação para a China. Nos 3 cenários analisados o modelo exportou para Xangai e Hamburgo, em média, o percentual de 85% e 15%, respectivamente.

Um fator que merece destaque é a indicação, por meio das simulações da utilização da multimodalidade. Apesar das projeções do cenário 1 possuírem um grande número de unimodais rodoviárias, a participação das 6 rotas multimodais obteve, em média, 45,3% da quantidade exportada pelo modelo. Este percentual já reflete o direcionamento e a necessidade de investimentos em vetores de transportes multimodais, sobretudo para os trechos de longas distâncias. Os custos serão discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.2.2. Cenário 2 (C2a, C2b e C2c)

O segundo conjunto de cenários foi construído a partir da inserção da hidrovia Tocantins-Araguaia. A hidrovia inserida, além de estar relacionada diretamente ao Porto de Vila do Conde, também interfere no comportamento simulado de outros portos. Os dados de entrada desta hidrovia encontram-se nas Tabelas 4.3 e 4.4. Os resultados percentuais das simulações, para os anos de 2015, 2017 e 2026 (C2a, C2b e C2c, respectivamente) encontram-se nos gráficos da Figura 6.4.



	ITA	STM	VDC	ITQ	SSA	VIX	SSZ	PRN	SFC	RGD
Real 2015	3,1%	4,0%	1,9%	9,2%	5,0%	7,0%	24,1%	15,7%	9,0%	21,0%
C2a	4,3%	0,0%	18,4%	0,8%	4,6%	8,7%	27,3%	17,7%	5,6%	12,5%
C2b	4,3%	0,0%	16,7%	1,5%	4,6%	8,8%	28,3%	16,7%	6,6%	12,5%
C2c	4,3%	0,9%	15,5%	2,4%	4,6%	8,8%	27,2%	18,2%	5,6%	12,5%

	Custo Global	Custo Unitário	Redução em relação a C1a, C1b e C1c
C2a	R$ 7.443.657.836	R$ 137,01	2,90%
C2b	R$ 8.237.524.683	R$ 137,66	2,60%
C2c	R$ 10.725.662.668	R$ 137,48	2,80%

Proporções de Exportação*									
MT		CO		SU		MATOPIBA		Brasil	
X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
66,5%	33,5%	77%	23%	98%	2%	80%	20%	81%	19%

*Aproximada; X: Xangai; H: Hamburgo

Figura 6.4: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 2 (2015, 2017 e 2026).

Verifica-se, a partir dos resultados no cenário 2 (C2a, C2b e C2c) que a entrada da hidrovia Araguaia-Tocantins no sistema estudado influencia não apenas as rotas que levam ao Porto de Vila do Conde como também outras rotas em todo o Brasil. Esta hidrovia, apenas no cenário C2a (2015) absorveria o escoamento de aproximadamente 5,76 milhões de toneladas de soja, chegando a 7,28 milhões em 2026, limitados à capacidade da hidrovia no trecho estudado. O Porto de Vila do Conde, que possui, em 2015, 1,9% do escoamento da soja brasileira passaria a corresponder entre 15,5% e 18,4% da soja exportada anualmente. Este aumento em VDC reduziria a exportação real de soja pelo Porto de Itaqui, demonstrando uma concorrência direta da entrada da hidrovia em operação com as rotas que levam a este Porto. Entretanto, numa ação mais integrada, a redistribuição de outras cargas entre estes portos pode ser competitiva ao país. Comparativamente aos cenários C1a, C1b e C1c, a inserção desta hidrovia reduziria a distribuição de carga aos portos de Santos e Paranaguá. Percebe-se também que, a partir da inserção da hidrovia, a rota que leva diretamente ao Porto de Santarém passa a ser interessante apenas num contexto global de aumento de carga (C2c – projeção 2026), o que reflete o uso desta alternativa em relação ao limite de capacidade da hidrovia inserida.

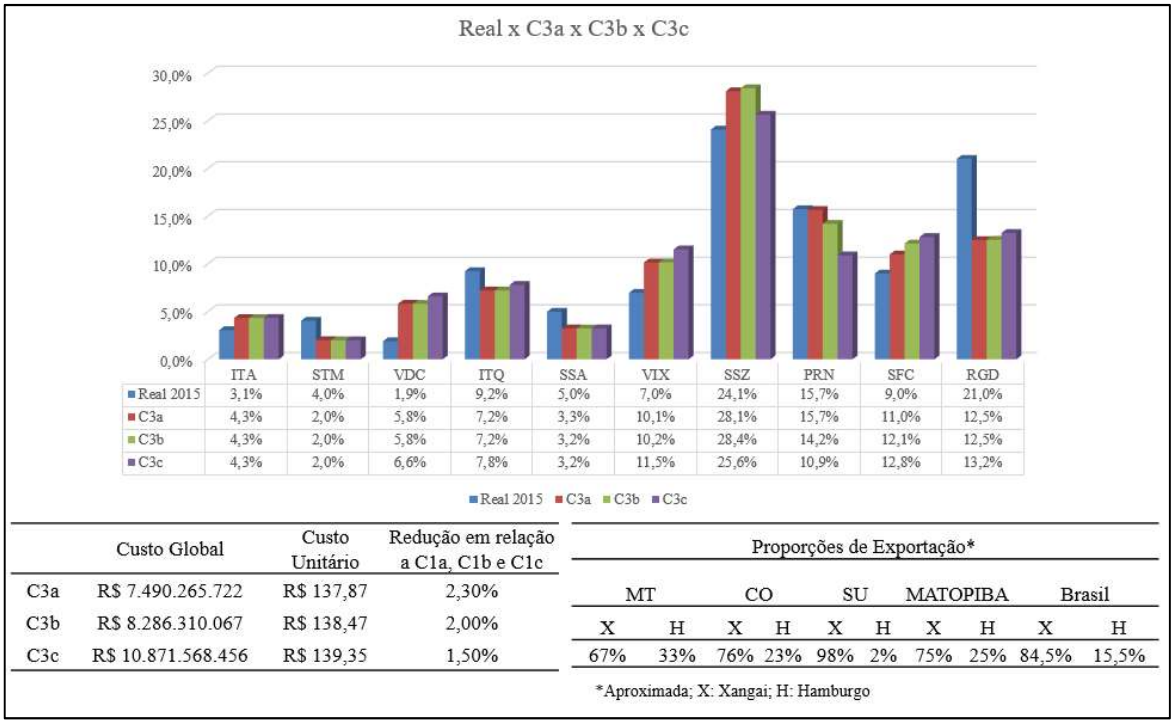
Em relação às exportações, com a inserção da hidrovia, o estado do Mato Grosso exportou, em média, entre 66% e 67% da carga para Xangai. Este valor é ainda inferior à média da região Centro-Oeste, que teve uma média entre 76% e 78% das exportações para a China. A região Sul, por sua vez exportou uma média de 98% para a Ásia, nos 3 cenários analisados. A

região do MATOPIBA (Maranhão – Tocantins – Piauí e Bahia), exportaria entre 78% e 81% de sua carga para a China, valor maior que 10 pontos percentuais em relação aos cenários C1a, C1b e C1c. Globalmente, o modelo exportou para Xangai e Hamburgo, em média, o intervalo percentual entre 80% e 82% e 18% e 20%, respectivamente.

A hidrovia inserida no modelo, em operação de acordo com o projetado corresponderia entre 56% e 60% da soja destinada ao Porto de VDC. Esta utilização elevaria a utilização da multimodalidade para aproximadamente 50,5% no sistema estudado. Os custos serão discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.2.3. Cenário 3 (C3a, C3b e C3c)

O conjunto de cenários que compõem o cenário 3 foi construído a partir da inserção de uma ferrovia no Sul do Brasil, conforme detalhado no item 6.1. A ferrovia inserida neste cenário tem início na cidade de Maringá e possui como destino o Porto de Paranaguá. Os dados de entrada desta hidrovia encontram-se nas Tabelas 4.3 e 4.4. Os resultados percentuais das simulações, para os anos de 2015, 2017 e 2026 (C3a, C3b e C3c, respectivamente) encontram-se nos gráficos da Figura 6.5.



	Custo Global	Custo Unitário	Redução em relação a C1a, C1b e C1c
C3a	R$ 7.490.265.722	R$ 137,87	2,30%
C3b	R$ 8.286.310.067	R$ 138,47	2,00%
C3c	R$ 10.871.568.456	R$ 139,35	1,50%

Proporções de Exportação*									
MT		CO		SU		MATOPIBA		Brasil	
X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
67%	33%	76%	23%	98%	2%	75%	25%	84,5%	15,5%

*Aproximada; X: Xangai; H: Hamburgo

Figura 6.5: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 3 (2015, 2017 e 2026).

A partir dos resultados no cenário 3 (C3a, C3b e C3c), verifica-se que a implantação da ferrovia influencia principalmente as cargas oriundas da região sul do Brasil. Comparativamente ao cenário 1, percebe-se a redução na carga no Porto de Santos e uma

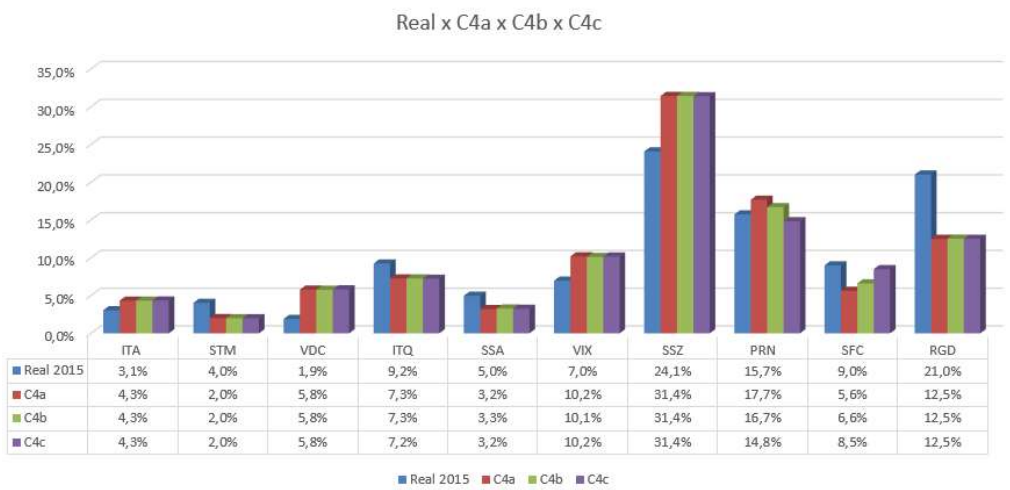
melhor redistribuição de cargas nos portos do Sul do Brasil. A ferrovia inserida absorveria, nas três projeções do cenário simulado, o escoamento de aproximadamente 6,1 milhões de toneladas de soja. Como este valor não aumenta, ao longo das projeções, ele sugere a sua capacidade anual, que, de acordo com as simulações, já estaria utilizada em sua totalidade na demanda 2015.

Em relação às exportações, com a inserção da ferrovia, o estado do Mato Grosso exportou, em média, 67% da carga para Xangai. A região Centro-Oeste, por sua vez, exportaria entre 75% e 77% da soja para a China. A região Sul, exportaria a média de 98% para a Ásia, nos 3 cenários analisados. A região do MATOPIBA exportaria aproximadamente 75% de sua carga para a China, valor aproximado aos resultados do cenário 1. Globalmente, o modelo exportou para Xangai e Hamburgo, em média, o intervalo percentual entre 84% e 85% e 15% e 16%, respectivamente.

A ferrovia inserida no modelo, em operação de acordo com o projetado, já operaria no limite de sua capacidade, correspondendo, em média a 71% da carga destinada ao Porto de Paranaguá. Sua implantação e utilização atribuiria em torno de 50% do transportado das origens aos portos à multimodalidade. Os custos serão discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.2.4. Cenário 4 (C4a, C4b e C4c)

O conjunto de cenários que compõem o cenário 4 foi construído a partir da inserção de outra ferrovia no Sul do Brasil, conforme detalhado no item 6.1. A ferrovia inserida neste cenário tem início na cidade de Porto União e possui como destino o Porto de São Francisco do Sul. Os dados de entrada desta ferrovia encontram-se nas Tabelas 4.3 e 4.4. Os resultados percentuais das simulações, para os anos de 2015, 2017 e 2026 (C4a, C4b e C4c, respectivamente) encontram-se nos gráficos da Figura 6.6.



	ITA	STM	VDC	ITQ	SSA	VIX	SSZ	PRN	SFC	RGD
Real 2015	3,1%	4,0%	1,9%	9,2%	5,0%	7,0%	24,1%	15,7%	9,0%	21,0%
C4a	4,3%	2,0%	5,8%	7,3%	3,2%	10,2%	31,4%	17,7%	5,6%	12,5%
C4b	4,3%	2,0%	5,8%	7,3%	3,3%	10,1%	31,4%	16,7%	6,6%	12,5%
C4c	4,3%	2,0%	5,8%	7,2%	3,2%	10,2%	31,4%	14,8%	8,5%	12,5%

	Custo Global	Custo Unitário	Redução em relação a C1a, C1b e C1c
C4a	R$ 7.666.602.335	R$ 141,12	0,00%
C4b	R$ 8.452.490.691	R$ 141,25	0,00%
C4c	R$ 11.000.161.817	R$ 140,99	0,30%

Proporções de Exportação*									
MT		CO		SU		MATOPIBA		Brasil	
X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
61%	39%	74%	26%	98%	2%	74%	26%	83%	17%

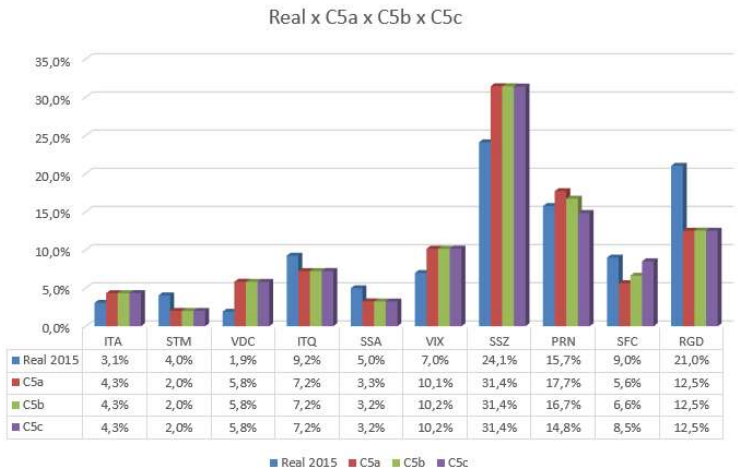
*Aproximada; X: Xangai; H: Hamburgo

Figura 6.6: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 4 (2015, 2017 e 2026).

