



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



**MODEGALEM MATEMÁTICA DO TRANSPORTE DA SOJA DO POLO
PARAGOMINAS-PA: UM ESTUDO DA VIABILIDADE LOGÍSTICA DA HIDROVIA
GUAMÁ - CAPIM**

EMERSON BATISTA GOMES

**Belém - PA
julho/2023**

EMERSON BATISTA GOMES

**MODEGALEM MATEMÁTICA DO TRANSPORTE DA SOJA DO POLO
PARAGOMINAS-PA: UM ESTUDO DA VIABILIDADE LOGÍSTICA DA HIDROVIA
GUAMÁ - CAPIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Rita de Cassia Monteiro de Moraes


**Belém - PA
julho/2023**

EMERSON BATISTA GOMES


**MODEGALEM MATEMÁTICA DO TRANSPORTE DA SOJA DO POLO
PARAGOMINAS-PA: UM ESTUDO DA VIABILIDADE LOGÍSTICA DA HIDROVIA
GUAMÁ - CAPIM**

Belém, 04 de julho de 2023


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 RITA DE CASSIA MONTEIRO DE MORAES
Data: 10/07/2023 19:52:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a Dra. Rita de Cassia Monteiro de Moraes | UFPA
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 HITO BRAGA DE MORAES
Data: 10/07/2023 15:20:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Hito Braga de Moraes | UFPA
Membro da banca

Documento assinado digitalmente
 NELIO MOURA DE FIGUEIREDO
Data: 10/07/2023 15:29:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Nélio Moura de Figueiredo | UFPA
Membro da banca

CONCEITO FINAL: EXCELENTE

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

B333m Batista Gomes, Emerson.
Modelagem Matemática do Transporte da Soja do Polo
Paragominas - PA : um estudo da viabilidade logística da Hidrovia
Guamá-Capim / Emerson Batista Gomes. — 2023.
77 f. : il.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Rita de Cássia Monteiro de Moraes
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Faculdade de Engenharia
Civil, Belém, 2023.

1. Modelo Matemático. 2. Logística da Soja. 3. Hidrovia
Guamá-Capim. I. Título.

CDD 627.09811

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos(as) aqueles(as) que me auxiliaram nesta produção, em especial Minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Rita de Cassia Monteiro de Moraes, que sempre acreditou na proposta do trabalho e conduziu a orientação com paciência e cuidado. Agradeço aos Professores Dr. Hito Braga de Moraes pela disponibilização de materiais e Prof. Dr. Valcir João da Cunha Farias por ter prestado um auxílio significativo à construção do modelo em GAMS.

IN MEMORIAN

Ao Prof. Dr. Marcus Pinto da Costa da Rocha, que vislumbrou o tema e nos incentivou nesta pesquisa.

LISTA DE SIGLAS

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
AHIMOR – Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres
CEPEA/ESALQ – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de
Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo
CNT – Confederação Nacional do Transporte
CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPL - Empresa de Planejamento e Logística S.A.
ETC – Estação de Transbordo de Carga
FIESP – Federação das Indústrias de São Paulo
FGV – Fundação Getúlio Vargas
GAMS – General Algebraic Modeling Language
GEIPOT – Grupo de Estudos de Integração da Política do Transporte
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILOS – Inteligência em Logística Otimização e Supply Chain
MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária
MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços
MT - Ministério dos Transportes
NTC – Associação Nacional de Transporte de Cargas e Logística
PIB - Produto Interno Bruto
PNLT – Plano Nacional de Logística de Transporte
SEP - Secretaria Especial de Portos
SIG-T – Sistema de Informação Geográfica em Transporte
TERFRON – Terminal Portuário Fronteira Norte
TGPM – Terminal Graneleiro Ponta da Montanha
TPGB – Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena
USDA - United States Department of Agriculture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Expansão da soja no Brasil – 1974 a 2018.	12
Figura 2 - Portos brasileiros do Arco Norte.....	14
Figura 3 - Organograma do relatório de Pesquisa	16
Figura 4 – Polos de produção de soja do Estado do Pará.	25
Figura 5 - Municípios Produtores de Soja banhados pela Bacia do Rio Capim.....	26
Figura 6 – Áreas administrativas das hidrovias de navegação Interior do Brasil.....	27
Figura 7 – Hidrovia Guamá-Capim.	28
Figura 8 – Hidrovia Guamá-Capim.	29
Figura 9 – Hidrovia Guamá-Capim.	31
Figura 10 – Comparação entre o Período de Precipitação na Bacia do Rio Capim e escoamento da soja no Polo Paragominas.	32
Figura 11 - Localização de Vila do Conde.	37
Figura 12 - Localização do Complexo Portuário de Vila do Conde.....	38
Figura 13 - Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena.	38
Figura 14 - Píer de barcaças do Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena (TPGB).	39
Figura 15 – Terminal Portuário Fronteira Norte (TERFRON).....	40
Figura 16 – Porto de Vila do Conde.	40
Figura 17 – Transporte de cargas no Brasil em 2021.	41
Figura 18 – Caracterização de Composições de Veículos de Carga – CVC.....	45
Figura 19 – Comboio tipo.....	48
Figura 20 - Arcos da rede de transporte.....	55
Figura 21 - Exemplo de consulta ao Simulador de fretes da EPL.....	60
Figura 22 - Solução da Função de minimização de custos.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exportação de Soja pelos Portos Brasileiros	14
Tabela 2 – Relação Produção/Exportação do Complexo Soja no Brasil (1000 t).....	23
Tabela 3 – Produção e Expectativa de Exportação de Soja do Polo Paragominas (Período de 2002 a 2022).....	34
Tabela 4 – Produção e Exportação Média da Soja do Polo Paragominas (2020-2022)	35
Tabela 5 – Estrutura dos terminais de grãos do Complexo Portuário de Vila do Conde.....	41
Tabela 6 - Evolução da Matriz de Transporte Brasileira (2013-2022)	42
Tabela 7 - Cálculo do Tempo de Viagem Redonda Rodoviária (TVRR)	45
Tabela 8 - Cálculo do Tempo de Viagem Redonda Etapa Rodoviária(TVRER).....	47
Tabela 9 – Cálculo de tempo de Viagem Redonda Etapa Hidroviária (TVRH).....	50
Tabela 10 – Tempo de transbordo da soja em horas da estação e terminais.....	50
Tabela 11 – Número de veículos da frota de escoamento da soja pelo Modal Rodoviário	51
Tabela 12- Municípios Produtores - Origem I_i	54
Tabela 13 - Portos de Transbordo - Destino J_j	55
Tabela 14 - Custo Unitário do Transporte Rodoviário (R\$/t).....	56
Tabela 15 - Custo Unitário do Transporte Hidroviário (R\$/t)	57
Tabela 16 - Capacidade de Origem $a(i)$	57
Tabela 17 – Rede de origem i e destino j $f(i, j)$	57
Tabela 18 - Rede de transporte de origem k e destino j ou $F2(j, k)$	58
Tabela 19 - Demanda em toneladas por destino $b(j)$	58
Tabela 20 – Cálculo de Frete Rodoviário (Base EPL).....	60
Tabela 21 – Taxas aplicadas ao Transporte Rodoviário.....	61
Tabela 22 – Custos de frete Rodoviário com aplicação de taxas.....	61
Tabela 23 – Cálculo do Frete Intermodal – Etapa Rodoviária	62
Tabela 24 – Taxas aplicadas ao Transporte Intermodal – Etapa Rodoviária	62
Tabela 25 - Custos de frete Intermodal – Etapa Rodoviária com aplicação de taxas.....	62
Tabela 26 – Cálculo do Frete Intermodal – Etapa Hidroviária.....	63
Tabela 27 – Taxas aplicadas ao Transporte Intermodal – Etapa Hidroviária	63
Tabela 28 - Custos de frete Intermodal – Etapa Hidroviária com aplicação de taxas	64
Tabela 29 – Custo de perda de soja na operação de transbordo	65
Tabela 30 – Resumo dos custos com transbordo.....	65

GOMES, Emerson B. **Modelagem Matemática do Transporte da soja do Polo Paragominas – PA**: um estudo da viabilidade logística da Hidrovia Guamá-Capim. TCC. (Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da UFPA). Belém-PA: FEC/UFPA, 2023. 77 p.

RESUMO

Este trabalho se situa no campo dos estudos do Transporte e tem por objetivo construir um modelo matemático do transporte de soja do Polo Paragominas-PA ao complexo portuário de Vila do Conde no município de Barcarena-PA, avaliando a viabilidade de utilização da rota da Hidrovia Guamá-Capim. Para atender a este objetivo foram identificados e caracterizados: o polo produtor através de revisão bibliográfica e pesquisa de dados, as rotas alternativas que servem ao escoamento da produção e o seu destino portuário e os custos de frete e transbordo da produção. O trabalho orienta-se pela abordagem qualitativa, configurando um estudo de caso com suporte na multirreferencialidade dada a complexidade das informações envolvidas. Empregou-se referenciais como Cruz (2019) e Fajardo (2001) para o suporte da dinâmica de transporte da temática da soja e Oliveira (2021) e Passos (2008) para a elaboração do modelo de transporte. O modelo proposto atende aos critérios da Programação Linear considerando as distâncias e custos de transporte comparando o modal rodoviário ao intermodal hidroviário-rodoviário. Os resultados evidenciam que investimentos privados e estatais, com fins a melhoria da infraestrutura hidroviária do corredor logístico do Polo Paragominas, o transporte fluvial interior pela Hidrovia Guamá-Capim pode ser considerada uma alternativa viável para o escoamento da produção de soja da região.

Palavras-Chave: Modelo Matemático; Logística da Soja; Hidrovia Guamá-Capim.

GOMES, Emerson B. **Mathematical Modeling of Soybean Transport in the Paragominas Pole – PA**: a study of the logistical viability of the Guamá-Capim Waterway. TCC. (Faculty of Civil Engineering at the Institute of Technology at UFPA). Belém-PA: FEC/UFPA, 2023. 77 p.

ABSTRACT

This work is located in the field of transport studies and aims to build a mathematical model for transporting soy from the Paragominas Pole-PA to the port complex of Vila do Conde in the municipality of Barcarena-PA, evaluating the feasibility of using the Waterway route Guamá-Capim. To meet this objective, the following were identified and characterized: the producer pole through bibliographical review and data research, the alternative routes that serve the production flow and its port destination and the costs of freight and transshipment of the production. The work is guided by a qualitative approach, configuring a case study supported by multireferentiality given the complexity of the information involved. References such as Cruz (2019) and Fajardo (2001) were used to support the transport dynamics of the soybean theme and Oliveira (2021) and Passos (2008) for the elaboration of the transport model. The proposed model meets the criteria of Linear Programming considering the distances and transport costs comparing the road modal to the waterway-road intermodal. The results show that private and state investments, with the aim of improving the waterway infrastructure of the Paragominas Pole logistics corridor, inland river transport through the Guamá-Capim Waterway can be considered a viable alternative for the transportation of soy production in the region.

Keywords: Mathematical Model; Soybean Logistics; Guamá-Capim Waterway.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1. CONSTRUÇÃO DO OBJETO DA PESQUISA	18
1.1. A trajetória de expansão da soja no Brasil e Norte brasileiro	21
1.2. Caracterização do ambiente de estudo	25
1.2.1. Aspectos Fisiográficos da Região	25
1.2.2. Localização	26
1.2.3. Hidrovia Guamá-Capim	27
1.2.4. Relevo	31
1.2.5. Clima	32
1.3. A produção e demanda da soja do Polo Paragominas	33
2. O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO DE SOJA DO POLO PARAGOMINAS	36
2.1. Caracterização dos Terminais de Exportação	37
2.2. A Alternativa do Transporte Rodoviário	41
2.3. A Alternativa do Transporte Intermodal	46
2.3.1. Sobre o Transporte Intermodal - Etapa Rodoviária	47
2.3.2. Sobre a Rota Intermodal - Etapa Hidroviária	48
2.4. Cálculo do Número de Veículos da Frota	50
3. MÉTODOS E TÉCNICAS	53
3.1. O Modelo Matemático para o escoamento da Soja	53
3.1.1. Sobre o Frete Rodoviário	58
3.1.2. Sobre o Frete Intermodal	61
3.1.3. Sobre os Valores de Transbordo	64
4. SÍNTESES ANALÍTICAS	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS	70
APÊNDICES	73

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine Max*) é uma espécie de oleaginosa de autopolinização asiática de provável origem chinesa, milenarmente cultivada ao longo do Rio Amarelo. Sua introdução no Brasil se deu entre os idos de 1882 e 1908, por conta da chegada dos imigrantes japoneses (ALLIPANDRINI, 1996; OJIMA, 2004). Contudo, o registro oficial situa o ano de 1914 como início da produção brasileira, com seu plantio no Rio Grande do Sul (CÂMARA, 1996).

A produção da soja gaúcha originalmente esteve legada ao consumo como forragem para bovinos ou como grão para a engorda de suínos nas pequenas propriedades (DUCLÓS, 2014). A notável expansão da produção só ocorreria muitos anos mais tarde, em meados de 1960, em virtude da política de integração nacional e dos melhoramentos da soja que propiciaram o seu plantio em regiões de clima tropical, como o Centro-Oeste, Nordeste e Norte brasileiro.

Estima-se que, aproximadamente, 4 milhões de gaúchos e seus descendentes, empurrados pela soja e pela busca por terras amplas, férteis e baratas, fundaram cidades no Mato Grosso e sul de Goiás a partir de 1970. Na década de 80 se estenderam ao oeste da Bahia. Em 90 expandiram para o sul do Maranhão e Piauí e, finalmente, no século XXI se estabeleceram fortemente em Rondônia, Tocantins, Pará e Acre (Idem).

As áreas de expansão da produção de soja podem ser visualizadas nos mapas, Figura 1.

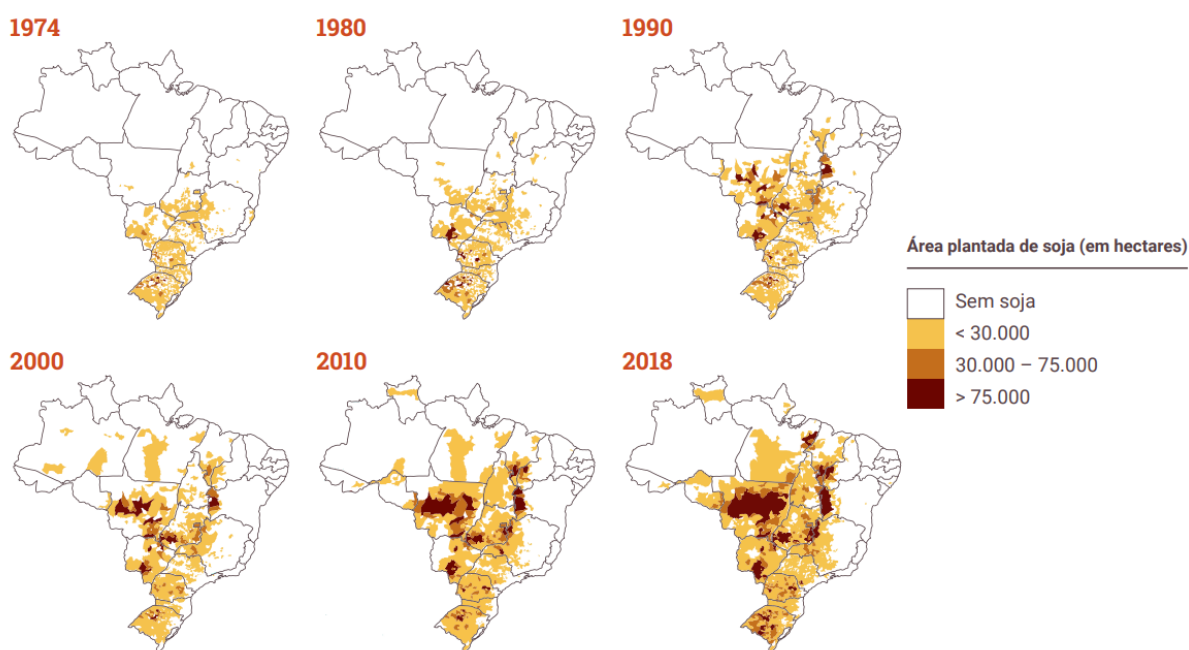


Figura 1 - Expansão da soja no Brasil – 1974 a 2018.
Fonte: Adaptado de Aguiar (2021).

Entretanto, contrariamente ao que se poderia esperar, os investimentos com estruturas apropriadas para suportar a crescente produção da soja da região, além de outras produções agrícolas, nunca foram tratados com a devida atenção. A título de exemplo, até o final de 2016 o investimento com infraestrutura esteve em um patamar inferior a 2% do Produto Interno Bruto – PIB (Idem), muito embora as empresas produtoras de grãos destacassem que seus custos logísticos chegavam até 15% de suas receitas líquidas em transporte, armazenagem e estoque (OLIVEIRA, 2021).

Também em 2016, em pesquisa realizada pelo Banco Mundial, observou-se que a histórica opção por rodovias e a ausência de ligações intermodais mais dinâmicas, geravam défices em torno de R\$ 9,6 bilhões anuais, colocando o Brasil na 55ª posição da *Logistics Index Performance*, lista que avalia a qualidade logística de 160 países. Muito embora investimentos recentes tenham melhorado a colocação do Brasil neste ranking, posicionando-o na 51ª colocação na pesquisa de 2023¹, o problema das opções de transporte permanece.

A fim de readequar a matriz de transporte a uma proporção mais eficiente econômica e socialmente, bem como para evitar casos como o histórico engarrafamento ocorrido em 2012/2013 no Porto de Santos/SP, foi criado o Grupo de Trabalho de Acompanhamento do escoamento de Safra² (GT-Safra), formado por representantes de vários ministérios, o qual, em 2013, indicou para escoamento da safra do Centro-Oeste a opção de utilização dos portos do Arco Norte (SCHINEIDE & ALMEIDA, 2002).

Assim, para retificar o problema de estrangulamento logístico, despontou uma nova política de incentivo à produção e escoamento da soja brasileira, institucionalizada pelo Programa Arco-Norte, que compreende eixos de transporte que levam a portos situados acima do paralelo 16°S.

¹ Apêndice 01.

² O GT-Safra, criado pela Portaria Interministerial Nº 231 de 2013, é formado por representantes do Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA, do Ministério dos Transportes – MT, da Secretaria Especial de Portos – SEP, da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, da Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ, da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, da Empresa de Planejamento e Logística – EPL e da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil.

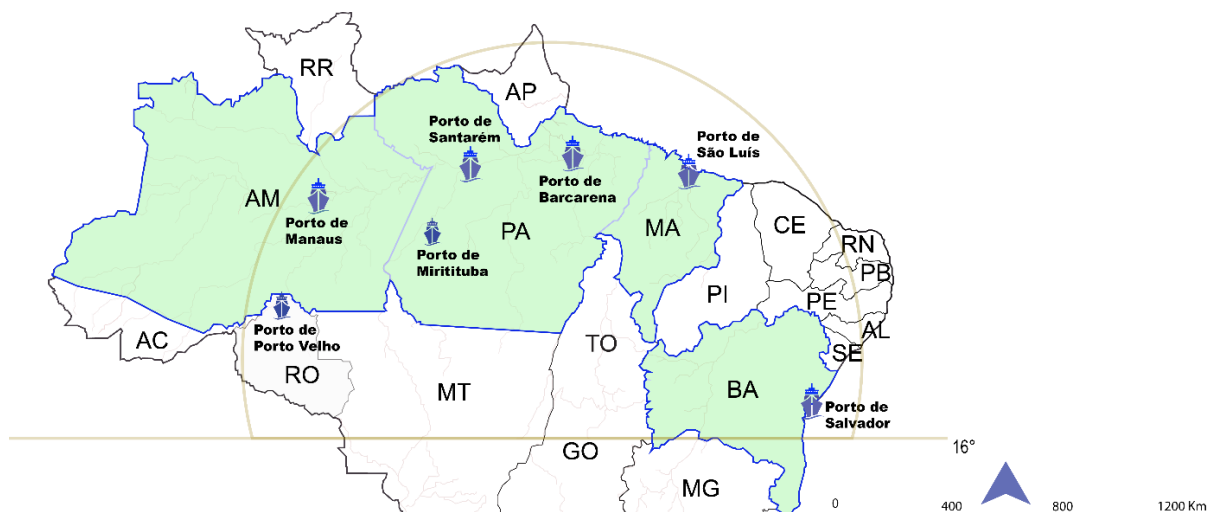


Figura 2 - Portos brasileiros do Arco Norte.
 Fonte: O autor (adaptado MAPA, 2018).

Estudiosos, planejadores de transportes e operadores logísticos parecem ter o consenso de que as alternativas de escoamento mais adequadas para a produção da soja que se acentua no Centro-Oeste e Norte do Brasil são as que levam aos portos do Arco Norte (BRASIL, 2023).

Exemplo disso é dado pela exportação do complexo soja³, caracterizado pelo conjunto grão-farelo-óleo, que constitui hoje a mais valiosa *commodity* nacional. De janeiro a outubro de 2022, a soja teve 37,7% do seu volume de produção escoado pelos portos do Arco Norte, superando os 32,6% do total nacional em comparação com o mesmo período do ano anterior (BRASIL-CONAB, 2022).

Tabela 1 – Exportação de Soja pelos Portos Brasileiros

Portos	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Total Arco Norte	12.563.558	11.114.740	17.774.215	21.341.276	22.627.289	26.282.779	27.255.691	29.681.325
Itaqui - MA	5004499	3850196	6.127.570	8202237	7800000	8803466	10104577	11249706
Barcarena - PA	2185381	2187261	4.462.686	5495124	5300000	7337759	8124055	8964118
Santarém - PA	1027239	1695169	1.877.759	1486027	2800000	3708133	3152448	2480574
Itacoatiara - AM	1653273	1974313	2.137.667	2480060	2900000	3119804	2889778	3094134
Salvador - BA	2693166	1407801	3.168.533	3677828	3100000	3313617	2984833	3892793
Total Arco Sul	41.310.214	39.243.765	49.057.917	59.422.218	50.404.242	55.268.239	57.900.305	48.668.452
Santos - SP	13031789	14475763	16.589.640	20785873	17085341	21133118	22993423	25814066
Paranaguá - PR	8518898	8157251	11.349.446	14927423	11667853	14781001	12957233	10262509
Rio Grande - RS	11372732	9704071	12.549.977	13816017	13167329	9319934	12697322	5715228
São Francisco do Sul - RS	4614864	3961713	4.718.238	5636526	4517962	5642670	4992862	3167944
Vitória - ES	3771931	2944967	3.850.616	4256379	3965757	4391516	4259465	3708705
Outros Portos	449460	1223370	1.794.161	1841715	1032101	1422405	953799	582329
Total	54323232	51581875	68626293	82605209	74063632	82973423	86109795	78932106

Fonte: Adaptado de ABIOVE (2023), CONAB (2019, 2021, 2022, 2023).

³ O complexo soja veio a primeiro lugar entre as *commodities* brasileiras a partir de 2020, quando superou a exportação do minério de ferro em cerca de 2,9 bilhões de dólares (BRASIL – COMEX STAT, 2021). Em 2022, excedeu em 8,6 bilhões de dólares a exportação de óleos brutos de petróleo, que assumia naquele ano o segundo lugar com 15,5 bilhões de dólares em exportações.

Na Tabela 01 é possível se observar o crescimento das exportações de grãos de soja pelos portos brasileiros e, em especial, a elevação do nível de contribuição dos portos do Arco Norte no escoamento da produção em relação aos portos do Arco Sul.

O crescente avanço da exportação da soja pelos portos do Arco-Norte também tem incentivado a expansão da produção no Norte do Brasil, em particular no Estado do Pará. Deste modo, com a intensão de aproximar os centros produtores aos portos de exportação, como estratégia de minimização dos custos logísticos e ampliação da competitividade, inúmeros estudos de viabilidade logística estão sendo demandados sobre o escoamento da soja brasileira.

O momento é oportuno para a proposição de estudos como o realizado neste trabalho, que tem por objetivo geral: *construir um modelo matemático do transporte da soja do Polo Paragominas-PA ao complexo portuário de Vila do Conde no município de Barcarena-PA.*

A pesquisa vislumbra avaliar a viabilidade da Hidrovia Guamá-Capim, comparando-a com o modal convencionalmente utilizado na região, o modal rodoviário. Para este fim, traçou-se os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Realizar o levantamento das produções em nível de teses e dissertações que versem sobre a logística de transporte da soja no Brasil;
- ✓ Identificar e categorizar as teses e dissertações que tratem do escoamento da soja pelos portos do Arco-Norte, em especial as que tratam dos portos de Vila do Conde;
- ✓ Identificar e categorizar as teses e dissertações que tratem dos custos logísticos, em especial do modal hidroviário na modalidade de navegação interior;
- ✓ Identificar e descrever as variáveis representativas para a composição do modelo de custo de transporte da soja;
- ✓ Apresentar uma análise comparativa entre os custos do transporte de soja pelo modal rodoviário e pelo intermodal rodoviário-hidroviário no percurso entre o Polo Paragominas e os terminais de exportação do Complexo Portuários de Vila do Conde em Barcarena - PA.

A hipótese deste trabalho é a de que, a partir dos investimentos privados e do governo, com fins de melhoria da infraestrutura hidroviária do corredor logístico do Polo Paragominas, o transporte fluvial interior pela Hidrovia Guamá-Capim passe a ser considerado uma alternativa viável para o escoamento da produção de soja da região.

