



**UNIVERSIDADE DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO**



Portos Móveis

Uma solução inovadora para transporte de grãos

João Luís Alvarenga Casagrande

Orientador Doutor Fernando António Baptista Branco

Co-Orientador Doutor António Alexandre Trigo Teixeira

**Tese aprovada em provas públicas para obtenção do Grau de Doutor em
Engenharia Civil**

Qualificação atribuída pelo Júri: Aprovado

2022



UNIVERSIDADE DE LISBOA INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Portos Móveis

Uma solução inovadora para transporte de grãos

João Luís Alvarenga Casagrande

Orientador Doutor Fernando António Baptista Branco

Co-Orientador Doutor António Alexandre Trigo Teixeira

Tese aprovada em provas públicas para obtenção do Grau de Doutor em
Engenharia Civil

Qualificação atribuída pelo Júri: **Aprovado**

Júri

Presidente: Doutor Jorge Manuel Calião Lopes de Brito, Instituto Superior Técnico
Universidade de Lisboa.

Vogais:

Doutor Sergio Hampshire de Carvalho Santos, Escola Politécnica
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Doutor Francisco de Almeida Taveira Pinto, Faculdade de Engenharia
Universidade do Porto

Doutor Fernando António Baptista Branco, Instituto Superior Técnico
Universidade de Lisboa

Doutor Carlos Paulo Novais Oliveira da Silva Cruz, Instituto Superior Técnico
Universidade de Lisboa

Doutor Luís Miguel Pina de Oliveira Santos, Laboratório Nacional de
Engenharia Civil

Doutor Jorge de Saldanha Gonçalves Matos, Instituto Superior Técnico
Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

A terminar esta tese de doutoramento resta agradecer em grupo ou individualmente diversas pessoas que passaram neste percurso.

Ao meu pai João Casagrande que, antes do seu falecimento por Covid-19, no meio de meu estudo de tese, tanto me incentivou e me ensinou o potencial que os rios da Amazônia possuíam. A minha mãe Luzia por todo apoio moral e incentivo durante esta fase de mudança para Portugal, bem como minha esposa Fernanda e meus filhos Helena e João Vitor, que aceitaram a mudança de continente para encarar junto comigo este desafio do doutoramento, além da paciência e compreensão com minha ausência durante essa longa jornada.

Ao meu orientador Professor Doutor Fernando Branco pela sua disponibilidade durante todo trabalho desta tese bem como suas palavras de incentivo e ensinamento em difíceis momentos da elaboração.

Ao meu co-orientador Professor Doutor António Trigo Teixeira por toda orientação e o despertar do meu conhecimento em hidrovias.

Ao Professor Doutor Carlos Cruz por todo tempo dedicado e disponibilidade na parte final desta tese.

Ao Professor Doutor Sergio Hampshire Santos e Doutor Luis de Oliveira Santos por tanto me ajudarem e incentivarem no desafio de um doutoramento.

Ao meu amigo e sócio, engenheiro Leonardo Patrício Chaves, por todo apoio e incentivo no desenvolvimento desta tese.

Aos colegas engenheiros Gabriel Moura, Patrick Coutinho e ao arquiteto Rodrigo Ventura, por dedicar tanto de seu tempo na discussão de minha pesquisa para execução desta tese. A todos os funcionários do Instituto Superior Técnico em especial a Paula Marques, secretária do DECivil que teve uma participação ativa na jornada do doutoramento.

Finalmente, a todos os meus colegas do Instituto Superior Técnico pela ajuda e acolhimento nos mais difíceis momentos ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

O Brasil se destaca como um dos maiores exportadores mundiais de produtos agrícolas, tais como açúcar, café, soja, algodão, cana de açúcar, entre outros, que são essenciais para o mercado internacional. Esta produção tem investimentos e estudos contínuos que visam melhorar todos os processos internos dos locais de plantação. O Brasil é o país com a maior produtividade de soja por hectare do mundo. Quando comparado com os Estados Unidos, o Brasil produz 11% mais por hectare.