A partir dos resultados do cenário 4 (C4a, C4b e C4c), verifica-se que a implantação da ferrovia possui influência muito pequena na distribuição de cargas pelo Brasil. Verifica-se, comparativamente ao cenário 1, que a distribuição possui as mesmas proporções que as presentes no cenário 1 (C1a, C1b e C1c). Há a utilização da ferrovia nos cenários C4b e C4c, substituindo parte das rotas rodoviárias que levam até o Porto de São Francisco do Sul. A ferrovia inserida absorveria, nas três projeções do cenário simulado, o escoamento 8,5% e 33,5%, aproximadamente, nas projeções de 2017 e 2026 (C4b e C4c), não absorvendo carga no cenário C4a. Em relação às exportações, os resultados são semelhantes aos resultados das projeções do cenário 1. Os custos serão discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.2.5. Cenário 5 (C5a, C5b e C5c)

O conjunto de cenários que compõem o cenário 5 foi construído a partir da inserção de uma 3ª ferrovia no Sul do Brasil, conforme detalhado no item 6.1. A ferrovia inserida neste cenário tem início na cidade de Cruz Alta e possui como destino o Porto de Rio Grande. Os dados de entrada desta ferrovia encontram-se nas Tabelas 4.3 e 4.4. Os resultados percentuais das simulações, para os anos de 2015, 2017 e 2026 (C4a, C4b e C4c, respectivamente) encontram-se nos gráficos da Figura 6.7.



	ITA	STM	VDC	ITQ	SSA	VIX	SSZ	PRN	SFC	RGD
Real 2015	3,1%	4,0%	1,9%	9,2%	5,0%	7,0%	24,1%	15,7%	9,0%	21,0%
C5a	4,3%	2,0%	5,8%	7,2%	3,3%	10,1%	31,4%	17,7%	5,6%	12,5%
C5b	4,3%	2,0%	5,8%	7,2%	3,2%	10,2%	31,4%	16,7%	6,6%	12,5%
C5c	4,3%	2,0%	5,8%	7,2%	3,2%	10,2%	31,4%	14,8%	8,5%	12,5%

	Custo Global	Custo Unitário	Redução em relação a C1a, C1b e C1c
C5a	R$ 7.542.074.540	R$ 138,82	1,60%
C5b	R$ 8.320.270.566	R$ 139,04	1,60%
C5c	R$ 10.858.483.952	R$ 139,18	1,60%

Proporções de Exportação*									
MT		CO		SU		MATOPIBA		Brasil	
X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
65%	35%	80%	20%	98%	2%	80%	20%	85%	15%

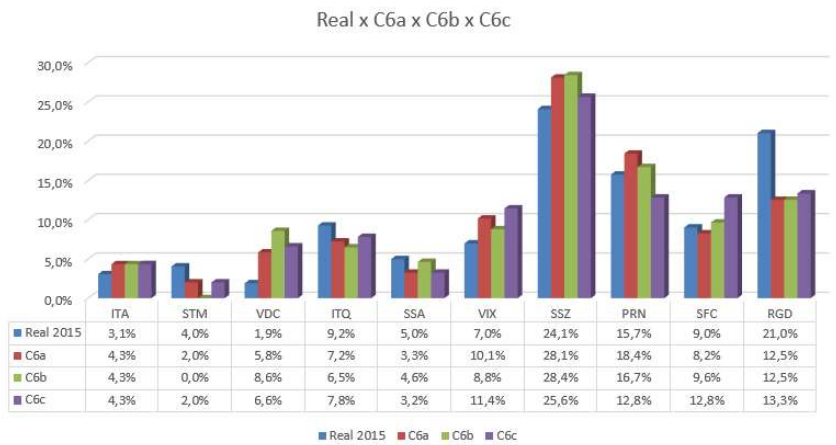
*Aproximada; X: Xangai; H: Hamburgo

Figura 6.7: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 5 (2015, 2017 e 2026).

A partir dos resultados do cenário 5 (C5a, C5b e C5c), verifica-se que a implantação da ferrovia possui influência direta apenas na distribuição de cargas do estado do Rio Grande do Sul, numa substituição das rotas rodoviárias pela ferrovia inserida. A região 18 (origem 18) é a região que sofre influência da eventual implantação desta ferrovia, com aproximadamente 56% da carga da região. Em relação às exportações, os valores encontrados são semelhantes aos valores encontrados nas projeções do cenário 1. Os custos serão discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.2.6. Cenário 6 (C6a, C6b e C6c)

Após a inserção individual das ferrovias nos cenários 3, 4 e 5, foi construído o cenário 6, com a inserção e operação integrada das 3 ferrovias propostas para a região Sul do Brasil, conforme detalhado no item 6.1 e apresentadas também nos itens 6.2.3, 6.2.4 e 6.2.5. Os resultados percentuais das simulações, para os anos de 2015, 2017 e 2026 (C6a, C6b e C6c, respectivamente) encontram-se nos gráficos da Figura 6.8.



	Custo Global	Custo Unitário	Redução em relação a C1a, C1b e C1c
C6a	R$ 7.301.331.815	R$ 134,39	4,70%
C6b	R$ 7.962.065.712	R$ 133,06	5,80%
C6c	R$ 10.801.446.703	R$ 138,45	2,10%

Proporções de Exportação*									
MT		CO		SU		MATOPIBA		Brasil	
X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
67%	33%	77%	23%	98%	2%	75%	25%	85%	15%

*Aproximada; X: Xangai; H: Hamburgo

Figura 6.8: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 6 (2015, 2017 e 2026).

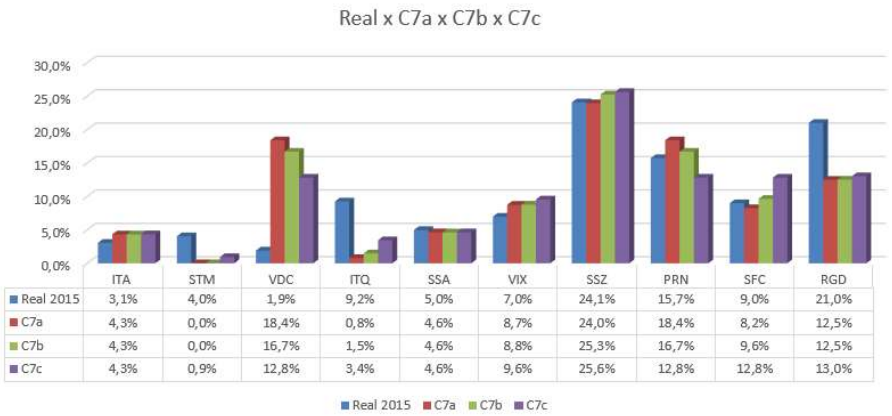
A partir dos resultados do cenário 6 (C6a, C6b e C6c), verifica-se que a implantação conjunta das 3 ferrovias possuiria maior influência na exportação de soja que a inserção individual de cada uma delas. A influência passa a ser nacional, com o deslocamento de cargas de outras regiões. Comparativamente ao cenário 1, percebe-se uma melhor distribuição de cargas pelo Brasil, com a escolha das melhores alternativas para o transporte, em termos de custos, o que será refletido nos custos totais e unitários que serão apresentados na Tabela 6.8 na carga ao porto de Santos e uma melhor redistribuição de cargas nos portos do Sul do Brasil. As três ferrovias inseridas absorveriam, nas três projeções do cenário simulado, os valores de 12,2, 13,2 e 16,8 milhões de toneladas de soja, nos anos de 2015, 2017 e 2026, respectivamente.

Em relação às exportações, com a inserção das 3 ferrovias, o estado do Mato Grosso exportou, em média, entre 64 % e 69% da sua carga para Xangai. A região Centro-Oeste, por sua vez, exportaria entre 76% e 79% da soja para a China. A região Sul, exportaria a média de 98% para a Ásia, nos 3 cenários analisados. A região do MATOPIBA exportaria entre 74% e 75% de sua carga para a China, valor aproximado aos resultados do Cenário 1. Globalmente, o modelo exportou para Xangai e Hamburgo, em média, o intervalo percentual entre 84% e 85% e 15% e 16%, respectivamente.

Verifica-se que a implantação das ferrovias não altera significativamente a matriz de distribuição da exportação de soja pelo Brasil. Entretanto, há considerável substituição dos modais de transporte, quando da implantação das ferrovias. Os custos serão discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.2.7. Cenário 7 (C7a, C7b e C7c)

O cenário 7 busca verificar as alternativas nacionais operantes e em projeção nesta pesquisa, para os três horizontes simulados (2015, 2017, 2026). Além de inserir conjuntamente as 3 ferrovias presentes no cenário 6, este cenário adiciona a hidrovia presente no cenário 2 (HAT). Enquanto as ferrovias orientam-se ao Sul do Brasil, a hidrovia possui o Norte do país como orientação, com destino ao Porto de Vila do Conde. Os resultados percentuais das simulações, para os anos de 2015, 2017 e 2026 (C7a, C7b e C7c, respectivamente) encontram-se nos gráficos da Figura 6.9.



	ITA	STM	VDC	ITQ	SSA	VIX	SSZ	PRN	SFC	RGD
Real 2015	3,1%	4,0%	1,9%	9,2%	5,0%	7,0%	24,1%	15,7%	9,0%	21,0%
C7a	4,3%	0,0%	18,4%	0,8%	4,6%	8,7%	24,0%	18,4%	8,2%	12,5%
C7b	4,3%	0,0%	16,7%	1,5%	4,6%	8,8%	25,3%	16,7%	9,6%	12,5%
C7c	4,3%	0,9%	12,8%	3,4%	4,6%	9,6%	25,6%	12,8%	12,8%	13,0%

	Custo Global	Custo Unitário	Redução em relação a C1a, C1b e C1c
C7a	R$ 7.081.576.379	R$ 130,35	7,60%
C7b	R$ 7.864.731.048	R$ 131,43	7,00%
C7c	R$ 10.539.105.705	R$ 135,08	4,50%

Proporções de Exportação*									
MT		CO		SU		MATOPIBA		Brasil	
X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
62%	38%	75%	25%	98%	2%	60%	40%	82%	18%

*Aproximada; X: Xangai; H: Hamburgo

Figura 6.9: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 7 (2015, 2017 e 2026).

Os resultados do cenário 7 (C7a, C7b e C7c), apontam que a implantação conjunta das 3 ferrovias com a Hidrovia Araguaia-Tocantins aumentaria a exportação pelos Portos de Vila do Conde, São Francisco do Sul e Rio Grande e reduziria as exportações pelos Portos de Itaqui, Vitória e Santos, ao se comparar com o cenário 1, o que demonstra uma influência nacional quando são implantadas as 4 alternativas multimodais. O Porto de Paranaguá permaneceria com indicadores aproximados, em relação à quantidade de exportação, todavia, sua ferrovia absorveria 76% da sua carga, em substituição ao modal rodoviário. A multimodalidade neste cenário passa a ter 76% do total de exportações de soja nos anos de 2015 e 2017 e 71% no ano de 2026, de acordo com as simulações. Vale ressaltar que esta redução acontece pelas restrições de capacidade das rotas multimodais. Esta alta participação da multimodalidade é refletida na redução de custos, conforme apresentado na Tabela 6.10.

Sobre as exportações do cenário 7, o estado do Mato Grosso exportou, em média, entre 61% e 64% da sua carga para Xangai. A região Centro-Oeste, por sua vez, exportaria entre 74% e 76% da soja para a China. A região Sul, exportaria a média de 98% para a Ásia, nos 3 cenários analisados. A região do MATOPIBA exportaria entre 57% e 62% de sua carga para a China. Globalmente, o modelo exportou para Xangai e Hamburgo, em média, o intervalo percentual entre 81% e 83% e 17% e 19%, respectivamente.

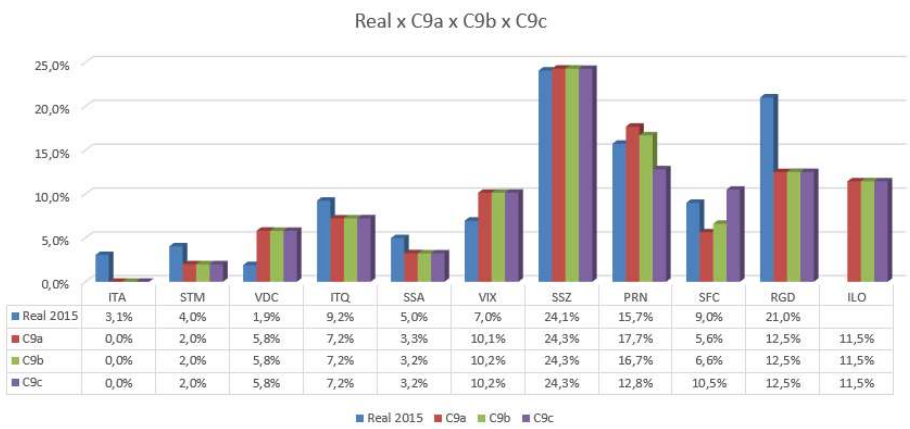
Verifica-se que a implantação conjunta das ferrovias e da hidrovia ao sistema de escoamento da soja brasileira altera significativamente a matriz de distribuição da exportação de soja pelo Brasil, com considerável substituição do modal rodoviário pelo transporte multimodal. Os custos serão discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.2.8. Cenário 8 (C8a, C8b e C8c)

O cenário 8, cuja característica é a inserção de rotas rodoviárias das origens ao Porto de Ilo - PER, apresentou resultados semelhantes às simulações do Cenário 1, em suas três projeções (C1a, C1b e C1c), não havendo nenhuma alocação de carga ao Porto de Ilo pelo modal rodoviário. Esta não-alocação que demonstra, de acordo com as simulações realizadas, que a alternativa rodoviária de escoamento da soja, a partir das origens brasileiras, não é viável, comparativamente às alternativas de exportação existentes no País. Os custos para este cenário serão apresentados e discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.2.9. Cenário 9 (C9a, C9b e C9c)

O cenário 9 busca verificar a influência de uma ferrovia (F4), com origem na cidade de Campo Grande – MS ao Porto de Ilo-PER, como alternativa ao escoamento da soja brasileira. As simulações para este cenário também foram realizadas para os três horizontes planejados (2015, 2017, 2026). Vale ressaltar que esta ferrovia teria como destino apenas o mercado asiático, dada a localização geográfica do Porto de Ilo, localizado no Oceano Pacífico e sua inviabilidade econômica de envio de carga brasileira à Europa. Os resultados percentuais das simulações, para os anos de 2015, 2017 e 2026 (C9a, C9b e C9c, respectivamente) encontram-se nos gráficos da Figura 6.10.



	ITA	STM	VDC	ITQ	SSA	VIX	SSZ	PRN	SFC	RGD	ILO
Real 2015	3,1%	4,0%	1,9%	9,2%	5,0%	7,0%	24,1%	15,7%	9,0%	21,0%	
C9a	0,0%	2,0%	5,8%	7,2%	3,3%	10,1%	24,3%	17,7%	5,6%	12,5%	11,5%
C9b	0,0%	2,0%	5,8%	7,2%	3,2%	10,2%	24,3%	16,7%	6,6%	12,5%	11,5%
C9c	0,0%	2,0%	5,8%	7,2%	3,2%	10,2%	24,3%	12,8%	10,5%	12,5%	11,5%

	Custo Global	Custo Unitário	Redução em relação a C1a, C1b e C1c
C9a	R$ 7.647.337.459	R$ 140,76	0,20%
C9b	R$ 8.436.571.548	R$ 140,98	0,20%
C9c	R$ 11.030.562.414	R$ 141,38	0,00%

Proporções de Exportação*									
MT		CO		SU		MATOPIBA		Brasil	
X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
81%	19%	86%	14%	98%	2%	75%	25%	89%	11%

*Aproximada; X: Xangai; H: Hamburgo

Figura 6.10: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 9 (2015, 2017 e 2026).