Para apresentar o cumprimento das metas estabelecidas, estruturou-se o relatório de pesquisa em capítulos com as seguintes características:

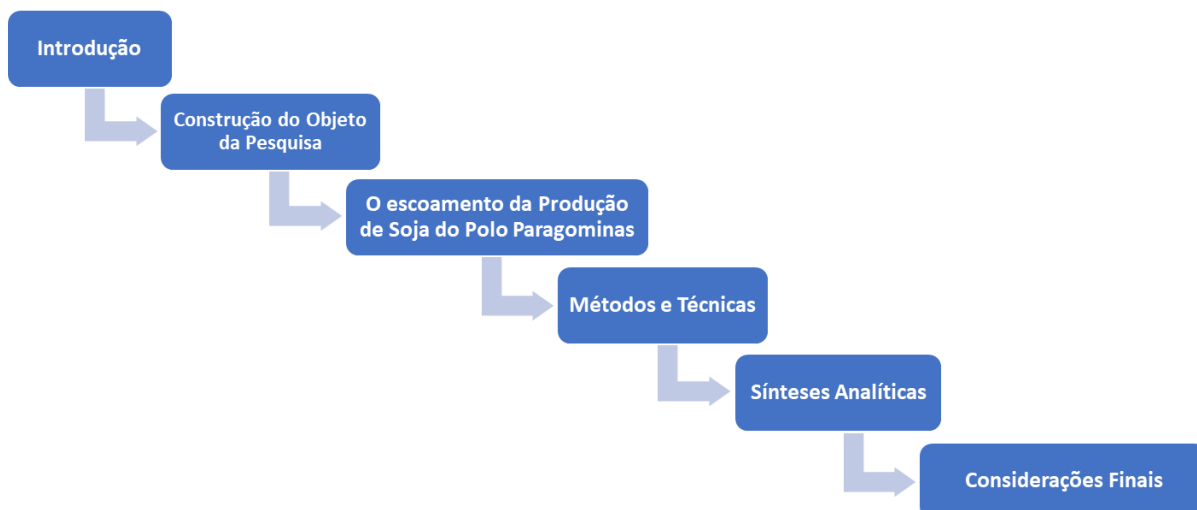


Figura 3 - Organograma do relatório de Pesquisa
Fonte: O Autor.

No Capítulo 1, intitulado “Construção do objeto da pesquisa”, discute-se sobre o levantamento bibliográfico realizado, que possibilitou mapear as principais pesquisas sobre logística da soja do Brasil, que foram catalogadas e reunidas em grupos denominados “categorias de pré-análise”. A função desta pesquisa inicial fora a de situar os principais interesses de estudo sobre a logística da soja brasileira, seus resultados e tipologias de modelos envolvidos nessas investigações. A montagem das categorias possibilitaram o trânsito mais ágil na obtenção de referências sobre discussões específicas, que auxiliaram na compreensão do objeto da pesquisa e na escrita deste relatório. Neste capítulo se empregam as produções acadêmicas a favor de uma séria caracterização da produção e exportação da soja brasileira, bem como das características regionais do polo produtivo.

O Capítulo 2, denominado “O escoamento da produção de Soja do Polo Paragominas”, detém-se na descrição dos principais parâmetros sobre o transporte da soja no Brasil. Estes parâmetros, advindos de referências acadêmicas ou a partir de relatórios técnicos institucionais, contribuíram para a definição dos dados que suportam a modelagem do transporte da soja do Polo Paragominas-PA aos Complexo Portuário de Vila do Conde em Barcarena-PA.

No Capítulo 3, “Métodos e Técnicas”, apresentam-se as variáveis de estrutura e as justificativas metodológicas que dão base ao desenvolvimento do modelo de transporte objeto desta pesquisa. Neste corte textual também são definidas as bases matemáticas que dão suporte ao modelo de Programação Linear que interrelaciona as variáveis logísticas em favor de uma minimização da função objetivo dos custos de transporte da soja do Polo Paragominas.

No Capítulo 4, de “Sínteses Analíticas”, avaliam-se os resultados obtidos a partir da implementação computacional do modelo de programação linear do transporte da soja no

software GAMS Studio. Nesta etapa se realiza o comparativo entre os modais e rotas disponíveis e tece-se comentários sobre possíveis modificações dos valores de certos parâmetros e suas respectivas implicações nos resultados.

Finaliza-se o relatório da pesquisa com as Considerações Finais, em que se tece a avaliação sobre o alcance dos objetivos e possíveis desdobramentos da pesquisa.

CAPÍTULO 1

1. CONSTRUÇÃO DO OBJETO DA PESQUISA

Neste trabalho tem-se o objetivo de construir um modelo matemático do transporte da soja do Polo Paragominas-PA ao Complexo Portuário de Vila do Conde no município de Barcarena-PA. Este objetivo contribui para a avaliação da viabilidade da rota da Hidrovia Guamá-Capim como potencial corredor logístico para escoamento da produção da soja do Polo Paragominas.

Para atender a estes anseios, iniciou-se o trabalho por meio de uma pesquisa bibliográfica, na qual se optou por realizar um levantamento em nível nacional das teses e dissertações que tratassem do tema do transporte da soja no Brasil. A base de dados principal foi a plataforma Sucupira da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

Em virtude de a base Sucupira não incorporar teses e dissertações anteriores ao ano de 2015, bem como produções que possuem sigilo, devido patentes ou motivos não declarados, realizou-se levantamento complementar destas publicações nas bases das Universidades em que foram defendidas, no Portal Domínio Público do Governo Federal ou no Google Acadêmico. Não sendo possível o acesso a tais produções nas bases das Universidades, Domínio Público ou Google Acadêmico, buscou-se caracterizá-las por meio de artigos que foram produzidos a partir dessas teses e dissertações. Em um único caso o acesso à dissertação ocorreu por meio do próprio autor, que recebeu o pesquisador em sua residência e lhe forneceu uma cópia de seu trabalho.

A pesquisa bibliográfica teve por objetivo situar o pesquisador sobre a área de logística de transporte da soja no Brasil e possibilitou definir os principais referenciais do trabalho e montar o que se denominou de “Quadro de Categorias de Pré-análise”, que auxiliou na identificação de algumas discussões mais específicas, constantes nas produções, às quais se recorria sempre que observada uma necessidade de aprofundamento técnico-teórico ou para identificação de informações quantitativas sobre a produção e exportação da soja ou sobre os modelos matemáticos e procedimentos técnicos relativos ao tema da pesquisa.

A opção por estas plataformas fora para reunir trabalhos que tivessem passado pela avaliação cuidadosa de especialistas e que contivessem um número mais robusto e significativo de informações, dados e referências que pudessem auxiliar no delineamento desta pesquisa.

Acrescenta-se a esta escolha pelas teses e dissertações constantes na plataforma da CAPES a possibilidade de retratar as experiências dos autores junto aos programas de Pós-graduação, por possibilitar a construção de um entendimento acerca dos rumos das pesquisas sobre a logística do transporte da soja no Brasil, bem como sobre a crescente expansão dos espaços de produção ao longo dos últimos anos, em especial a expansão da produção no Polo Paragominas.

É importante salientar que das 94 (noventa e quatro) teses e dissertações encontradas sobre a logística do transporte de soja no Brasil, apenas 61 (sessenta e uma) tinham registro na Plataforma Sucupira, sendo ainda que somente 26 (vinte e seis) destas constavam na base para consulta, o que implicou a necessidade da busca por esses relatórios de pesquisa em repositórios externos, como os bancos de teses e dissertações dos Programas de Pós-Graduação das Universidades, Domínio Público do Governo Federal e/ou Google Acadêmico.

A complementação das teses e dissertações externas à Plataforma Sucupira se fez necessária, pois se tinha contato prévio com algumas produções que não constavam em sua base. Deste modo, decidiu-se por realizar pesquisa complementar no Google Acadêmico, pelo qual se obteve o retorno de 32 (trinta e duas) produções. Saliente-se ainda que, das 61 (sessenta e uma) produções constantes na Plataforma Sucupira, 7 (sete) trabalhos além de não constarem na plataforma, também não constam nas bases dos programas de Pós-graduação, nem no Google Acadêmico. Os motivos para estas ausências são vários, dentre os quais destacam-se: Pesquisas defendidas em data anterior à implementação da Plataforma Sucupira, pesquisas sob sigilo devido desenvolvimento de inovações tecnológicas de interesse industrial, pesquisas defendidas por pesquisadores externos à área da logística de transporte da soja que não deram sequência à carreira de pesquisadores e não depositaram seus relatórios nas plataformas, e pesquisas sob suspeita de autenticidade.

Os verbetes empregados para as consultas foram: “transporte de soja”, “transporte da soja”, “logística de soja”, “logística da soja”, “escoamento da soja”, “escoamento de soja”, “transbordo da soja” e “transbordo de soja”.

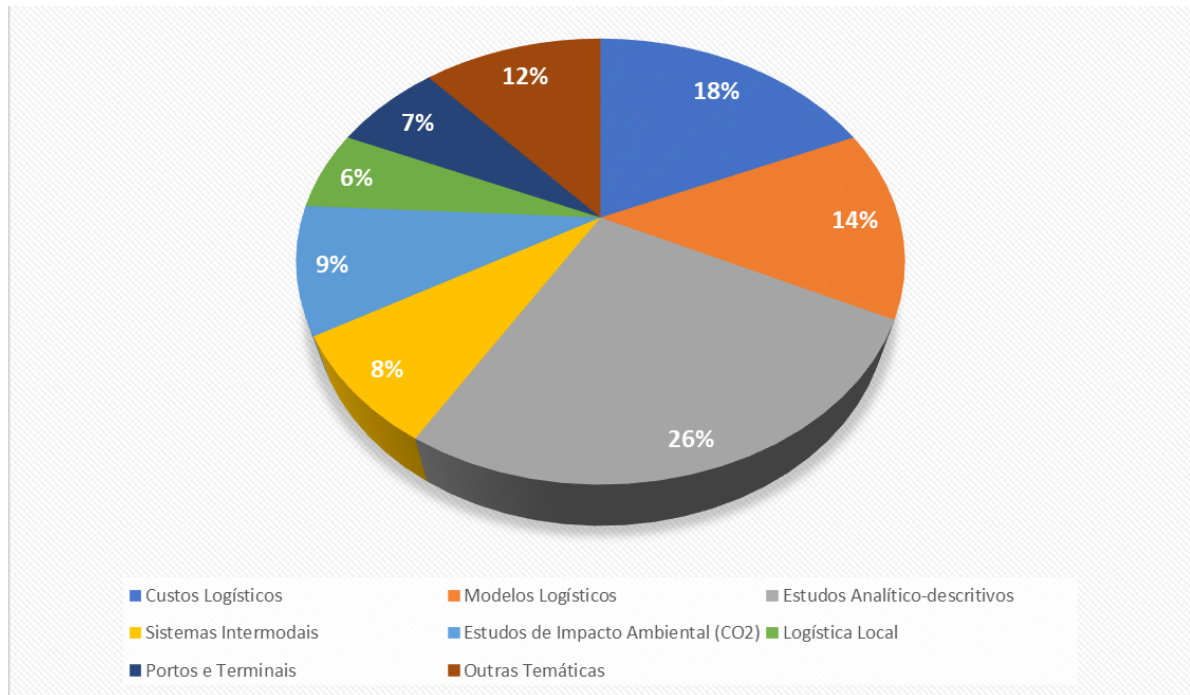
Com base na leitura dos títulos e resumo das pesquisas foi possível compatibilizar as produções em oito categorias, a saber:

- ✓ Custos Logísticos – reúne pesquisas que versam sobre análises econométricas dos custos do transporte da soja brasileira tomando por referência fatores de competitividade como valores de frete associados à qualidade de armazenamento, valor de biodiesel e disposição geográfica;
- ✓ Modelos Logísticos – apresenta pesquisas que têm por objetivo a construção de modelos matemáticos e computacionais que buscam otimizar a logística de transporte da soja brasileira;

- ✓ Estudos Analítico-descritivos – comporta estudos de caso sobre a eficiência do transporte de soja brasileiro, identificando processos de produção regionais, rotas de escoamento e volume de soja transportado;
- ✓ Sistemas Intermodais – traz pesquisas que avaliam o sistema intermodal de transporte de soja brasileiro, explorando suas contribuições e demandas do transporte da soja;
- ✓ Estudos de Impacto Ambiental – compreende pesquisas que investigam o impacto do transporte de soja brasileiro sobre o meio ambiente, sobretudo, relacionando o consumo de combustível à emissão de CO₂;
- ✓ Logística Local – agrupa as pesquisas sobre a logística de transporte da soja no Estado do Pará, investindo esforços na identificação de viabilidades modais, construção de modelos computacionais de escoamento da produção de soja, e de caracterização da produção local e das rotas de escoamento da soja no Arco Norte;
- ✓ Portos e Terminais – situa as pesquisas que investigam o transbordo da soja brasileira, estudando possibilidades de integração logística para o escoamento da soja e analisando as estruturas portuárias e terminais brasileiros;
- ✓ Outras Temáticas – acaudilha pesquisas variadas que discutem temas diversos sobre a logística do transporte da soja brasileira como a adaptação de embarcações, análise de resultados de aplicações de modelos de escoamento da soja, estudos de demanda de cargas, modelagem de perdas de produção e avaliação de indicadores potenciais e vulnerabilidades do escoamento da soja brasileira.

O quadro com os títulos dos trabalhos consultados pode ser visualizado no Apêndice 1 deste trabalho e o resultado percentual por categoria das produções analisadas pode ser observado a seguir:

Gráfico 1 – Teses e Dissertações sobre Logística da Soja no Brasil



Fonte: O Autor.

Uma vez conhecidas as tendências teóricas e principais questões que envolvem a logística do transporte da soja no Brasil, em particular no Pará e, em específico, no Polo Paragominas, iniciou-se a caracterização da produção e exportação da soja por meio da definição dos parâmetros qualitativos e quantitativos que auxiliam na expressão do modelo matemático do transporte de soja em foco na pesquisa.

1.1. A trajetória de expansão da soja no Brasil e Norte brasileiro

Dentro do contexto mundial a produção de soja está entre as atividades econômicas que apresentaram os maiores crescimentos nos últimos anos. Este crescimento se deve a atributos como: estruturação de um mercado internacional sólido; importância da oleaginosa como fonte de proteína vegetal, especialmente para atender demandas cada vez mais crescentes dos sistemas ligados à produção de produtos de origem animal; oferta de novas tecnologias viabilizando sua expansão e exportação (CARDOSO, 2017).

Não diferentemente da expansão mundial a produção da soja brasileira também se alargou nos últimos anos, sobretudo, com o crescente investimento na produção central do Brasil. Os motivos para este crescimento são pontuados por Duclós (2014, p. 78 – 79), que destaca que a migração da soja rumo à região central brasileira se deu por fatores como:

- ✓ Construção da nova Capital Federal (Brasília) na região central do Brasil em 1960, determinando uma série de melhorias na infraestrutura regional, principalmente vias de acesso, urbanização e comunicações;
- ✓ Incentivos fiscais para a abertura e incorporação de novas áreas à produção agrícola, assim como para a aquisição de maquinário e construção de silos e armazéns;
- ✓ Estabelecimento de agroindústrias na região, estimuladas pelos mesmos incentivos oficiais disponibilizados para a ampliação da fronteira agrícola;
- ✓ Baixo valor das propriedades agrícolas na região dos Cerrados, em comparação aos preços na região Sul;
- ✓ Desenvolvimento de tecnologias apropriadas ao Brasil Central, como novas variedades adaptadas à condição de baixa latitude da região;
- ✓ Topografia altamente favorável à mecanização (chapadas), favorecendo o uso de máquinas e equipamentos de grande porte, propiciando economia de mão-de-obra e maior rendimento nas operações de preparo do solo, tratos culturais e colheita;
- ✓ Boas condições físicas dos solos da região, facilitando as operações do maquinário agrícola e compensando, parcialmente, as desfavoráveis características químicas desses solos;
- ✓ Redução dos custos de escoamento da produção, com o estabelecimento de novos corredores de exportação, utilizando rodovias, ferrovias e hidrovias, para chegar a novos terminais de embarque;
- ✓ Condição financeira e cultural sólida dos produtores de soja da nova fronteira agrícola, oriundos, em sua maioria, da região Sul, onde já eram sojicultores antes de instalarem-se na região tropical;
- ✓ A escassez e, conseqüentemente, os altos preços das terras no Sul, que motivaram os produtores do Sul a migrarem para o Centro Oeste, e posteriormente, para o Nordeste;
- ✓ Regime pluviométrico da região favorável aos cultivos de verão, em contraste com os frequentes veranicos ocorrentes na região Sul durante o mesmo período.

Este conjunto de fatores sócio-históricos motivaram que se investigasse neste trabalho o tempo necessário ao estudos das produções acadêmicas em nível de teses e dissertações, bem como em bancos de dados institucionais do governo e privados, inquerindo sobre a expansão da produção e exportação da oleaginosa, a fim de objetivar quantitativamente os elementos de interesse tidos como meta para o modelo matemático aqui almejado.

O primeiro levantamento foi sobre a produção e exportação da soja em nível brasileiro, o que forneceu os elementos destacados na Tabela 2 a seguir:

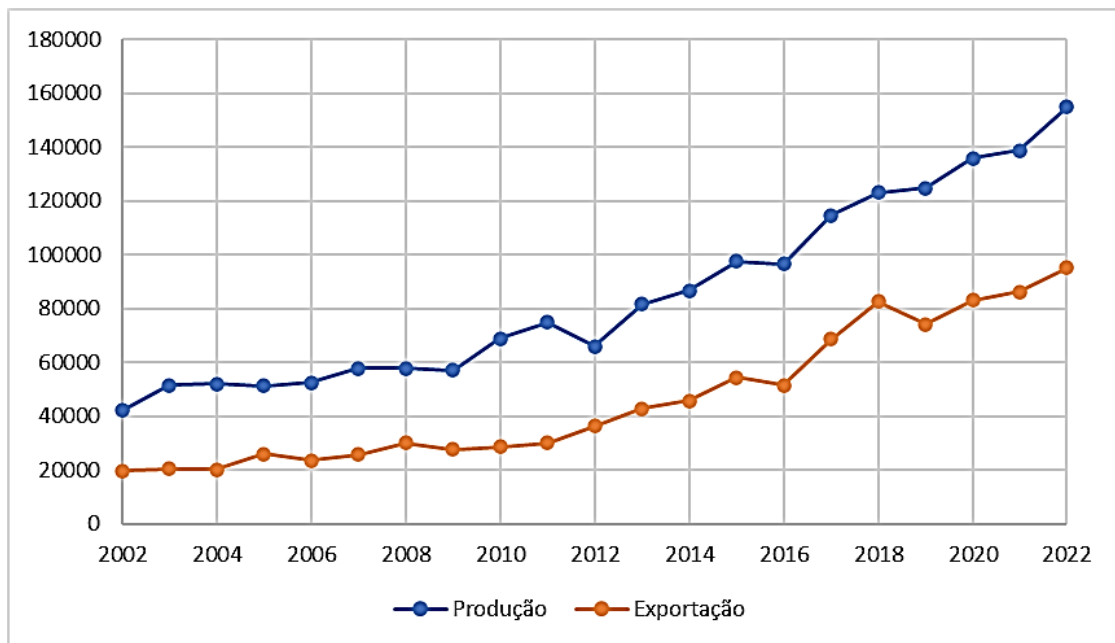
Tabela 2 – Relação Produção/Exportação do Complexo Soja no Brasil (1000 t)

Ano	Produção	Exportação	Percentual de Exportação (%)
2002	42129	19629	46,59
2003	51547	20417	39,61
2004	51910	20137	38,79
2005	51182	25911	50,63
2006	52464	23485	44,76
2007	57857	25650	44,33
2008	57759	29986	51,92
2009	57088	27600	48,35
2010	68756	28600	41,60
2011	74815	30000	40,10
2012	65849	36300	55,13
2013	81724	42796	52,37
2014	86760	45692	52,66
2015	97465	54323	55,74
2016	96465	51582	53,47
2017	114732	68626	59,81
2018	123081	82605	67,11
2019	124845	74064	59,32
2020	136000	82973	61,01
2021	138856	86110	62,01
2022	154810	95072	61,41

Fontes: USDA (2009, 2015), MDIC (2023), IBGE (2017, 2019), MAPA (2020), FIESP (2021), EMBRAPA (2022), ABIOVE(2019, 2020, 2021, 2022, 2023), CONAB (2023).

É possível se observar que a produção de soja de 2002 a 2022 obteve um aumento considerável, registrando no ano de 2022 uma produção 3,67 vezes maior que a produção de 2002. Este salto produtivo só não foi maior do que o crescimento da exportação, que obteve um aumento em 2022 cerca de 4,8 vezes o nível de exportação do ano de 2002. Este comportamento pode ser melhor visualizado no Gráfico 2 a seguir:

Gráfico 2- Relação Produção / Exportação do Complexo de Soja no Brasil (1000 t)



Fonte: O Autor.

Outro aspecto importante, perceptível neste levantamento, é que se tomada a série inteira, ter-se-á que 52% da produção fora direcionada à exportação. Entretanto, ao se considerar apenas os dez últimos anos, ter-se-á cerca de 58% da produção destinada à exportação. Em última análise, ao se tomar os últimos cinco anos da série, ter-se-á que cerca de 62% da soja produzida em território nacional é encaminhada para os portos exportadores.

Estes percentuais indicam que no mercado da soja o avanço da demanda absorveu o forte crescimento da produção. A principal razão desse crescimento se relaciona com o desenvolvimento dos países com maiores níveis de renda, que nos últimos anos vem aumentando o consumo de proteínas, frutas e vegetais (JOÃO, 2021). Esta característica de constante crescimento da absorção da produção de soja brasileira remete a um dado importante, toda produção encaminhada aos terminais do Arco Norte tem por destino a exportação ao exterior.

Conhecer o comportamento entre a produção e exportação da soja brasileira auxilia estimar o quantitativo de soja com o qual se trabalhará nos cálculos vindouros, haja vista não se ter fontes seguras que registrem o percentual do que de fato é exportado da produção de soja do Polo Paragominas. Assim, a fim de se estimar para o modelo o quantitativo de soja que escoará pelos terminais do Complexo Portuário de Vila do Conde, empregar-se-á um percentual conservador de 60%. Isto é, a demanda será determinada por 60% da produção do Polo Paragominas, acompanhando a tendência nacional. Assim, com o objetivo de se saber qual a

característica da produção do Polo Paragominas, foi importante aprofundar o conhecimento sobre a região.

1.2. Caracterização do ambiente de estudo

Neste tópico se caracterizará a produção e as vias de escoamento da soja do Polo Paragominas-PA. Dar-se-á especial atenção à evolução da produção da soja no Polo Paragominas no período de 2002 a 2022 e se detalhará as condicionantes quantitativas e qualitativas referentes ao escoamento destas produções pelos modais rodoviário e intermodal rodoviário-hidroviário, em que se destacarão as distâncias, tempo de percurso, custos de frete, perdas e transbordo, dentre outros condicionantes de interesse ao estudo.

1.2.1. Aspectos Fisiográficos da Região

O Polo Paragominas integra um conjunto de outros polos produtivos do Estado do Pará, assim subdivididos geopoliticamente por configurarem regiões com potenciais de produção e geopolíticas específicas que atendem a certas peculiaridades geológicas, climáticas, culturais e econômicas. Os polos produtores de soja no Estado do Pará são: Polo Paragominas, Polo Santarém e Polo Sul do Pará.

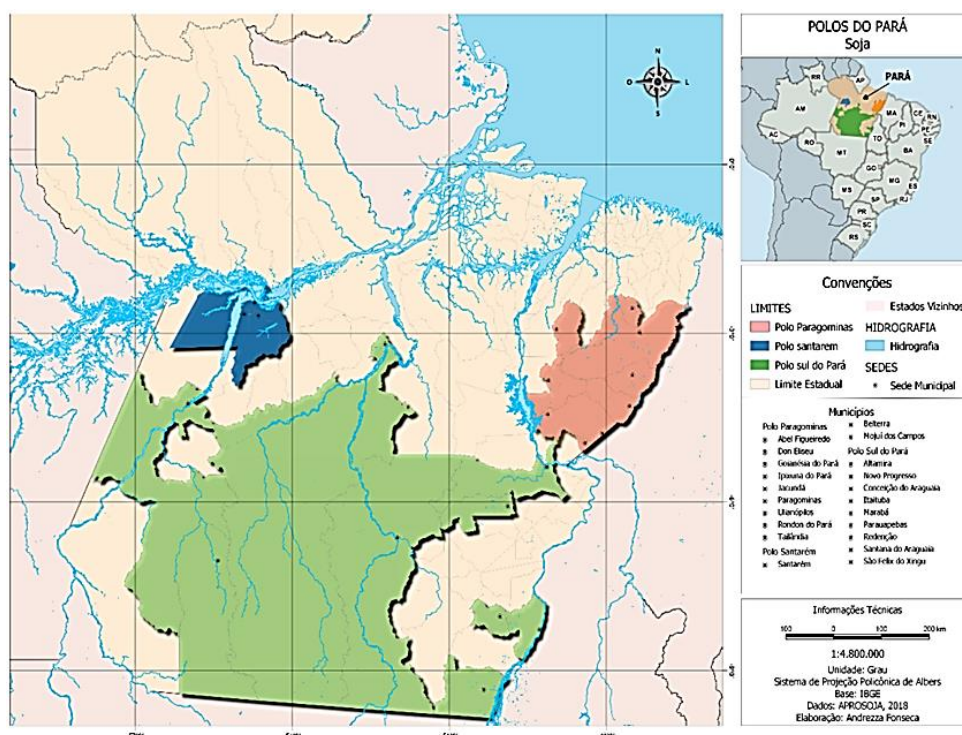


Figura 4 – Polos de produção de soja do Estado do Pará.