Mesmo com todos os avanços tecnológicos no setor agrícola, o Brasil ainda não consegue alcançar preços competitivos quando comparados com outros produtores. Isto acontece devido a uma forte deficiência na rede de distribuição. A dependência da rede logística no transporte por estradas é a principal causa dessa diferença de preços, além de originar a maior taxa de poluição por tonelada transportada. Isto gera um cenário onde todo o investimento em tecnologia para aumentar a produtividade dentro de fazendas é perdido na compensação dos custos ligados à infraestrutura nacional deficiente. Tal resulta das terríveis condições presentes nas rodovias brasileiras, e do pouco uso de outros modais de transporte, como hidrovias e ferrovias.

Mais de 50% da produção brasileira de grãos ocorre nas regiões interiores do país. Apesar de ter uma rede de vias navegáveis excelente, elas são pouco utilizadas, pois há grandes dificuldades em criar portos nestas regiões devido a questões ambientais e aos períodos de seca dos rios.

O objeto deste trabalho é apresentar uma solução para ampliação do volume transportado por via fluvial, através da criação de portos móveis que possam ser construídos sem grandes intervenções ambientais e que possam ser usados em vários pontos da região central do país, buscando sempre as melhores áreas de navegabilidade e com custos de construção, operação e manutenção baixos.

Os portos móveis permitirão uma redução significativa do transporte por via terrestre, que é comprovadamente mais caro. Sendo assim, o custo final de transporte será significativamente reduzido, tornando a produção agrícola Brasileira muito mais competitiva no mercado internacional.

Sobretudo, com a utilização dos portos móveis, será possível implementar/consolidar novas rotas de escoamento da produção por portos oceânicos situados ao norte do litoral Brasileiro, o que permitirá uma redução de distâncias para exportações a países do hemisfério norte, tanto pela navegação no oceano atlântico quanto para a opção de acessar mercados orientais via canal do Panamá.

Na conclusão desta tese serão demonstrados os detalhes técnicos da solução proposta, bem como os cálculos do benefício econômico da mesma.

NOTA: Dada a nacionalidade do candidato a presente dissertação está escrita com uma ortografia característica do português do Brasil.

Palavras-chave: porto móvel, hidrovia, agricultura, transporte.

Abstract

Brazil stands out as one of the world's largest exporters of agricultural products, such as sugar, coffee, soybean, cotton, sugar cane, etc. that are essential for the international market. Several investments and studies that aim to improve the internal processes of the plantation sites are continually implemented. Nowadays, Brazil is the country with the highest soybean productivity per hectare in the world. When compared to the United States, Brazil produces 11% more per hectare.

However, despite all the technological advances achieved in the agricultural sector, Brazil is still unable to reach competitive final prices when compared to other producers. This is due to a strong deficiency in the inland distribution network. The high dependence of road transportation within its logistical network is the main cause of this price difference, in addition to originating the highest pollution rate per ton transported. This creates a scenario where all investment in technology to increase productivity within the farms is lost in offsetting the costs associated with poor national infrastructure, due to the current poor conditions of Brazilian highways, and the little use of other ways of transport, such as waterways and railways.

More than 50% of the Brazilian grain production occurs in the countryside. Despite having an excellent network of waterways, they are under used, as environmental restrictions and drought periods in the rivers generates great difficulties for implementing ports efficiently.

The aim of this thesis is to present a solution to increase the volume transported by river, through the creation of mobile ports that can be built without major environmental interventions and that can be used in various parts of the central region of the country, always seeking the better areas of navigability and with very low construction, operation and maintenance costs.

Mobile ports allow for a significant reduction in road transportation, which is proven to be more expensive. Thus, the final cost of transportation will be reduced, making Brazilian agricultural production much more competitive in the international market.

Moreover, with the use of mobile ports, it will be possible to implement / consolidate new exportation routes through ocean ports located to the north of the Brazilian coast, which will allow the reduction of distances for shipments to countries in the northern hemisphere in general, both through the Atlantic Ocean and, as well, as an option to access the eastern markets via Panama Canal.

At the conclusion of this thesis, the technical details of the proposed solution will be demonstrated, as well as the calculations of its economic benefit.