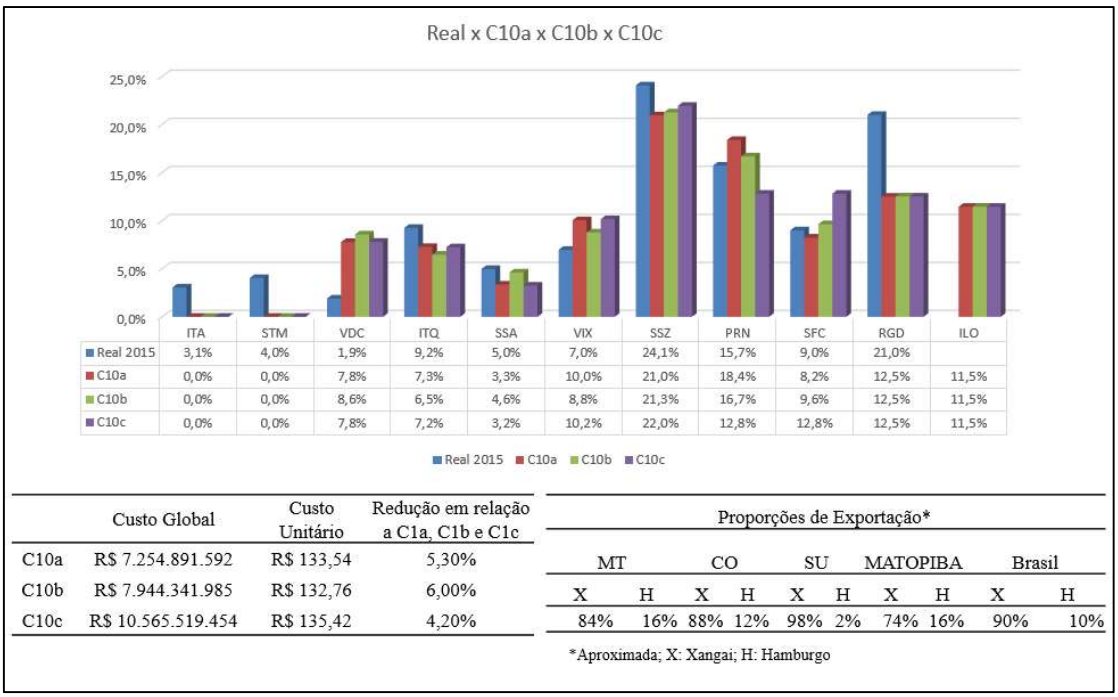
Os resultados do cenário 9 (C9a, C9b e C9c) indicam a destinação de 11,5% da carga de soja para o Porto de ILO, via ferrovia. Os resultados também apontam a concorrência direta do Porto de ILO com o Porto de Itacoatiara e a Hidrovia do Madeira (Rota 1). Nas simulações do cenário 9 o Porto de Itacoatiara não teria alocação de cargas em nenhuma das projeções simuladas. Há também a redução de exportação via Porto de Santos. Esta redução se dá principalmente na rota ferroviária de Rondonópolis-MT ao Porto de Santos (Rota 17). Vale ressaltar que as rotas 1 e 17 estão totalmente implantadas e operantes, não necessitando de investimentos em infraestrutura de implantação.

Sobre as exportações do cenário 9, nas 3 projeções realizadas o estado do Mato Grosso exportaria, em média, entre 81% da sua carga para Xangai. A região Centro-Oeste, por sua vez, exportaria entre 86% da soja para a China e a região Sul, exportaria a média de 98% para a Ásia. A região do MATOPIBA exportaria entre 75% de sua carga para a China. Globalmente, o modelo exportou para Xangai e Hamburgo, em média, o intervalo percentual entre 89% e 11%, respectivamente.

A implantação do Porto de Ilo possui relação direta com as regiões 4 e 5 (origens). Estas regiões possuem o menor nível de agregação geográfica, sendo as microrregiões de Alto Teles Pires – MT e Parecis – MT, que estão entre os maiores índices de produtividade de soja no Brasil, a nível de microrregião. Esta relação, assim como análises comparativas de custos serão discutidas na seção 6.3.

6.2.10. Cenário 10 (C10a, C10b e C10c)

O cenário 10 foi construído para simular a inserção de todas as ferrovias projetadas no modelo. Assim, foram adicionadas conjuntamente as ferrovias inseridas individualmente nos cenários 3, 4, 5 e 9 (F1, F2, F3 e F4) para a construção das projeções do cenário 10 (C10a, C10b e C10c). Os resultados percentuais das simulações, para os anos de 2015, 2017 e 2026 encontram-se nos gráficos da Figura 6.11.



	Custo Global	Custo Unitário	Redução em relação a C1a, C1b e C1c
C10a	R$ 7.254.891.592	R$ 133,54	5,30%
C10b	R$ 7.944.341.985	R$ 132,76	6,00%
C10c	R$ 10.565.519.454	R$ 135,42	4,20%

Proporções de Exportação*									
MT		CO		SU		MATOPIBA		Brasil	
X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
84%	16%	88%	12%	98%	2%	74%	16%	90%	10%

*Aproximada; X: Xangai; H: Hamburgo

Figura 6.11: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 10 (2015, 2017 e 2026).

Os resultados do cenário 10 (C10a, C10b e C10c), apontam que a implantação conjunta das 4 ferrovias, comparativamente ao cenário 1 reduziria a exportação para os portos de Itacoatiara, Santarém, Vila do Conde e Santos, demonstrando também uma influência nacional a partir da implantação das 4 alternativas ferroviárias. Ainda comparativamente, haveria aumento da participação dos portos de São Francisco do Sul e Ilo. Já os demais portos tiveram valores de distribuição aproximados aos valores do cenário 1. Verificou-se a substituição de rotas unimodais por rotas multimodais, com destino aos mesmos portos. A multimodalidade possuiria índices entre 68% e 70% nas projeções realizadas.

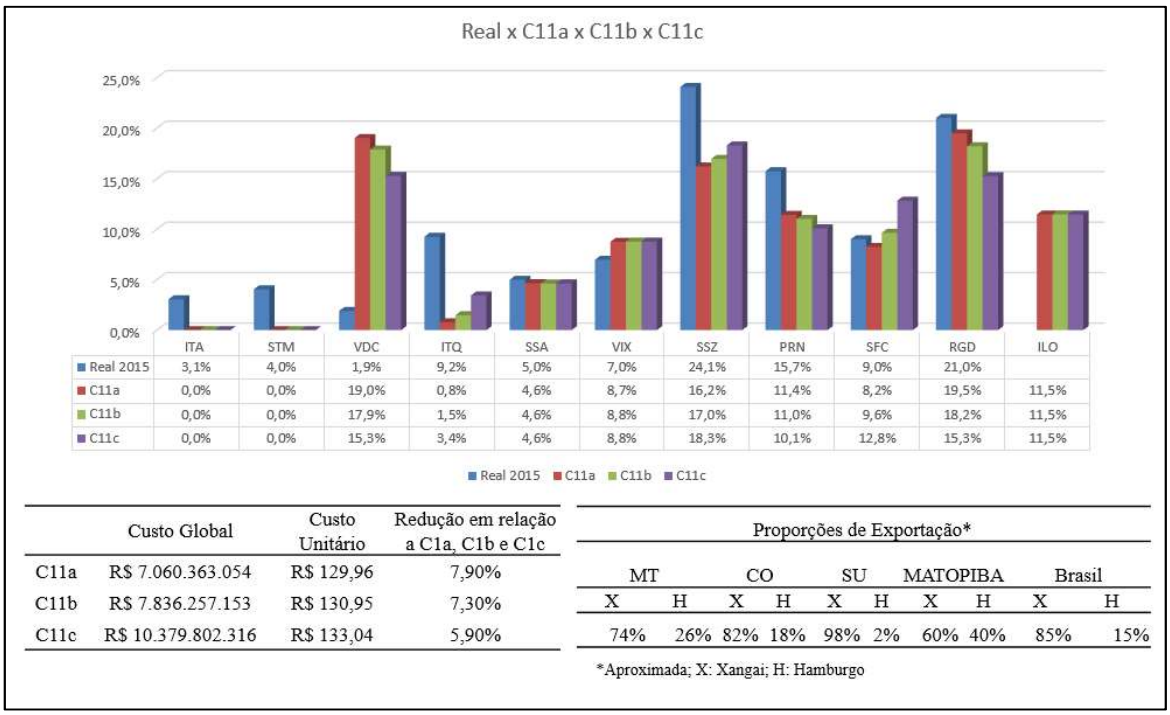
Sobre as exportações do cenário 10, nas três projeções o estado do Mato Grosso exportou, em média, entre 84% da sua carga para Xangai. A região Centro-Oeste, por sua vez, exportou 88% da soja para a China. A região Sul, exportaria a média de 98% para a Ásia, nos 3 cenários analisados. A região do MATOPIBA exportaria entre 74% e 75% de sua carga para

a China. Globalmente, o modelo exportou para Xangai e Hamburgo, em média, o intervalo percentual entre 89% e 90% e 10% e 11%, respectivamente.

Verifica-se que a implantação conjunta das 4 ferrovias altera a matriz de distribuição da exportação da soja brasileira, com considerável substituição do modal rodoviário pela utilização do transporte ferroviário. A multimodalidade neste cenário apresenta aproximadamente 52% do uso de modais no sistema estudado. Os custos serão discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.2.11. Cenário 11 (C11a, C11b e C11c)

O cenário 11 (C11a, C11b e C11c) foi construído com todas as rotas, existentes e planejadas, interagindo entre si no modelo de simulação (Rotas 1 a 21). Assim, foram adicionadas conjuntamente as ferrovias inseridas individualmente nos cenários 3, 4, 5 e 9 (F1, F2, F3 e F4), a hidrovia inserida no cenário 2 (HAT) e as rotas rodoviárias que levam ao Porto de Ilo, para a construção deste cenário. Os resultados percentuais das simulações, para os anos de 2015, 2017 e 2026 encontram-se nos gráficos da Figura 6.12.



	ITA	STM	VDC	ITQ	SSA	VIX	SSZ	PRN	SFC	RGD	ILO
Real 2015	3,1%	4,0%	1,9%	9,2%	5,0%	7,0%	24,1%	15,7%	9,0%	21,0%	
C11a	0,0%	0,0%	19,0%	0,8%	4,6%	8,7%	16,2%	11,4%	8,2%	19,5%	11,5%
C11b	0,0%	0,0%	17,9%	1,5%	4,6%	8,8%	17,0%	11,0%	9,6%	18,2%	11,5%
C11c	0,0%	0,0%	15,3%	3,4%	4,6%	8,8%	18,3%	10,1%	12,8%	15,3%	11,5%

	Custo Global	Custo Unitário	Redução em relação a C1a, C1b e C1c
C11a	R$ 7.060.363.054	R$ 129,96	7,90%
C11b	R$ 7.836.257.153	R$ 130,95	7,30%
C11c	R$ 10.379.802.316	R$ 133,04	5,90%

Proporções de Exportação*									
MT		CO		SU		MATOPIBA		Brasil	
X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
74%	26%	82%	18%	98%	2%	60%	40%	85%	15%

*Aproximada; X: Xangai; H: Hamburgo

Figura 6.12: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 11 (2015, 2017 e 2026).

Comparativamente ao cenário 1, os resultados do cenário 11 (C11a, C11b e C11c) apontam que a implantação de todas as rotas aumentaria a participação da exportação de soja dos portos Vila do Conde, São Francisco do Sul, Rio Grande e Ilo. Os demais portos teriam

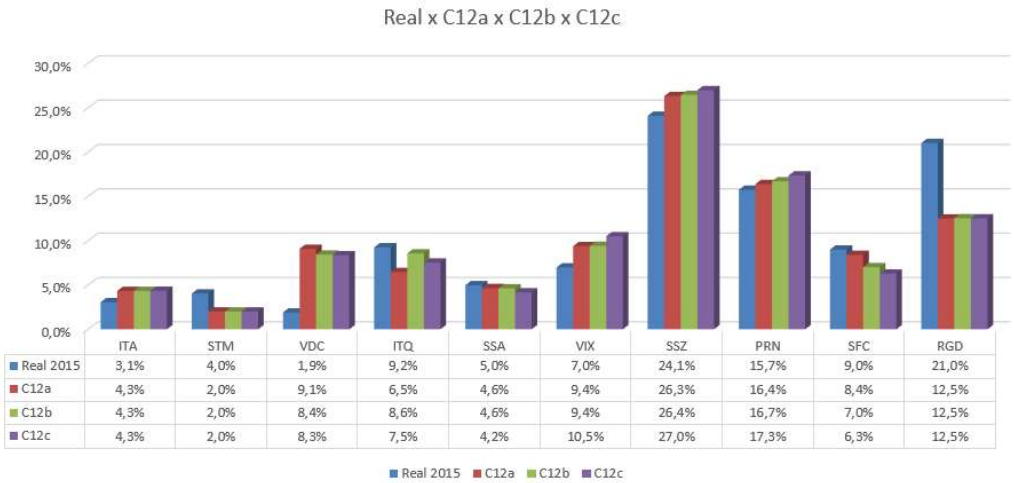
seus percentuais reduzidos, nas três projeções (2015, 2017 e 2026). A multimodalidade apresentou resultados totais em 76%, 75% e 72%, para C11a, C11b e C11c, respectivamente.

Sobre as exportações do cenário 11, o estado do Mato Grosso exportou entre 74% e 76% de sua carga para Xangai. A região Centro-Oeste exportou entre 82% e 83% da soja para a China. A região Sul, exportou a média de 98% para a Ásia, nos 3 cenários analisados. A região do MATOPIBA exportaria entre 57% e 62% de sua carga para a China. Globalmente, o modelo exportou para Xangai e Hamburgo, em média, o intervalo percentual entre 85% e 86 e 14% e 15%, respectivamente.

Verifica-se que a implantação conjunta de todas as alternativas altera significativamente a matriz de distribuição da exportação da soja brasileira, com considerável utilização de rotas multimodais projetadas e em operação. Os custos serão discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.1.12. Cenário 12 (C12a, C12b e C12c)

O cenário 12 é a reprodução da construção do cenário 1 e suas projeções (2015, 2017 e 2026), com a limitação de exportação anual nos Portos de Santos e Paranaguá, conforme descrito no item 6.1.12, a fim de avaliar o impacto da limitação de exportação destes portos no sistema global de exportação da soja. Os resultados percentuais das simulações, para os anos de 2015, 2017 e 2026 encontram-se nos gráficos da Figura 6.13.



	ITA	STM	VDC	ITQ	SSA	VIX	SSZ	PRN	SFC	RGD
Real 2015	3,1%	4,0%	1,9%	9,2%	5,0%	7,0%	24,1%	15,7%	9,0%	21,0%
C12a	4,3%	2,0%	9,1%	6,5%	4,6%	9,4%	26,3%	16,4%	8,4%	12,5%
C12b	4,3%	2,0%	8,4%	8,6%	4,6%	9,4%	26,4%	16,7%	7,0%	12,5%
C12c	4,3%	2,0%	8,3%	7,5%	4,2%	10,5%	27,0%	17,3%	6,3%	12,5%

	Custo Global	Custo Unitário	Redução em relação a C1a, C1b e C1c
C12a	R$ 7.630.360.496	R$ 140,45	0,40%
C12b	R$ 8.455.870.538	R$ 141,31	0,00%
C12c	R$ 11.036.876.299	R$ 141,46	0,00%

Proporções de Exportação*									
MT		CO		SU		MATOPIBA		Brasil	
X	H	X	H	X	H	X	H	X	H
0									

*Aproximada; X: Xangai; H: Hamburgo

Figura 6.13: Comparativo de exportações Real (2015) x Simulações do cenário 12 (2015, 2017 e 2026).