Fonte: Fonseca (2019, p. 20).

1.2.2. Localização

A região de interesse do estudo está localizada a Oeste do Estado do Pará, e compreende uma área delimitada pela região banhada pela Hidrovia Guamá-Capim e pela região produtora de soja do Polo Paragominas. A região denominada Guajarina, que configura parte da planície amazônica e pertencente à área hidrográfica formada pelos rios Capim, Gurupi e Guamá, é composta pelos municípios de Bujaru, São Domingos do Capim, São Miguel do Guamá, Irituia, Ourém, Capitão Poço, Santana do Capim e Paragominas. A região produtora de soja que define o Polo Paragominas, por sua vez, é formada pelos municípios de Abel Figueiredo, Dom Eliseu, Ipixuna do Pará, Paragominas, Rondon do Pará, Ulianópolis e Tailândia.

Considerando que grande parte dos municípios banhados pela Hidrovia Guamá-Capim não são produtores de soja ou suas produções ainda são insipientes, de modo a atenderem apenas a demandas internas e, considerando que o município de Tailândia possui um afastamento da Hidrovia Guamá-Capim que torna inviável sua consideração para o estudo do escoamento fluvial de sua produção de grão de soja, restringiu-se o estudo do transporte da produção de soja aos municípios de Abel Figueiredo, Dom Eliseu, Ipixuna do Pará, Paragominas, Rondon do Pará e Ulianópolis.

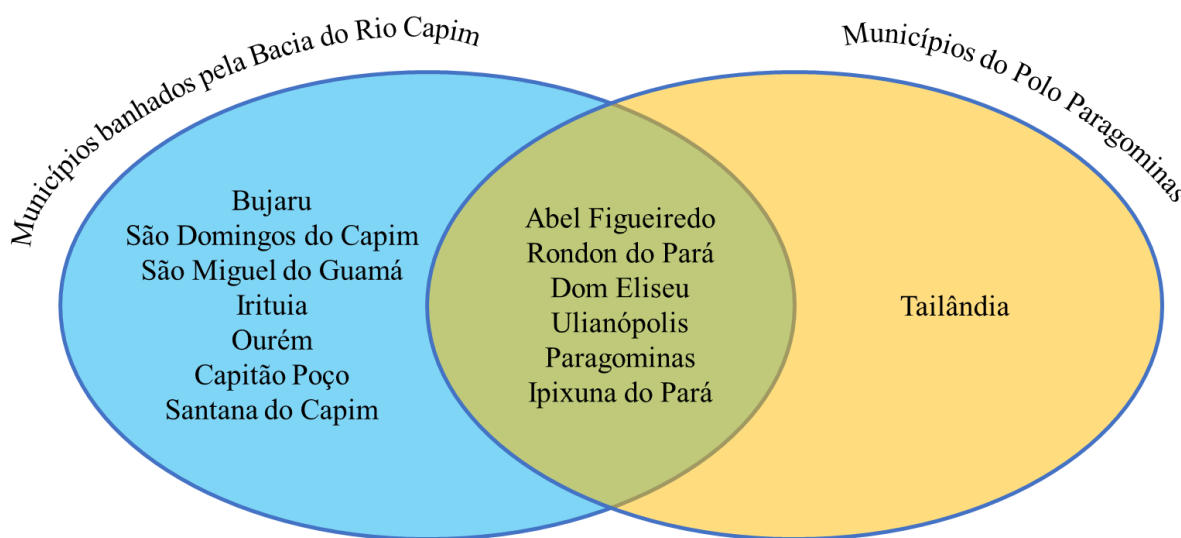


Figura 5 - Municípios Produtores de Soja banhados pela Bacia do Rio Capim.

Fonte: O Autor.

O acesso à região pode ocorrer principalmente por via fluvial, por meio dos rios Guamá e Capim, e pela rede rodoviária, em especial pela BR-316 (Pará-Maranhão) e a BR-10 (Belém-Brasília).

1.2.3. Hidrovia Guamá-Capim

As hidrovias do Brasil se encontram divididas administrativamente em oito áreas. Cada uma responsável por desenvolver as atividades de execução e acompanhamento de serviços, obras, estudos, exploração dos rios e portos fluviais e lacustres destinados, exclusivamente, à navegação Interior, bem como definir uma melhor logística para o setor de modo a promover uma melhor infraestrutura para o transporte hidroviário.



Figura 6 – Áreas administrativas das hidrovias de navegação Interior do Brasil.
Fonte: AHIMOR (2015).

A área de interesse nesta investigação compreende a Administração Hidroviária da Amazônia Oriental, que abrange a Hidrovia Guamá-Capim:

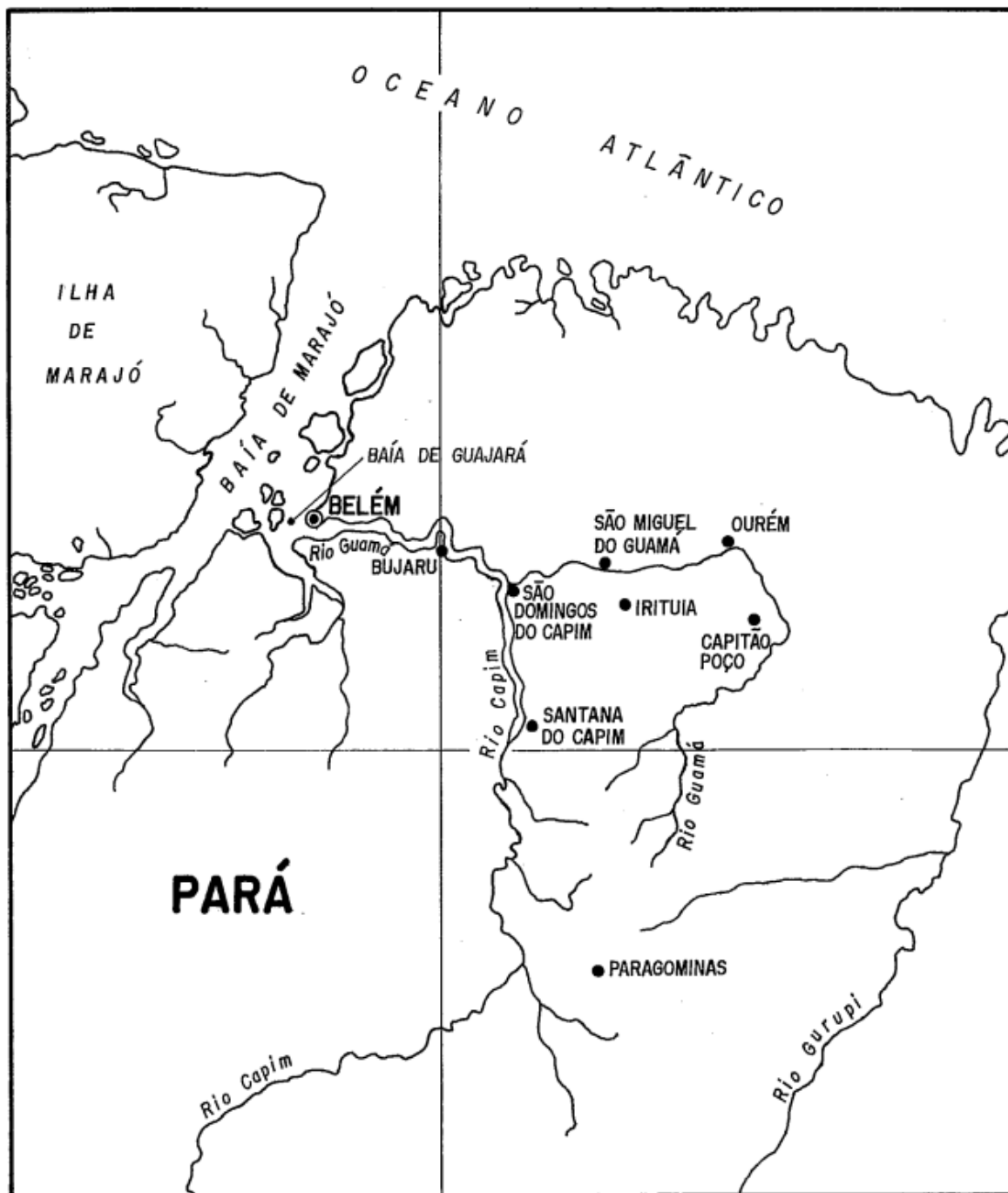


Figura 7 – Hidrovia Guamá-Capim.
Fonte: LEITE (1992, p. 6).

Para contornar a heterogeneidade nas características físicas e hidrológicas ao longo das calhas dos rios Capim e Guamá, sobretudo na época de estiagem, pode-se considerar as vias subdivididas em trechos com condições similares de navegação conforme a Figura 8 a seguir:

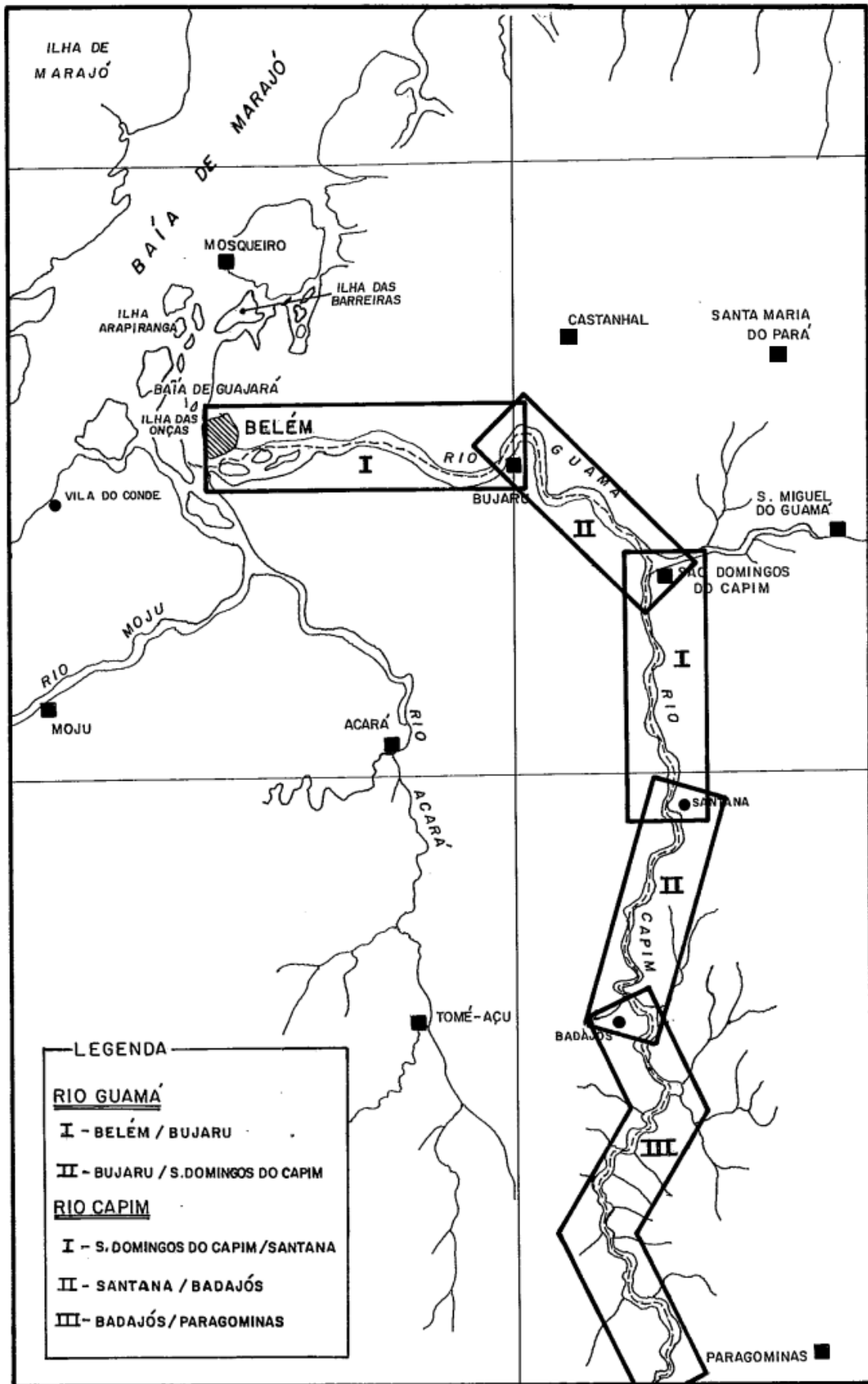


Figura 8 – Hidrovia Guamá-Capim.
 Fonte: LEITE (1992, p. 32).

Rio Guamá

Trecho I: Cidade de Belém à cidade do Bujaru – com 55 quilômetros de extensão e largura na foz em torno de 5.500 metros, reduzindo a partir da Ilha de Guajará-Mirim para 2.000 a 2.500 metros. Este trecho apresenta uma conformação praticamente retilínea com condições favoráveis à navegação. As cotas batimétricas acusam mínimas e máximas em torno de 2,7 metros e 16,1 metros respectivamente.

Trecho II: Cidade do Bujaru à Cidade de São Domingos do Capim – corresponde a um percurso de 50 quilômetros, com larguras variando de 1.000 a 2.500 metros e índice de sinuosidade de 1,5 e bancos de areia que não afloram na baixa-mar. Segundo estudos realizados pela AHIMOR, esse trecho possui duas passagens com profundidades críticas situadas a montante do Rio Bujaru, afluente da margem esquerda, e no trecho entre o Igarapé Canta Galo e Ilhas novas, cuja profundidade mínima registrada foi da ordem de 1,6 metros.

Rio Capim

Trecho I: Cidade de São Domingos do Capim a Vila Santana do Capim – compreende uma extensão de 55 quilômetros desde sua foz, junto do Rio Guamá, até a Vila Santana do Capim. Este trecho é caracterizado por uma conformação, em planta, retilínea com larguras variando entre 300 e 1.100 metros, sendo totalmente influenciado pelo regime de marés. As profundidades neste trecho variam entre 3 e 13 metros, apresentando inúmeros bancos de areia que raramente afloram na baixa-mar, não interferindo na navegação de embarcações de calado até 2,5 metros.

Trecho II: Vila Santana a Vila de Badajós – com extensão de 110 quilômetros e largura entre 95 e 700 metros, o rio apresenta curvaturas com índice de sinuosidade⁴ em torno de 2, podendo ser classificado como meandrante. Este trecho é considerado o mais problemático para a navegação, apresentando profundidades críticas com mínimas observadas nos postos fluviométricos de Badajós e Santana de 0,4 metros. Considerando as médias das mínimas observadas pela Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental – AHIMOR, em boa parte da estiagem a navegação fica praticamente inviabilizada.

Trecho III: Vila Badajós a Cachoeiras de Tapiocaba – com aproximadamente 119 quilômetros até as corredeiras de Tapiocaba. Sua conformação em planta é variável, intercalando grandes estirões com inúmeras curvas e larguras entre 100 e 300 metros. Boa parte da região ribeirinha é composta por igapós e lagos com margens baixas e permanentemente inundadas. Nas épocas

⁴ Relação entre o comprimento do talvegue e o comprimento do vale.

de depleção o rio forma verdadeiros reservatórios, diminuindo o pico das enchentes e melhorando o deflúvio em seu ciclo hidrológico. O talvegue nesse trecho é coincidente como o eixo do rio, e as profundidades variam entre 1,5 e 12,7 metros em relação ao nível médio das mínimas.

1.2.4. Relevo

A região situa-se em uma zona de baixa altitude, caracterizada por um relevo suave e levemente ondulado, com grande número de platôs com patamares rebaixados e terraços escalonados. Estes platôs são sub-horizontais com a maior dimensão paralela aos cursos d'água principais, constituídos por bordas abauladas, suportadas por argilas altamente oxidadas.

Os vales são planos com cursos d'água encaixados, cujas cotas máximas chegam a 80 metros acima do nível do mar, com a rede hidrográfica correndo em cotas de cerca de 20 metros.

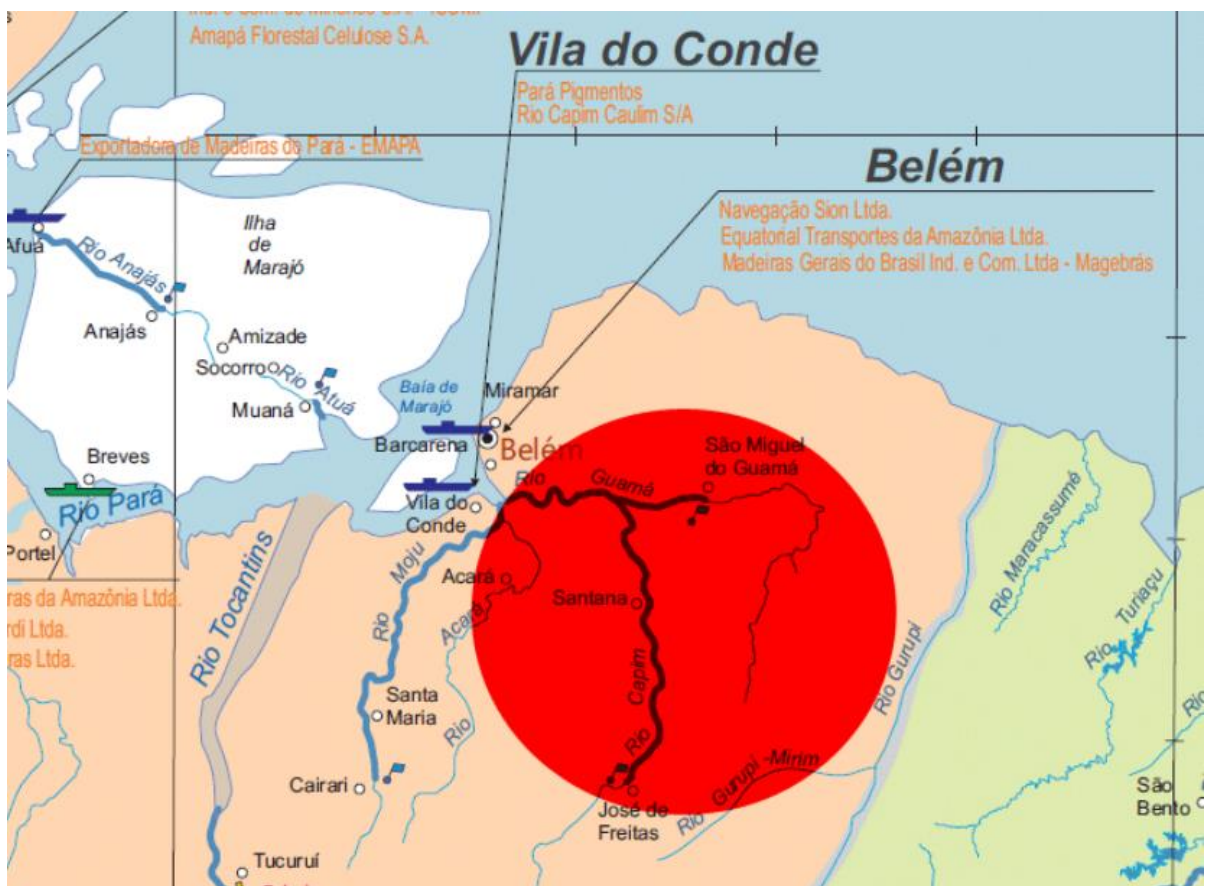


Figura 9 – Hidrovia Guamá-Capim.
Fonte: AHIMOR (2015).

1.2.5. Clima

O clima predominante na região é o equatorial, caracterizado por elevada pluviometria anual relativamente distribuída no período. O maior volume de precipitações ocorre entre os meses de dezembro e maio e o de estiagem entre junho e novembro. De acordo com a classificação de Köppen a região pertence ao clima tipo “A”, por apresentar altos índices pluviométricos, próximos de 2.000 mm, com temperaturas que variam entre 24 e 26 °C, preponderantemente quente e úmido, com umidade relativa do ar de aproximadamente 80% (LEITE, 1992; LIRA, et al., 2020).

O conhecimento do clima e do período de estiagem é importante para situar a janela propícia à exportação da soja via Hidrovia Guamá-Capim. Obtidas estas informações, pode-se construir o seguinte esquema para o escoamento da soja do Polo Paragominas.

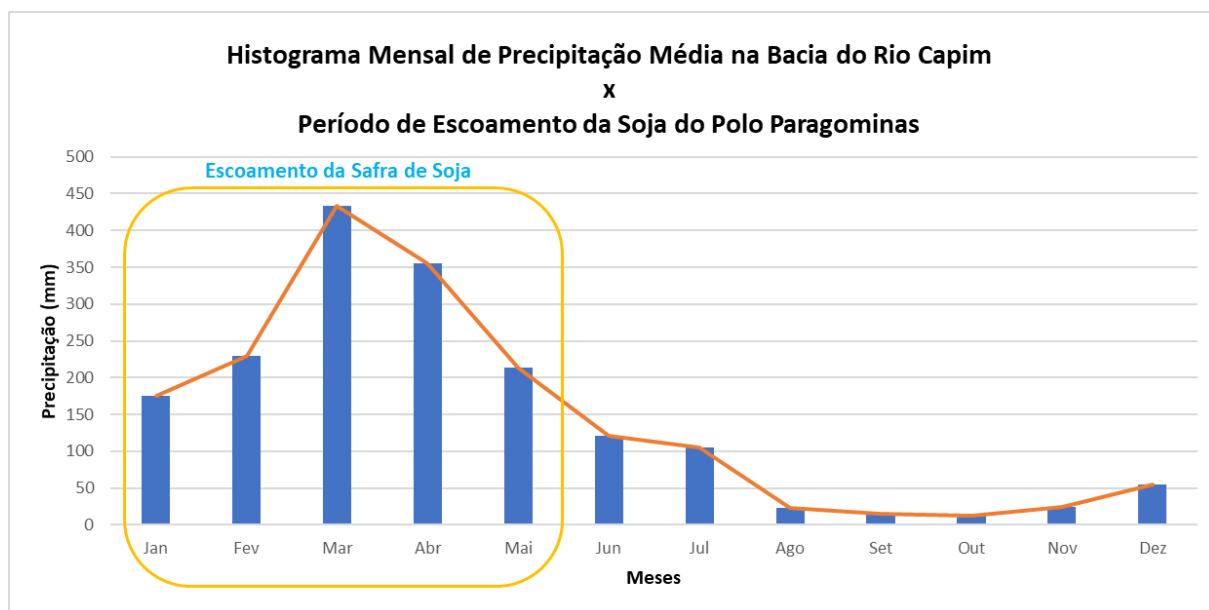


Figura 10 – Comparação entre o Período de Precipitação na Bacia do Rio Capim e escoamento da soja no Polo Paragominas.

Fonte: O Autor (adaptação de Nunes, 2013; e CRUZ, 2019) .

Comparando os estudos de Nunes (2013) aos de Cruz (2019), é possível evidenciar que o período de escoamento da soja se ajusta perfeitamente aos intervalos de cheias do Rio Capim. Além disso, Cruz (2019), IBGE (2019) e CONAB (2020) confirmam que o calendário da produção/plantio da soja no Polo Paragominas é de outubro a dezembro, já o período de colheita se estende de janeiro a maio⁵, com foco nos meses de fevereiro a abril. Para fins do modelo,

⁵ Considerando a possibilidade de uma segunda safra o período de escoamento da soja poderá chegar até agosto, totalizando 184 dias de exportação (DIAS, 2019).

vale salientar que se considerará um escoamento de 184 dias a partir do início da colheita, considerando-se jornadas de trabalho diurnas de 12h.

1.3. A produção e demanda da soja do Polo Paragominas

A identificação da demanda constitui um dos principais fatores para a análise do sistema de transporte, em especial quando envolve produções variáveis, como no caso das *comodities*. Informou-se anteriormente que para identificação das demandas de exportação relativas à produção de soja, considerou-se o desenvolvimento da produção e exportação da soja brasileira e espelhou-se esta demanda para o Polo Paragominas. Para isso, foram consultados bancos de dados de importantes instituições reguladoras e de pesquisas, privadas e estatais, de modo a remontar o desenvolvimento e o padrão de produção da soja brasileira.

Por este levantamento, com a finalidade de definir o percentual de soja em toneladas (t) a serem exportadas, realizou-se um levantamento que relacionou a produção da soja em grãos (oferta) e a quantidade de soja exportado pelo Brasil (demanda).