Keywords: mobile port, waterway, agriculture, transportation

Índice

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 A Origem da Tese.....	16
1.2 Estudos Internacionais.....	19
1.3 A Soja e o Transporte Fluvial no Brasil.....	21
1.4 Organização da Tese	21
2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	23
2.1 Produção Agrícola no Brasil (Valores de Produção, Organização da Produção).....	23
2.2 Sistema dos Transportes no Brasil (Rodoviárias, Ferroviárias e Hidroviárias).....	30
2.3 Sistemas de Transporte em Outros Países	40
2.4 O Problema da Solução Fluvial.....	49
2.5 Síntese do capítulo	54
3. NAVEGABILIDADE	55
3.1 Os Rios Utilizáveis	55
3.1.1 <i>Bacia do Rio Paraguai</i>	60
3.1.2 <i>Rio Cuiabá</i>	67
3.1.3 <i>Rio Miranda</i>	68
3.1.4 <i>Rio Paraguai</i>	69
3.1.5 <i>Rio São Lourenço</i>	70
3.1.6 <i>O Transporte Interno na Bacia e as Rotas de Exportação</i>	70
3.1.6.1 Hidrovia Paraguai	76
3.1.7 <i>Bacia do Rio Tapajós</i>	77
3.1.7.1 Problemas de Navegabilidade	77
3.1.7.2 Hidrovia Sistema Tapajós-Teles Pires	80
3.1.7.2.1 <i>Rio Arinos</i>	83
3.1.7.2.2 <i>Rio Juruena</i>	84
3.1.7.2.3 <i>Rio Teles Pires</i>	85
3.1.7.2.4 <i>Rio Tapajós</i>	87
3.1.7.2.5 <i>Estudo EVTEA Tapajós-Teles Pires [34]</i>	88
3.2 <i>Ligação de Áreas de Produção/Navegabilidade</i>	98
3.3 O Transporte para o Exterior	100
3.4 A Situação fluvial em outras regiões (países)	102
3.5 Síntese do capítulo	105
4. O CONCEITO DO PORTO MÓVEL (<i>MOOVDOCK</i>)	107
4.1 Conceito.....	107
4.1.1 <i>Uma solução off-shore de transbordo marítimo</i>	109
4.1.2 <i>Aplicabilidade da Solução off-shore às Hidrovias</i>	113
4.2 Aspectos Gerais da Solução.....	114
4.3 Constituição do Moovdock – configuração preliminar.....	117

4.4 Constituição do Porto Móvel (Partes Fixas e Móveis) – Configuração proposta	119
4.5 O Transporte Rodoviário Local.....	130
4.6 Fases de Funcionamento (Armazenagem, Cargas e Transportes Fluviais).....	130
5. DIMENSIONAMENTO SUMÁRIO DO PORTO MÓVEL (MOOVDOCK)	133
5.1 Equipamentos	133
5.1.1 <i>Guindaste</i>	133
5.1.2 <i>Shiploader</i>	134
5.1.3 <i>Tombador</i>	136
5.2 Dimensões base do Porto Móvel (MOOVDOCK)	138
5.3 Estrutura e peso	138
5.4 Dimensionamento detalhado	139
6. VIABILIDADE ECONÔMICA	141
6.1 Área foco para o Estudo.....	141
6.2 Análise dos Custos de Transporte	142
6.3 Estimativa do Custo de Implantação do MOOVDOCK.....	150
6.4 Análise Competitiva	151
6.4.1 <i>Análise Global da Solução</i>	153
6.5 Análise de Sensibilidade	155
6.5.1 <i>Resultados da Análise de Sensibilidade</i>	156
7. CONCLUSÃO E PASSOS PARA IMPLEMENTAÇÃO	161
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
APÊNDICES.....	168
Apêndice 1 – Tabelas Referenciais das Hidrovias	168
Apêndice 2 – Dimensionamento Equipamentos.....	178
Apêndice 3 – Cálculos Comparativos de Transporte (por Tonelada)	216
Apêndice 4 – Cálculos de Capacidade Operacional do <i>Moovdock</i>	217
Apêndice 5 – Cálculos de Implantação do <i>Moovdock</i> e Definição de Preço de Carregamento	218