Comparativamente ao cenário 1, os resultados do cenário 12 (C12a, C12b e C12c), agora com limitação nos portos de Santos e Paranaguá apontam que a restrição de exportações anuais aumentaria principalmente a exportação pelos portos de Vila do Conde, Salvador, Vitória e São Francisco do Sul.

Sobre as exportações do cenário 12, o estado do Mato Grosso exportou entre 61% e 62% de sua carga para Xangai. A região Centro-Oeste exportou entre 73% e 74% da soja para a China. A região Sul, exportou a média de 98% para a Ásia, nos 3 cenários analisados. A região do MATOPIBA exportaria entre 74% de sua carga para a China. Globalmente, o modelo exportou para Xangai e Hamburgo, em média, 83% e 17%, respectivamente, nas 3 projeções realizadas. Os custos serão discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.1.13. Cenário 13 (C13a, C13b e C13c)

O cenário 13 é a reprodução da construção do cenário 11, com a limitação de exportação anual nos Portos de Santos e Paranaguá. Após as simulações deste cenário, verificou-se que os resultados são semelhantes aos resultados do cenário 11. Isto ocorre pelo fato de, a partir da inserção de novas alternativas de escoamento, os portos limitados não atingem o limite de exportação anual. Assim, a limitação não interfere nos resultados das simulações, que é baseada

na busca de melhores alternativas de exportação. Os custos para este cenário e suas projeções serão apresentados e discutidos comparativamente na seção 6.3.

6.2. Análise comparativa dos Cenários apresentados

Esta seção consolida os resultados dos 13 cenários construídos e simulados e suas projeções **a, b** e **c**, analisando de maneira integrada as condicionantes de cada cenário. Primeiramente, são apresentados na Tabela 6.3 os custos das projeções dos cenários analisados. São apresentados 2 custos: o Custo Global anual, em bilhões de reais, referente a toda a logística da soja, das origens até seus destinos finais e o custo unitário, em reais por tonelada movimentada, para cada cenário e projeções.

Tabela 6.3: Custos dos cenários 1 a 13 e projeções **a, b** e **c**.

Cenários	Custo Global		Custo Unitário		Redução
C1a	R$	7.663.413.272	R$	141,06	
C1b	R$	8.454.295.275	R$	141,28	
C1c	R$	11.032.771.461	R$	141,41	
C2a	R$	7.443.657.836	R$	137,01	2,9%
C2b	R$	8.237.524.683	R$	137,66	2,6%
C2c	R$	10.725.662.668	R$	137,48	2,8%
C3a	R$	7.490.265.722	R$	137,87	2,3%
C3b	R$	8.286.310.067	R$	138,47	2,0%
C3c	R$	10.871.568.456	R$	139,35	1,5%
C4a	R$	7.666.602.335	R$	141,12	0,0%
C4b	R$	8.452.490.691	R$	141,25	0,0%
C4c	R$	11.000.161.817	R$	140,99	0,3%
C5a	R$	7.542.074.540	R$	138,82	1,6%
C5b	R$	8.320.270.566	R$	139,04	1,6%
C5c	R$	10.858.483.952	R$	139,18	1,6%
C6a	R$	7.301.331.815	R$	134,39	4,7%
C6b	R$	7.962.065.712	R$	133,06	5,8%
C6c	R$	10.801.446.703	R$	138,45	2,1%
C7a	R$	7.081.576.379	R$	130,35	7,6%
C7b	R$	7.864.731.048	R$	131,43	7,0%
C7c	R$	10.539.105.705	R$	135,08	4,5%
C8a	R$	7.657.842.862	R$	140,96	0,1%
C8b	R$	8.450.792.837	R$	141,22	0,0%
C8c	R$	11.028.203.295	R$	141,35	0,0%
C9a	R$	7.647.337.459	R$	140,76	0,2%
C9b	R$	8.436.571.548	R$	140,98	0,2%

Tabela 6.3: Custos dos cenários 1 a 13 e projeções **a, b** e **c** (CONTINUAÇÃO).

C9c	R$	11.030.562.414	R$	141,38	0,0%
C10a	R$	7.254.891.592	R$	133,54	5,3%
C10b	R$	7.944.341.985	R$	132,76	6,0%
C10c	R$	10.565.519.454	R$	135,42	4,2%
C11a	R$	7.060.363.054	R$	129,96	7,9%
C11b	R$	7.836.257.153	R$	130,95	7,3%
C11c	R$	10.379.802.316	R$	133,04	5,9%
C12a	R$	7.630.360.496	R$	140,45	0,4%
C12b	R$	8.455.870.538	R$	141,31	0,0%
C12c	R$	11.036.876.299	R$	141,46	0,0%
C13a	R$	7.068.352.953	R$	130,11	7,8%
C13b	R$	7.824.264.153	R$	130,75	7,5%
C13c	R$	10.378.152.481	R$	133,02	5,9%

A partir dos dados da Tabela 6.3, verifica-se no cenário 1 o custo do rearranjo da logística de distribuição da soja, dentro das principais rotas operacionais existentes. O custo operacional médio para o cenário 1 gira em torno de R$ 141,00. Para efeito comparativo, a Tabela 6.4 apresenta alguns valores disponíveis de Salin (2017), convertidos para Reais (1 USD - R$ 3,15) referentes ao transporte de soja (o estudo considera o modo rodoviário como transporte interno das origens aos portos exportadores) de algumas regiões do Brasil para Xangai e Hamburgo.

Tabela 6.4: Custos reais de transporte de soja, em 2016 (Fonte: Salin, 2017).

Origem – Porto utilizado – Destino final	**Custo de transporte (R$/tonelada)**
Mato Grosso -Porto de STM – Xangai	224,1
Mato Grosso -Porto de SSZ – Xangai	290,2
Paraná – Porto PRG – Xangai	124,2
Piauí – Porto ITQ – Xangai	169,4
Mato Grosso – Porto SSZ - Hamburgo	294,9
Paraná - Paranaguá – Hamburgo	125,0
Mato Grosso - Santarém - Hamburgo	203,5
Piauí – Porto ITQ - Hamburgo	144,8

A partir dos valores disponibilizados em Salin (2017), verifica-se que apenas um rearranjo da alocação de soja brasileira já reduziria consideravelmente o custo global de transporte de soja. A região Centro-Oeste brasileira produz 44% de toda a soja do país. O custo de transporte desta região, conforme visualizado na Tabela 6.4 ultrapassa o valor de R$200,00/ton, chegando a quase R$300,00/ton em alguns casos. O custo médio encontrado nas simulações chegaria a reduzir em mais da metade o custo logístico total dessas regiões. A

região do MATOPIBA, que produz aproximadamente 11% da soja brasileira, é representada na tabela pelas origens no Estado do Piauí. No rearranjo proposto no cenário 1, o valor ficaria quase R$30/ton abaixo do praticado para Xangai e em torno de R$3,00 abaixo do praticado para Hamburgo. Apenas a logística a partir da região Sul, que é representada na Tabela 6.4 pela soja oriunda do Estado do Paraná, possui valores superiores à média encontrada no cenário 1 (em torno de 12% acima). Entretanto, esta pesquisa analisou cenários com contextos globais, onde a variação percentual das demais regiões brasileiras compensa negativamente os custos logísticos de transporte de soja. A partir dos dados disponíveis em Salin (2017), foi realizada também uma média ponderada, relacionada às principais regiões produtoras de soja no Brasil (Região Centro-Oeste, Sul e MATOPIBA), que correspondem a 90% da produção da soja. O custo médio real encontrado foi de aproximadamente R$170,00/tonelada transportada, da origem até o destino final. Assim, baseando-se neste custo médio por tonelada transportada no sistema real, os valores encontrados no cenário 1 apresentariam uma redução aproximada de 17%, apenas com o rearranjo voltado à decisão, para alocação e utilização das rotas reais atuais.

A partir do cenário 2 são adicionadas novas alternativas de transporte. Este cenário, em suas 3 projeções apresenta significativa redução de custos, de 2,9%, 2,6% e 2,8%, para as projeções 2015, 2017 e 2026, respectivamente, apresentando a inserção da Hidrovia Araguaia-Tocantins como alternativa ao escoamento da soja. Esta hidrovia possui influência direta com o escoamento da soja oriunda do Norte do Mato Grosso e parte do MATOPIBA.

De acordo com Pompermayer (2014) e Brasil (2012), no Plano Nacional de Logística e Transportes - 2011, o custo de implantação da hidrovia, no trecho estudado (que já possui trechos operacionais e eclusas de Tucuruí concluídas) é de aproximadamente R$ 2,4 bilhões. Em reais, o cenário 1 apresenta redução em torno de aproximadamente 220 milhões anuais em 2015 e 2017, chegando a aproximadamente R$ 300 milhões na projeção C1c. Este valor é competitivo, uma vez que, além da soja, diversos outros produtos poderão ser escoados pela hidrovia, o que reduziria ainda mais uma compensação do investimento realizado.

O cenário 3, comparativamente ao Cenário 1 e suas projeções, apresenta redução de 2,3% em custos em 2015, 2,0% na projeção para 2017 e 1,5% na projeção para 2026. Este cenário tem como diferencial a adição de uma ferrovia com extensão de 545 km entre as cidades de Maringá e Paranaguá (F1). Em termos de custos, de acordo com Eller *et al.* (2011), o custo de implantação de uma ferrovia gira em torno de R$2 milhões por quilômetro. Assim, o custo para implantação da ferrovia deste cenário seria de aproximadamente R$1,1 bilhão. A redução

de custos causada pela soja teria grande impacto na implantação do investimento. Adiciona-se o fato de existirem outras cargas diversas que também escoarão sua produção pela ferrovia.

O cenário 4, cuja característica é a adição de uma ferrovia ligando a cidade Porto União ao Porto de São Francisco do Sul (F2) não apresentou redução de custos em relação ao cenário 1, apesar da utilização da ferrovia, absorvendo 33% da carga destinada ao Porto SFC. Esta não redução demonstra a inviabilidade de construção da ferrovia.

O cenário 5 possui como característica a inserção de uma ferrovia ligando a cidade de Cruz Alta – RS ao Porto de Rio Grande (F3), numa extensão de 507 quilômetros. Nas três projeções (C5a, C5b e C5c), os custos logísticos foram reduzidos em aproximadamente 1,6%, em relação ao cenário 1. Utilizando o estudo de Eller (2011) e seus cálculos de custos de implantação de uma ferrovia, a alternativa proposta neste cenário teria um custo de implantação de aproximadamente R$ 1 bilhão. A redução de custos operacionais de F3, adicionados outros produtos que podem ser escoados pela ferrovia, compensaria a implantação da ferrovia.

O cenário 6 integra e adiciona F1, F2 e F3 às rotas do cenário 1. Nas projeções C5a, C5b e C5c, os custos logísticos foram reduzidos em aproximadamente 4,7% 5,8% e 2,1%, em relação ao cenário 1. Estes resultados são significativos, uma vez que é realizada nesta pequisa a análise do escoamento do produto soja. Utilizando os cálculos de Eller *et al.* (2011), a construção das 3 ferrovias em questão teria um custo de aproximadamente R$ 3 bilhões. Entretanto, ressalta-se que a ferrovia destina ao Porto SFC não foi considerada viável em sua operação. No caso da exclusão da implantação desta ferrovia, o custo de implantação das outras duas ferrovias seria de R$2,1 bilhão, que seria compensado com a implantação das ferrovias.

O cenário 7 integra as 3 ferrovias (F1, F2 e F3) do cenário 6 à Hidrovia HAT, inserida no cenário 2. Verifica-se, neste cenário, para as projeções C7a, C7b e C7c, a redução percentual de custos de 7,6%, 7,0% e 4,5%, respectivamente. Como já fora afirmada a não viabilidade de F2, o custo de implantação de F1, F2 e HAT é da ordem de R$ 4,5 bilhões. Este valor de redução seria também compensado pela operação conjunta de F1, F3 e HAT.

Os cenários 8 e 9, cujas características são as alternativas rodoviária e ferroviária para o Porto de Ilo, não se mostraram competitivos, em relação ao cenário 1. Estudos específicos devem ser realizados para a ferrovia F4, que possuiu alocação de carga de microrregiões específicas do estado do Mato Grosso. Entretanto, nesta análise sistêmica, em termos de custos, as duas alternativas não são viáveis.

Em termos de redução de custos e análises de viabilidade dos cenários, os cenários 10 e 11 apresentam resultados semelhantes ao cenário 6 e 7, respectivamente. O cenário 10 integra

as 4 ferrovias propostas (F1, F2, F3, F4) e o cenário 11 engloba todas as alternativas de transporte adicionais propostas. Como as análises são realizadas em termos de custos de implantação *versus* custos de operação, já foi verificada a não viabilidade de F2, F4 e de rotas rodoviárias que levam ao Porto de Ilo. Assim, os cenários 10 e 11, que possuem melhores percentuais de redução de custos operacionais, necessitariam de investimentos adicionais para implantação de F2 e F4, o que mostra que os cenários 6 e 7 apresentam resultados mais efetivos em viabilidade, a partir da implantação conjunta de rotas multimodais. Os cenários 12 e 13 foram criados a partir da limitação dos portos de Santos e Paranaguá, conforme descrito na seção 6.12 e tiveram como base os cenários 1 e 11, respectivamente. Em termos de custos, os resultados dos cenários 12 e 13 foram semelhantes aos resultados dos cenários 1 e 11, o que demonstra que a própria lógica de execução do modelo já busca alternativas mais viáveis economicamente para o escoamento da soja.

Após a análise conjunta dos cenários estabelecidos, verificou-se que a hidrovia Araguaia-Tocantins, e as ferrovias que levam aos portos de Paranaguá e Rio Grande são as alternativas mais efetivas para a redução de custos e melhoramento da logística da soja. Conforme explicado, este estudo analisa de maneira sistêmica todo a logística de exportação da soja brasileira, entretanto, no sistema real, agentes envolvidos com este sistema logístico não interagem em suas decisões de alocação, buscando resultados globais. A decisão e a busca pela redução de custos são realizadas de maneira individual, onde as empresas buscam a melhor performance para o "pedaço" do sistema em que são responsáveis. A decisão conjunta e integrada por si só já reduziria consideravelmente os custos e melhoraria o desempenho do sistema global, conforme pode ser visualizado no cenário 1 e suas projeções.

Entretanto, análises específicas hão de ser realizadas. Contratos específicos necessitam de planejamento e execução específicas, como por exemplo a utilização do Porto de Ilo, que possui menor distância à Ásia. Contratos exclusivos para o mercado asiático necessitam de estudos das rotas que levam a este porto. A utilização de novas rotas, como por exemplo, a ampliação do Canal do Panamá, que além de viabilizar o transporte de grãos para a Ásia a partir dos Portos do Arco Norte, permite o aumento da capacidade dos Navios e reduz as filas e gargalos dos Portos ao Sul do Brasil.

7. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho se propôs modelar, construir, implementar e analisar, através da simulação a eventos discretos, baseado na construção e comparação de cenários, o comportamento geral do sistema logístico brasileiro de transporte de soja em grão destinada à exportação. Desta forma, a pesquisa contribui com o conhecimento científico na utilização da SED como ferramenta de análise de decisão voltada ao ambiente estratégico. Destaca-se também a estruturação e utilização da SED em um sistema logístico de grande porte, com as dimensões do sistema estudado e alto número de variáveis inter-relacionadas, e a aplicação integrada de um *framework* de modelagem conceitual a uma técnica de modelagem de processos voltada à simulação a eventos discretos, para mapeamento do sistema e concepção do modelo. Esta contribuição científica inédita, voltada à decisão em engenharia de produção, particularmente em logística e transportes foi preenchida com a modelagem, implementação e análise deste modelo.

O modelo construído é extenso, foi implementado no software de simulação Promodel®, buscando a racionalização dos recursos em relação a custos e operacionalidade. É um modelo abrangente que permite a análise estratégica da logística da soja. Diante da amplitude do sistema, o modelo demonstrou-se eficaz, gerando soluções coerentes, o que permitiu a representação de diferentes situações em diferentes cenários. A escolha da utilização de técnicas de simulação é justificada pelo grande número de variáveis, que precisam ser estudadas de maneira conjunta e sistêmica, avaliando as influências delas entre si. A análise de sensibilidade, através da comparação de cenários, permitiu um dimensionamento mais adequado, dentro das premissas e restrições existentes no sistema real, obtendo-se uma maior racionalização dos recursos disponíveis.

Foi realizada ampla pesquisa para delimitação do tema e seu caráter inovador, além de definição do objeto de pesquisa e metodologias a serem empregadas no desenvolvimento do trabalho. Isto foi permitido com a revisão sistemática da literatura, a partir de pesquisa às principais fontes científicas disponíveis.

Após a delimitação do tema e objeto de pesquisa, foram realizadas as 3 etapas apresentadas para um projeto de simulação: concepção, implementação e análise. Dada a profundidade da construção do modelo, estas etapas foram realizadas em capítulos individuais, para maior detalhamento e entendimento do projeto de simulação realizado. A concepção foi a

estruturação do modelo real para um modelo de simulação. Esta estruturação foi elaborada a partir da associação de um *framework* de modelagem conceitual à técnica IDEF-SIM, o que permitiu uma adequada representação do sistema tanto conceitualmente, como em diagrama, para a implantação do modelo.

A segunda etapa de construção do trabalho foi a etapa de implementação, a partir da construção do modelo de simulação. Esta estruturação, durante o processo de pesquisa, teve a construção de vários modelos até que se chegasse ao modelo aqui apresentado, considerado válido e representativo, pelos testes realizados. A última etapa do projeto de simulação foi a etapa de análise. Esta análise foi baseada na construção de diversos cenários, dos quais 13 cenários e suas projeções foram analisados, com características particulares, totalizando, na realidade, 39 cenários. Estes cenários permitiram a análise do sistema logístico estudado, com discussão em alocação da soja, a partir da origem, pelas rotas consideradas, aos portos exportadores e aos destinos finais.

Vale ressaltar que o modelo, mesmo com abrangência estudada e alto número de variáveis inter-relacionadas é um recorte ou simplificação do sistema real, onde um determinado número de variáveis reais foi considerado. Indica-se, numa projeção de estudos futuros, a associação de fatores relacionados ao clima e ao solo, à maior segregação espacial e análise cada vez mais pontual, a utilização conjunta da SED com outras ferramentas quantitativas e qualitativas voltadas à decisão e a previsão e a inserção de variáveis que reflitam projeções socioambientais, cuja preocupação é crescente, na medida em que o agronegócio brasileiro vem se expandindo.

O cenário brasileiro ainda utiliza majoritariamente o modo rodoviário para o transporte da soja. O modelo sugerido, num rearranjo estratégico com a configuração existente, já busca a saída através da multimodalidade. Para que o Brasil continue sustentando sua posição de liderança na exportação de soja, é necessário o investimento em modos alternativos ao rodoviário, no caso hidrovias e ferrovias, conforme indicado neste trabalho. As longas distâncias não justificam o uso rodoviário do transporte e sim a busca de modais que consolidem maior quantidade de carga, e reduzam os custos de frete. O modelo também indica na maioria dos cenários uma redução da demanda aos portos tradicionais de exportação e mesmo com o sistema existente, busca resultados que minimizam consideravelmente os custos de operação. Eventuais mudanças no direcionamento das cargas brasileiras aos portos do Norte sugerem estudos específicos relacionados a outras rotas marítimas e contratos particulares de fornecimento.

Os cenários estabelecidos, com exceção do cenário 1 propõem alternativas já propostas ou estudadas em âmbito nacional, inserindo projetos de transporte compostos por rodovias, ferrovias e hidrovias. Foram propostas 4 novas ferrovias (F1, F2, F3 e F4), 1 hidrovia (HAT) e a utilização de rodovias com o destino ao Porto de Ilo. O cenário 1, por sua vez, propõe resultados para a infraestrutura existente no Brasil para o escoamento da soja, com base na escolha de rotas pelo modelo simulado.

Após a análise dos cenários, verificou-se que a hidrovia Araguaia-Tocantins, e as ferrovias que levam aos portos de Paranaguá e Rio Grande são as alternativas mais efetivas para a redução de custos e melhoramento da logística da soja. Conforme explicado, este estudo analisa de maneira sistêmica todo a logística de exportação da soja brasileira, entretanto, no sistema real, agentes envolvidos com este sistema logístico não interagem em suas decisões de alocação, buscando resultados globais. A decisão e a busca pela redução de custos são realizadas de maneira individual, onde as empresas buscam a melhor performance para o "pedaço" do sistema em que são responsáveis. A decisão conjunta e integrada por si só já reduziria consideravelmente os custos e melhoraria o desempenho do sistema global, conforme pode ser visualizado no cenário 1 e suas projeções.

Comparativamente, após realização de projeções e ponderações de custos, verificou-se que o planejamento conjunto do sistema global estudado, apenas com o rearranjo da distribuição, reduziria o custo logístico das origens aos destinos finais. Ponderando-se o custo real pelas regiões produtoras, estimou-se um valor de aproximadamente R$170,00/tonelada transportada, da origem até o destino final. Assim, a decisão integrada entre as organizações envolvidas com a logística da soja reduziria aproximadamente 17%, apenas com o rearranjo voltado à decisão, para alocação e utilização das rotas reais atuais.

As análises em custos dos cenários 2 a 13 são realizadas comparativamente aos resultados do cenário 1, ou seja, além da redução de custos já proposta com o rearranjo da distribuição logística ao sistema real, adiciona-se a redução de custos da infraestrutura projetada. Dentre os resultados dos cenários, verificou-se a maior competitividade dos cenários 1, 2, 6 e 7, num comparativo de custos de operação *versus* custos de implantação. A HAT e as Ferrovias F1 e F3 são as alternativas mais competitivas de implantação, com custos competitivos que buscam viabilizar o investimento de implantação das alternativas propostas. Entretanto, vale ressaltar que o modelo construído analisa a cadeia logística da soja de maneira integrada, sob uma ótica de planejamento estratégico, buscando alternativas que reduzam as perdas do sistema como um todo. Para a busca de redução de custos e melhoria de

operacionalidade proposta no modelo, a gestão entre as organizações envolvidas com a logística da soja necessitaria de maior integração, para a busca de melhores resultados globais.

Dentre as alternativas mais competitivas, HAT é a que mais se aproxima da realidade. Em 2016 foram iniciados pelo Governo Federal os estudos de projetos básico e executivo para o derrocamento do Pedral do Lourenço, formação rochosa situada no rio Tocantins, no sudeste paraense, maior restrição à navegação permanente desta hidrovia. Há a previsão futura, ainda, de integrar a hidrovia aos modais rodoviário e ferroviário, bem como garantir o escoamento da produção agrícola, pecuária e mineral de vários estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. As ferrovias são, em geral, fomentadas pelo setor privado, que avalia contratos para a implantação de uma competitiva infraestrutura de escoamento. Nestes casos, horizontes contratuais e associação de cargas são fundamentais para a implantação de determinada ferrovia.

Sugere-se, a partir deste trabalho dois tipos de análises: a global, numa grande integração entre os setores público e privado, para direcionamento de investimentos que possibilitem uma maior racionalização de operações e competitividade internacional; e específicas, em contratos exclusivos, que necessitam de planejamento e execução particulare. Um exemplo desta especificidade é a análise de viabilidade da utilização do Porto de Ilo, que possui menor distância à Ásia. Neste estudo, onde se avalia o porto dentro de um contexto global, ferrovia e rodovias não se mostraram competitivos. Entretanto, contratos exclusivos para o mercado asiático podem vir a indicar determinadas rotas e regiões brasileiras que teriam como melhor alternativa este porto.

Há também a projeção de utilização de novas rotas internacionais, como por exemplo, o escoamento marítimo pela rota passante ao Canal do Panamá, sobretudo após sua ampliação, em 2016. Estudos vêm sendo realizados para analisar o impacto desta expansão ao mercado brasileiro. Há a possibilidade real de viabilizar o transporte de grãos para a Ásia pelo canal, a partir dos Portos do Norte, permite o aumento da capacidade dos Navios e reduz as filas e gargalos dos Portos ao Sul do Brasil.

É importante ressaltar que o estudo foi realizado para a logística da soja, entretanto, as alternativas apresentadas, em sua maioria, realizarão o transporte conjuntamente com outras cargas, as quais podem compensar ainda mais determinada alternativa. Estudos conjuntos e individuais para outras cargas, relacionando fretes principais e fretes de retorno se tornam

interessante neste contexto estratégico e podem aumentar ainda mais a competitividade brasileira no agronegócio mundial.

APÊNDICE A – VELOCIDADE OPERACIONAL (Km/h) ADOTADA PARA O CONJUNTO DE VIAS QUE SE DESTINAM A CADA PORTO OU TERMINAL.

Velocidade Média - Rodoviária (Km/h)																							
	P Velho	SIM	VDC	ITQ	SSA	VIX	SAN	PRN	SFC	RGD	ILO	C. Araguaia	Itaituba	Palmas	S Simao	Rondonópolis	Pirapora	Maringá	P União	Cruz Alta	C Grande
Mínimo	37,2	11,2	37,2	35,1	38,3	36,9	27,1	36,1	34,9	37,0	37,4	26,7	12,8	36,9	36,7	35,1	36,5	34,7	36,3	35,8	35,5
Mais provável	40,0	12,4	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	13,9	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Máximo	42,0	13,1	41,9	42,9	42,3	44,5	44,6	43,3	43,9	44,0	43,3	44,1	14,5	42,4	43,0	45,5	42,6	42,7	42,7	42,3	44,7

APÊNDICE B - VARIABILIDADE DOS RESULTADOS DO MODELO EM RELAÇÃO À DISTRIBUIÇÃO DOS PORTOS. EXEMPLIFICAÇÃO PARA O PORTO DE SANTOS – CENÁRIO C11c.

Réplica	Quantidade destinada ao Porto de Santos (Toneladas)	Variação absoluta em relação à media %
1	14.294.099	0,176%
2	14.308.936	0,280%
3	14.228.942	0,280%
4	14.243.779	0,176%
5	14.269.013	0,001%
6	14.253.288	0,110%
7	14.271.455	0,018%
8	14.308.936	0,280%
9	14.271.455	0,018%
10	14.269.013	0,001%
11	14.266.423	0,018%
12	14.268.532	0,003%
13	14.294.099	0,176%
14	14.308.936	0,280%
15	14.269.346	0,003%
16	14.223.133	0,321%
17	14.294.099	0,176%
18	14.268.865	0,001%
19	14.227.573	0,290%
20	14.228.942	0,280%
21	14.310.305	0,290%
22	14.243.779	0,176%
23	14.284.590	0,110%
24	14.314.745	0,321%
25	14.305.273	0,255%
26	14.228.942	0,280%
27	14.266.423	0,018%
28	14.268.865	0,001%
29	14.232.605	0,255%
30	14.243.779	0,176%
Média	14.268.939	0,159%

APÊNDICE C – PARÂMETROS UTILIZADOS NO PROMODEL PARA A CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS.

Cenário	Entidade	Locais	Chegadas	Processos	Recursos	Redes de Caminho	Vetores	Variáveis
1	6 entidades, sendo: Soja, SojaRodo, Soja_HidroPVH, SojaHidroSS, Soja Ferro, Soja_Maritimo	61 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	139 Processos	7 recursos	2 redes de caminho - 303 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	52 variáveis
2	Adição da entidade SojaHidro_CA	63 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	142 Processos	8 recursos	2 redes de caminho - 333 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	55 variáveis
3		63 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	145 Processos	8 recursos	2 redes de caminho - 333 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	54 variáveis
4		63 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	145 Processos	8 recursos	2 redes de caminho - 333 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	54 variáveis
5		63 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	145 Processos	8 recursos	2 redes de caminho - 333 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	54 variáveis
6		67 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	157 Processos	10 recursos	2 redes de caminho - 363 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	58 variáveis
7	Adição da entidade SojaHidro_CA	69 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	160 Processos	11 recursos	2 redes de caminho - 383 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	61 variáveis
8		64 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	142 Processos	7 recursos	2 redes de caminho - 333 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	53 variáveis
9		66 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	148 Processos	8 recursos	2 redes de caminho - 344 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	54 variáveis
10		71 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	166 Processos	11 recursos	2 redes de caminho - 385 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	61 variáveis
11	Adição da entidade SojaHidro_CA	73 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	169 Processos	12 recursos	2 redes de caminho - 434 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	52 variáveis
12		61 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	139 Processos	7 recursos	2 redes de caminho - 303 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	52 variáveis
13	Adição da entidade SojaHidro_CA	73 locais	8640 Chegadas, em 19 locais	169 Processos	7 recursos	2 redes de caminho - 434 caminhos	26 matrizes, sendo 5 de importação e 21 de exportação	64 variáveis

APÊNDICE D – RESULTADOS DAS DISTRIBUIÇÕES DOS CENÁRIOS

Cenário C1a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas).