O corte temporal compreendeu o período de 2002 a 2022. Observou-se os resultados deste levantamento na Tabela 2. O percentual de exportação da soja brasileira levou a estimar-se que o quantitativo de soja que escoou pelos terminais do Complexo Portuário de Vila do Conde, ao que se adotou um percentual conservador de 60%, isto é, a demanda é determinada por 60% da produção do Polo Paragominas. Os resultados destes cálculos são apresentados na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Produção e Expectativa de Exportação de Soja do Polo Paragominas (Período de 2002 a 2022)

Município	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022*	Total
Abel Figueiredo															145	198	180	12400	17600	16800	20496	67819
Dom Eliseu	260	4125	6600	13200	16500	16500	20160	21900	26550	41400	66000	24000	96000	231000	231000	277200	264000	263500	283500	322770	393779	2619944,4
Ipixuna do Pará																3024	2700	21700	20800	21290	25973,8	95487,8
Paragominas	3326	8640	9777	20970	30000	21000	35160	42600	130837	119514	123740	121800	121800	275500	337138	439326	465000	486000	526050	571128	696776	4586082,2
Rondon do Pará							450	960	1155	6000	24000	36000	36000	39600	120000	172800	150000	105000	115200	146640	178901	1132705,8
Ulianópolis	1770	7150	11570	16779	18751	4919	15919	24825	31312	30000	20600	80738	106224	106224	151800	174600	180000	155000	155925	162918	198760	1655784
Produção (t)	5356	19915	27947	50949	65251	42419	71689	90285	189854	196914	234340	262538	360024	652324	840083	1067148	1061880	1043600	1119075	1241546	1514686	10157823
Estimativa de Expo	3214	11949	16768	30569	39151	25451	43013	54171	113912	118148	140604	157523	216014	391394	504050	640289	637128	626160	671445	744928	908812	6094694

* Estimativa de produção (AGÊNCIA PARÁ, 2023)

Fonte: IBGE in: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/>>

A Tabela 3 expressa a produção do grão de soja do Polo Paragominas do período compreendido de 2002 a 2022. Entretanto, muitos aspectos políticos, estruturais e tecnológicos mudaram nos últimos anos, provocando um crescimento da produção nos últimos três anos bem superior ao crescimento dos anos anteriores. Deste modo, para se estimar a produção objetiva do modelo, tomou-se a média da tonelage de soja produzida nos últimos três anos de coleta, isto é, de 2020 a 2022. Sobre esta média aplicou-se os 60% que expressam os valores estimados da soja destinada à exportação, como é peculiar à região. Esses valores podem ser visualizados na Tabela 4 abaixo:

Tabela 4 – Produção e Exportação Média da Soja do Polo Paragominas (2020-2022)

I_i	Município	Média de Produção 2020-2022	Exportação
I_1	Abel Figueiredo	18299	10979,200
I_2	Rondon do Pará	146914	88148,160
I_3	Dom Eliseu	333350	200009,880
I_4	Ulianópolis	172534	103520,592
I_5	Paragominas	597985	358790,832
I_6	Ipixuna do Pará	22688	13612,760
Total (t)		1291769	775061,424

Fonte: O Autor.

Pela Tabela 4 é possível observar que a expectativa de exportação sobre a média de 1.291.769 toneladas de soja, produzidas pelo Polo Paragominas, é de 775.061,424 toneladas. Isto é, a demanda de exportação encaminhada aos portos de Barcarena será de 775.061,424 toneladas. A diferença entre a produção total e a produção destinada à exportação constitui a demanda interna. O estudo em tela se ateve apenas à demanda de exportação.

De posse dos dados gerais que caracterizam a produção e exportação da soja do Polo Paragominas, passou a ser de interesse se analisar as possíveis rotas de escoamento desta produção. Deste modo, no próximo capítulo se caracterizarão as rotas e modais envolvidos no escoamento da produção de soja do Polo Paragominas até o complexo portuário de Vila do Conde em Barcarena-PA.

CAPÍTULO 2

2. O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO DE SOJA DO POLO PARAGOMINAS

Neste capítulo caracterizar-se-á as vias de escoamento da produção de soja do Polo Paragominas-PA. Dar-se-á especial atenção às condicionantes quantitativas e qualitativas referentes ao escoamento desta produção analisando o modal rodoviário e o intermodal rodoviário-hidroviário, em que se destacou as distâncias, tempos de percurso, custos relativos a perdas e transbordo, dentre outros condicionantes de interesse ao estudo.

Destaque-se que a logística do transporte de soja consiste em duas etapas básicas: a primeira conhecida como *porteira ao porto* de exportação, em que a soja é coletada na fazenda produtora e transportada até o porto marítimo de exportação, podendo utilizar-se do transporte intermodal, e a segunda ocorre com o transporte marítimo de longo curso do *porto de exportação ao porto de destino*. Sobre estas etapas, é importante salientar que é o cliente/comprador quem determina o porto onde a soja deve ser entregue, deste modo, é imperativo minimizar os custos com o transporte a partir da escolha mais apropriada do porto exportador.

É ainda importante considerar que nos portos exportadores sempre haverá pelo modal rodoviário a necessidade de movimentação dos grãos para um armazém que os concentrará até serem transferidos para o transporte marítimo de longo curso. Isso ocorre porque estes navios movimentam volumes muito maiores que os volumes do transporte rodoviário. O transporte fluvial, por sua vez, requer a transferência da carga de grãos das barcas para o transporte marítimo de longo curso. Este processo demanda tempo de espera da barcaça no porto e tempo para a operação de transferência da soja aos navios de longo curso.

No estudo em tela preocupou-se apenas com a primeira etapa da exportação, ou seja, com a etapa *porteira ao porto*. Sob esta lógica e a partir dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, foi possível estimar o percurso e o tempo redondo, ida e volta, de cada veículo tipo em cada alternativa de transporte. Para se obter o tempo total consumido em todo o processo de escoamento da produção do Polo Paragominas, considerou-se o tempo de ida e retorno dos veículos, os tempos de carga e descarga (transbordo), bem como os tempos de espera.

Considerou-se para o modal rodoviário que a exportação pode ocorrer durante o ano todo, perfazendo 184 dias (respeitando-se o limite legal de 12h de trabalho diurno), já para a etapa fluvial do intermodal ocorrem os escoamentos da produção de soja do Polo Paragominas

em 90% do ano, perfazendo um período de escoamento de safra de 184 dias (devido limitação de viagens noturnas). A partir de agora se descreverá as características dos portos de destino da produção de soja, bem como as possibilidades de transporte de soja associadas ao contexto do Polo Paragominas.

2.1. Caracterização dos Terminais de Exportação

No estudo em tela se observou a crescente demanda de exportação de soja pelos portos do Arco Norte, em especial da zona portuária de Vila do Conde no município de Barcarena, no Estado do Pará. Esta região conta com três Terminais de destaque no que se refere à exportação de grãos de soja, a saber: o Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena (TPGB), o Terminal Portuário Fronteira Norte (TERFRON) e o Terminal de Grãos Ponta da Montanha (TGPM).

Estes terminais são de uso privado, sendo administrados pelas principais companhias de comércio internacional do agronegócio que atuam no Brasil, e servem de terminais polarizadores da produção agrícola da região, por meio dos quais é realizada a conexão com a navegação de longo curso, direcionada ao comércio exterior (CRUZ, 2019).

O Complexo Portuário de Vila do Conde, localizado a Latitude: 01° 32' 37.2" S e Longitude: 48° 44' 47.4" W, situa-se em Ponta Grossa, município de Barcarena, no Estado do Pará, à margem direita do Rio Pará, a uma distância fluvial de 55 km de Belém e a cerca de 3,3 km a jusante da Vila Murucupi, nova denominação da antiga Vila do Conde, em frente à baía de Marajó, formada, dentre outros, pela confluência dos rios Tocantins, Guamá, Moju e Acará.

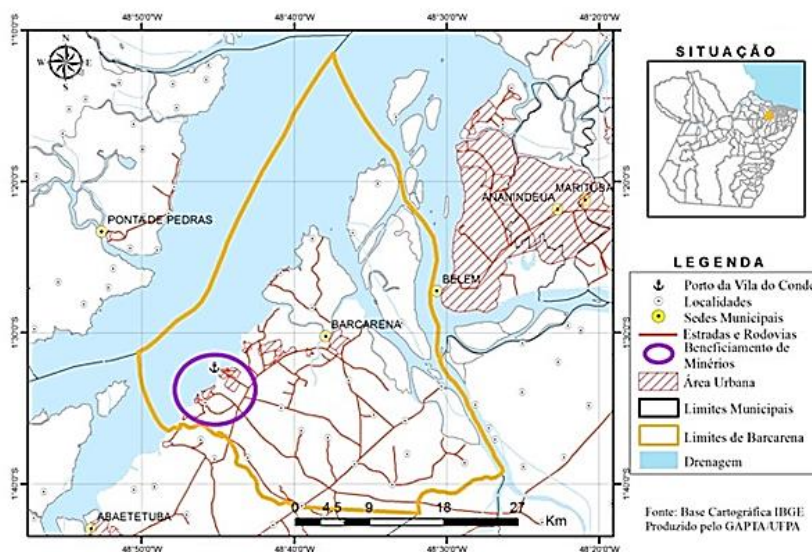


Figura 11 - Localização de Vila do Conde.
Fonte: Adaptado de GAPTA/UFPA (2020).

Os terminais de Vila do Conde são considerados terminais polarizadores por serem modernos e de uso público-privado, com seus berços especializados para a convergência dos fluxos dos principais corredores de transporte cabotagem, navegação de longo curso e direcionados ao comércio exterior (MIRANDA, 2008).

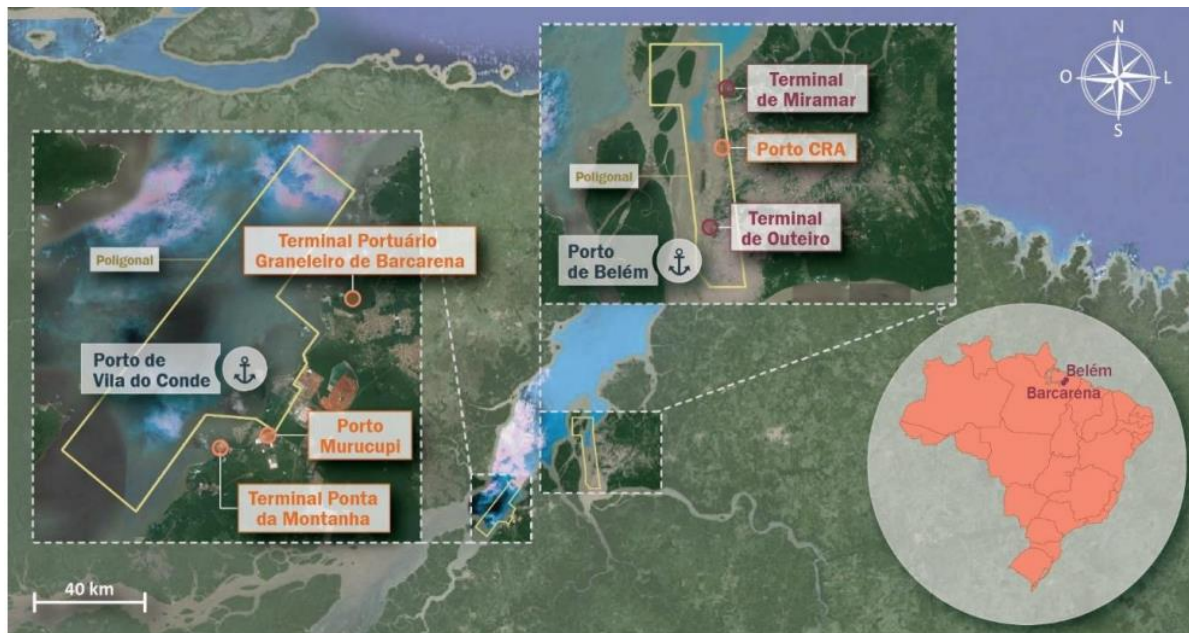


Figura 12 - Localização do Complexo Portuário de Vila do Conde.
Fonte: BRASIL (2017, p. 13).

O Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena (TPGB) pertence às empresas Bunge Alimentos S.A. e Amaggi, e localiza-se na margem direita da Baía do Marajó. O terminal localiza-se na Avenida Beira-Mar, s/n, no bairro Vila Itupanema em Barcarena-PA. Suas coordenadas geográficas são: Latitude 01° 29' 44,43", Longitude: 48° 43' 35,87".



Figura 13 - Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena.
Fonte: Brasil - Ministérios dos Transportes (2017, p. 18).

É caracterizado por ser um terminal graneleiro, composto por um píer de dimensões aproximadas de 11 m de largura por 110 m de extensão, com capacidade de receber duas barcaças simultaneamente, uma em cada face do píer. Os berços de atracação são chamados de Barcaça A e Barcaça B. O píer é coberto com estrutura metálica, o que possibilita operações mesmo em dias de chuva. Sua infraestrutura conta com tombadores de carreta com capacidade total para 400 ton/h, *Tripper* com capacidade de 1.500 ton/h e descarregadores de barcaça com capacidade de 1.500 ton/h (BRASIL, 2017; CRUZ, 2019).

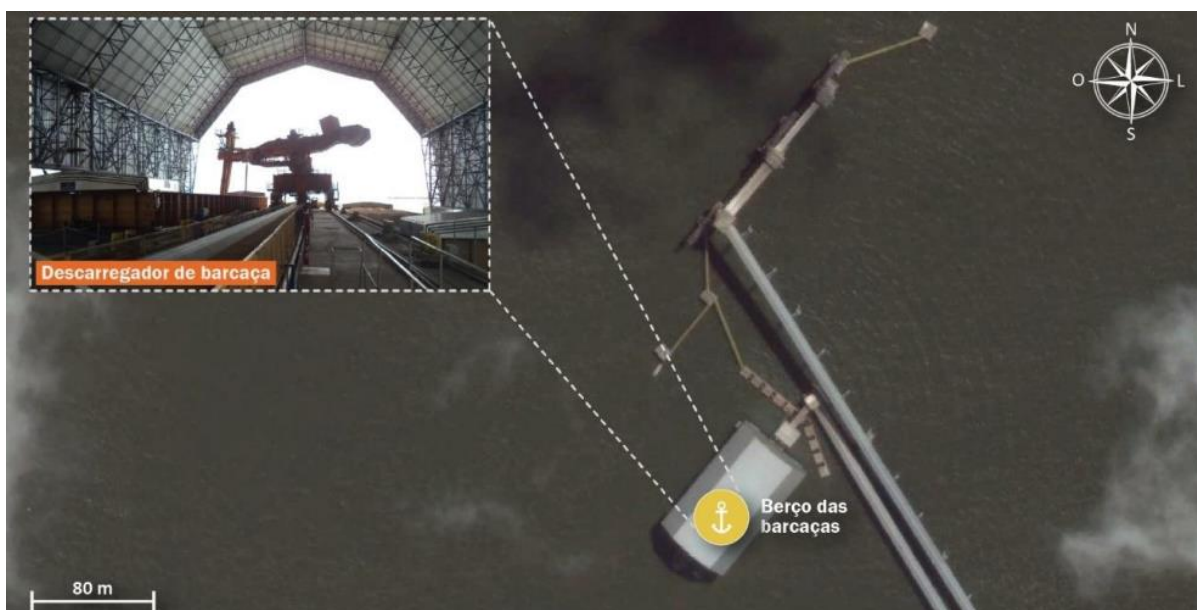


Figura 14 - Píer de barcaças do Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena (TPGB).
Fonte: Brasil - Ministérios dos Transportes (2017, p. 41).

O Terminal Portuário Fronteira Norte (TERFRON) – É caracterizado por ser um porto graneleiro. Sua infraestrutura conta com tombadores de carreta com capacidade total para 400 ton/h, *Shiploader* com capacidade de 1.500 ton/h e descarregadores de barcaça com capacidade de 1.500 ton/h (BRASIL, 2017).

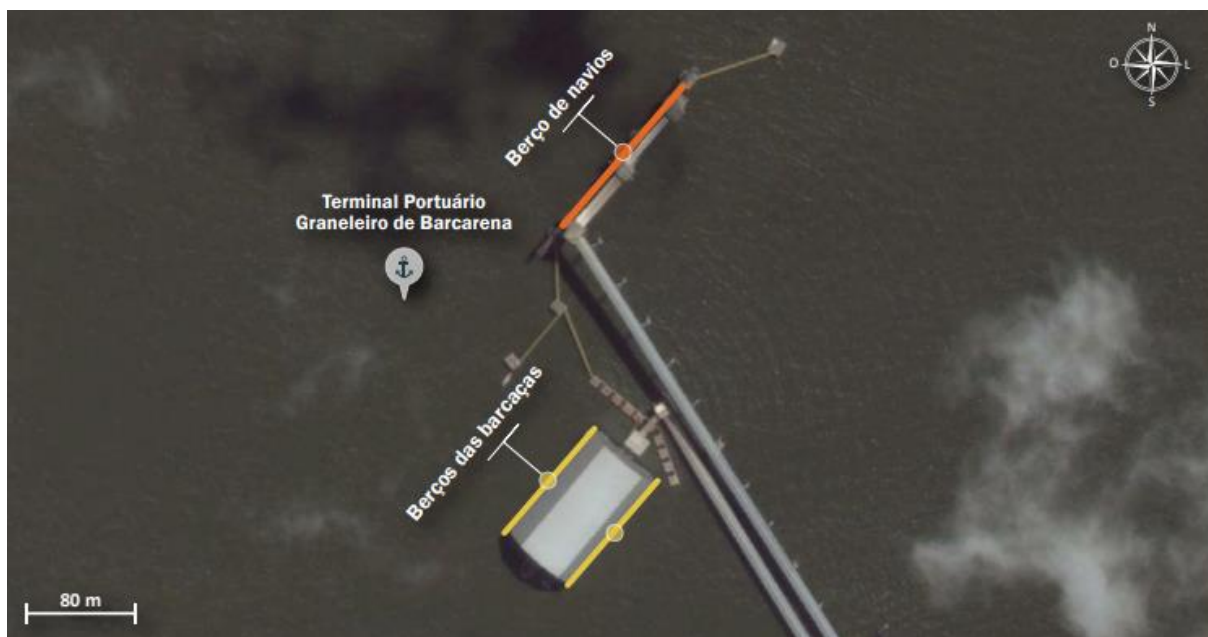


Figura 15 – Terminal Portuário Fronteira Norte (TERFRON).
 Fonte: Brasil - Ministérios dos Transportes (2017, p. 34).

O Terminal de Grãos Ponta da Montanha (TGPM) - É caracterizado por ser um porto graneleiro. Sua infraestrutura conta com 2 tombadores de carreta com capacidade total para 600 ton/h, 03 Shiploader com capacidade de 2.000 ton/h e descarregadores de barcaça com capacidade de 1.500 ton/h (TGPM, 2023).



Figura 16 – Porto de Vila do Conde.
 Fonte: Brasil - Ministérios dos Transportes (2017, p. 47).

Em síntese, a capacidade total de transferência de carga dos terminais do Complexo Portuário de Vila do Conde são os descritos na Tabela 5 abaixo:

Tabela 5 – Estrutura dos terminais de grãos do Complexo Portuário de Vila do Conde

Infraestrutura	TPGB	TERFRON	TGPM	Total
Tombadores de carreta (ton./h)	400	400	600	1400
Armazém (Capacidade estática em ton.)	120000	75000	150000	345000
Pier de Atracação de navios	1	1	1	3
Ship loader / Tripper (ton./h)	1500	2000	2000	5500
Descarregadores de barcaças (ton./h)	1500	2000	1500	5000

Fonte: Companhia de Docas do Pará (2023) e TGPM (2023).

Deve-se considerar que as características operacionais dos terminais acima identificados se dedicam ao transbordo da carga e ao tempo demandado para sua operação, uma vez que toda a Produção de Exportação do Polo Paragominas converge para a zona portuária de Vila do Conde, não sendo considerados outros destinos concorrentes como alternativas portuárias polarizadoras.

2.2. A Alternativa do Transporte Rodoviário

Atualmente no Brasil operam cinco modalidades de transporte: aéreo, ferroviário, hidroviário, dutoviário e o rodoviário. Por um fator político e cultural o modal de maior expressão no Brasil é o rodoviário que, segundo consultoria interinstitucional do IBGE, NTC & Logística, ANAC e CNT, no ano de 2021, representara 62% da participação na movimentação de cargas no país.

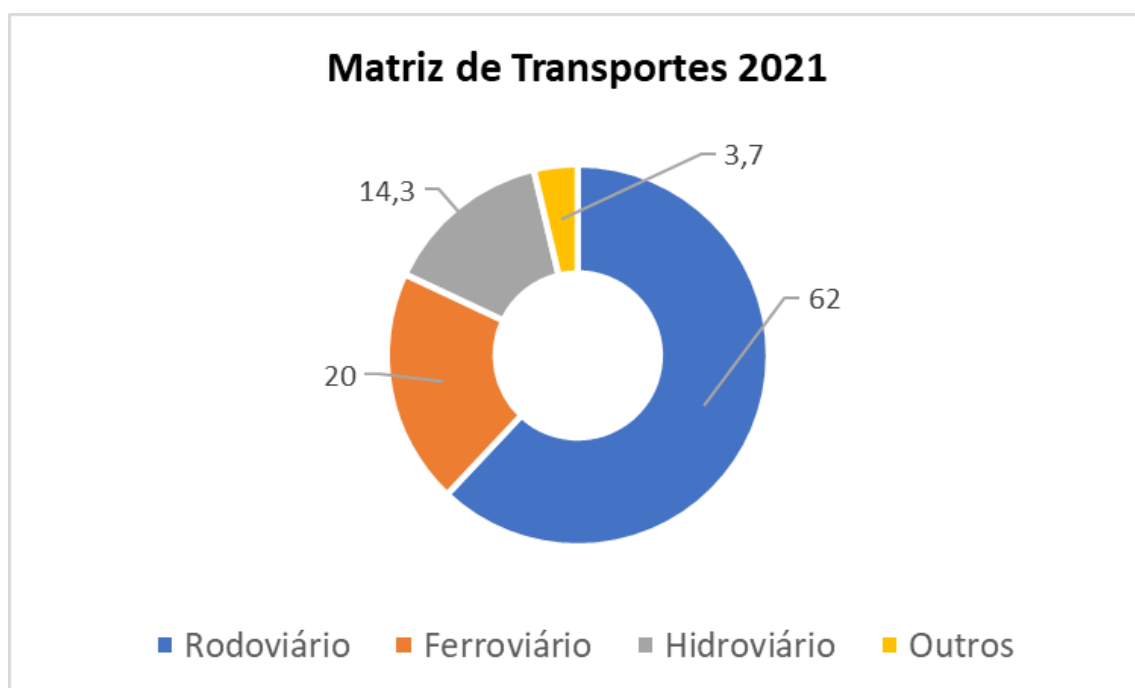


Figura 17 – Transporte de cargas no Brasil em 2021.
Fonte: IBGE, NTC & Logística, ANAC e CNT (2021).

A priorização do transporte rodoviário é um fenômeno mundial que se observa desde a década de 50 do século passado, muito por conta dos incentivos às indústrias automobilística e petrolífera (SCHROEDER & CASTRO, 2014). Mas no Brasil essa priorização dos investimentos públicos no transporte rodoviário é uma tendência que permanece até os dias atuais, como se evidencia pela evolução da matriz de transporte brasileira de 2013 a 2022.

Tabela 6 - Evolução da Matriz de Transporte Brasileira (2013-2022)

Modais	Anos									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Rodoviário	61,1	61,1	65	62,8	65	62,8	61,1	61	62	61,1
Ferroviário	20,7	20,7	15	21	15	21	20,7	21	20	20,7
Hidroviário	13,6	13,6	16	12,6	16	14	13,6	14	14,3	13,6
Outros	4,6	4,6	4	3,6	4	2,2	4,6	4	3,7	4,6

Fonte: CNT (2013, 2022), IBGE (2014), ILOS (2016, 2020) MT (2017), CNT, 2018), FGV/CNT (2919), Exame (2021).

Essa preferência pelo transporte rodoviário talvez ocorra por ser este o único modal a oferecer entrega porta-a-porta, além de possuir a maior flexibilidade em relação à capacidade de atendimento, capaz de movimentar cargas de pequeno volume, produtos de maior valor agregado e perecíveis, e por oferecer custos ajustáveis a pequenas distâncias (FERREIRA, 2016).

Os atrativos do modal rodoviário são relativizados quando consideramos outros fatores no momento da escolha para o transporte das cargas. Dentre esses fatores existem: o preço unitário do frete por tonelagem de carga transportada, o elevado custo com manutenções, a suscetibilidade a roubos de carga e a elevada taxa de emissão de dióxido de carbono na atmosfera.