Lista de Figuras

Figura 2.1: Brasil: evolução da área agrícola (1990-2017) ¹ (milhões ha).	24
Figura 2.2: Participação das Unidades da Federação e das Grandes Regiões na produção nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas - Brasil - 2020	26
Figura 2.3: Colheita de soja em fazenda no Mato Grosso (2014)	26
Figura 2.4: Comparação dos modelos de transporte usado no Brasil.	27
Figura 2.5: Projeção da produção e área de plantação de soja e milho (2010-2020).	28
Figura 2.6: Produção brasileira de soja e milho, segundo a região geográfica (1990-2011) em milhões de toneladas/ano.	29
Figura 2.7: Mudança Geográfica da produção de soja e milho, exportação e importação.	29
Figura 2.8: Exportação de soja mundial – 2017.	30
Figura 2.9: Trânsito de caminhões para entrega no Porto de Santos – SP (2012). .	31
Figura 2.10: Bloqueio devido as más condições da rodovia (2013).	31
Figura 2.11: Estado do Mato Grosso e a rota para São Paulo.	32
Figura 2.12: Perspectiva da matriz de transportes de carga brasileira	33
Figura 2.13: Comparação entre as capacidades de carregamento dos modais.	34
Figura 2.14: Consumo de combustível por modal para transportar uma tonelada por 1.000km.	34
Figura 2.15: Organização com várias fases das hidrovias.	36
Figura 2.16: Comparativo entre os custos (US\$) operacionais de transporte da lavoura até o porto de embarque, no Brasil, Argentina e Estados Unidos em 20 anos.	40
Figura 2.17: <i>Hubs</i> Portuários – Argentina.	44
Figura 2.18: <i>Hubs</i> Portuários – Estados Unidos.	45
Figura 2.19: <i>Hubs</i> Portuários – Brasil.	47
Figura 2.20: Matriz de Transporte de Cargas	48
Figura 3.1: Mapa hídrico brasileiro.	55
Figura 3.2: Bacia hidrográfica do Rio Paraguai em território brasileiro.	61
Figura 3.3: Navegabilidade dos trechos do Rio Paraguai e seus principais afluentes.	63
Figura 3.4: Mapa de trechos das hidrovias.	65
Figura 3.5: Rotas de exportação de soja com origem na América do Sul	73
Figura 3.6: Raios de 300Km/600Km porto Ladário – Produção Soja.	74
Figura 3.7: Raios de 300Km/600Km porto Ladário – Produção milho.	75
Figura 3.8: Fazendas no Paraguai.	75
Figura 3.9: Componentes com maior peso nos custos totais com a navegação interior	76
Figura 3.10: Localização de corredeiras.	78
Figura 3.11: Dados dos aproveitamentos hidrelétricos.	79
Figura 3.12: Localização de aproveitamentos hidrelétricos.	79