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC
1	0	0	622066	414711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3507822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1765992	756854	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718	0
5	2350055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1088633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2540143
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2851183	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2125428	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	3974392	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2816625	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2816625	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C1b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC
1	0	0	684271	456180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3870718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1935352	829436	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135	0
5	2591998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1197501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2794170
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3144926	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2332776	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	4134010	237799	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2941167	169201	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2924850	168239	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C1c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC
1	0	0	891641	594427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	5045727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2528047	1083449	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5546855	0
5	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1560383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3640893
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4095345	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4060787	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4942053	0	0
11	0	0	0	0	0	0	3041252	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2799346	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	5702366	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2932250	1111258	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2932250	1111258	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4406367	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C2a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Conceição do Araguaia (R+H) - VDC
1	0	0	940466	96311	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	325970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3181852
3	0	0	0	0	2522845	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718	0	0
5	2350055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337255	3291520	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264994	0	2586189
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2125428	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	3974392	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2816625	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2816625	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C2b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) - VDC
1	0	0	938838	201613	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	684352	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3186366
3	0	0	0	0	2764788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135	0	0
5	2591998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	705701	3285970	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	556073	0	2588853
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2332776	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	4134010	237799	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2941167	169201	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2924850	168239	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C2c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) - VDC
1	0	0	1486068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1857918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3187809
3	0	0	0	0	3611496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5546855	0	0
5	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	668183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1247085	3286007	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4095345
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4060787	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		4307133	634920	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2650532	390720	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	2799346	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	5702366	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	4043508		0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	4043508		0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4406367	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C3a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG
1	0	0	622066	414711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3507822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1765992	756854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718	0	0
5	2350055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1088633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2540143	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2851183	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	313908	0	0	0	0	0	0	0	0	1811520
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	1603195	0	0	0	0	0	0	2371197
15	0	0	0	0	0	0	0	0	896147	0	0	0	0	0	0	1920478
16	0	0	0	0	0	0	0	2400486	416139	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C3b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Maringá (R+F) - PRG
1	0	0	684271	456180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3870718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1935352	829436	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135	0	0
5	2591998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1197501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2794170	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3144926	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	525548	0	0	0	0	0	0	0	0	1807228
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	2000975	0	0	0	0	0	0	2370834
15	0	0	0	0	0	0	0	0	1182668	0	0	0	0	0	0	1927700
16	0	0	0	0	0	0	0	2396268	696821	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C3c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG
1	0	0	891641	594427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	5045727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2528047	1083449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4940166	606689	0
5	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1560383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3640893	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	447922	0	0	3647423	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	444148	0	3616639	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	540644	4401409	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	901394	0	251674	81141	0	0	0	0	0	1807043
12	0	0	0	0	0	0	0	0	231657	0	0	74703	0	2492986	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	2162169	152107	0	0	0	0	0	2371663
15	0	0	0	0	0	0	0	0	1533021	108040	0	0	0	0	0	1921958
16	0	0	0	0	0	0	0	2402447	1532947	108114	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4288559	117808	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C4a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG
1	0	0	601331	435446	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3507822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1740763	782082	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718	0	0
5	2350055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1088633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2540143	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2851183	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2125428	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	3974392	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2816625	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2816625	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C4b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Porto União (R+F) - SFC
1	0	0	661462	478989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3870718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1962999	801789	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135	0	0
5	2591998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1197501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2794170	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3144926	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2332776	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	4134110	237699	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2941167	0	0	0	0	0	0	0	169201
16	0	0	0	0	0	0	0	2924850	0	0	0	0	0	0	0	168239
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C4c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Porto União (R+F) - SFC
1	0	0	891641	594427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	5045727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2528047	1083449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5546855	0	0
5	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1560383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3640893	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4095345	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4060787	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4942053	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	3041252	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2799346	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	5702366	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2932250	0	0	0	0	0	0	0	1111258
16	0	0	0	0	0	0	0	2932250	0	0	0	0	0	0	0	1111258
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4406367	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C5a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD
1	0	0	622066	414711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3507822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1765992	756854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718	0	0
5	2350055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1088633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2540143	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2851183	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2125428	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	3974392	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2816625	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2816625	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C5b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD
1	0	0	684271	456180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3870718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1935352	829436	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135	0	0
5	2591998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1197501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2794170	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3144926	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2332776	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	4134010	237799	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2941167	169201	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2924850	168239	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C5c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD
1	0	0	891641	594427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	5045727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2528047	1083449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5546855	0	0
5	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1560383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3640893	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4095345	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4060787	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4942053	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	3041252	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2799346	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	5702366	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2932250	1111258	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2932250	1111258	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4406367	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C6a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD
1	0	0	622066	414711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3507822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1765992	756854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718	0	0	0	0
5	2350055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1088633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2540143	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2851183	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	313908	0	0	0	0	0	0	0	0	1811520	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	586968	0	0	0	0	0	0	3387424	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2400597	416028	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2400486	0	0	0	0	0	0	0	0	416139	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C6b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD
1	0	0	1140451	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3870718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2764788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135	0	0	0	0
5	2591998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3991671	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3144926	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	525548	0	0	0	0	0	0	0	0	1807228	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	984903	0	0	0	0	0	0	3386906	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2409625	700743	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2396268	0	0	0	0	0	0	0	0	696821	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C6c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD
1	0	0	891641	594427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	5045727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2528047	1083449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4940166	606689	0	0	0
5	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1560383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3640893	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	447922	0	0	3647423	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	444148	0	3616639	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	540644	4401409	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	901394	0	251674	0	0	0	0	0	0	1807043	0	81141
12	0	0	0	0	0	0	0	0	231657	0	0	0	0	2492986	0	0	0	74703
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	2162169	0	0	0	0	0	0	3388090	0	152107
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2402447	1533021	108040
16	0	0	0	0	0	0	0	2402447	0	0	0	0	0	0	0	0	1532947	108114
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4288559	0	0	0	0	0	0	0	0	117808
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C7a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) -	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) - VDC
1	0	0	940466	96311	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
2	0	0	0	325970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	3181852
3	0	0	0	0	2522845	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718	0		0	0	0
5	2350055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337255	3291520		0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264994	0		0	0	2586189
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	313908	0	0	0	0	0	0	0	0	1811520	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	586968	0	0	0	0	0	0	3387424	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2400597	416028	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2400486	0	0	0	0	0	0	0	0	416139	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C7b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União	Terminal Cruz Alta (R+F) -	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) -
1	0	0	938838	201613	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	684352	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3186366
3	0	0	0	0	2764788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135	0	0	0	0	0
5	2591998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	705701	3285970	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	556073	0	0	0	0	2588853
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	525548	0	0	0	0	0	0	0	0	1807228	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	984903	0	0	0	0	0	0	3386906	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2409625	700743	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2396268	0	0	0	0	0	0	0	0	696821	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C7c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) - VDC
1	0	0	938912	547156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1857918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3187809
3	0	0	0	0	3611496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	374810	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5172045	0	0	0	0	0
5	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	351574	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1563694	3286007	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	276834	0	0	1231212	0	0	0	0	2587299
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	274503	0	3786284	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	334036	4608017	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1028637	0	155437	0	0	0	0	0	0	1807043	0	50135	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	142968	0	0	0	0	2610128	0	0	0	46250	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	2219926	0	0	0	0	0	0	3388090	0	94350	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2402447	1574128	66933	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2402447	0	0	0	0	0	0	0	0	1574128	66933	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4333440	0	0	0	0	0	0	0	0	72927	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C8a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	ILO [R]
1	0	0	653170	383607	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3507822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1816448	706397	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718	0	0
5	2350055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1088633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2540143	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2851183	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2125428	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	3974392	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2760293	56333	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2732126	84499	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C8b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	ILO [R]
1	0	0	707080	433371	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3870718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1962999	801789	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135	0	0
5	2591998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1197501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2794170	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3144926	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2332776	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	4133667	238142	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2940999	169369	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2924876	168213	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C8c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	ILO [R]
1	0	0	921362	564706	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	5045727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2564162	1047334	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5546855	0	0
5	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1560383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3640893	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4095345	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4060787	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4942053	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	3041252	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2799346	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	5702366	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2933397	1110111	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2931103	1112405	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4406367	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C9a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Campo Grande [R + F] Porto de Ilo
1	0	0	622066	414711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3507822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1765992	756854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	3870718
5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2350055
6	0	1088633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2540143	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2851183	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2125428	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	3974392	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2816625	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2816625	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C9b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Campo Grande [R + F] - ILO
1	0	0	684271	456180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3870718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1935352	829436	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2591998
6	0	1197501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2794170	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3144926	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2332776	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	4134010	237799	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2941167	169201	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2924850	168239	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C9c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Campo Grande [R + F] Porto de Ilo
1	0	0	891641	594427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	5045727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2528047	1083449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5546855
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869
6	0	1560383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3640893	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4095345	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4060787	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4942053	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	3041252	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2799346	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	4135527	1566839	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2932250	1111258	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2932250	1111258	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4406367	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C10a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Campo Grande [R + F] - ILO
1	0	0	596147	440630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3507822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1816448	706397	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2350055
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3628775	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2851183	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	313908	0	0	0	0	0	0	0	0	1811520	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	586968	0	0	0	0	0	0	3387424	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2400597	416028	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2400486	0	0	0	0	0	0	0	0	416139	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C10b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Campo Grande [R + F] - ILO
1	0	0	1140451	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3870718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2764788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2591998
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3991671	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3144926	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	525548	0	0	0	0	0	0	0	0	1807228	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	984903	0	0	0	0	0	0	3386906	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2409625	700743	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2396268	0	0	0	0	0	0	0	0	696821	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C10c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Campo Grande [R + F] - ILO
1	0	0	891641	594427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	5045727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2528047	1083449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5546855
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5201275	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4095345	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4060787	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4942053	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1234209	0	0	0	0	0	0	0	0	1807043	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2799346	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	629	0	2313647	0	0	0	0	0	0	3388090	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2402447	1640395	666	0
16	0	0	0	0	0	0	703	2402447	0	0	0	0	0	0	0	0	1640358	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4405627	0	0	0	0	0	0	0	0	740	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C11a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) - VDC	ILO [R]	Terminal Campo Grande [R + F] - ILO
1	0	0	940466	96311	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	325970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3181852	0	0
3	0	0	0	0	2522845	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2350055
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3628775	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264994	0		0	0	2586189	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	313908	0	0	0	0	0	0	0	0	1811520	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	586968	0	0	0	0	0	0	3387424	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2400597	416028	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2400486	0	0	0	0	0	0	0	0	416139	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C11b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) - VDC	ILO [R]	Terminal Campo Grande [R + F] - ILO
1	0	0	938838	201613	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	684352	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3186366	0	0
3	0	0	0	0	2764788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2591998
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3991671	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	556073	0	0	0	0	2588853	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	525548	0	0	0	0	0	0	0	0	1807228	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	984903	0	0	0	0	0	0	3386906	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2409625	700743	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2396268	0	0	0	0	0	0	0	0	696821	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

C11c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) - VDC	ILO [R]	Terminal Campo Grande [R + F] - ILO
1	0	0	938912	547156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	2E+06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3187809	0	
3	0	0	0	0	3611496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5546855
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5201275	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	276834	0	0	1231212	0	0	0	0	2587299	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4060787	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4942053	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1E+06	0	0	0	0	0	0	0	0	1807043	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2799346	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	629	0	2313647	0	0	0	0	0	0	3388090	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2402447	1640395	666	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	703	2402447	0	0	0	0	0	0	0	0	1640358	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4405627	0	0	0	0	0	0	0	0	740	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C12a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC
1	0	0	1036777		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3507822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2522845		0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2515967	1354751
5	2350055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1088633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2540143
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2566065	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	343871	3094835	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1912885		212543	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	585791	0	0	0	0	1366847	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	3974392	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2534963	281663	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2394131	422494	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3058531	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C12b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC
1	0	0	1140451		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3870718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2764788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3158420	1109715
5	2591998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1197501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2794170
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1257970	0	0	1886956	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	380157	3421409	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2099498	0	233278	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	4114010	257799	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	2951167	159201	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2934850	158239	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C12c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC
1	0	0	1486068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	5045727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	3250346	361150	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4160141	1386714
5	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1560383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3640893
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	819069	0	0	3276276	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4060787	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	988411	3953642	0	0
11	0	0	0	0	0	0	2797952	243300	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2799346	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	5702366	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	4043508	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	3543442	500066	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4406367	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C13a – Projeção 2015 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) - VDC	ILO [R]	Terminal Campo Grande [R + F] - ILO
1	0	0	939726	96866	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	325415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3182407	0	0
3	0	0	0	0	2522845	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3870718
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2350055
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3628775	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	265549	0		0	0	2585634	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2833904	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1451510	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3438706	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	314463	0	0	0	0	0	0	0	0	1810965	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1952638	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	587523	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2401152	416028	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2399931	0	0	0	0	0	0	0	0	416694	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3057976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2989415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C13b – Projeção 2017 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) - VDC	ILO [R]	Terminal Campo Grande [R + F] - ILO
1	0	0	939393	201058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	684907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3185811	0	0
3	0	0	0	0	2764788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4268135
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2591998
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3991671	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	556073	0	0	0	0	2588853	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3127647	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1607021	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3801565	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	526103	0	0	0	0	0	0	0	0	1806673	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2142707	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3646054	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	985458	0	0	0	0	0	0	3386351	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2410180	700188	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	2395713	0	0	0	0	0	0	0	0	697376	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4199019	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3300474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

Cenário C13c – Projeção 2026 – Média das replicações (em toneladas)

Região	Terminal Porto Velho (R + H) - ITA	STM [R]	VDC [R]	ITQ [R]	SSA [R]	VIX [R]	SSZ [R]	PRG [R]	SFC [R]	RGD [R]	Terminal Palmas (R+F) - ITQ	Terminal Pirapora (R+F) - VIX	Terminal São Simão (R+ H+R) Terminal Anhembi - SSZ	Terminal Rondonópolis (R+F) - SSZ	Terminal Itaituba (R+H) - VDC	Terminal Maringá (R+F) - PRG	Terminal Porto União (R+F) - SFC	Terminal Cruz Alta (R+F) - RGD	Terminal Conceição do Araguaia (R+H) - VDC	ILO [R]	Terminal Campo Grande [R + F] - ILO
1	0	0	939467	546601	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1858473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3187254	0	
3	0	0	0	0	3611496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5546855
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3386869
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5201275	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	277389	0	0	1230657	0	0	0	0	2587299	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4060787	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090870	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4942053	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1234764	0	0	0	0	0	0	0	0	1806488	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2799346	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4751984	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	629	0	2314202	0	0	0	0	0	0	3387535	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2403002	1639840	666	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	703	2401892	0	0	0	0	0	0	0	0	1640913	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4405072	0	0	0	0	0	0	0	0	1295	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5460460	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4302693	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

R - Trechos rodoviários; F - Trechos ferroviários; H - Trechos hidroviários

REFERÊNCIAS

ABIOVE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEO VEGETAL. **Cadeia Produtiva de Oleaginosas e Biodíesel - Estatística.** Disponível em: www.abiove.com.br. Acesso em 4 de junho de 2017.

ABRANCHES, G. **Inauguração da rodovia Interoceânica possibilita acordos comerciais entre Brasil e Peru.** Globonews – Conta Corrente. Disponível em: <http://g1.globo.com/videos/globo-news/conta-corrente/v/inauguracao-darodovia-interoceanica-possibilita-acordos-comerciaisentre-brasil-e-peru/1604365/#/Todos%20os%20v%C3%ADdeos/page/1>. Acesso em: 17 ago. 2011.

AENFER. ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS FERROVIÁRIOS. Velocidade média das ferrovias do Brasil cai 21% em uma década. Disponível em: **http://www.ferrovias.com.br/portal/velocidade-media-das-ferrovias-do-brasil-cai-21-em-uma-decada/**. Acesso: 16 de agosto de 2017.

AHUMADA, O.; VILLALOBOS, J.R. Application of planning models in the agri-food supply chain: a review. **European Journal of Operational Research**, Vol. 196 No. 1, pp. 1-20. 2009.

ALICEWEB. SISTEMA DE ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES DE COMÉRCIO EXTERIOR. **Consulta exportação.** http://aliceweb.mdic.gov.br. Acesso em 7 de maio de 2017.