Para subsidiar os cálculos, realizou-se um minucioso levantamento das distâncias dos centroides dos municípios produtores de soja no Polo Paragominas até o Complexo Portuário de Vila do Conde em Barcarena – PA. Os resultados deste levantamento apresentam a rota, município produtor, percurso, distâncias e tempo de percurso, considerando os limites máximos de velocidade por trecho (Urbano = 40 km/h; Estradas = 60 km/h). Os resultados podem ser visualizados no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 - Caracterização da Alternativa Rodoviária

Rota	Município	Percurso	Velocidade (km/h)	Distâncias (km)	Distância Total (km)	Tempo por Trecho (h)	Tempo Total* (h)
Município - Porto de Vila do Conde (Barcarena - PA)	Abel Figueiredo	Seguir na direção noroeste na BR-222	60	130,02	557	2,167	13,3
		Esquerda na BR-010	60	159,20		2,653	
		Na rotatória pegar a 2ª saída e manter na BR-010	60	96,20		1,603	
		Esquerda na Tv. Km Quarenta e Nove/PA-252	40	57,80		1,445	
		Na rotatória pegar 2ª saída e manter PA-252	60	18,40		0,307	
		Pegar balça na PA-252 no Acará*	-	0,17		3,000	
		Curva a esquerda na Tv. Severino	40	0,08		0,002	
		Esquerda na R. Pres. Figueiredo	40	0,30		0,008	
		Direita para permanecer na R. Pres. Figueiredo	40	0,05		0,001	
		Esquerda na Av. Cmte. Pedro Vinagre	40	0,06		0,001	
		Direita na Tv. Benjamin Constant	40	0,15		0,004	
		Esquerda na Av. Fernando Guilhon/PA-252	40	15,20		0,380	
		Direita na BR-155	60	33,80		0,563	
		Em frente na PA-483	40	22,80		0,570	
		Na rotatória pegar a 2ª saída e manter na PA-483	40	18,60		0,465	
	Na rotatória pegar 1ª saída	40	2,40	0,060			
	Esquerda na Rod. Translumínio	40	1,19	0,030			
	Rondon do Pará	Seguir na direção norte na R. Pinheiro de Maio	40	0,13	514	0,003	12,6
		Direita na BR-222	60	87,50		1,458	
		Esquerda na BR-010	60	159,20		2,653	
		Na rotatória pegar a 2ª saída e manter na BR-010	60	96,20		1,603	
		Esquerda na Tv. Km Quarenta e Nove/PA-252	40	57,80		1,445	
		Na rotatória pegar 2ª saída e manter PA-252	60	18,40		0,307	
		Pegar balça na PA-252 no Acará*	-	0,17		3,000	
		Curva a esquerda na Tv. Severino	40	0,08		0,002	
		Esquerda na R. Pres. Figueiredo	40	0,30		0,008	
		Direita para permanecer na R. Pres. Figueiredo	40	0,05		0,001	
Esquerda na Av. Cmte. Pedro Vinagre		40	0,06	0,001			
Direita na Tv. Benjamin Constant		40	0,15	0,004			
Esquerda na Av. Fernando Guilhon/PA-252	40	15,20	0,380				
Direita na BR-155	60	33,80	0,563				
Em frente na PA-483	40	22,80	0,570				
Na rotatória pegar a 2ª saída e manter na PA-483	40	18,60	0,465				
Na rotatória pegar 1ª saída	40	2,40	0,060				
Esquerda na Rod. Translumínio	40	1,19	0,030				
Município - Porto de Vila do Conde (Barcarena - PA)	Dom Eliseu	Entrar à esquerda e seguir na BR-010	60	159,20	427	2,653	11,1
		Na rotatória pegar a 2ª saída e manter na BR-010	60	96,20		1,603	
		Esquerda na Tv. Km Quarenta e Nove/PA-252	40	57,80		1,445	
		Na rotatória pegar 2ª saída e manter PA-252	60	18,40		0,307	
		Pegar balça na PA-252 no Acará*	-	0,17		3,000	
		Curva a esquerda na Tv. Severino	40	0,08		0,002	
		Esquerda na R. Pres. Figueiredo	40	0,30		0,008	
		Direita para permanecer na R. Pres. Figueiredo	40	0,05		0,001	
		Esquerda na Av. Cmte. Pedro Vinagre	40	0,06		0,001	
		Direita na Tv. Benjamin Constant	40	0,15		0,004	
		Esquerda na Av. Fernando Guilhon/PA-252	40	15,20		0,380	
		Direita na BR-155	60	33,80		0,563	
		Em frente na PA-483	40	22,80		0,570	
		Na rotatória pegar a 2ª saída e manter na PA-483	40	18,60		0,465	
		Na rotatória pegar 1ª saída	40	2,40		0,060	
	Esquerda na Rod. Translumínio	40	1,19	0,030			
	Ulianópolis	Seguir a leste na Av. Paraiba/Av. Pará	40	0,29	365	0,007	10,1
		Esquerda na BR-010	60	96,90		1,615	
		Na rotatória pegar a 2ª saída e manter na BR-010	60	96,20		1,603	
		Esquerda na Tv. Km Quarenta e Nove/PA-252	40	57,80		1,445	
		Na rotatória pegar 2ª saída e manter PA-252	60	18,40		0,307	
		Pegar balça na PA-252 no Acará*	-	0,17		3,000	
		Curva a esquerda na Tv. Severino	40	0,08		0,002	
		Esquerda na R. Pres. Figueiredo	40	0,30		0,008	
		Direita para permanecer na R. Pres. Figueiredo	40	0,05		0,001	
		Esquerda na Av. Cmte. Pedro Vinagre	40	0,06		0,001	
		Direita na Tv. Benjamin Constant	40	0,15		0,004	
Esquerda na Av. Fernando Guilhon/PA-252		40	15,20	0,380			
Direita na BR-155	60	33,80	0,563				
Em frente na PA-483	40	22,80	0,570				
Na rotatória pegar a 2ª saída e manter na PA-483	40	18,60	0,465				
Na rotatória pegar 1ª saída	40	2,40	0,060				
Esquerda na Rod. Translumínio	40	1,19	0,030				

Município - Porto de Vila do Conde (Barcarena - PA) - Cont.	Paragominas	Seguir a sudoeste para Av. Pres. Vargas	40	0,11	0,003	
		Na rotatória pegar saída e seguir na PA-125	60	13,86	0,231	
		Na rotatória pegar a 1ª saída e manter na BR-010	60	96,46	1,608	
		Esquerda na Tv. Km Quarenta e Nove/PA-252	40	57,80	1,445	
		Na rotatória pegar 2ª saída e manter PA-252	60	18,40	0,307	
		Pegar balça na PA-252 no Acará*	-	0,17	3,000	
		Curva a esquerda na Tv. Severino	40	0,08	0,002	
		Esquerda na R. Pres. Figueiredo	40	0,30	0,008	282
		Direita para permanecer na R. Pres. Figueiredo	40	0,05	0,001	8,7
		Esquerda na Av. Cmte. Pedro Vinagre	40	0,06	0,001	
		Direita na Tv. Benjamin Constant	40	0,15	0,004	
		Esquerda na Av. Fernando Guilhon/PA-252	40	15,20	0,380	
		Direita na BR-155	60	33,80	0,563	
		Em frente na PA-483	40	22,80	0,570	
		Na rotatória pegar a 2ª saída e manter na PA-483	40	18,60	0,465	
		Na rotatória pegar 1ª saída	40	2,40	0,060	
		Esquerda na Rod. Translumínio	40	1,19	0,030	
	Ipixuna do Pará	Seguir a leste na Tv. Padre José de Anchieta	40	0,60	0,015	
		Esquerda na BR-010	60	58,54	0,976	
		Esquerda na Tv. Km Quarenta e Nove/PA-252	40	57,80	1,445	
		Na rotatória pegar 2ª saída e manter PA-252	60	18,40	0,307	
		Pegar balça na PA-252 no Acará*	-	0,17	3,000	
		Curva a esquerda na Tv. Severino	40	0,08	0,002	
		Esquerda na R. Pres. Figueiredo	40	0,30	0,008	
		Direita para permanecer na R. Pres. Figueiredo	40	0,05	0,001	230
		Esquerda na Av. Cmte. Pedro Vinagre	40	0,06	0,001	7,8
		Direita na Tv. Benjamin Constant	40	0,15	0,004	
		Esquerda na Av. Fernando Guilhon/PA-252	40	15,20	0,380	
		Direita na BR-155	60	33,80	0,563	
		Em frente na PA-483	40	22,80	0,570	
		Na rotatória pegar a 2ª saída e manter na PA-483	40	18,60	0,465	
		Na rotatória pegar 1ª saída	40	2,40	0,060	
		Esquerda na Rod. Translumínio	40	1,19	0,030	

*Segundo levantamento de Cruz (2019).

Fonte: O Autor (Adaptado do Google Earth, 2023).

O cálculo de tempo redondo de percurso pela alternativa rodoviária é dado pela equação:

$$TVRR = TDRI + TTT + TDRV$$

Em que:

TVRR é o tempo de viagem redonda rodoviária

TDRI é o tempo de deslocamento rodoviário de ida

TTT é o tempo de transbordo nos terminais

TDRV é o tempo de deslocamento rodoviário de volta

Para efetivação deste cálculo foi necessário considerar o trem tipo com o qual se trabalharia em cálculos. Devido a elevada demanda tecnológica dos recursos de transporte, selecionou-se um trem tipo com 9 (nove) eixos e capacidade total de carga de 50 toneladas⁶. Este trem tipo é indicado pelos transportadores por se aproximar das dimensões do vagão férreo e é reconhecido pelo DENATRAN, como indicado na Figura 18, a seguir:

⁶ Daremos maiores detalhes sobre este caminhão no tópico sobre custos.

Silhueta	CVC	Nome popular	No. Eixos	PBTC	Capacidade de Carga	Comprimento máximo	AET
	Caminhão Trator + Semirreboque	Carreta	5 - 7	47,5 - 54,5	30 ton	18,60m	não
	Caminhão Trator + Semirreboque + reboque ou semirreboque	bitrem	6 - 7	50 - 57	36 ton	19,80m	não
	Caminhão Trator + Semirreboque + reboque ou semirreboque	Rodotrem treminhão	9	65,5 - 74	50 ton	30,00m	sim

Figura 18 – Caracterização de Composições de Veículos de Carga – CVC.
Fonte: DENATRAN (2009).

Para a contagem do tempo de transbordo foram considerados apenas os tombadores de carreta com capacidade de 1.400 ton/h, por serem estes recursos de transbordo de Vila do Conde a única opção para o recebimento de cargas por via rodoviária. Considerando a carga de 50 toneladas por carreta, cada carreta demandaria aproximadamente de 0,036 h para realizar a descarga; e respaldando-se nos estudos de CRUZ (2019) sobre os tempos médios de permanência das carretas no pátio de concentração (1h) e na fila de espera do terminal portuário (1h), ter-se-á enfim o tempo total de transbordo de 2,036 horas para cada veículo.

Com efeito, segue a Tabela 7 com os cálculos do Tempo de Viagem Redonda:

Tabela 7 - Cálculo do Tempo de Viagem Redonda Rodoviária (TVRR)

I_i	Município	Distância (km)	TDRI	TTT	TDRV	TVRR
I_1	Abel Figueiredo	557	13,3	2,036	13,3	28,64
I_2	Rondon do Pará	514	12,6	2,036	12,6	27,24
I_3	Dom Eliseu	427	11,1	2,036	11,1	24,24
I_4	Ulianópolis	365	10,1	2,036	10,1	22,24
I_5	Paragominas	282	8,7	2,036	8,7	19,44
I_6	Ipixuna do Pará	230	7,8	2,036	7,8	17,64
Total	Polo Paragominas	2375	63,6	12,22	63,6	139,42

Fonte: O Autor.

Deste modo, sendo a média de produção de soja para exportação no montante de 775.061,424 toneladas, considerando que cada carreta suporta 50 toneladas, ter-se-á a necessidade de um total de 15.502 viagens⁷. Levando-se em conta que o escoamento da safra se faça durante o ano todo, em 184 dias (já contabilizada a limitação legal de 12h diurnas de trabalho), necessitar-se-á de uma frota de 85 veículos⁸.

⁷ O número de viagens é dado pela divisão da carga total a ser transportada pela capacidade da carreta.

⁸ O cálculo do número de veículos da frota ocorre se dividindo o número total de viagens pelo número de dias disponíveis para viagem.

2.3. A Alternativa do Transporte Intermodal

Quando se toma em consideração o transporte fluvial da produção de soja por navegação interior pela Hidrovia Guamá-Capim, é imperativo levar em conta que a produção deverá convergir para uma Estação de Transbordo localizado em ponto estratégico às margens do Rio Capim. O emprego do transporte rodoviário é necessário para que isso ocorra.

Deste modo, fica caracterizada a necessidade de um modelo intermodal para o escoamento da produção. Assim, descreve-se a seguir as características da etapa rodoviária e em seguida da etapa fluvial do sistema intermodal que se avaliou para a Rota Intermodal entre os centroides dos municípios produtores do Polo Paragominas até o Complexo Portuário de Vila do Conde em Barcarena – PA. Os dados do levantamento das distâncias e tempos de percurso da alternativa intermodal podem ser visualizados nos Quadros 2 e 3 a seguir:

Quadro 2 – Caracterização da Alternativa Intermodal (Etapa Rodoviária)

Rota	Município	Percurso	Velocidade (km/h)	Distâncias (km)	Distância Total (km)	Tempo por Trecho (h)	Tempo Total (h)
Município - Porto Bertolini Rio Capim (Paragominas - PA)	Abel Figueiredo	Seguir na direção noroeste na BR-222	60	130,00	318,5	2,167	5,6
		Esquerda na BR-010	60	149,00		2,483	
		Na rotatória virar à esquerda na e acessar a PA-256	40	0,04		0,001	
		Esquerda na PA-010	40	0,03		0,001	
	Rondon do Pará	Curva suave à direita e pegar a BR-256	40	39,40	0,985	276,1	4,9
		Seguir na direção norte na R. Pinheiro de Maio	40	0,13	0,003		
		Direita na BR-222	60	87,50	1,458		
		Esquerda na BR-010	60	149,00	2,483		
	Dom Eliseu	Na rotatória virar à esquerda na e acessar a PA-256	40	0,04	0,001	188,5	3,5
		Esquerda na PA-010	40	0,03	0,001		
		Curva suave à direita e pegar a BR-256	40	39,40	0,985		
		Seguir a leste na Av. Paraíba/Av. Pará	40	0,29	0,007		
	Ulianópolis	Esquerda na BR-010	60	86,90	1,448	127,0	2,4
		Na rotatória virar à esquerda na e acessar a PA-256	40	0,04	0,001		
		Esquerda na PA-010	40	0,03	0,001		
		Curva suave à direita e pegar a BR-256	40	39,40	0,985		
	Paragominas	Seguir a sudoeste para Av. Pres. Vargas	40	0,11	0,003	54,0	1,2
		Na rotatória pegar saída e seguir na PA-125	60	13,86	0,231		
		Na rotatória pegar a 1ª saída e manter na BR-010	40	0,02	0,000		
		Na rotatória virar à esquerda na e acessar a PA-256	40	0,04	0,001		
	Ipixuna do Pará (retorno)	Esquerda na PA-010	40	0,03	0,001	88,4	1,9
		Curva suave à direita e pegar a BR-256	40	39,40	0,985		
		Seguir a oeste na Av. Pres. Getúlio Vargas	40	0,15	0,004		
		Esquerda para a Av. Rui Barbosa	40	0,65	0,016		
		Direita na BR-010	60	37,90	0,632		
		Na rotatória Manter-se na BR-010	40	10,30	0,258		
		Esquerda na PA-010	40	0,03	0,001		
		Curva suave à direita e pegar a BR-256	40	39,40	0,985		

Fonte: O Autor (adaptado do Google Earth, 2023).

Quadro 3 – Caracterização da Alternativa Intermodal (Etapa Hidroviária)

Trecho	Distância (Km)	Velocidade de Cruzeiro (km/h)		Velocidade de Corrente (km/h)	Tempo (h)	
		Com Carga	Sem Carga		Com Carga	Sem Carga
Rio Capim (PA - 256 / PA - 252)	209	15,41	12,59	2,41	13,56	16,60
Rio Capim (PA - 252 / Rio Guamá)	54,6	15,41	12,59	2,41	3,54	4,34
Rio Guamá (Rio Capim / PA - 140)	53,2	16,6	11,4	3,6	3,20	4,67
Rio Guamá (PA - 140 / Alça Viária)	32,6	16,6	11,4	3,6	1,96	2,86
Rio Guamá (Alça Viária / Baía do Guajará)	23,8	16,6	11,4	3,6	1,43	2,09
Baía do Guajará (Baía do Guajará / Rio Acará)	5,1	16,15	11,85	3,15	0,32	0,43
Rio Acará (Baía do Guajará / Rio Pará)	24,21	16,6	11,4	3,6	1,46	2,12
Rio Pará (Rio Acará / Zona Portuária de Vila do Conde)	17,1	16,6	11,4	3,6	1,03	1,50
Total	419,61				26,51	34,61

Obs: Ida com carga e a favor da corrente; Volta sem carga e contra a corrente.

Fonte: Adaptado de Cruz (2019).

2.3.1. Sobre o Transporte Intermodal - Etapa Rodoviária

O Cálculo do tempo de percurso redondo para a alternativa intermodal em sua etapa rodoviária é definida pela equação:

$$TVRER = TDRI + TTETC + TDRV$$

Em que:

TVRER é o tempo de viagem redonda da etapa rodoviária

TDRI é tempo de deslocamento rodoviário de ida

TTETC é o tempo de transbordo na estação de transbordo de carga

TDRV é o tempo de deslocamento da viagem de volta

Considerando a capacidade de transbordo de carga da ETC de 1.260 ton./h (4 tombadores de 315 ton./h cada) e a capacidade de 50 toneladas de cada carreta, tem-se um tempo de transbordo na ETC de 0,04 h para cada carreta. Estimando-se um tempo de espera de no terminal de no máximo 1 hora, tem-se um total de 1,04 h para o valor de TTETC. Os resultados dos cálculos são os constantes na Tabela 8:

Tabela 8 - Cálculo do Tempo de Viagem Redonda Etapa Rodoviária(TVRER)

I_j	Município	Distância (km)	TDRI	TTETC	TDRV	TVRER
I_1	Abel Figueiredo	318,5	5,6	1,04	5,6	12,24
I_2	Rondon do Pará	276,1	4,9	1,04	4,9	10,84
I_3	Dom Eliseu	188,5	3,5	1,04	3,5	8,04
I_4	Ulianópolis	127	2,4	1,04	2,4	5,84
I_5	Paragominas	54	1,2	1,04	1,2	3,44
I_6	Ipixuna do Pará	88,4	1,9	1,04	1,9	4,84
Total	Polo Paragominas	1052,5	19,5	6,24	19,5	45,24

Fonte: O Autor.

2.3.2. Sobre a Rota Intermodal - Etapa Hidroviária

Para dar conta da alternativa intermodal, além dos cálculos pertinentes à contagem dos tempos na etapa rodoviária, teve-se que considerar o processo de transbordo no terminal de carga, bem como avaliar os tempos da parte fluvial, contabilizando o carregamento e novo descarregamento no terminal de exportação. Com efeito, a fim de se efetivar os cálculos foi necessário antes definir o tipo de embarcação encarregada do transporte fluvial.

Segundo Borges (2002) as chatas graneleiras cobertas são consideradas as únicas adequadas para o transporte fluvial de grãos. São também conhecidas como barcaças ou balsas graneleiras. Ao conjunto formado pelas chatas e pela força motriz (neste caso um empurrador) se dá o nome de comboio. Os comboios são formados levando-se em conta as restrições impostas pela hidrovia e pelos terminais.

Um novo entrante com intenções de ofertar serviços de transporte com capacidade de operar em todos os portos da hidrovia, necessita, portanto, optar pelo padrão de barcaças que não terá restrições em função de suas dimensões⁹. Na Amazônia o padrão é o Mississippi. A maioria dos estaleiros estruturados na Amazônia, tem experiência e oferecem barcaças graneleiras padrão Mississippi, como pode ser observado na Figura 19, abaixo:

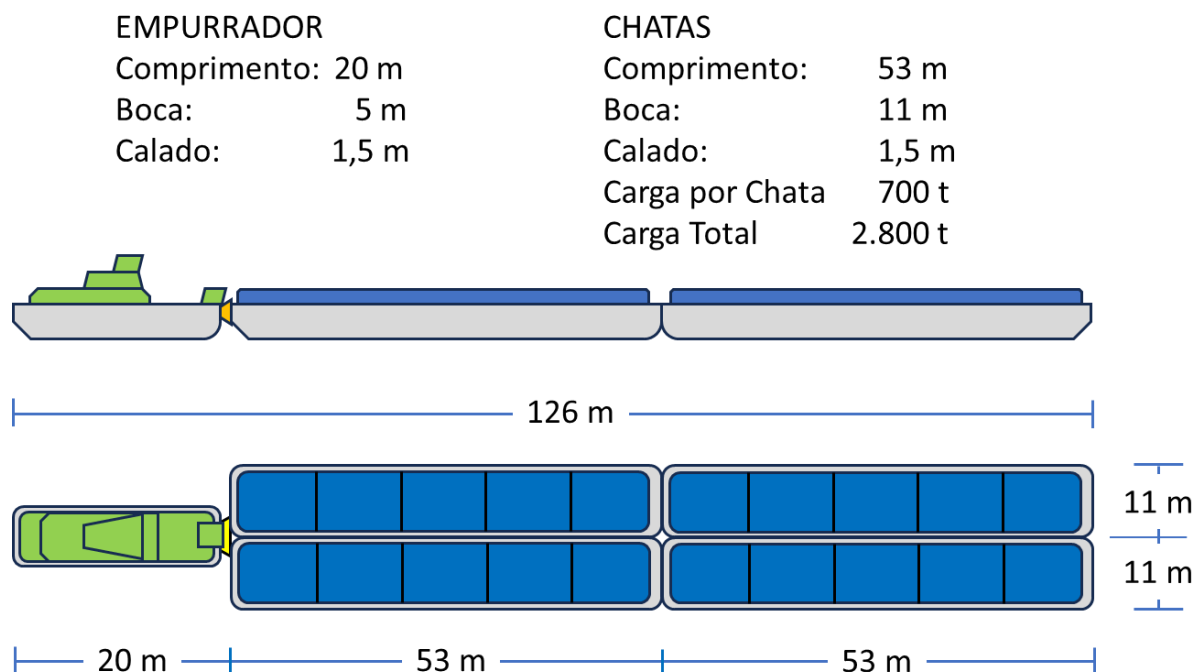


Figura 19 – Comboio tipo.
Fonte: Adaptado (AHIMOR, 2019).

⁹ Dois excelentes trabalhos sobre a determinação de embarcações padrão para hidrovias são as dissertações de LEÓN (2019) e LEITE (1992).

No caso do rio Capim, a barcaça deverá ser customizada para atender às necessidades locais. Neste trabalho considerou-se o comboio tipo recomendado pela AHIMOR (2019) para navegação na Hidrovia Guamá-Capim, que se constitui de um comboio de empurra com 4 barcaças (Chatas), duas a duas, e um empurrador com potência de 1.250 HP, sendo cada comboio com comprimento de 126 m, boca de 22 m e calado máximo de 1,5 m, totalizando uma capacidade de carga máxima de 2.800 toneladas. O modelo emprega barcaças com 53 m de comprimento, 11 m de boca e um pontal de 2,2 m. Segundo AHIMOR (2019) o objetivo do projeto seria o de garantir a navegação segura e contínua durante 90% do ano (com período de recorrência de 10 anos), cobrindo o período de escoamento da produção de soja do Polo Paragominas.

O cálculo do tempo de percurso redondo para a alternativa intermodal em sua etapa fluvial é definido pela equação:

$$\text{TVRH} = \text{TCETC} + \text{TDHI} + \text{TDTBC} + \text{TDHV}$$

Em que:

TVRH é o tempo de viagem redonda hidroviária

TCETC é o tempo de carga na estação de transbordo de carga

TDHI é o tempo de deslocamento hidroviário de ida

TDTBC é o tempo de descarga no terminal de transbordo de carga

TDHV é o tempo de deslocamento hidroviário de volta

Em virtude de as instalações do Grupo Bertolini ainda não estarem em efetiva atividade no deslocamento de produções de soja do Polo Paragominas, teve-se que considerar para o tempo de transbordo a simulação de uma Estação de Transbordo de Carga no Rio Capim (ETC RC). O ponto selecionado foi o da intersecção do Rio Capim com a PA – 256, para o qual adotou-se uma adaptação com a implantação de 4 tombadores com capacidade de transbordo de 315 ton./h e um píer flutuante com capacidade para abastecer barcaças a uma taxa de 1.800 toneladas/hora. Sua capacidade conferiria um tempo de 1,56 horas para o abastecimento de um comboio de 2.800 toneladas.

Para os descarregamentos em Vila do Conde, adotou-se o total da capacidade de descarregamento de barcaças, que equivalem a uma taxa de 5.000 toneladas/hora (1.500 ton./h do TPGB, 2.000 ton./h do TERFRON e 1.500 ton./h do TGPM). Para o descarregamento do comboio de 2.800 toneladas estimou-se que seriam necessárias 0,56 horas. Contudo, segundo estudos realizados por Cruz (2019), deve-se acrescentar aos tempos de transbordo o tempo de

fundeio de 3 horas, tanto na ETC quanto nos terminais de Vila do Conde, ficando com 4,56 horas e 3,56 horas, respectivamente.

Deste modo, o tempo de deslocamento fica assim determinado:

Tabela 9 – Cálculo de tempo de Viagem Redonda Etapa Hidroviária (TVRH)

Trecho	Distância (km)	TCETC	TDHI	TDTBC	TDHV	TVRH
ETC Bertolini no Rio Capim - Complexo Portuário de Vila do Conde	419,61	4,56	26,51	3,56	34,6	69,24

Fonte: O Autor.

É importante se observar que para se definir o tempo total redondo para o intermodal deve-se considerar a soma dos tempos necessários para que a produção chegue via rodoviária na ETC e o tempo de transporte fluvial da ETC ao Complexo Portuário de Vila do Conde. Assim, tem-se que o Tempo de Transporte Redondo Intermodal (TTRI) será:

$$\mathbf{TTRI = TVRH + TVRER}$$

Isto é,

$$TTRI = 69,24 + 45,24 = 114,48 \text{ horas}$$

Tem-se ainda que, considerando a produção média de soja para exportação de 775.061,424 toneladas e as capacidades de carga e descarga descritos na Tabela 5, conclui-se a caracterização dos tempos de transbordo da soja neste estudo com a descrição dada pela Tabela 10 a seguir:

Tabela 10 – Tempo de transbordo da soja em horas da estação e terminais¹⁰

Alternativas	Descarga ETC (h)	Carga ETC (h)	Descarga Terminais (h)	Total (h)
Rodoviária	-	-	-	553,62
Intermodal	615,1289	430,59	155,01	1200,73

Fonte: O Autor.