Figura 3.13: localização de trechos da hidrovia do Rio Teles Pires.	83
Figura 3.14: Divisão de Quedas Teles Pires	86
Figura 3.15: Mapa localização dos subtrechos EVTEA Tapajós Teles Pires.	89
Figura 3.16: Arranjo esquemático comboio 3x3.	91
Figura 3.17: Arranjo esquemático comboio 2 x 3.	91
Figura 3.18: Seção esquemática hidrovias.....	92
Figura 3.19: Perfil longitudinal Rios Tapajós e Teles Pires.	94
Figura 3.20: Destaque Parque Nacional do Juruena.....	95
Figura 3.21: Perfil Longitudinal Rio Teles Pires.....	96
Figura 3.22: Perfil longitudinal Rio Tapajós;	97
Figura 3.23: Polos de produção no Centro-Oeste do Brasil.	98
Figura 3.24: Principais rios da bacia amazônica.	98
Figura 3.25: Rota de escoamento rodoviária de Sorriso (MT) – Sinop (MT) e hidroviária de Sinop (MT) - Porto de Vila do Conde (PA) pelo Rio Teles Pires e Rio Tapajós.	99
Figura 3.26: Rotas de exportação internacionais e centros de produção de soja no Brasil.....	100
Figura 3.27: Investimentos em infraestrutura nos meios de transporte dos países da América do Sul.	104
Figura 4.1: Localização geográfica.....	110
Figura 4.2: Fotografia aérea equipamentos em operação Golfo de Paria.	111
Figura 4.3: equipamentos Golfo de Paria.	112
Figura 4.4: Chata “Mia” em operação de reboque.....	113
Figura 4.5: Localização dos pequenos portos da região norte do Brasil.	115
Figura 4.6: Ordenação pelo modelo "Direto por Barcaça". Da origem para o destino diretamente por comboios hidroviários.	115
Figura 4.7: Planta do <i>MOOVDOCK</i>	117
Figura 4.8: Corte do <i>MOOVDOCK</i>	117
Figura 4.9: Organização dos elementos do <i>MOOVDOCK</i> em perspectiva (configuração inicial).....	118
Figura 4.10: Logomarca proposta para o <i>MOOVDOCK</i>	119
Figura 4.11: <i>MOOVDOCK</i> em configuração de operação (vista oblíqua).	120
Figura 4.12: <i>MOOVDOCK</i> em configuração de operação (vista do rio para terra).	120
Figura 4.13: <i>MOOVDOCK</i> em configuração de operação (vista da terra para o rio).	121
Figura 4.14: <i>MOOVDOCK</i> em configuração de transporte.....	121
Figura 4.15: <i>MOOVDOCK</i> em configuração de transporte.....	122
Figura 4.16: Exemplo de um comboio 5x3 sendo transportado por empurrador. ...	123
Figura 4.17: <i>Lay-out</i> comboio 3x3 com inserção de um conjunto <i>MOOVDOCK</i>	124
Figura 4.18: Esquema de atracação <i>MOOVDOCK</i>	125
Figura 4.19: <i>Ship loader</i>	125
Figura 4.20: <i>Ship loader</i> em operação.	126
Figura 4.21: Tombador de caminhões.....	127
Figura 4.22: Tombador de caminhões.....	127

Figura 4.23: Tombador de caminhões	128
Figura 4.24: Guindaste de convés.....	129
Figura 5.1: HLRM-1000-2S.....	134
Figura 5.2: <i>Shiploader</i>	136
Figura 5.3: <i>Shiploader</i>	136
Figura 5.4: Tombador de caminhões.....	137
Figura 5.5. vista 3D.	138
Figura 5.6: Arranjo esquemático.....	140
Figura 6.1: Densidade de áreas produtivas.....	141
Figura 6.2 Produção de soja no Brasil e a Bacia do Paraguai com seus principais afluentes navegáveis.....	142
Figura 6.3: Rios com navegação comercial em 2012 no Brasil.....	143
Figura 6.4: Volumes de carga transportada pelo modo hidroviário até 2031.	144
Figura 6.5: Formação dos comboios recomendado para as hidrovias brasileiras. Indica, por cores, a configuração dos comboios a serem utilizados considerando-se a característica de navegabilidade de cada trecho.....	145
Figura 6.6: Movimentação da carga nos anos de 2012, 2013 e 2014 por região hidrográfica.....	145
Figura 6.7: Localização da Fazenda A e cidade de Sinop em relação ao Estado do Mato Grosso e porto de Santarem (ao norte, no Estado do Pará).	147
Figura 6.8: Localização da Fazenda A e cidade de Sinop.....	147
Figura 6.9: Localização da Fazenda A e Rio Teles Pires.	148