ALMEIDA, A. **Hidrovia Tocantins-Araguaia: importância e impactos econômicos, sociais e ambientais segundo a percepção dos agentes econômicos locais.** Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2004.

ALMEIDA, C. A.; SELEME, R.; CARDOSO NETO, J. Rodovia transoceânica: uma alternativa logística para o escoamento das exportações da soja brasileira com destino à China. **RESR**, Piracicaba-SP, Vol. 51, Nº 2, p. 351-368, Abr/Jun 2013 – Impressa em Julho de 2013.

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

ANEC. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE CEREAIS. **Estatísticas.** Disponível em: http://www.anec.com.br/estatisticas.html. Acesso em 4 de maio de 2016.

ANUT. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE DE CARGAS. **Solução para competitividade logística.** Disponível em http://www.anut.org.br. 2005

ANTAQ (2016). AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Estatístico aquaviário 2015.** Disponível em: http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2017/03/Apresenta%C3%A7%C3%A3o-do-Anu%C3%A1rio-Estat%C3%ADstico-2015.pdf. Acesso em 14 de junho de 2016.

ARAGÃO, J. J. G.; MATIAS, M. C.; YAMASHITA, Y.; COSTA, J. O.; ALMEIDA, C. F. O esgotamento do modelo rodoviário e o papel potencial das hidrovias. **XXIX Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes.** Ouro Preto. 2015.

ASSIS, T. F.; SCHMITZ; D. G.; SILVA, M. A. V.; AMORIM, J. C. C. Análise de alternativas de rota de soja do estado do Mato Grosso para a exportação sob o enfoque econômico e ambiental. **XXVII Congresso Anual de Pesquisa em Transportes da ANPET.** Curitiba. 2014.

ASSIS, T. F. A.; SCHMITZ; D. N. G.; SILVA, M. A. V.. Avaliação de desempenho de alternativas de transporte de soja com emprego da lógica fuzzy. **XXIX Congresso Anual de Pesquisa em Transportes da ANPET.** Anpet. Ouro Preto. 2015.

AUADA, V. **Trechos inoperantes da malha ferroviária do Paraná encarecem custos.** Disponível em: http://www.tribunapr.com.br/noticias/economia/trechos-inoperantes-da-malha-ferroviaria-do-parana-encarecem-custos/. Acesso em 15 de abrl de 2016.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-event Simulation.** 5th. Ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2009.

BERTRAND, J.W.M; FRANSOO, J.C Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal Operation Production Management.** 22 (2) (2002) 241–264, doi:10.1108/01443570210414338.

BNDES. BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Corredor bioceânico ferroviário: estudos técnicos referentes ao eixo de capricórnio.** http://www.bndes.gov.br/arqs/corredor_bioceanico/RelatorioBioceanico_BR_Web.pdf. Setembro de 2011.

BONATO, G. A soja mais competitiva do Brasil abre caminhos pelo Norte. Brasil 247. Disponível em: http://www.sindarma.org.br/noticias_ver/detalhe/navegacao_no_rio_madeira_e_afetada_por_falta_de_sinalizacao_e_dragagem. Acesso em 4 de dezembro de 2014.

BORODIN, V. HNAIEN, F. LABADIE, N. BOURTEMBOURG, J. A discrete event simulation model for harvest operations under stochastic conditions. **10th IEEE International Conference in Networking, Sensing and Control** (ICNSC). 10-12 De Abril De 2013.

BOWDEN, R. O. BATEMAN, R. E. **Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura.** 1 ed. Rio de Janeiro: Elseviers, 2013. (Organização de Belge Engenharia e Sistemas).

BOWERSOX, D.; CLOSS, D.; COOPER, M. B. **Supply chain logistics management.** 4. ed. New York, N.Y.: McGraw-Hill Education, 2012. 496 p.

BRASIL. Portal Brasil. **Economia e emprego.** http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/02/portos-deverao-escoar-96-9-milhoes-de-toneladas-de-milho-e-soja-da-safra-2016-2017. Acesso em 20 de agosto de 2017.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Ferrovia Norte Sul - Uma realidade.** Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_tematicas/Infraestrutura_e_logistica/2RE/App_Ferrovia_NorteSul_2RE_Logistica.pdf. Acesso em 5 de abril de 2016.
BRASIL. Ministério dos Transportes. Secretaria de Política Nacional de Transportes. **Projeto de Reavaliação de estimativas e Metas do PNLT.** 243 p. Brasília. 2012.

BROOKS R. J.; S. ROBINSON. Simulation, with Inventory Control. **Operational Research** Series. Basingstoke: Palgrave. 2001.

BRANCO, J. E. H. e CAIXETA-FILHO, J. V. Estimativa da demanda de carga captável pela estrada de ferro Norte-Sul. **Journal of Transport Literature**, vol. 5, n. 4, pp. 17-50. 2011.

BRANDENBURG, M.; KUHN, H; SCHILLING, R.; SEURING, S. Performance- and value-oriented decision support for supply chain configuration. A discrete-event simulation model and a case study of an FMCG manufacturer. **Logist. Res.** 7:118. DOI 10.1007/s12159-014-0118-8. 2014.

BRITO, T. B. **Aplicabilidade da Simulação Híbrida em Sistemas logísticos.** Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

BRITTO, P. A. P de; ALVARENGA, B. R. Uma análise dos efeitos da fusão ALL-Brasil ferrovias no preço do frete ferroviário de soja no brasil. **XVII Congresso Anual de Pesquisa em Transportes da ANPET.** Belém. 2013.

CAMARGO, P. V. de. **Análise de um sistema de transporte ferroviário de granéis agrícolas através de uma abordagem integrada simulação otimização.** Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo. 2010.

CARSON II, J. S. Introduction to modeling and simulation. **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference,** Orlando, FL, USA. 2005.

CASTRO, D. M; REIS, J. G. M. dos, VENDRAMETTO, O., LOPES, C. V. Modelo de decisão multicritério para escolha do modo de transporte: um estudo do escoamento da produção de grãos de Mato Grosso do Sul. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v. 16, n. 4, p. 1214-1236, out./dez. 2016.

CENTEQ (2016). CENTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA NAVAL E OCEÂNICA. **Projeto de navios.** http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/PT/1.4.3-Navios%20Graneleiros.pdf

CHANG, Y e MAKATSORIS, H. Supply Chain Modelling using Simulation. International **Journal of Simulation**. 2. 24-30. 2001

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Supply Chain Management.** 5. ed. Boston, M.A.: Prentice Hall, 2012. 528 p.

CHROCHANE LIBRARY. **Cochrane Database of Systematic Reviews.** Disponível em: http://www.cochranelibrary.com/cochrane-database-of-systematic-reviews/2014. Acesso em 12 de maio de 2016.

CHRISTOPHER, M. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.** 4 ed. Cengage Learning, São Paulo, 2011.(Tradução da 4ª edição norte-americana).

CHWIF, L. **Redução de Modelos de Simulação de Eventos Discretos na sua Concepção: Uma Abordagem Causal,** Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Mecânica, 1999.

CHWIF, F.; MEDINA, A. **Modelagem e Simulação de eventos discretos: Teoria e aplicações.** 3. ed. São Paulo: Ed. dos autores, 2010.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira.** Grãos – Safra 2012/2013. 12º levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. 2013. Acesso em 04 de junho de 2015.

CORREA, V. H. C. e RAMOS, P. A Precariedade do Transporte Rodoviário Brasileiro para o Escoamento da Produção de Soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas. **RESR**, Piracicaba, v. 48, n. 2, p. 447-472, abr./jun. 2010.

CORRÊA, J. E.; MELLO, C. H. P.; PEREIRA, T. F. Uso de simulação de eventos discretos para avaliação de uma linha de montagem de uma empresa do ramo automotivo e os impactos do fator humano. **E-locução. Revista científica da FAEX.** Ed. 06. Ano 3. 2014. Pg. 37-57.

COSTA, R. F. S.; FREITAS, A. A.; ARAÚJO FILHO, C. F. LIMOEIRO, C. D.; FULLER, D. B. Modelo de simulação para uma rede regional de dutos de derivados de petróleo considerando sequenciamento de bateladas e capacidade de armazenamento restrita. **XVLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.** Salvador. 2014.

DALL'AGNOL, A.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.; OLIVEIRA, A. B. **O complexo agroindustrial da soja brasileira.** Circular Técnica. Embrapa Soja. Londrina. 2007.

DENYER, D., TRANFIELD, D**. Producing a systematic review,** in: D. Buchanan, A. Bryman (Eds.), The Sage Handbook of Organizational Research Methods, Sage Publications, Thousand Oaks, pp. 671–689. 2009.

DEPEC. Bradesco. **Economia em dia. Agronegócio em análise**. Milho 2017. Relatório disponível em https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_milho.pdf. Acesso em 22 de maio de 2017. 2017a.

DEPEC. Bradesco**. Economia em dia. Agronegócio em análise.** Trigo 2017. Relatório disponível em https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_trigo.pdf. Acesso em 22 de maio de 2017. 2017b.

DEPEC. Bradesco. **Economia em dia. Agronegócio em análise.** Arroz 2017. Relatório disponível em https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_arroz.pdf. Acesso em 22 de maio de 2017. 2017c.
DEPEC. Bradesco. **Economia em dia. Agronegócio em análise.** Soja 2017. Relatório disponível em https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_soja.pdf.Acesso em 22 de maio de 2017. 2017d.

DIAS, G. P. P.; CORREA, H. L. **Uso de simulação para dimensionamento e gestão de estoques de peças sobressalentes.** In: Planejamento, Programação e Controle da Produção MRP II/ERP: Conceitos, Uso e Implantação. 2001.

DING, W., LI, Y; ZHANG, Q.. An Improved Genetic Algorithm for Grain Distribution Centers Locations. **Proceedings of 2008 IEEE International Symposium on IT in Medicine and** Education. Xiamen, China. 2008.

DUBKE, A. F.; PIZZOLATO, N. D.. Location model of specialized terminals for soybean exports in Brazil. **Pesquisa Operacional.** 31(1): 21-40. 2011.

ELLER, R. A. G, SOUSA JUNIOR, W. C., CURI, M. L. C. Custos do transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário. **Journal of Transport Literature**, Vol. 5, No 1 (2011).

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Embrapa Soja.** Disponível em www.embrapa.br/soja . Acesso em 4 de agosto de 2016.

FCASA. FERROVIA CENTRO-ATLÂNTICA S. A. **Projetos Noroeste de Minas.** Disponível em http://www.fcasa.com.br/projetos/noroeste-de-minas/. Acesso em 21 de junho de 2016.

FERRARI, R. C.. **Utilização de modelo matemático de otimização para identificação de locais para instalação de unidades armazenadoras de soja no Estado do Mato Grosso.** 185 p. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.

FERREIRA NETTO, J. **Modelo de simulação para dimensionamento da frota de contêineres movimentada por navios em rota dedicada.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.

FIORONI, M. M.; FRANCEZA, L. A. G.; SANTANA, I. R. de; LELIS, P. E. P.; SILVA, C. B. da; TELLES, G. D.; QUINTÁNS, J. A. S.; MAEDA, F. K.; VARANI, R.. From farm to port: simulation of the grain logistics in Brazil. **Proceedings of the Winter Simulation Conference.** 2015.

FRANÇA, V. O. **Estado de São Paulo.** Malha ferroviária produtiva do Brasil é a mesma do Império. Disponível em: http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,malha-ferroviaria-produtiva-do-brasil-e-a-mesma-do-imperio,1539689.

FRIEND, J. D., AND LIMA, R. S. From Field to Port: The Impact of Transportation Policies on the Competitiveness of Brazilian and U.S. Soybeans. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,** No. 2238, Transportation Research Board of the National Academies. Washington, D.C., pp. 61–67, 2011.

FURLANETTO, E.L. e CÂNDIDO, G.A. Metodologia para estruturação de cadeias de suprimentos no agronegócio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.10, n.3, p.772-777; 2006.

HIRAKURI. M. H, LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro.** Londrina: Embrapa Soja. 70p. 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2007.

GONÇALVES, C. DE M.; HOSSMANN, M. H. S.; ASSIS, T. F.DE; REIS, M. DE M.; AMORIM, J. C. C. Estudo de caso: escolha do sistema modal para o escoamento da soja com origem em Lucas do Rio verde (MT) e destino no Porto de Santos (SP) minimizando os impactos ambientais. XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. **Anpet.** Belém. 2013.

GOULARTI FILHO, A. O Porto de São Francisco do Sul na dinâmica regional catarinense. **Nova econ.** vol.18, no.1. Belo Horizonte 2008. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-63512008000100004.

HARREL, C. R. et.al. **Simulação Otimizando Sistemas.** 2ª Ed. São Paulo: IMAN, 2002.

HIGGINS, A; DAVIES, I.. A simulation model for capacity planning in sugarcane transport. **Computers and Electronics in Agriculture.** 47. 85–102. 2005.

HIJJAR, M. F. **Logística, soja e comércio internacional**. http://www.cel.coppead.ufrj.br. 2004. Accesso em agosto de 2015.

HIRAKURI, M. H.. **Avaliação econômica da produção de soja para a safra 2013/14**. Londrina: Embrapa Soja. 10p. 2013.

HIRAKURI. M. H, LAZZAROTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro.** Londrina: Embrapa Soja. 70p. 2014.

HOPEWELL, K.. The transformation of state-business relations in an emerging economy - **Critical perspectives on international business**, Vol. 10 Iss 4 pp. 291 – 309. 2014.

IMEA. INSTITUTO MATOGROSSENSE DE ECONOMIA APLICADA. **Relatórios de mercado.** Disponível em: http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado. Acesso em 14 de Setembro de 2016.

JAHANGIRIAN, M.; ELDABI, T.; NASSER, A.; STERGIOULAS, L. K. E T. YOUNG. Simulation in manufacturing and business: A review. **European Journal of Operational Research,** v. 203, n.1, p. 1-13. 2010.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROK, D. T. **Simulation with Arena.** 4th edition. McGraw-Hill. 2007.

KULAK, O; POLAT, O; GUJJULA. R. GUNTHER, H. Strategies for improving a long-established terminal's performance: a simulation study of a Turkish container terminal.

Flexible Services Manufacturing Journal. 2013. 25:503–527. DOI 10.1007/s10696-011-9128-x

KUSSANO, M.R. **Proposta de modelo de estrutura do custo logístico do escoamento da soja brasileira para o mercado externo: o caso do Mato Grosso.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 93 f. 2008.

KUSSANO, M. R.; BATALHA, M. O.. Agribusiness logistics costs: evaluation of Mato Grosso state's soybean export. **Gestão & Produção.** São Carlos, v. 19, n. 3, p. 619-632, 2012.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis.** 3rd. Ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

LEE, E.. Spatial analysis for an intermodal terminal to support agricultural logistics. **Management Research Review,** Vol. 38 Iss 3 pp. 299 – 319. 2015.

LEAL, F. **Análise do efeito interativo de falhas em processos de manufatura através de projeto de experimentos simulados.** 2008. 237 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2008.

LIEDTKE, G. AND FRIEDRICH, H. Generation of logistics networks in freight transportation models. **Transportation**, Volume 39, Issue 6, pp. 1335-1351. 2012.

LIMOEIRO, C. D. P.; FULLER, D. B. V.; ARAUJO FILHO, C. F. Modelo de simulação para analisar o escoamento da produção de derivados de petróleo a partir de terminal marítimo. **XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.** Bento Gonçalves. 2010.