2.4. Cálculo do Número de Veículos da Frota

✓ Alternativa Rodoviária:

Tem-se que o número de viagens é dado por:

¹⁰ Neste caso não se contabilizou os tempos de espera, apenas transbordo efetivo.

$$N^{\circ} \text{ de Viagens} = \text{Produção} / \text{Capacidade do Veículo Tipo (i)}$$

Sendo que o número de veículos de uma frota é dado por:

$$N^{\circ} \text{ de Veículos Tipo} = N^{\circ} \text{ de Viagens} / N^{\circ} \text{ de Dias de Escoamento da Produção (ii)}$$

Relacionando (i) e (ii) obtém-se:

$$N^{\circ} \text{ de Veículos Tipo} = \text{Produção} / (\text{Capacidade do Veículo Tipo} * N^{\circ} \text{ de Dias de Escoamento da Produção})$$

Tomando-se o cuidado de verificar cada situação que envolve o transporte da soja de cada município produtor, obtém-se os resultados detalhados na Tabela 11 abaixo:

Tabela 11 – Número de veículos da frota de escoamento da soja pelo Modal Rodoviário

Município	Capacidade do Veículo (t)	Produção de Exportação (t)	TVRR	Nº de Viagens	Nº de Veículos
Abel Figueiredo	50	10979	28,6	220	2
Rondon do Pará	50	200010	27,2	4001	22
Dom Eliseu	50	13613	24,2	273	2
Ulianópolis	50	358791	22,2	7176	39
Paragominas	50	88148	19,4	1763	10
Ipixuna do Pará	50	103521	17,6	2071	12
Polo Paragominas	300	775061	139,38	15504	87

Fonte: O Autor.

A frota deverá ser formada por 87 carretas. Isto é, considerando que a safra tem disponível para escoamento 184 dias (já excluídas as 12 horas noturnas) e a produção de exportação de 775.061,424 toneladas de soja que deve ser transportada por carretas de 50 toneladas cada, estima-se 15.504 viagens e a necessidade de uma frota máxima de 87 veículos. Este número de veículos ocorre devido a produção ter origem em 6 municípios diferentes.

✓ Alternativa Intermodal Etapa Rodoviária:

Considerando-se que permanecem inalterados o número de municípios produtores, o número de dias disponíveis para o escoamento da produção, a produção total a ser escoada e a capacidade de carga do veículo tipo, obtém-se os mesmos valores para a frota na Modalidade Intermodal Etapa Rodoviária. O Número máximo de veículos na frota será de 87 carretas.

✓ Alternativa Intermodal Etapa Hidroviária:

Analogamente, o número de Comboios será dado por:

$$N^{\circ} \text{ de Comboios} = 775061,424 / (2.800 * 184) = 1,5$$

A frota deverá ser formada por 2 comboios. Ou seja, para os comboios de 2.800 toneladas de capacidade, para a produção de 775.061,424 toneladas de soja, tem-se que seriam necessárias 277 viagens para uma frota de 2 comboios.

No capítulo seguinte se discutirá sobre os parâmetros metodológicos da determinação dos custos de transporte, bem como se delineará o modelo de Programação Linear correspondente.

CAPÍTULO 3

3. MÉTODOS E TÉCNICAS

Neste capítulo se situa o segundo momento da pesquisa. Antes se tinha um caráter bibliográfico, uma vez que se dispunha das informações por meio de exaustiva análise de produções acadêmicas e documentos técnicos oficiais que auxiliaram na compreensão dos procedimentos produtivos e logísticos do transporte da soja, bem como na evidenciação e caracterização de fatores como: distâncias rodoviárias percorridas dos centroides dos municípios produtores aos portos de exportação; distâncias percorridas nas hidrovias; tempo total de percurso nos corredores selecionados; capacidade de transbordo na ETC e nos Terminais de Transbordo para Exportação; Veículos tipo, suas capacidades de carga e quantitativo de frota, dentre outros.

A partir daqui, caracteriza-se a pesquisa como de abordagem qualitativa do tipo estudo de caso, em que se buscou caracterizar os fatores geradores dos custos do transporte da soja que integram o Modelo de Programação Linear correspondente. Para esta etapa, adotaram-se referenciais como Passos (2008), Oliveira (2021) e Oliveira et al. (2023) que subsidiaram no tratamento e elaboração do Modelo Matemático do tipo Transporte com Transbordo do Polo Paragominas. O modelo fora implementado no GAMS Studio¹¹ com o propósito de minimizar os custos e otimizar as rotas de transporte, possibilitando aferir a viabilidade da Hidrovia Guamá-Capim como uma rota alternativa para o escoamento da produção em estudo.

Nesta etapa, definem-se os parâmetros complementares, necessários ao programa computacional, como: tarifas de frete rodoviário (R\$/t); tarifas de transbordo nos terminais intermodais (R\$/t), custos associados aos percursos por modal (R\$), dentre outros. Infere-se que todos estes fatores constituem critérios de natureza quantitativa, o que possibilitam análises comparativas.

3.1. O Modelo Matemático para o Escoamento da Soja

O modelo de simulação de transporte desenvolvido neste trabalho é baseado no processo de escoamento dos grãos de soja situado na região do Arco Norte. O fluxo de transporte para o

¹¹ O General Algebraic Modeling System (GAMS) é um sistema de modelagem de alto nível para otimização matemática. Este software foi projetado para modelar e resolver problemas de otimização linear, não linear e de inteiros mistos. Uma versão gratuita para acadêmicos pode ser baixada gratuitamente pelo endereço <<https://www.gams.com/>>.

escoamento de soja terá origem nos municípios produtores (centros de produção I_i), e poderá passar ou não pelo ponto intermediário j_4 na Estação de Transbordo de Cargas em Paragominas (ETC), e tem por ponto final os portos de exportação no Complexo Portuário de Vila do Conde (TPGB, TERFRON e TGPM). De acordo com Kazemi & Szmerekovs (2015), a armazenagem nos locais de transbordo geralmente ocorre por um curto período, uma vez que essa operação tem o objetivo de transferir a carga de soja para outro modal, desse modo, define-se o local de transbordo como um ponto de estoque zero.

Com base na Teoria da Programação Linear (PASSOS, 2008), em especial o problema do transporte com transbordo, foi desenvolvido um modelo de otimização linear que teve por objetivo minimizar o custo global de transporte da soja entre um polo de origem e terminais de destino. Este modelo fora composto pelos custos de transporte do modal rodoviário até os terminais de exportação ou até a Estação de Transporte de Cargas (ETC), pelos custos de transbordo intermodal e pelos custos do transporte pelo modal hidroviário, realizados da ETC até os terminais exportadores. O modelo matemático para o transporte de soja fora adaptado da versão de Oliveira et al. (2023), que nas condições apresentadas, fica assim determinado:

Sejam:

✓ I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 e I_6 os municípios produtores soja do Polo Paragominas, como abaixo definido:

Tabela 12- Municípios Produtores - Origem I_i

I_i	Município	Símbolo
I_1	Abel Figueiredo	ABEL
I_2	Rondon do Pará	RONDON
I_3	Dom Eliseu	DOM
I_4	Ulianópolis	ULI
I_5	Paragominas	PARAG
I_6	Ipixuna do Pará	IPI

Fonte: O autor.

✓ J_j representa os destinos para onde se desloca a produção de soja do Polo Paragominas, aqui representados tanto pelos Terminais de Exportação do Complexo Portuário de Vila do Conde em Barcarena-PA (TPGB, TERFRON e TGPM), como pela Estação de Transbordo de Cargas em Paragominas (ETC).

Tabela 13 - Portos de Transbordo - Destino J_j

J_j	Porto	Símbolo
J_1	Terminal Portuário Graneleiro de Barcarena	TPGB
J_2	Terminal Portuário Fronteira Norte	TERFRON
J_3	Terminal Graneleiro Ponta da Montanha	TGPM
J_4	Estação de Transbordo de Carga	ETC

Fonte: O autor.

De acordo com o levantamento realizado tudo o que chega aos terminais é exportado, indicando que a demanda é igual à quantidade transportada até o porto. A movimentação de cargas fica assim representada:

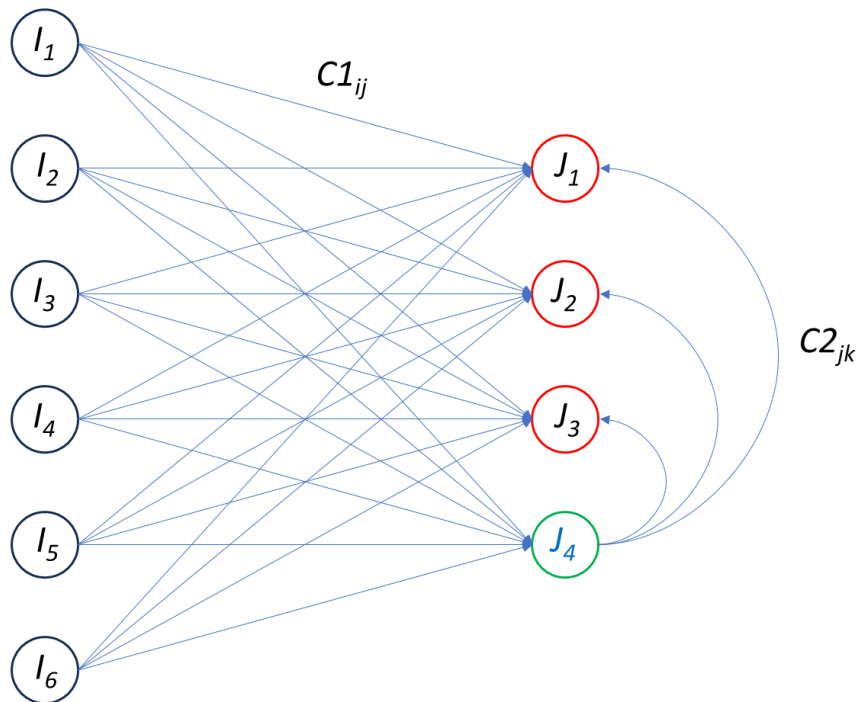


Figura 20 - Arcos da rede de transporte.

Fonte: O Autor.

✓ O objetivo é minimizar o custo total de transporte (min Z). Então a função objetivo (modelo matemático) será dado por:

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C1_{ij} * X_{ij} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p C2_{jk} * Y_{jk}$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n F_{ij} * X_{ij} \leq a_i$$

Para todo $j \in J = \{1, 2, \dots, n\}$ ¹²

$$\sum_{i=1}^m F_{ij} * X_{ij} + \sum_{k=1}^p F_{2jk} * Y_{jk} - Y_{kj} * F_{2kj} = b_j$$

Para todo $i \in I = \{1, 2, 3, \dots, m\}$

Para todo $k \in K = \{p\}$ ¹³

Em que:

i : Municípios produtores de grãos de soja, $i \in I$;

j : Terminais de exportação de grãos de soja ou estação de transbordo, $j \in J$;

k : Terminais de transbordo intermodal de grãos de soja, $k \in K$;

I : Conjunto associado às origens (municípios produtores);

J : Conjunto associado aos terminais de exportadores ou estação de transbordo (destinos);

K : Conjunto associado aos terminais de transbordo intermodal (ETC);

$C1_{ij}$: Custo unitário de transporte rodoviário em reais por tonelada, com origem nos municípios produtores i e com destino na estação de transbordo ou nos terminais exportadores j ;

Tabela 14 - Custo Unitário do Transporte Rodoviário (R\$/t)

	TPGB	TERFRON	TGPM	ETC
ABEL	166,43	166,43	166,43	119,43
RONDON	157,96	157,96	157,96	111,08
DOM	140,81	140,81	140,81	93,81
ULI	128,60	128,60	128,60	81,69
PARAG	112,24	112,24	112,24	67,30
IPI	102,00	102,00	102,00	74,09

Fonte: O autor.

X_{ij} : é a matriz das variáveis da função de transporte quando se envia da origem i para a estação de transbordo ou para os terminais exportadores j ;

$C2_{jk}$: Custo unitário de transbordo em reais por tonelada, com origem na estação de transbordo k e com destino nos terminais exportadores j ;

¹² Esta primeira restrição indica que tudo o que é transportado não excede a produção inicial.

¹³ Esta segunda restrição indica que nada fica retido na ETC e que tudo o que passa pela ETC é transportado pelos terminais de exportação.

Tabela 15 - Custo Unitário do Transporte Hidroviário (R\$/t)

	TPGB	TERFRON	TGPM
ETC	179.06	179,06	179,06

Fonte: O autor.

Y_{jk} : é a matriz das variáveis da função de transporte quando se envia da ETC para os terminais exportadores j ,¹⁴

a_i : Produção total de grãos de soja destinados à exportação dos municípios produtores i em toneladas por ano:

Tabela 16 - Capacidade de Origem $a(i)$

I_i	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	Total
Produção	10979,20	88148,16	200009,88	103520,59	358790,83	13612,76	775061,42

Fonte: O autor.

F_{ij} : é a rede de transporte que representa o fluxo de grãos em toneladas no modal rodoviário, com origem no município produtor i e destino na estação de transbordo ou terminais exportadores j . Aqui representada por uma matriz que relaciona os municípios de origem i e os destinos j , como na tabela abaixo:

Tabela 17 – Rede de origem i e destino j $f(i, j)$

	TPGB	TERFRON	TGPM	ETC
ABEL	1	1	1	1
RONDON	1	1	1	1
DOM	1	1	1	1
ULI	1	1	1	1
PARAG	1	1	1	1
IPi	1	1	1	1

Fonte: O autor.

F_{jk} : é a rede de transporte dada pelo fluxo de grãos com origem na ETC e destino nos terminais exportadores representada pela tabela¹⁵ a seguir:

¹⁴ É a função transposta de Y_{kj} .

¹⁵ A função da matriz associada é a de servir de base vetorial para o fluxo de transporte da rede de origem k e destino j .

Tabela 18 - Rede de transporte de origem k e destino j ou $F_2(j, k)$ ¹⁶

	TPGB	TERFRON	TGPM
ETC	-1	-1	-1

Fonte: O autor.

b_j : é o conjunto de valores de demanda em toneladas por destino j .

Tabela 19 - Demanda em toneladas por destino $b(j)$

TPGB	221446,12
TERFRON	221446,12
TGPM	332169,18
ETC	775061,42

Fonte: O autor.

Na sequência se detalham os dados quantitativos requeridos pelo modelo.

3.1.1. Sobre o Frete Rodoviário

De acordo com Correa Jr. & Caixeta Filho (2003), a distância, o tipo de carga, a sazonalidade da demanda, as peculiaridades regionais, a possibilidade de carga de retorno, os custos operacionais, a concorrência entre modais, o estado de conservação das vias, os pedágios e balanças e o prazo de entrega são as variáveis que influenciam o valor do frete. E até pouco tempo o frete não contava com qualquer tipo de regularização, o que fazia com que a concorrência implicasse em preços abusivamente baixos para garantir a preferência dos produtores.

De acordo com Fleury (2002) o transporte representa cerca de 60% dos custos logísticos e 3,5% do faturamento e, em muitos casos, mais do que o dobro do lucro. Estes fatores, somados à precariedade da maioria das vias brasileiras, causam atrasos nas entregas e prejuízos aos veículos o que, paradoxalmente, acarretam problemáticas como os cortes dos custos com manutenção dos caminhões e jornadas estendidas de trabalho, estando os condutores mais sujeitos a acidentes e infrações, tudo em favor da sustentação do lucro das empresas.

¹⁶ F_{jk} é a função transposta de F_{kj} e auxilia a restrição de que nada fica retido na ETC e tudo o que sai da ETC é exportado pelos terminais exportadores.

Em tempos recentes, a partir do lançamento do Plano Nacional de Logística de Transporte – PNLT (2007), órgãos governamentais e a iniciativa privada desencadearam um número de ações que visaram o desenvolvimento do setor de transporte do Brasil, tais como: realização de seminários pelo Brasil; levantamento de pleitos sobre investimento na infraestrutura de transportes; criação de uma base de dados georreferenciados; investimentos massivos em ferrovias e hidrovias para equilibrar a matriz de transporte; e retomada do processo de planejamento do transporte dentro do ministério competente.

Em sua versão de 2009 do PNLT as ações foram: a instituição do planejamento permanente de transportes; implantação de sistema de informação geográfica em transportes (SIG-T); apoio a estudos setoriais específicos por meio do PNLT; e foco no aumento do uso do transporte ferro/hidro pela carga geral, com o objetivo de equilibrar a matriz.

Em 2011, o PNLT desenvolveu ações como: consolidação do processo de planejamento; estabelecimento de uma equipe de planejamento permanente no Ministério dos Transportes; realização de nova pesquisa para melhor calibração do novo modelo; julgamento dos pleitos e proposição de melhores rotas e de investimentos em infraestrutura.

Com o crescente ambiente de planejamento e pleitos discutidos em nível nacional, além das políticas visando a equilibrar a matriz de transporte, iniciam as normativas para regulamentação do setor. Evidência disso, são as portarias semestrais do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN que, por exemplo, em sua Resolução Nº 441 de 28/05/2013, em seu artigo primeiro, destaca que o transporte de carga do tipo granel sólido deve ser feito em veículos com carroceria cujas guardas laterais sejam fechadas ou com telas metálicas com malhas de diferentes dimensões para que impeçam o desperdício do material durante a viagem, bem como precisa estar coberta por uma lona ancorada à carroceria do veículo e, em bom estado de conservação.

Em relação aos custos do transporte da soja, tem-se que estes passam a ser regulamentados por portarias semestrais da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. Ao que se deve atentar à Portaria ANTT Nº 13 de 5 de junho de 2023, que reajusta os coeficientes dos pisos mínimos de transporte rodoviário de carga, estando sujeitos a oscilações, acima de 10%, dos biocombustíveis.

Embora as tabelas produzidas pela CONTRAN pudessem fornecer os custos de frete por quilometragem, como medida de uniformização dos modais de transporte, de modo a possibilitar a comparação entre o modal rodoviário e o intermodal rodoviário-hidroviário, optou-se neste estudo por aplicar, para definição dos custos de transporte, a ferramenta

Simulador de Custo de Transporte, desenvolvida e disponibilizada pela Empresa de Planejamento e Logística S.A. – EPL, para a elaboração do Plano Nacional de Logística (EPL, 2021a).

Figura 21 - Exemplo de consulta ao Simulador de fretes da EPL.
Fonte: EPL (2023).

Considerando a elevada demanda da oleaginosa pelo mercado exportador e o crescente avanço tecnológico em favor das reduções dos custos de transporte, para o escoamento da produção de soja via modal rodoviário, fora selecionado um trem tipo com 9 (nove) eixos e capacidade total de carga de 50 toneladas¹⁷.

Tomando-se a produção destinada à exportação definida na Tabela 4, associada à capacidade de escoamento da produção por meio de carretas de 50 toneladas e os valores de frete por tonelada de granel sólido transportada tomados do sistema de dados da EPL, chegou-se ao detalhamento da Tabela 20 a seguir:

Tabela 20 – Cálculo de Frete Rodoviário (Base EPL)

I_i	Município	Distância (km)	Carga (t)	Custo Unitário (R\$/t)	Frete Carreta de 50 t (R\$)
I_1	Abel Figueiredo	557	10979,20	98,30	4915,00
I_2	Rondon do Pará	514	88148,16	91,89	4594,50
I_3	Dom Eliseu	427	200009,88	78,92	3946,00
I_4	Ulianópolis	365	103520,59	69,68	3484,00
I_5	Paragominas	282	358790,83	57,31	2865,50
I_6	Ipixuna do Pará	230	13612,76	49,56	2478,00
Total	Polo Paragominas	2375	775061,42		

Fonte: O Autor.

¹⁷ Existem estudos que empregam um trem tipo de 9 eixos com capacidade de carga com até 74 toneladas.

Sobre os custos de frete de cada origem (município produtor) aplicou-se os percentuais referentes às taxas de transporte, as quais podem ser visualizadas na Tabela 21 a seguir:

Tabela 21 – Taxas aplicadas ao Transporte Rodoviário

Custos	Alternativa Rodoviária (R\$)						Total
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	
Frete Mínimo do deslocamento	4915,00	4594,50	3946,00	3484,00	2865,50	2478,00	22283,00
Taxas							
- Despacho, coleta e entrega (5,21%, INCTF)	256,07	239,37	205,59	181,52	149,29	129,10	1160,94
- Taxa de administração das Secretarias da fazenda (R\$27,50, Despacho e R\$ 2,09 TAS/NTC)	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	177,54
- ICMS Normal de Transporte (17% - SEFA/PA)	835,55	781,07	670,82	592,28	487,14	421,26	3788,11
- Custo com administração (10%)	491,50	459,45	394,60	348,40	286,55	247,80	2228,30
Transbordo + Perdas	1794,00	1794,00	1794,00	1794,00	1794,00	1794,00	10764,00
Total	8321,71	7897,98	7040,60	6429,79	5612,07	5099,75	40401,89

Fonte: O Autor.

Com a aplicação das taxas os novos valores de custo unitário (R\$/t), ficam assim determinados:

Tabela 22 – Custos de frete Rodoviário com aplicação de taxas

I_i	Município	Distância (km)	Carga (t)	Frete Carreta com Taxa (R\$)	Novo Custo Unitário (R\$/t)
I_1	Abel Figueiredo	557	10979,20	8321,71	166,43
I_2	Rondon do Pará	514	88148,16	7897,98	157,96
I_3	Dom Eliseu	427	200009,88	7040,60	140,81
I_4	Ulianópolis	365	103520,59	6429,79	128,60
I_5	Paragominas	282	358790,83	5612,07	112,24
I_6	Ipixuna do Pará	230	13612,76	5099,75	102,00
Total	Polo Paragominas	2375	775061,42	40401,89	808,04

Fonte: O Autor.

3.1.2. Sobre o Frete Intermodal

Etapa Rodoviária

Para a definição do frete rodoviário associado ao transporte intermodal empregou-se o sistema EPL, cujo detalhamento pode ser verificado na Tabela 16 a seguir:

Tabela 23 – Cálculo do Frete Intermodal – Etapa Rodoviária

I_i	Município	Distância (km)	Carga (t)	Custo Unitário (R\$/t)	Frete Carreta de 50 t (R\$)
I_1	Abel Figueiredo	318,5	10979,20	62,75	3137,50
I_2	Rondon do Pará	276,1	88148,16	56,43	2821,50
I_3	Dom Eliseu	188,5	200009,88	43,37	2168,50
I_4	Ulianópolis	127	103520,59	34,20	1710,00
I_5	Paragominas	54	358790,83	23,32	1166,00
I_6	Ipixuna do Pará	88,4	13612,76	28,45	1422,50
Total	Polo Paragominas	1052,5	775061,42		

Fonte: O Autor.

Aplicando-se as taxas chegou-se à Tabela 24 a seguir:

Tabela 24 – Taxas aplicadas ao Transporte Intermodal – Etapa Rodoviária

Custos	Alternativa Intermodal- Etapa Rodoviária (R\$)						Total
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	
Frete Mínimo do deslocamento	3137,50	2821,50	2168,50	1710,00	1166,00	1422,50	12426,00
Taxas							
- Despacho, coleta e entrega (5,21%, INCTF)	163,46	147,00	112,98	89,09	60,75	74,11	647,39
- Taxa de administração das Secretarias da fazenda (R\$27,50. Despacho e R\$ 2,09 TAS/NTC)	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	177,54
- ICMS Normal de Transporte (17% - SEFA/PA)	533,38	479,66	368,65	290,70	198,22	241,83	2112,42
- Custo com administração (10%)	313,75	282,15	216,85	171,00	116,60	142,25	1242,60
Transbordo + Perdas	1794,00	1794,00	1794,00	1794,00	1794,00	1794,00	10764,00
Total	5971,68	5553,90	4690,56	4084,38	3365,16	3704,28	27369,95

Fonte: O Autor.

Aplicados os valores das taxas chegou-se aos novos valores dos custos unitários por tonelada, conforme descritos na Tabela 25 a seguir:

Tabela 25 - Custos de frete Intermodal – Etapa Rodoviária com aplicação de taxas

I_i	Município	Distância (km)	Carga (t)	Custo Carreta com Taxa (R\$)	Novo Custo Unitário (R\$)
I_1	Abel Figueiredo	318,5	10979,20	5971,68	119,43
I_2	Rondon do Pará	276,1	88148,16	5553,90	111,08
I_3	Dom Eliseu	188,5	200009,88	4690,56	93,81
I_4	Ulianópolis	127	103520,59	4084,38	81,69
I_5	Paragominas	54	358790,83	3365,16	67,30
I_6	Ipixuna do Pará	88,4	13612,76	3704,28	74,09
Total	Polo Paragominas	1052,5	775061,42	27369,95	547,40

Fonte: O Autor.

Etapa Hidroviária

Para a etapa hidroviária os valores coletados foram referentes ao custo médio do frete hidroviário de granel sólido agrícola no ano de 2023, em que a EPL considera três tipos de custos hidroviários, divididos para navegação em vias com baixa, média e alta restrição. Dadas as características apresentadas pela Hidrovia Guamá-Capim, optou-se por caracterizá-la como de baixa restrição. Os custos com o frete correspondem todos à mesma distância da ETC aos portos de exportação, como descrito na Tabela 26 a seguir:

Tabela 26 – Cálculo do Frete Intermodal – Etapa Hidroviária

I_i	Município	Distância (km)	Carga (t)	Custo Unitário (R\$/t)	Frete Comboio de 2800 t (R\$)
I_1	Abel Figueiredo	419,61	10979,20	12,92	36176,00
I_2	Rondon do Pará	419,61	88148,16	12,92	36176,00
I_3	Dom Eliseu	419,61	200009,88	12,92	36176,00
I_4	Ulianópolis	419,61	103520,59	12,92	36176,00
I_5	Paragominas	419,61	358790,83	12,92	36176,00
I_6	Ipixuna do Pará	419,61	13612,76	12,92	36176,00
Total	Polo Paragominas	2518	775061,42		

Fonte: O Autor.