Lista de Tabelas

Tabela 1.1: Produção e exportações brasileiras no ranking mundial em 2017.....	17
Tabela 2.1: Emissão de Poluentes por Modal de Transporte (em libras produzidas/1 t de carga em 100 milhas percorridas).....	35
Tabela 2.2: Comparação técnica dos modais hidroviário, ferroviário e rodoviário....	35
Tabela 2.3: Obras de infraestrutura logística no Brasil.....	37
Tabela 2.4: Desempenho das Variáveis operacionais por modal de transporte ref..	37
Tabela 2.5 Construção de modais e área desmatada.....	39
Tabela 2.6 Custo de Construção e Manutenção da infraestrutura e vida útil por modal.....	39
Tabela 2.7: Comparativo de modelos de transporte utilizados no Brasil, Estados Unidos e China.....	40
Tabela 2.8: Análise LPI – Argentina 2007-2018.....	41
Tabela 2.9: Análise LPI – Brasil 2007-2018.....	42
Tabela 2.10: Análise LPI – Estados Unidos 2007-2018.....	42
Tabela 2.11: Análise Agregada LPI – Estados Unidos 2012-2018.....	43
Tabela 2.12: Visão Geral do Sistema Hidroviário da Europa, Estados Unidos e Brasil.....	49
Tabela 2.13 Investimentos necessários na navegação interior classificados por tipo de obra.....	51
Tabela 3.1: Tabela modelo de classificação de hidrovias.....	60
Tabela 3.2: Profundidade do Rio Paraguai e seus principais afluentes de acordo com o mês.....	64
Tabela 3.3: Top 15 Mato Grosso: destinos de exportação de soja (2018).....	71
Tabela 3.4: Total de exportação de soja do Brasil para a China, por porto (2014-2017).....	72
Tabela 3.5: Dados de aproveitamentos hidrelétricos.....	80
Tabela 3.6: Situação atual e potencial da rede fluvial nos principais países da América do Sul.....	103
Tabela 3.7: Visão geral do sistema hidroviário na Europa, Estados Unidos e Brasil.....	105
Tabela 4.1: Cálculo de capacidades operacionais.....	126
Tabela 4.2: Cálculo capacidade operacional.....	128
Tabela 5.1: Dados técnicos.....	133
Tabela 5.2: Dados técnicos.....	135
Tabela 5.3: Dados técnicos.....	135
Tabela 5.4: Dados técnicos.....	136
Tabela 5.5: Dimensionamento embarcação principal Moovdock.....	138
Tabela 5.6: Resumo de espessuras e chapeamentos.....	140
Tabela 6.1: Carga estimada para transporte por hidrovia interna no Brasil em 2031 (em milhões de toneladas).....	146

Tabela 6.2: Origem Fazenda A (Sinop), via transporte rodoviário até o porto de Santos (São Paulo), e destino porto de Shanghai (China), via Oceano Atlântico. .	148
Tabela 6.3: Origem Fazenda A (Sinop), via transporte rodoviário até o porto de Santarém (Pará), e destino porto de Shanghai (China), via Canal do Panamá.....	149
Tabela 6.4: Origem Fazenda A (Sinop), via transporte hidroviário até o porto de Santarém (Pará), e destino porto de Shanghai (China), via Canal do Panamá.....	149
Tabela 6.5: Valores de investimento.	151
Tabela 6.6: Comparativo de custos de transporte.	152
Tabela 6.7: Comparativo redução de custos por modalidade logística.	154
Tabela 6.8: Alteração do parâmetro 'Período Operacional' para +10% em relação ao cenário base.	156
Tabela 6.9: Alteração do parâmetro 'Retorno de Capital' para +10% em relação ao cenário base.	157
Tabela 6.10: Alteração do parâmetro 'Margem de Lucro' para +10% em relação ao cenário base.	157
Tabela 6.11: Alteração do parâmetro 'Depreciação' para +10% em relação ao cenário base.	158
Tabela 6.12: Alteração do parâmetro 'Período Operacional' para -10% em relação ao cenário base.	158
Tabela 6.13: Alteração do parâmetro 'Retorno de Capital' para -10% em relação ao cenário base.	159
Tabela 6.14: Alteração do parâmetro 'Margem de Lucro' para -10% em relação ao cenário base.	159
Tabela 6.15: Alteração do parâmetro 'Depreciação' para -10% em relação ao cenário base.	160
Tabela 6.16: Resumo das alterações de parâmetros e conclusão do 'Melhor Cenário' e 'Pior Cenário', conforme variações +10% e -10% em relação ao cenário base.	160

Lista de Siglas e Abreviaturas

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEC	Associação Nacional dos Exportadores de Cereais
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CIC	Comitê Intergovernamental Coordenador dos Países da Bacia do Prata
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
DWT	'Deadweight Tonnage' ou 'porte bruto'
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Institutos de Estudos Avançados
IMEA	Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MB	Marinha do Brasil
MINFRA	Ministério da Infraestrutura do Brasil
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTPAC	Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil
OEC	<i>The Observatory of Economic Complexity</i>
PIB	Produto Interno Bruto
SIFRECA	Sistema de informações de fretes
SWL	'Safe Working Load' ou 'Carga Máxima de Segurança'
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i> (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)
ZCG	Centro de gravidade vertical