LIMOEIRO, C. D. P.; FULLER, D. B. V.; PEREIRA, B.; BARBOSA, G.. Processo de dimensionamento por simulação de um sistema integrado de suprimento de petróleo para um conjunto regional de refinarias. **XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. 2009

LOPES, H. S.; LIMA, R. S. Alternatives for the soybean exportation in Brazil: An analysis of transport via the Tocantins-Araguaia waterway. **Custos e agronegócio on line**. Recife, volume 13, número 1, p. 1-465, Janeiro/Março. 2017..

LOPES, H. S.; LIMA, R. S.; FERREIRA, R. C.; ALVES; R. Application of transshipment problem in a cost optimization model of transportation routes to export the Brazilian soybean. **Transportation Research Board 96th Annual Meeting**. Washignton DC. 2017.

LOPES, H. S.; LIMA, R. S.; FERREIRA, R. C. A cost optimization model of transportation routes to export the Brazilian soybean. **Custos e agronegócio on line** - v. 12, n. 4 – Out/Dez - 2016. ISSN 1808-2882. 2016a.

LOPES, H. S.; NELSON, A de C.; LIMA, R. S.; LEAL; F.; SENA, D. C. Análise de alternativas de exportação de soja brasileira através de simulação a eventos discretos. **XXX Congresso Anual de Pesquisa em Transportes da ANPET.** Rio de Janeiro. 2016b.

LOPES, H. S.; LIMA, R. S. Logística da Soja brasileira para exportação: Modelo de otimização orientado para a minimização de custos logísticos. **XXIX Congresso Anual de Pesquisa em Transportes da ANPET.** Ouro Preto. 2015a.

LOPES, H. S.; LIMA, R. S.; SENA, D. C.; ROCHA; R. P. Modelagem e simulação aplicadas ao desenvolvimento de alternativas para o escoamento da produção de soja no brasil: análise de Cenários para Hidrovia do Tapajós-Amazonas. **XLVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.** Porto de Galinhas. 2015.

LOPES, H. S.; LIMA, R. S. Alternatives for the soybean exportation in Brazil: An analysis of transport via the Tocantins-Araguaia waterway. **Transportation Research Board 94th Annual Meeting.** Washignton DC. 2015b.

LOPES, H. S.; BARROS B. T. C; DUTRA, N. G. S.; LOPES, H. J. P.. Simulação do transporte de minério de ferro na hidrovia do Araguaia-Tocantins. **Revista Gestão Industrial,** v. 7, p. 43-71, 2011.

LOVATELLI, C. **O caso de sucesso do Agronegócio Soja no Brasil**. Artigo apresentado na Export Pioneers in Latin America (Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais), 6 de Março de 2009.

LOUREIRO,S. A., NOLETTO,A. P. R., SANTOS,L. S., SANTOS JÚNIOR,J. B. S. Lima Júnior, O. F. O uso do método de revisão sistemática da literatura na pesquisa em logística, transportes e cadeia de suprimentos. **Revista Transportes.** V. 24, n.1. 2016.

MANUJ, I.; MENTZER, J. T.; BOWERS, M. R. Improving the rigor of discrete-event simulation in logistics and supply chain research. **International Journal Physics Distribuition and Logistics Management.** 39. 3. 2009. 172–201, DOI:10.1108/09600030910951692.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do agronegócio - Brasil 2015/16 a 2025/26 - Projeções de Longo Prazo**. Secretaria de Política Agrícola. Brasília-DF. Julho de 2016.

MARCONI, M. DE A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** - 5. ed. - São Paulo : Atlas 2002.

MARTINS, R. A. **Princípios da pesquisa científica.** In: MIGUEL, P. A. C. (Org.). Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2010. p. 5-29.

MARTINS, R. S.; REBECHI, D.; PRATI, C., CONTE, H.. Decisões Estratégicas na Logística do Agronegócio: Compensação de Custos Transporte-Armazenagem para a Soja no Estado do Paraná. **RAC,** v. 9, n. 1, Jan./Mar. 2005: 53-78 53.

MIRANDA, R. C. **Algoritmo genético adaptativo para otimização de modelos de Simulação a Eventos Discretos.** 2012. 149 p. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

MONTEVECHI, J. A. B.; MIRANDA, R. C.; FRIEND, J. D. Sensitivity Analysis in Discrete Event Simulation Using Design of Experiments. In: Eldin Wee Chuan Lim. (Org.). **Discrete Event Simulations - Development and Applications**. 1ed.Croatia: InTech, 2012, v, p. 63-102.

MONTEVECHI, J.A.B.; LEAL, F.; PINHO, A.F.; COSTA, R.F.S.; OLIVEIRA, M.L.M. de; SILVA, A.L.F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. **WinterSimulation Conference.** Baltimore, USA. 2010.

MONTEVECHI, J.A.B, PINHO, A.F. de, LEAL, F, and MARINS, F.A.S. Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry. **WinterSimulation Conference.** 1601 - 1609. Piscataway, New Jersey. 2007.

MORABITO, R.; PUREZA, V. Modelagem e Simulação. Em: MIGUEL, P. A. C. (Org.). **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro, Campus/Elsevier, p. 165-194, 2010.

MORALES, P. R. G. D., D'AGOSTO, M. DE A., SOUZA, C. D. R. Otimização de rede intermodal para o transporte de soja do norte do Mato Grosso ao porto de Santarém. **Journal of Transport Literature,** Vol. 7, n. 2, pp. 29-51, Abril. 2013.

MIYAGI, P. E. **Introdução à simulação discreta.** São Paulo: USP/Poli, 2006. (Apostila de Mecatrônica). Disponível em: <http://minerva.ufpel.edu.br/~alejandro.martins/dis/2012_2/simulacao/Apostila_Simulacao.pdf>. Acesso: agosto de 2016.

MUHAMMAD, A. Competition in China's soybean market. **Agribusiness**, Vol. 31 (2) 188–197. 2015. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com/journal/agr). DOI: 10.1002/agr.21393

OJIMA, A. R. O.; YAMAKAMI, A. Modelo de programação quadrática para análise da movimentação logística e comercialização da soja brasileira. **Engenharia Agrícola.** vol.26, no.2, Jaboticabal. Maio/Agosto. 2006

OLIVEIRA J. B; LIMA, R. S., MONTEVECHI, J. A. B Perspectives and relationships in Supply Chain Simulation: A systematic literature review. **Simulation Modelling Practice and Theory.** V. 62, p. 166-191, 2016.

OLIVEIRA, A. U. de. Os Mitos sobre o Agronegócio no Brasil. **XII Encontro Nacional do MST**, em São Miguel do Iguaçu, PR, 2004. Disponível em: http://www.mst.org.br/mst/pagina.php?cd=1971. Acesso em dezembro de 2007.

OLIVEIRA NETO, M. S. de. **Avaliação dos critérios para a seleção de transportador e modo de transporte para o escoamento da safra agrícola de grãos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). 144 f. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

OMETTO, J. G. S. **Os gargalos da agroindústria.** Jornal O Estado de São Paulo. May, 2006.

PARTHANADEE, P; BUDDHAKULSOMSIRI, J. Simulation modeling and analysis for production scheduling using real-time dispatching rules: A case study in canned fruit industry,

Computers and Electronics in Agriculture, v.70 n.1, p.245-255, January, 2010 doi>10.1016/j.compag.2009.11.002

PATRONI, L. **Paraná e Mato Grosso têm problemas para escoamento da soja**. Disponível em: http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2017/03/parana-e-mato-grosso-tem-problemas-para-escoamento-da-soja.html. Acesso em 29 de junho de 2017.

PBLOG. **Plano Brasil de Infraestrutura Logística: Uma abordagem sistêmica**. Sistema CFA / CRAs, Brasília. 2013 124p.

PIDD, M. Computer simulation in management science. 5. ed. Chichester: Jonh Wiley & Sons, 2004.PIDD, M. Just Modeling Through: A Rough Guide to Modeling. **Interfaces**. n.29, v.2, p. 118-132, 1999.

PINAZZA, G. G. M. **Análise da competitividade da cadeia produtiva da soja no Brasil vis-à-vis os demais países exportadores sul-americanos.** 2008. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2008.

POMPERMAYER, F. M.; CAMPOS NETO, C. A. S.; DE PAULA, J. M. P. **Hidrovias no brasil: perspectiva histórica, custos e institucionalidade.** IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA 2014

PORTO, C. M.; ARAGÃO, J. J. G.; MATIAS, M. C.; YAMASHITA, Y. Avaliação do investimento público para a hidrovia Tocantins-Araguaia e sua integração espacial. **XXIX Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes.** Ouro Preto. 2015.

PORTOGENTE. **A hidrovia do rio madeira.** Disponível em: https://portogente.com.br/artigos/71184-a-hidrovia-do-rio-madeira. Acesso: 22 de junho de 2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Cientifico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2 ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

RANGEL, J. J. A.; CUNHA, A. P.; PACHECO, A. P.; MORGADO, I. F.; MONTANÉ, F. A. T. Simulação computacional para análise do frete no transporte de cana-de-açúcar – um estudo de caso no estado do Rio de Janeiro. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão** 3 (3) 250-261. 2009a.

RANGEL, J. J. A.; FRANCISCO, L. E. S. ; NOGUEIRA, V. P. ; VIANNA, D. S. ; MEZA, E. B. M. . Simulation model for Cutting, Loading and Transportation of sugar cane - a case study in the State of Rio de Janeiro. **Vértices**, v. 11, p. 43-54, 2009. Mundim. 2009b.

REIS, V.; FABIAN MEIER, J.; PACE, G.; PALACIN, R. Rail and multi-modal transport. **Research in Transportation Economics**, v.41, n.1, p.17–30, 2013.

REIS, S. A.; LEAL, J. E. A deterministic mathematical model to support temporal and spatial decisions of the soybean supply chain. **Journal of Transport Geography** 43:48-58 · Fevereiro. 2015. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2015.01.005

RIPOLL, F. G.. For an logistic analysis in agribusiness as a competitive for distribution and marketing of soya beans in the State of Mato Grosso. **Custos e agronegócio on line** - v. 8, n. 1 – Jan/Mar p. 43-70 - 2012. ISSN 1808-2882.

ROBINSON, S. Conceptual Modelling for Simulation Part I: Definition and Requirements. **Journal of the Operational Research Society**, 59 (3), pp. 278-290. 2008a.

ROBINSON, S. Conceptual modelling for simulation Part II: a framework for conceptual modelling. **Journal of the Operational Research Society.** 59 (3). 291–304. 2008b.

ROBINSON, S. Conceptual Modeling for Simulation. **Winter Simulation Conference,** 2013, Washington/USA, 2013.

ROBINSON,S. **Simulation: The Practice of Model Development and Use**, John Wiley & Sons, Chichester, 2004.

RODRIGUES, M. G. V. **Metodologia da pesquisa: elaboração de projetos, trabalhos acadêmicos e dissertações em ciências militares**. 3. ed. Rio de Janeiro: ESAO, 2005.

ROSSETI. **Rosseti equipamentos rodoviários**. Disponível em: http://www.rossetti.com.br/produto-semirreboque-basculante-bitrem.php. Acesso em 29 de maio de 2016.

ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review. Management Research News, v. 27, n.6, p. 33-38, 2004.

RUMOS 2015. **Estudo sobre desenvolvimento regional e logística de transportes no Rio Grande do Sul: documento síntese.** DEPLAN – DECAPET. Porto Alegre: SCP 2006. 473 p.

SALIN, D. **Brazil Soybean Transportation Indicator Reports.** U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service. Março, 2017. Web.

SALIN, D. **Brazil Soybean Transportation Indicator Reports.** U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service. Fevereiro, 2016. Web.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. Proceedings of the 2011 **Winter Simulation Conference.** S. Jain, R.R. Creasey, J. Himmelspach, K.P. White, and M. Fu, eds. 2010.

SARGENT, R. An introduction to verification and validation of simulation models. **Winter Simulation Conference.** 321-327. Piscataway, New Jersey 2013.

SFAGRO. **Successful Farm Agro**. Disponível em: http://sfagro.uol.com.br/rumo-envia-ao-porto-de-santos-o-equivalente-um-navio-de-soja-por-dia/. Acesso em 20 de junho de 2016.

SIDRA. SISTEMA DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Acesso em 13 de maio de 2017.

SILVA, C. E. S. da, SALGADO, E. D, MELLO, C. H. P., OLIVEIRA, E. S. O., LEAL, F. Integration of computer simulation in design for manufacturing and assembly. I**nternational Journal of Production Research,** 52:10, 2851-2866. 2014. DOI: 10.1080/00207543.2013.853887

SILVA, R. C. S. **Análise de *trade-off* em sistema de transporte aquaviário com simulação a eventos discretos.** Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado. São Paulo. 2012.

SILVA, R. F.; KAWANO, B. R.; MORES, G. V.; BLOIS, H. D. Exportação da soja brasileira: será o corredor bioceânico uma alternativa para o seu escoamento? **Teoria e Evidência Econômica** - Ano 17, n. 36, p. 126-142, jan./jun. 2011

SILVA, M. E D´AGOSTO, M. A model to estimate the origin-destination matrix for soybean exportation in Brazil. **Journal of Transport Geography**, 26, 97-107. 2013.

SILVA, M. P.; MARUJO, L. G. Análise de modelo intermodal para escoamento da produção da soja no centro oeste brasileiro. **Journal of Transport Literature**, Vol. 6. pp. 90–106. 2012.

SINDARMA. SINDICATO DAS EMPRESAS DE NAVEGAÇÃO FLUVIAL DO ESTADO DO AMAZONAS. **Navegação no Rio Madeira é afetada por falta de sinalização e dragagem.** http://www.sindarma.org.br/noticias_ver/detalhe/navegacao_no_rio_madeira_e_afetada_por_falta_de_sinalizacao_e_dragagem. Acesso em 3 de março de 2015.

SOUZA, I. C. P.; ARAÚJO, F. R. N, NÓBREGA, R. A. A. Modelagem de dados geográficos para otimização do estudo de um corredor ferroviário entre Paracatu-MG e Ipatinga-MG. **XVIII Congresso Anual de Pesquisa em Transportes da ANPET**. Curitiba. 2014.

TAKO, A. A., ROBINSON, S. The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context. **Decision Support Systems.** v. 52, i. 4, p. 802- 815, 2012.

TERZI, S.; CAVALIERI, S. Simulation in the supply chain context: a survey. **Computers in Industry**. V.53, n.1, p.3- 16, 2004.

USDA. United States Department of Agriculture. **Commodities – Soybean.** Disponível em: **https://www.fas.usda.gov/commodities/soybeans**. Acesso em 23 de outubro de 2015

VILAÇA, M. L. C. Pesquisa e ensino: considerações e reflexões. **E-scrita - Revista do Curso de Letras da UNIABEU**. Nilópolis, v. I, n. 2, mai./ago. 2010.

WORLD BANK. **How to Decrease Freight Logistics Costs in Brazil.** http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1323121030855/FreightLogistics.pdf?resourceurlname=FreightLogistics.pdf . 2010.

ZHAN, G. The Development and Prospecto of Soybean Intenational Logistics. **International Conference on Management Sci and engineering**. Local> SW Univ. Pg 563-567. 2010