Aplicadas as taxas chegou-se aos seguintes valores registrados na Tabela 27:

Tabela 27 – Taxas aplicadas ao Transporte Intermodal – Etapa Hidroviária

Custos	Alternativa Intermodal- Etapa Hidroviária (R\$)						Total
	I1	I2	I3	I4	I5	I6	
Frete Mínimo do deslocamento	36176,00	36176,00	36176,00	36176,00	36176,00	36176,00	217056,00
Taxas							
- Despacho, coleta e entrega (5,21%, INCTF)	1884,77	1884,77	1884,77	1884,77	1884,77	1884,77	11308,62
- Taxa de administração das Secretarias da fazenda (R\$27,50, Despacho e R\$ 2,09 TAS/NTC)	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	177,54
- ICMS Normal de Transporte (17% - SEFA/PA)	6149,92	6149,92	6149,92	6149,92	6149,92	6149,92	36899,52
- Praticagem (R\$4,17/t)	11676,00	11676,00	11676,00	11676,00	11676,00	11676,00	70056,00
- Custo com administração (10%)	3617,60	3617,60	3617,60	3617,60	3617,60	3617,60	21705,60
Transbordo + Perdas	441840,00	441840,00	441840,00	441840,00	441840,00	441840,00	2651040,00
Total	501373,88	501373,88	501373,88	501373,88	501373,88	501373,88	3008243,28

Fonte: O Autor.

Aplicados os valores das taxas chegou-se aos novos valores dos custos unitários por tonelada, conforme descritos na Tabela 21 a seguir:

Tabela 28 - Custos de frete Intermodal – Etapa Hidroviária com aplicação de taxas

I_i	Município	Distância (km)	Carga (t)	Frete Comboio com Taxa (R\$)	Novo Frete Unitário (R\$/t)
I_1	Abel Figueiredo	419,61	2697588	501373,88	179,06
I_2	Rondon do Pará	419,61	5036385	501373,88	179,06
I_3	Dom Eliseu	419,61	10059157	501373,88	179,06
I_4	Ulianópolis	419,61	17793130	501373,88	179,06
I_5	Paragominas	419,61	35586260	501373,88	179,06
I_6	Ipixuna do Pará	419,61	71172519	501373,88	179,06
Total	Polo Paragominas	2518	142345038	3008243,28	1074,37

Fonte: O Autor.

3.1.3. Sobre os Valores de Transbordo

Ao se analisar os custos com tarifas portuárias, observou-se que incidem sobre o valor do frete inúmeras taxas, constituídas por parâmetros que vão desde o uso do acesso à bacia de evolução dos berços de descarregamento, uso das instalações de acostagem, uso de instalações terrestres, uso de equipamentos etc. Embora se tivesse acesso a vários documentos portuários, em virtude da necessidade de detalhamento desses inúmeros valores que acabavam desfragmentando os dados do modelo, tornando-o demasiado complexo, optou-se por assumir apenas os custos referentes ao transbordo das cargas, bem como de suas perdas de carga associadas.

De acordo com Kussano & Batalha (2012) as perdas de cargas a granel associadas às operações de transbordo podem chegar a 0,20 % do volume da carga. Deste modo, sendo a produção destinada à exportação no montante de 775.061,424 toneladas, está-se falando de uma perda de cerca de 1.550,12 toneladas. Dado que o valor da saca de soja de 60 kg está sendo comercializada na data de 22/03/2023, pela cotação da Agrolink Paragominas¹⁸, por R\$ 117,14, tem-se que o valor da perda na operação de transbordo é da ordem de R\$ 3.026,12, isto é, uma perda de R\$ 3,90 por tonelada transportada. Em síntese, tem-se:

¹⁸ Site especializado em cotações da soja de Paragominas. In: <<https://www.agrolink.com.br/regional/pa/paragominas/cotacoes>>.

Tabela 29 – Custo de perda de soja na operação de transbordo

Média da Safra Exportada (t)	Percentual de Perda	Perda com Transbordo (t)	Preço da Soja (Sc 60kg)
775061,42	0,002	1550,12284	R\$ 117,14
Preço por Tonelada	Perda por Tonelada	Perda Total	
R\$ 1.952,33	R\$3,90	R\$ 3.026.351,34	

Fonte: O Autor.

Quanto à taxa de transbordo, aplicou-se os valores referentes aos dados fornecidos pela Companhia Docas do Pará - CDP, que em sua Deliberação Direxe nº 27/2022 delibera sobre as tarifas portuárias de Vila do Conde e define a taxa de R\$ 31,98 por tonelada de movimentação de granel sólido para caminhões. Para a movimentação de granel sólido no modal hidroviário praticou-se a taxa de transbordo consolidada pelos estudos de CRUZ (2019) que empregou o valor de R\$ 75,00 por tonelada movimentada tanto em Estações de Transbordo quanto em Terminais de Exportação.

Aplicando os valores de transbordo e os resultados dos cálculos de perda às alternativas rodoviária, obteve-se a Tabela 30, que sintetiza os custos totais com transbordo:

Tabela 30 – Resumo dos custos com transbordo

Alternativa de Transporte	Taxa de Transbordo (R\$/t)	Perda no Transbordo (R\$/t)	Custo do Transbordo (R\$/t)	Custo do Transbordo por Veículo (R\$)	Custo do Transbordo da Safra (R\$)
Rodoviária	R\$ 31,98	R\$ 3,90	R\$ 35,88	R\$ 1.794,00	R\$ 27.809.203,75
Intermodal - Rodoviária	R\$ 31,98	R\$ 3,90	R\$ 35,88	R\$ 1.794,00	R\$ 27.809.203,75
Intermodal - Hidroviária Estação	R\$ 75,00	R\$ 3,90	R\$ 78,90	R\$ 220.920,00	R\$ 61.152.346,04
Intermodal - Hidroviária Terminal	R\$ 75,00	R\$ 3,90	R\$ 78,90	R\$ 220.920,00	R\$ 61.152.346,04

Fonte: O Autor.

Com base nos quantitativos de produção, nos custos unitários de frete, com seus respectivos valores de taxas e perdas de carga, bem como conhecida a demanda de exportação, ficam assim determinados todos os parâmetros necessários à implementação do modelo no software GAMS Studio. O modelo passa a ser objeto de consideração do próximo capítulo.

CAPÍTULO 4

4. SÍNTESES ANALÍTICAS

Neste capítulo se toma em consideração a implementação dos parâmetros no sistema GAMS Studio. Depois de exaustiva coleta de dados, averiguação de informações e montagem do modelo de programação linear sobre os custos de escoamento da produção de soja do Polo Paragominas, aplicados os parâmetros segundo definição da Programação do capítulo anterior, chegou-se à seguinte solução:

```
GAMS 42.3.0 dacf7d8e Mar 2, 2023 WEX-WEI x86 64bit/MS Windows - 07/09/23 17:18:37 Page 7
General Algebraic Modeling System
Execution

---- 59 VARIABLE z.L = 63245634.73 funcao objetivo

---- 59 VARIABLE x.L quanto enviar da origem i para o destino j

      TPGB      TERFRON      TGPM      ETC
ABEL              10979.20
RODON              88148.16
DOM                200009.88
ULI                103520.59
PARAG -13612.76    372403.59
IPI  235058.88    -553615.30  332169.18

---- 59 VARIABLE y.L quando enviar da origem k para o destino j

      ( ALL      0.00 )

EXECUTION TIME = 0.344 SECONDS 4 MB 42.3.0 dacf7d8e WEX-WEI

USER: GAMS Demo license for Emerson Batista Gomes G230314|0002CO-GEN
      uepa, Brazil DL087805
```

Figura 22 - Solução da Função de minimização de custos.

Fonte: O Autor.

O resultado registra que toda a produção destinada à exportação dos municípios de Abel Figueiredo, Rondon do Pará, Dom Eliseu, Ulianópolis e Paragominas encontraram acolhida na Estação de Transporte de Cargas (ETC), confirmando o emprego da rota intermodal para o escoamento da soja. Neste sentido, para estes municípios se confirma a viabilidade da Hidrovia Guamá-Capim como rota para o transporte da soja.

Discutiu-se neste trabalho que parcela importante do custo de frete, em reais por toneladas, é atribuído considerando-se a capacidade de carga a ser transferida entre os pontos de origem e destino levando-se em conta as distâncias percorridas neste transporte. Como o

percurso de 419,61 km pela Hidrovia Guamá Capim é muito superior à distância percorrida pelo modal rodoviário com seus 282 km, ambas com origem em Paragominas e destino em Barcarena, avalia-se como uma hipótese razoável que a viabilidade se encontrasse a favor do modal rodoviário. Porém, o elevado volume escoado pelas barcaças compensa as curtas distâncias rodoviárias.

O resultado que prioriza o modal rodoviário para o escoamento da produção de grãos de soja do município de Ipixuna do Pará, obtido ao se minimizar a função custo é deveras natural, uma vez que estudos como os de Silva Filho (2004) chegam à conclusão de que o transporte rodoviário apresenta-se mais competitivo em curtas distâncias em relação ao transporte fluvial, apesar de cobrar as maiores tarifas. Um detalhe a se considerar é o de que Ipixuna do Pará é o único município que para escoar sua produção na ETC de Paragominas deveria retroceder 88,4 km, distanciando-se dos terminais de Vila do Conde.

Os resultados de transporte ficam assim determinados:

Em terminologia econômica, o custo de oportunidade para se escoar a produção de Ipixuna via ETC, optando pelo transporte intermodal, deveria expressar um valor equivalente à diferença entre a distância rodoviária de Ipixuna do Pará aos terminais de Vila do Conde (230 km) e a distância de Ipixuna à ETC (88,4 km). Isto é, este custo deveria equiparar o transporte intermodal ao valor de transporte da produção por uma distância rodoviária de 141,6 km, que em termos de custo real, tomada a produção de Ipixuna do Pará (13.612,76 t), ficaria em torno de R\$ 854.792,49, o que daria um custo por tonelada transportada de R\$ 62,79. Este valor torna o transporte intermodal inviável, visto que seu valor unitário somente da etapa hidroviária já é de R\$ 179,06 por tonelada transportada.

Outra variável preponderante é o valor das taxas de transbordo, que tornam-se bastante elevadas em virtude da diferença de tecnologias empregadas na transferência dos grãos do meio de transporte ao armazenamento. O modal rodoviário mais uma vez assume vantagem com a tecnologia dos tombadores que levam cerca de 0,03h para a transferência de toda a carga, enquanto as barcaças chegam a superar 1h nesta transferência, além de auferir custos agregados como: atracação, acesso hidroviário e taxas por porte de cargas.

A fim de se avaliar sob que circunstâncias o transporte intermodal passaria a ser inviável, cogitou-se tomar o parâmetro custo de frete hidroviário como referência. Contudo, ao se implementar o modelo em GAMS em várias situações diferentes, com custos cada vez maiores, esbarrou-se com o limitador do custo de venda da produção. Isto é, o custo de exportação da

produção não pode superar o custo da própria produção. Em verdade o custo com o transporte não deveria superar nem mesmo dobro do valor reservado ao lucro, como inferem alguns produtores. Esta observação oportuniza a criação de uma nova restrição não implementada no modelo, a restrição de um percentual para aferição do custo total despendido como o transporte.

Outro parâmetro, relacionado à elevação da demanda de exportação, que se espera por hipótese a diminuição do custo de transporte, implicaria na reconfiguração total dos parâmetros como porte de assimilação dos terminais, o que implicaria em um grande investimento em equipamentos de transferências de carga, como um maior número de tombadores de caminhão e descarregadores de barcaças. Entretanto, modificar estes parâmetros, mesmo que possível, descaracterizaria o estudo de caso tomado em pesquisa. Uma vez implementado, o modelo poderá servir como instrumento de especulação e ferramenta em outras pesquisas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir destas linhas chega-se ao fim do relatório de pesquisa. Depois de um exaustivo levantamento de dados acerca da situação da pesquisa brasileira sobre o transporte da soja, do levantamento dos parâmetros necessários à produção do Modelo de Programação Linear do transporte da soja do Polo Paragominas com destino nos portos de exportação internacionais no Complexo Portuário de Vila do Conde, e sua conseqüente implementação no GAMS Studio, obteve-se resultados característicos.

Considera-se que o objetivo de construir um modelo matemático do transporte da soja do Polo Paragominas-PA ao complexo portuário de Vila do Conde no município de Barcarena-PA, avaliando a viabilidade de utilização da rota da Hidrovia Guamá-Capim fora cumprido. Uma vez que a solução do modelo construído aponta evidências de uma viabilidade parcial da Hidrovia Guamá-Capim como rota de escoamento da soja do Polo Paragominas.

Da produção do Polo Paragominas, que totaliza 775.061.424 toneladas de grãos de soja, 761.448,66 toneladas encontram no transporte intermodal a melhor opção para o seu escoamento, o que corresponde a 98,24% de tudo aquilo que é produzido pela região em estudo.

Este resultado fora recebido como uma resposta positiva, já que se apresentava como uma hipótese improvável, haja visto a previsão de estudos sobre os modais de transporte como os de Fajardo (2001) e Silva Filho (2004), indicarem certa vantagem ao modal rodoviário para o transporte de cargas em pequenas distâncias, como as apresentadas neste estudo.

Saliente-se que investimentos futuros são necessários ao aperfeiçoamento do modelo apresentado. Ao que se recomenda especial atenção ao detalhamento dos custos de transbordo e taxações administrativas, investindo-se na visitação dos portos e realização de entrevistas com os agentes portuários e transportadores de soja da região.

Outra atenção, no sentido de incorporação de maior fidedignidade ao modelo é a incorporação de restrições referentes à emissão do dióxido de carbono, temática que estará em plena discussão nos próximos anos por ocasião da realização da COP 2025, que será realizada no Estado do Pará.

Conclui-se, portanto, que o modelo proposto atende aos critérios da Programação Linear considerando as distâncias e custos de transporte comparando o modal rodoviário ao intermodal hidroviário-rodoviário. Os resultados evidenciam que investimentos privados e estatais, com fins a melhoria da infraestrutura hidroviária do corredor logístico do Polo Paragominas, o transporte fluvial interior pela Hidrovia Guamá-Capim pode ser considerada uma alternativa viável para o escoamento da produção de soja da região.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Diana. **Dossiê Crítico da Logística da Soja: em defesa de alternativas à cadeia monocultural**. 1ª Ed. Rio de Janeiro – RJ: FASE, 2021. E-Book. In: <<https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/t1d00103.pdf>>. Acesso: 19/04/2023 às 08:45h.

AHIMOR - Administração Hidroviária da Amazônia Oriental. **Projeto executivo de dragagem e balizamento dos rios Capim e Guamá, no Estado do Pará**. Relatório final. Companhia Docas do Pará. Internave Engenharia, contrato nº 98/006/00. São Paulo, julho de 2000.

_____. **Hidrovia Guamá-Capim**. Nota Técnica 2015. In: <<http://www.ahimor.gov.br/portal/hidrovias/hidrovia-do-guama-capim/>>. Acesso: 21/03/2023 às 9:15h.

ALIPANDRINI, L. F. **Potencialidade de cruzamentos quádruplos de soja com ênfase na produtividade de grãos**. Tese. (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz). São Paulo-SP: USP, 1996.

BRASIL – Câmara dos Deputados. **Arco Norte: o desafio logístico**. Relatores: Lúcio Vale, Remídio Monai, Tarcísio Gomes de Freitas, Alberto Pinheiro. Brasília – DF: Edições Câmara, 2016. (Série Estudos Estratégicos, nº 6). E-Book. In: <https://www2.camara.leg.br/acamara/estruturaadm/altosestudios/pdf/arco_norte.pdf>. Acesso: 20/04/2023 às 09:35h.

BRASIL – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Resultados do Comércio Exterior Brasileiro – Dados consolidados: Série Histórica**. In: <https://balanca.economia.gov.br/balanca/publicacoes_dados_consolidados/pg.html>. Acesso: 21/04/2023 às 10:31h.

CARDOSO, Jaison de Moura. **Modelagem e Simulação da Capacidade Operacional de um Corredor Logístico do Arco Norte**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval). Belém – PA: PPGENAV/UFPA. 2017.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Anuário CNT 2022 – Estatísticas Consolidadas**. In: <<https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2022/Inicial>>. Acesso: 19/05/2013. 23:34h.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Compêndio de Estudos Conab / Companhia Nacional de Abastecimento**. V. 1 (2016-). - Brasília: Conab, 2016.

_____. **Boletim Logístico**. Dez. 2020. In: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/boletim-logistico>> . Acesso: 23/05/2023.

_____. **Boletim Logístico**. Dez. 2022. In: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/boletim-logistico>> . Acesso: 23/05/2023.

CORRÊA Jr., G.; CAIXETA FILHO, J.V. Principais determinantes do preço do frete rodoviário para o transporte de soja em grãos em diferentes estados brasileiros: uma análise econométrica. In **Economia Aplicada**, Ano 7, vol. 1, p. 189-211, Janeiro/Março, 2003.

CRUZ, Rodrigo Nassar. **Utilização do Método Híbrido AHP-TOPSIS para a escolha modal do escoamento da produção de soja do Polo Paragominas/PA**. Tese. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval). Belém-PA: PPGENAV/UFPA, 2019.

DUCLÓS, NEI. **A marcha do grão de ouro: Soja, a cultura que mudou o Brasil**. Florianópolis: Expressão, 2014. E-Book. In: <http://expressao.com.br/ebooks/livro_soja/a_marca_do_grao_de_ouro.pdf>. Acesso: 20/04/2023 às 09:38h

FAJARDO, Ana Paula Cardoso. **Estudo do transporte da soja produzida nos estados do Pará e Mato Grosso: Análise de alternativas**. Tese. (Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro). Rio de Janeiro – RJ: COPPE/UFRJ, 2001.

FERREIRA, Jean F. K. **Comportamento do frete rodoviário de soja: aplicação de um modelo de regressão linear múltipla**. Dissertação (Programa de Mestrado em Pesquisa Operacional da Universidade Estadual de São Paulo). Campinas – SP: PMPO/FEC/UNICAMP, 2016.

JOÃO, Abner Matheus. **Otimização da Logística de Soja e Milho no Brasil: Aplicações de Programação Linear e Programação Inteira Mista**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Sistemas Logísticos). São Paulo: SP: USP, 2021.

KAZEMI, Y.; SZMEREKOVSKY, J. Modeling downstream petroleum supply chain: the importance of multi-mode transportation to strategic planning. In: **Transportation Research Parte: Logistics and Transportation Review**, [s. l.], v. 83, p. 111-125, nov., 2015. Elsevier BV.

LEITE, Odival Monterrozo. **Estudo do transporte fluvial de caulim e bauxita da bacia do Rio Capim, no Estado do Pará - Análise de alternativas**. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia). Rio de Janeiro – RJ: UFRJ, 1992.

LEÓN, Ramiro Alejandro Roldán. **Metodologia para determinação de embarcações padrão para hidrovias**. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval). Belém-PA: UFPA, 2019.

LIRA, Bruna R. P. L.; CRISPIM, Diego L.; FERREIRA FILHO, David F. F.; FERNANDES, L. L.; PESSOA, Francisco C. L. Agrupamento de Precipitação no Estado do Pará, Brasil. In: **Gestão da Água na América Latina**. V. 17. Ed. 19, 2020. DOI: [.21168/rega.v17e19](https://doi.org/10.21168/rega.v17e19)

MIRANDA, L. M. de. **Contribuição a um Modelo de Análise Multicritério para Apoio à Decisão da Escolha do Corredor de Transporte para Escoamento da Produção de Granéis Agrícolas de Mato Grosso**. Tese. (Universidade Federal do Rio de Janeiro). Rio de Janeiro – RJ: COPPE/UFRJ, 2008.

NUNES, Hildo G. G. C. **Modelagem Hidrológica na Bacia do Rio Capim – Estado do Pará**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais). Belém – PA: UFPA, 2013.

OJIMA, Andréa L. R. de O. **Análise da movimentação logística e competitividade da soja brasileira: uma aplicação de um modelo de equilíbrio espacial de programação quadrática**. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas). Campinas – SP: FEEC/UNICAMP, 2004.

OLIVEIRA, João C. V. de. **Análise do Transporte de Soja, Milho e Farelo de Soja na Hidrovia Tietê-Paraná**. Dissertação. (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz). Piracicaba – SP: USP, 1996.

OLIVEIRA, Vitor Hugo Pereira de. **Análise de alternativas intermodais para escoar a produção de soja dos estados do Pará e Tocantins**. Dissertação. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval da Universidade Federal do Pará). Belém – PA: PPGNAV/UFPA, 2021.

PASSOS, Eduardo J. P. F. **Programação Linear como instrumento de pesquisa operacional**. São Paulo – SP: Atlas, 2008.

SCHROEDER, E. M.; CASTRO, J. C. de. **Transporte Rodoviário de Carga: Situação Atual e Perspectivas**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/carga.pdf>. Acesso em: 28/05/2023.

SCHNEIDE, Nathercia C. B. G.; ALMEIDA, Risely F. **Hidrovia e portos do Arco Norte para o transporte da soja mato-grossense: uma avaliação**. In: **RETEC**, Ourinhos, v.15. n. 2, p. 74-84. Jul./Dez., 2002.

SILVA FILHO, Roberto da. **Custos de transporte como fator de competitividade da soja em grão brasileira no mercado internacional**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada). Minas Gerais – MG: UFV, 2004.

TAHADNI, Ramesh Mohan. **Modelo de custos de transporte fluvial de soja entre Miritituba e os portos exportadores do Arco Norte**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas). Manaus – AM: UFAM, 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Quadro de Categorias de Pré- Análise

CATEGORIAS	PRODUÇÃO
Custos Logísticos	1 - AFONSO, HERLANDER COSTA ALEGRE DA GAMA. ANÁLISE DOS CUSTOS DE TRANSPORTE DA SOJA BRASILEIRA ' 01/02/2006 138 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES INSTITUIÇÃO DE ENSINO: INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA, RIO DE JANEIRO.
	6 - ZADUSKI, JEUNG SUN. EFETO DO TABELAMENTO DO FRETE NOS CUSTOS DE TRANSPORTE DA SOJA EM GRÃOS DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL ' 02/12/2019 106 F. MESTRADO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, CAMPO GRANDE.
	9 - FILHO, ROBERTO DA SILVA. CUSTOS DE TRANSPORTE COMO FATOR DE COMPETITIVIDADE DA SOJA EM GRÃO BRASILEIRA NO MERCADO INTERNACIONAL ' 01/02/2004 95 F. MESTRADO EM ECONOMIA APLICADA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, VIÇOSA BIBLIOTECA DEPOSITÁRIA: BIBLIOTECA CENTRAL DA UFV
	13 - ARBAGE, ALESSANDRO PORPORATTI. ANÁLISE ECONÔMICA DO TRANSPORTE DE SOJA EM GRÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (O CASO DO PORTO DE CACHOEIRA DO SUL) ' 01/11/1994 122 F. MESTRADO EM ECONOMIA RURAL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, PORTO ALEGRE.
	18 - MEDEIROS, BRUNO TAVARES. MODELAGEM GEOGRÁFICA PARA A SIMULAÇÃO DE CUSTOS DE TRANSPORTE DE SOJA EM BACIAS LOGÍSTICAS ' 30/09/2021 UNDEFINED F. MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, BELO HORIZONTE.
	23 - JUNIOR, GONCILIO CORREA. PRINCIPAIS DETERMINANTES DO PREÇO DO FRETE RODOVIÁRIO PARA TRANSPORTE DE SOJA EM GRÃOS EM DIFERENTES REGIÕES BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE ECONOMÉTRICA. ' 01/12/2001 102 F. MESTRADO EM CIÊNCIAS (ECONOMIA APLICADA) INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO.
	31 - OLIVEIRA, BRUNO DUARTE DE. ANÁLISE DOS CUSTOS DE TRANSPORTE DE SOJA POR MEIO DE CONTÊNERES E OS TERMINAIS PORTUÁRIOS DE MANAUS COMO UMA NOVA ROTA PARA EXPORTAÇÃO DA SOJA BRASILEIRA ' 19/03/2015 130 F. MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, MANAUS.
	38 - ALVES, BRYAN MARIANO MARTINEZ. ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS LOGÍSTICOS DE SOJA, MILHO E ALGODÃO, NO ESTADO DE MATO GROSSO. ' 24/04/2013 169 F. MESTRADO EM ECONOMIA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO, CUIABÁ.
	41 - BONAFIDE, RODRIGO ALEXANDRE GOMES. A LOGÍSTICA DA SOJA E O IMPACTO DO CUSTO DE SERVIÇOS DE TRANSPORTE (CST) NO PREÇO FINAL DO BIODIESEL PRODUZIDO NO ESTADO DO TOCANTINS. ' 01/08/2010 101 F. MESTRADO EM AGROENERGIA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS, PALMAS.
	50 - KUSSANO, MARILIN RIBEIRO. PROPOSTA DE MODELO DE ESTRUTURA DO CUSTO LOGÍSTICO DO ESCOAMENTO DA SOJA BRASILEIRA PARA O MERCADO EXTERNO: O CASO DO MATO GROSSO ' 01/06/2010 93 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, SÃO CARLOS.
	62 - GUIMARÃES, KELTON PIMENTEL. COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE MULTIMODAL DO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO DE EXPORTAÇÃO DE GRÃOS DO MATO GROSSO. 11/2019. ORIENTADOR: JEAN-DAVID JOB EMMANUEL. DISSERTAÇÃO. MESTRADO EM ENGENHARIA OCEÂNICA DA UFRJ
	65 - ANES, CARLOS EDUARDO RUSCHEL. EFETO DO TRANSPORTE E DA QUALIDADE DO ARMAZENAMENTO NO CUSTO DA SOJA NA REGIÃO DAS MISSÕES DO RIO GRANDE DO SUL ' 01/05/2003 122 F. MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, PORTO ALEGRE.
	70 - GASPAR, MAURICIO MARTINEZ. O IMPACTO DO CUSTO LOGÍSTICO NA RENTABILIDADE DO PRODUTOR DE SOLA DO MATO GROSSO ' 26/08/2014 100 F. MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA E GESTÃO EMPRESARIAL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE CÂNDIDO MENDES, RIO DE JANEIRO.
	79 - TARDELLI, BRUNO LEONARDO SILVA. O ESCOAMENTO DE SOJA DE MATO GROSSO PARA EXPORTAÇÃO: UMA ANÁLISE DE INTEGRAÇÃO ESPACIAL DE MERCADOS E DOS IMPACTOS DE REDUÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE. 23/01/2013 60 F. MESTRADO EM ECONOMIA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, PORTO ALEGRE.
81 - GAMEIRO, AUGUSTO HAUBER. ÍNDICES DE PREÇO PARA O TRANSPORTE DE CARGAS: O CASO DA SOJA GRANEL ' 01/07/2003 284 F. DOUTORADO EM CIÊNCIAS (ECONOMIA APLICADA) INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO.	