1. INTRODUÇÃO

1.1 A Origem da Tese

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United States of America* (FAO) [1], os Indicadores internacionais tornam evidente a existência de um aumento da demanda internacional por alimentos. A população mundial deverá crescer em 27,69%, até 2030. Tomando-se como base a população de 2005 (de 6,50 bilhões), tal equivale a um crescimento para 8,30 bilhões de pessoas. O crescimento do consumo de grãos (soja, arroz e trigo) deverá ser, respectivamente, de 84,7%, 9,4% e 10,4% nos países em desenvolvimento. Todo este cenário pode ser justificado em função do aumento populacional e do crescimento econômico dos países, refletindo-se, ainda, na renda dos consumidores.

O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio engloba, além das atividades primárias realizadas no estabelecimento, as atividades de transformação e de distribuição, sendo o maior influenciador da economia brasileira, responsável por um em cada três empregos e por 21,4% do PIB brasileiro, em 2018.

O crescimento do produto da agropecuária dentro do país foi de 12,5% em 2017. O negócio que engloba a cadeia produtiva por completo (insumos, agropecuária, indústria e serviços), tem a estimativa de participação de 21,6% no PIB de 2019.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [2] o valor bruto da produção (VBP) agropecuária está estimado em R\$ 564,3 bilhões (€ 125,1 mil milhões) para o ano de 2019, resultado pouco abaixo do total registrado em 2018, quando foi atingido o valor de R\$ 570,3 bilhões (€ 127,9 mil milhões). Com R\$83 bilhões (€ 18 mil milhões) provindos do estado do Mato Grosso, R\$70 bilhões (€ 15,5 mil milhões) de São Paulo e R\$69 bilhões (€ 15,3 mil milhões) do Paraná.

A pecuária nacional é exportada para diversos países como carne de excelente qualidade, mas em 2018 foi responsável por apenas 34% da produção da agropecuária nacional, sendo os restantes 66% provindos da agricultura.

Entre os produtos com maior produção nacional e mundial estão, com seus percentuais da produção nacional agrícola, respectivamente:

- Soja (42%)
- Milho (23%)

- Algodão (9%)
- Cana de açúcar (7%)
- Feijão (6%)
- Arroz (5%)
- Trigo (4%)
- Outros (4%)

Sendo o Brasil, o maior exportador de alguns deles, como o açúcar, o café e o suco de laranja, nos termos da Tabela 1.1

Tabela 1.1: Produção e exportações brasileiras no ranking mundial em 2017.

Principais Produtos	Ranking Mundial		Part. no Comercio Internacional (Exportações)
	Produção	Exportação	
Açúcar	1º	1º	48%
Café	1º	1º	27%
Suco de laranja	1º	1º	76%
Soja em grãos	2º	1º	43%
Carne de frango	2º	1º	42%
Carne bovina	2º	1º	20%
Milho	3º	2º	20%
Óleo de soja	4º	2º	12%
Farelo de soja	4º	2º	22%
Algodão	5º	4º	8%
Carne suína	4º	4º	11%

Fonte: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

A produção e exportação agrícolas vêm crescendo ao longo de décadas e têm extenso potencial para crescer ainda mais, havendo uma série de investimentos e estudos que visam melhorar todos os processos internos dos locais de plantação.

Mesmo com todos os avanços tecnológicos no setor agrícola, o Brasil ainda não consegue alcançar preços competitivos finais, quando comparados com outros grandes produtores como a Argentina e os Estados Unidos, o que acontece devido a uma forte deficiência na rede de distribuição. A dependência da rede logística no transporte por caminhões pode ser mostrada como a principal causa dessa diferença de preços, além de ser o modo que tem a maior taxa de poluição por tonelada transportada.