Modelos Logísticos	2 - FAJARDO, ANA PAULA CARDOSO. ESTUDO DO TRANSPORTE DA SOJA PRODUZIDA NOS ESTADOS DO PARÁ E MATO GROSSO - ANÁLISE DE ALTERNATIVAS 01/07/2001 207 F. MESTRADO EM ENGENHARIA OCEÂNICA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO.
	7 - OJIMA, ANDRÉA LEDA RAMOS DE OLIVEIRA. ANÁLISE DA MOVIMENTAÇÃO LOGÍSTICA E COMPETITIVIDADE DA SOJA BRASILEIRA: UMA APLICAÇÃO DE UM MODELO DE EQUILÍBRIO ESPACIAL DE PROGRAMAÇÃO QUADRÁTICA 01/02/2004 90 F. MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, CAMPINAS.
	25 - SCHERER, RENAN GUSTAVO. INFLUÊNCIA DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS NA PERDA DE CARGA NO TRANSPORTE DE SOJA E NOS DEMAIS CUSTOS OPERACIONAIS 19/12/2022 183 F. DOUTORADO EM ENGENHARIA CIVIL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, SANTA MARIA.
	29 - MELO, ISOTILIA COSTA. ANÁLISE DE EFICIÊNCIA EM ROTAS DE TRANSPORTE DE SOJA NOS PRINCIPAIS CORREDORES BRASILEIROS E NORTE-AMERICANOS UTILIZANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) 02/08/2017 136 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (SÃO CARLOS), SÃO CARLOS.
	35 - SANCHEZ, CESAR AUGUSTO MARTINEZ VARGAS. MODELO DE PROGRAMAÇÃO BI-NÍVEL MISTA INTEIRA PARA PLANEJAMENTO DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA LOGÍSTICA E TRANSPORTE 01/12/2011 189 F. MESTRADO EM ENGENHARIA OCEÂNICA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO.
	39 - REIS, SILVIA ARAUJO DOS. MODELO DE PROGRAMAÇÃO ESTOCÁSTICA PARA O PLANEJAMENTO TÁTICO DA CADEIA LOGÍSTICA DA SOJA 16/10/2013 162 F. DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO.
	43 - JOÃO, ABNER MATHEUS. OTIMIZAÇÃO DA LOGÍSTICA DE SOJA E MILHO NO BRASIL: APLICAÇÕES DE PROGRAMAÇÃO LINEAR E PROGRAMAÇÃO INTEIRA MISTA 21/09/2021 215 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE SISTEMAS LOGÍSTICOS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO.
	48 - LOPES, HARLENN DOS SANTOS. ANÁLISE DO ESCOAMENTO DA SOJA BRASILEIRA ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS 16/10/2017 172 F. DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ, ITAJUBÁ.
	66 - CARDOSO, JAISON DE MOURA. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA CAPACIDADE OPERACIONAL DE UM CORREDOR LOGÍSTICO DO ARCO NORTE 11/10/2017 117 F. MESTRADO EM ENGENHARIA NAVAL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, BELÉM.
	68 - FATORETTO, SANDRA LIEGE RENNER. A EFICIÊNCIA LOGÍSTICA DAS ROTAS DE EXPORTAÇÃO DE SOJA: UM INDICADOR BASEADO NA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) 06/02/2018 43 F. MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, CAMPINAS.
	77 - SANDRI, MARIA FELOMENA ALVES DE OLIVEIRA. SIMULAÇÃO DO ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO DE MILHO, SOJA E TRIGO DOS NÚCLEOS REGIONAIS DE CASCAVEL E TOLEDO 01/07/2006 79 F. MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ, CASCAVEL.
	93 - TAHADNI, RAMESH MOHAN. MODELO DE CUSTOS DE TRANSPORTE FLUVIAL DE SOJA ENTRE MIRITITUBA E OS PORTOS EXPORTADORES DO ARCO NORTE . DISSERTAÇÃO. 2020. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. UFAM. ORIENTADOR: AUGUSTO CÉSAR BARRETO ROCHA.

Estudos Analítico-descriptivos	3 - VELLEDA, ARIEL VINICIUS BAGATINI. UM ESTUDO SOBRE O TRANSPORTE DA SOJA NO RIO GRANDE DO SUL . 16/12/2015 UNDEFINED F. MESTRADO EM ECONOMIA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS, PORTO ALEGRE.
	4 - COLARES, JOSÉ CARLOS DE SOUZA. ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DA SOJA EM GRÃO DO NOROESTE DO MATO GROSSO / BRASIL PARA OS PORTOS DE ROTTERDAM / HOLANDA E YOKOHAMA / JAPÃO: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA HERMASA / 2008 . 01/01/2010 125 F. MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA, PORTO VELHO.
	5 - SILVA, THAMES RICHARD. PROPOSTA DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO (ASUPRO): TRANSPORTE DA SOJA NO BRASIL COMO ESTUDO DE CASO . 19/06/2019 151 F. DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE PAULISTA, SÃO PAULO.
	16 - OLIVEIRA, NILTON MARQUES DE. TRANSPORTE E LOCALIZAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA DA SOJA NO ESTADO DE MATO GROSSO . 01/02/2003 119 F. MESTRADO EM ECONOMIA APLICADA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, VIÇOSA.
	19 - BUSANELLO, CIRINEU. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DO TRANSPORTE DE SOJA DO ESTADO DE MATO GROSSO . 01/09/2006 78 F. PROFISSIONALIZANTE EM PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE ANHANGUERA, CAMPO GRANDE.
	20 - OLIVEIRA, JOÃO CARLOS VIANNA DE. ANÁLISE DO TRANSPORTE DE SOJA, MILHO E FARELO DE SOJA NA HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ . 01/12/1996 134 F. MESTRADO EM CIÊNCIAS (ECONOMIA APLICADA) INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO.
	33 - ALOISIO, SANTANA WALTER. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE TRANSPORTE DA HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ . 01/08/2002 305 F. MESTRADO EM ENGENHARIA NAVAL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO.
	36 - TACLA, DOUGLAS. ESTUDO DE TRANSPORTE COLABORATIVO DE CARGAS DE GRANDE VOLUME, COM APLICAÇÃO EM CASO DE SOJA E FERTILIZANTES . 01/11/2003 1111 F. DOUTORADO EM ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO.
	40 - LEITAO, FABRICIO OLIVEIRA. ANÁLISE SISTÊMICA DA SEGREGAÇÃO NA CADEIA LOGÍSTICA DA SOJA APÓS O ADVENTO E A DIFUSÃO DOS TRANSGÊNICOS . 07/11/2014 181 F. DOUTORADO EM TRANSPORTES INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, BRASÍLIA.
	42 - CAPDEVILLE, ADRIENNE DE. CATEGORIZAÇÃO DOS GARGALOS DE UMA CADEIA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE DA SAFRA AGRÍCOLA . 01/03/2010 87 F. MESTRADO EM TRANSPORTES INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, BRASÍLIA.
	44 - SCHINOFF, ROBERTO AMARAL. ALTERNATIVAS DE ESCOAMENTO DA SOJA DO COREDOR CENTRAL ATÉ O PORTO DE RIO GRANDE/RS . 08/04/2020 80 F. MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: FACULDADES INTEGRADAS DE TAQUARA, TAQUARA.
	55 - MASO, ANADYNE BACKES DAL. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO ESCOAMENTO DE SOJA PRODUZIDO EM MATO GROSSO . 13/09/2021 131 F. MESTRADO EM ECONOMIA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO, CUIABÁ.
	56 - LIMA, DARUICHI PEREIRA DE. ESTUDO DA DEMANDA POR SERVIÇOS PORTUÁRIOS PARA O ESCOAMENTO DE SOJA NO BRASIL: UMA ABORDAGEM EXPLORANDO O CONCEITO DE "EFEITO CHICOTE . 11/08/2014 86 F. MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, PORTO ALEGRE.
	67 - OLIVEIRA, NILTON MARQUES DE. TRANSPORTE E LOCALIZAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA DA SOJA NO ESTADO DE MATO GROSSO . 01/02/2003 119 F. MESTRADO EM ECONOMIA APLICADA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, VIÇOSA.
	69 - NASCIMENTO, MARCOS BERNARDES COZZOLINO DO. UMA ANÁLISE DO SISTEMA HIDROVIÁRIO E SEU IMPACTO NO DESENVOLVIMENTO DA AGROINDÚSTRIA BRASILEIRA: O CASO DA SOJA . 01/01/2000 86 F. MESTRADO EM ENGENHARIA OCEÂNICA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO.
	73 - SANTOS, ALINA BRAZ DOS. ALIANÇAS ESTRATÉGICAS HORIZONTAIS EM LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO: ANÁLISE DE UMA REDE DO AGRONEGÓCIO DA SOJA . 01/10/2011 114 F. PROFISSIONALIZANTE EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: FACULDADE ALVES FARIA, GOIÂNIA.
	75 - AGUILAR, CRISTIAN JAIR PAREDES. ANÁLISE DO AMBIENTE INSTITUCIONAL E ORGANIZACIONAL DA LOGÍSTICA DE EXPORTAÇÕES DE GRÃOS DAS COOPERATIVAS DO OESTE DO PARANÁ . 26/08/2016 98 F. MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E AGRONEGÓCIO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ, TOLEDO.
80 - ASSIS, TASSIA FARIA DE. ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE DE COMMODITIES NO BRASIL: O CASO DA SOJA NO ESTADO DO MATO GROSSO . 16/04/2015 151 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES INSTITUIÇÃO DE ENSINO: INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA, RIO DE JANEIRO.	
82 - CAMARGO, ODAIR. IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ATRIBUTOS CONSIDERADOS NO TRANSPORTE DE CARGAS: ESTUDO DE CASO NO OESTE PARANAENSE . 16/06/2000 95 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, FLORIANÓPOLIS.	
85 - MARTINS, RICARDO SILVEIRA. RACIONALIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE NO ESTADO DO PARANÁ: O DESENVOLVIMENTO E A CONTRIBUIÇÃO DAS FERROVIAS PARA A MOVIMENTAÇÃO DE GRÃOS E FARELO DE SOJA . 01/06/1998 216 F. DOUTORADO EM CIÊNCIAS (ECONOMIA APLICADA) INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO.	
86 - CARVALHO, ALBA SAVEA DE ALENCAR. ANÁLISE DO SISTEMA DE TRANSPORTE DE GRÃOS NO ESTADO DE PERNAMBUCO . 01/09/2000 100 F. MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA/JOÃO PESSOA, JOÃO PESSOA.	
87 - ALMEIDA, CRISTIANO FARIAS. ELABORAÇÃO DE REDE DE TRANSPORTE MULTIMODAL DE CARGA PARA A REGIÃO AMAZÔNICA SOB ENFOQUE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO . 07/2008. ORIENTADORA: YAEKO YAMASHITA. TESE DO DEPTO DE ENG. CIVIL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNB.	
94 - MORCELI, PAULO. ESTUDO DE PRÉ-VIABILIDADE PARA IMPLANTAR UM SISTEMA DE TRANSPORTE DE GRÃOS, FARELOS E FERTILIZANTES PARA O AGRONEGÓCIO BRASILEIRO . DISSERTAÇÃO. 2011. MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS. UNB. ORIENTADOR: EDWIN PINTO DE LA SOTA SILVA.	

Sistemas Intermodais	8 - COELI, CARLA COSTA DE MEDINA. ANÁLISE DA DEMANDA POR TRANSPORTE FERROVIÁRIO: O CASO DO TRANSPORTE DE GRÃOS E FARELO DE SOJA NA FERRONORTE 01/06/2004 147 F. MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO.
	10 - CAPACLE, VIVIAN HELENA. O PROBLEMA DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO PARA O ESCOAMENTO DA SOJA PRODUZIDA NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO 01/11/2007 155 F. MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, CAMPINAS.
	11 - FAJARDO, ANA PAULA CARDOSO. UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO TRANSPORTE INTERMODAL - OTIMIZAÇÃO DA EXPANSÃO DINÂMICA DAS REDES INTERMODAIS DO TRANSPORTE DE SOJA PRODUZIDA NO ESTADO DE MATO GROSSO 01/11/2006 186 F. DOUTORADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO.
	12 - SCALEA, LEANDRO BORGES. TRANSPORTE E ARMAZENAGEM DE SOJA NO BRASIL 01/08/2002 201 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES INSTITUIÇÃO DE ENSINO: INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA, RIO DE JANEIRO.
	21 - COUTINHO, LEONARDO OTTO. INTERMODALIDADE: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS DO TRANSPORTE DE SOJA NO MATO GROSSO 01/11/2007 217 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO BIBLIOTECA DEPOSITÁRIA: BIBLIOTECA DO CENTRO DE TECNOLOGIA
	24 - ROCHA, FERNANDO VINICIUS DA. ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DOS PROJETOS DE INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA MULTIMODAL PARA O TRANSPORTE DE SOJA NO BRASIL 03/12/2020 201 F. DOUTORADO EM CIÊNCIAS (ECONOMIA APLICADA) INSTITUIÇÃO DE ENSINO: USP (ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ), PIRACICABA.
47 - CARDOSO, LUCIANO MULLER GIL. ANÁLISE DO IMPACTO COMPETITIVO DAS ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE NO ESCOAMENTO DA SOJA PRODUZIDA EM MATO GROSSO 01/08/2001 115 F. MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, PORTO ALEGRE.	
Estudos de Impacto Ambiental (CO2)	15 - ZALUSKI, PATRICIA REGINA DA SILVA. ANÁLISE DO TRANSPORTE INTERMODAL DA SOJA DESTINADA À EXPORTAÇÃO, CONSIDERANDO OS CUSTOS DE EMISSÕES DE CO2 NO BRASIL 08/02/2018 86 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS, GOIÂNIA.
	17 - SANTOS, EMERSON FRANCIS MONTEIRO DOS. UMA ANÁLISE DA APLICABILIDADE DO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO PARA O TRANSPORTE AQUAVIÁRIO NO BRASIL 30/09/2013 108 F. MESTRADO EM ENGENHARIA OCEÂNICA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO BIBLIOTECA
	22 - COSTA, EVERTON LIMA. A HIPÓTESE DA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS PARA O TRANSPORTE DE SOJA NO BRASIL 07/02/2022 144 F. MESTRADO EM CIÊNCIAS (ECONOMIA APLICADA) INSTITUIÇÃO DE ENSINO: USP (ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ), PIRACICABA.
	26 - ÁVILA, EDNILSON SEBASTIAO DE. IMPACTOS DE REGULAÇÕES AMBIENTAIS SOBRE O TRANSPORTE DE CARGAS NO BRASIL: UMA ANÁLISE PARA O TRANSPORTE DE SOJA 12/04/2016 217 F. DOUTORADO EM CIÊNCIAS (ECONOMIA APLICADA) INSTITUIÇÃO DE ENSINO: USP (ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ), PIRACICABA.
	27 - NETTO, JOÃO FERREIRA. O CONCEITO DE CORREDORES VERDES DE TRANSPORTES DE MERCADORIAS E UMA APLICAÇÃO NO TRANSPORTE DE SOJA PARA EXPORTAÇÃO 05/02/2017 287 F. DOUTORADO EM ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO.
	28 - SOLIANI, RODRIGO DUARTE. LOGÍSTICA COLABORATIVA E INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA: IMPACTOS NO TRANSPORTE DE SOJA E FERTILIZANTES ENTRE O ESTADO DE MATO GROSSO E OS PORTOS DE SANTOS E PARANAGUÁ 07/07/2020 206 F. DOUTORADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO, RIBEIRÃO PRETO.
59 - BOVOLENTA, FÁBIO CESAR. ANÁLISE ENERGÉTICA COMPARATIVA NA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE MULTIMODAL DA SOJA 01/02/2007 59 F. MESTRADO EM AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA) INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/BOTUCATU, BOTUCATU.	
63 - SILVA, RACHEL JARDIM MEDEIROS DA. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NO TRANSPORTE INTERMODAL: UM ESTUDO DE CASO DA SOJA DE EXPORTAÇÃO BRASILEIRA. 13/08/2015 176 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE SISTEMAS LOGÍSTICOS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO .	
Logística Local	14 - ALMEIDA, ARNALDO BARRETO. ESTUDO DO TRANSPORTE DE SOJA NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DO RIO ARAGUAIA 01/06/1992 205 F. MESTRADO EM ENGENHARIA OCEÂNICA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO.
	45 - SOUZA, MATHEUS MELO DE. OTIMIZAÇÃO DE ROTAS DE ESCOAMENTO DA SOJA DO MATO GROSSO ATRAVÉS DO ARCO NORTE 26/05/2021 119 F. MESTRADO EM ENGENHARIA NAVAL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, BELÉM.
	46 - GOMES, SÉRGIO BARBOSA A. HIDROVIA DO TOCANTINS: UMA NOVA ALTERNATIVA PARA O ESCOAMENTO DA SOJA 01/11/2001 165 F. MESTRADO EM PLANEJAMENTO DO DESENVOLVIMENTO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, BELÉM BIBLIOTECA DEPOSITÁRIA: BIBLIOTECA DO NAEA/UFPA
	91 - CRUZ, RODRIGO NASSAR. UTILIZAÇÃO DO MÉTODO HÍBRIDO AHP-TOPSIS PARA A ESCOLHA MODAL DO ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO DE SOJA DO POLO PARAGOMINAS/PA. DISSERTAÇÃO. 2019. PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA NAVAL. UFPA. ORIENTADOR: MARCUS VINICIUS GUERRA SARÁFICO DE ASSIS CARVALHO.
92 - OLIVEIRA, VITOR HUGO PEREIRA DE OLIVEIRA. ANÁLISE DE ALTERNATIVAS INTERMODAIS PARA ESCOAR A PRODUÇÃO DE SOJA DOS ESTADOS DO PARÁ E TOCANTINS. DISSERTAÇÃO. 2021. PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA NAVAL. UFPA. ORIENTADORA: MAISA SALES GAMA TOBIAS.	

Portos e Terminais	37 - OLIVEIRA, GABRIEL FARIA DE. ALOCÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE TERMINAIS DE TRANSBORDO DE SOJA NO ESTADO DO MATO GROSSO VIA OTIMIZAÇÃO E SIMULAÇÃO EM REDE DE PETRI P-TEMPORIZADA' 27/08/2021 217 F. MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG, BELO HORIZONTE.
	49 - ALMEIDA, MARINA SOARES. LOCALIZAÇÃO DE TERMINAIS INTERMODAIS NA REDE DE ESCOAMENTO DA SOJA EM GRÃO BRASILEIRA DESTINADA À EXPORTAÇÃO' 01/06/2010 133 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCAR, SÃO CARLOS.
	57 - BERTI, LUIS CARLOS. O MODAL HIDROVIÁRIO COMO OPORTUNIDADE DE INTEGRAÇÃO LOGÍSTICA: A UTILIZAÇÃO DA HIDROVIA TIETÉ-PARANÁ COMO ALTERNATIVA PARA O ESCOAMENTO DE SOJA PARA EXPORTAÇÃO DO ESTADO DO MATO GROSSO PARA O PORTO DE SANTOS. 19/03/2019 103 F. DOUTORADO EM GEOGRAFIA (GEOGRAFIA HUMANA) INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO.
	60 - GALEANO, ROBERTO DOMINGUES. TRANSPORTES DE COMMODITIES DO AGRONEGÓCIO E DE MINERAIS NA FRONTEIRA BRASIL-BOLÍVIA: UM ESTUDO SOBRE A ESTRUTURA PORTUÁRIA EM CORUMBÁ, LADÁRIO E PUERTO QUIJARRO' 01/03/2006 138 F. MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL, CAMPO GRANDE BIBLIOTECA DEPOSITÁRIA: UFGMS.
	64 - ALVES, JULIANA PROVENZANO JOU. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DOS TERMINAIS DE GRANÉIS AGRÍCOLAS NO PORTO DE SANTOS' 01/10/2012 100 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO.
	76 - GIOVINE, HUMBERTO. UMA ANÁLISE DAS OPERAÇÕES DO PORTO DE SANTOS SOB A ÓTICA DE LOGÍSTICA: O CORREDOR DA SOJA' 01/06/2003 134 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE PAULISTA-UNIP, SÃO PAULO.
Outras Temáticas	34 - PADOVEZI, CARLOS DAHER. CONCEITO DE EMBARCAÇÕES ADAPTADAS À VIA APLICADO À NAVEGAÇÃO FLUVIAL NO BRASIL.' 01/10/2003 204 F. DOUTORADO EM ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO BIBLIOTECA DEPOSITÁRIA: BIBLIOTECA DE ENGENHARIA MECÂNICA, NAVAL E OCEÂNICA - EPMN
	51 - SOARES, BEATRIZ COSTA. UMA ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PLANO GEIPIOT 2001 PARA O ESCOAMENTO DA SOJA DO MATO GROSSO AO MERCADO INTERNACIONAL SOB O PONTO DE VISTA DE MEMBROS DA CADEIA' 01/03/2009 1 F. MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO.
	54 - RIPOLL, FERNANDO GASTAL. PROPOSTA DE UMA ANÁLISE LOGÍSTICA NO AGRONEGÓCIO COMO FATOR COMPETITIVO PARA A DISTRIBUIÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DA SOJA EM GRÃO NO ESTADO DE MATO GROSSO' 01/03/2010 164 F. MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, BRASÍLIA.
	58 - TANAHARA, LUIZ. ANÁLISE ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE NO COMPLEXO SOJA - MATO GROSSO DO SUL' 01/10/1993 103 F. MESTRADO EM ECONOMIA RURAL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, PORTO ALEGRE.
	61 - CARREIRA, RICARDO ANDRÉ BARBOSA. DECISÕES ESTRATÉGICAS NA LOGÍSTICA AGRÁRIA: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS CUSTOS DE TRANSPORTE - ARMAZENAGEM DE SOJA DO ESTADO DO PARANÁ E MARANHÃO' 01/04/2006 112 F. PROFISSIONALIZANTE EM ADMINISTRAÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS/RJ, RIO DE JANEIRO.
	71 - MEDEIROS, PAOLA ORTOLANI. AVALIAÇÃO DAS PERDAS NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DA SOJA NO PIAUÍ. 12/12/2016 55 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE PAULISTA, SÃO PAULO BIBLIOTECA DEPOSITÁRIA: UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP.
	78 - MELO, JOSE MILTON CASTELO BRANCO DE. UMA ANÁLISE DA DEMANDA DE CARGA DO SISTEMA FERROVIÁRIO DO NORDESTE.' 01/08/1992 135 F. MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL INSTITUIÇÃO DE ENSINO: (INATIVA) UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA/CAMPINA GRANDE, CAMPINA GRANDE.
	84 - PERA, THIAGO GUILHERME. MODELAGEM DAS PERDAS NA AGROLOGÍSTICA DE GRÃOS NO BRASIL: UMA APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA. 13/04/2017 182 F. MESTRADO EM ENGENHARIA DE SISTEMAS LOGÍSTICOS INSTITUIÇÃO DE ENSINO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO.
	88 - BARBOSA, KATTYLINE DE MELO. AVALIAÇÃO HIERÁRQUICA DE IDICADORES DE DESEMPENHO PARA HIDROVIAS. 01/2014. ORIENTADOR: JOSÉ CARLOS CÉSAR AMORIM. DISSERTAÇÃO. MESTRADO EM ENG. DE TRANSPORTES DO INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA.
	89 - FREDERICO, SAMUEL. SISTEMAS DE MOVIMENTOS NO TERRITÓRIO BRASILEIRO: OS NOVOS CIRCUITOS ESPACIAIS PRODUTIVOS DA SOJA. 29/06/2004. ORIENTADOR: RICARDO ABID CATILLO. DISSERTAÇÃO. MESTRADO EM GEOGRAFIA. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DO PPG UNICAMP.
90 - FACCIN, ANA CAOLINA TORRELLI MARQUEZINI. COMPLEXO SOJA NO MATO GROSSO DOS DO SUL: COMPETITIVIDADE REGIONAL E VUNERABILIDADE TERRITORIAL. 2017. ORIENTADOR: RICARDO ABID CASTILLO. TESE. DOUTORADO EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS.	

Fonte: O Autor.