O setor de transporte influencia diretamente no progresso de uma nação, proporcionando acessibilidade e mobilidade entre pessoas e mercadorias, viabilizando o progresso nos diversos setores de um país com o seu grau de importância na economia. Um país torna-se competitivo, na medida em que sua infraestrutura logística possa atender as necessidades e demandas para escoamento de sua produção. Desta forma, a compreensão e conhecimento das relações entre as diferentes características dos modais de transporte, passam a ser imperativos na gestão eficaz do transporte de cargas, com objetivo de garantir que as mercadorias cheguem ao destino final, com qualidade e custos competitivos.

No contexto brasileiro, são usualmente utilizados cinco modais de transporte de cargas: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Cada um com suas características, operação e custos, de maneira a serem mais adequados a cada tipo de carga.

O desequilíbrio do uso destes modais é prejudicial ao Brasil, uma vez que atrapalha o escoamento da produção, devido a perdas durante a origem e o destino levando a prejuízos altíssimos que, facilmente, poderiam ser evitados.

A América do Sul tem uma das redes fluviais com maior densidade e mais extensa cobertura geográfica do mundo, onde o Brasil é o país com mais recursos naturais da região. Entretanto, mesmo com essa vocação natural, a navegação interior ainda não tem participação expressiva no transporte de passageiros e mercadorias na região.

O país ainda não percebeu as oportunidades que seu sistema extensivo de vias navegáveis lhe proporciona e que a sua melhor integração na rede de transportes da região o auxiliaria a atender à crescente demanda de carga e mobilidade humana. Embora a evolução dos transportes internacionais por hidrovias interior tenha sido positiva no decorrer das últimas décadas, a navegação no transporte interior da América do Sul ainda representa menos do que 1% em termos de volume e valor. [2]

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma possível solução para potencialização do uso das vias navegáveis para o problema do transporte de *commodities*, tal como pode ser encontrado em vários países. Será apresentada uma nova metodologia de construção de portos e saída de mercadorias. As aplicações do que será apresentado e desenvolvido terá maior utilidade em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, que apresentem hidrovias favoráveis,

porém subutilizadas, e que precisem do transporte de um grande volume de mercadorias, além de terem um alto custo atribuído a soluções não ideais.

A solução de portos móveis que se desenvolve permite que tais estruturas possam ser construídas sem grandes intervenções ambientais e serem usadas em vários pontos da região central do Brasil, bem como em diversos outros países, buscando sempre as melhores áreas de navegabilidade e com um custo de construção, operação e manutenção muito baixo.

1.2 Estudos Internacionais

Existem já diversos estudos internacionais realizados sobre a logística e as oportunidades das hidrovias internas na América do Sul. Alguns exemplos são descritos abaixo:

- ***“Development of a Proposal of Inland Waterway Classification for South America”*** – *PIANC (World Association for Waterborne Transport Infrastructure)* [3].

O documento relata que a América do Sul ainda não tomou pleno partido do seu sistema extensivo de vias navegáveis e precisa melhor integrá-las em redes de transportes, a fim de atender a uma crescente demanda de carga e mobilidade humana e apresenta uma estratégia para implementar, manter e atualizar uma classificação comum de navegação na América do Sul e propõe uma estrutura e parâmetros para a classificação para as vias navegáveis interiores [3].

Visa elaborar uma nomenclatura comum para América do Sul que promova uma utilização mais eficiente, transparente e sustentável dos serviços de transporte e logística de hidrovias interiores, em todo o território.

- ***“Inland Navigation and a more sustainable use of natural resources: networks, challenges and opportunities for South America”*** – *Bulletin FAL* [4].

Evento realizado no Rio de Janeiro, em 2017, com a participação da *World Association for Waterborne Transport Infrastructure* (PIANC), da *National Waterway Transportation Agency* (ANTAQ) e da *Economic Commission for Latin America and the Caribbean* (ECLAC) e de representantes de países como o Brasil, principais

países da América do Sul, além dos Estados Unidos, Japão e grandes países da Europa.

Teve como objetivo obter decisões chave de especialistas para oportunidades de desenvolvimento da navegação interna na América do Sul, visando promover um uso mais sustentável dos recursos naturais locais. Teve como principais tópicos para a navegação interna:

- Identificar o potencial econômico regional e nacional;
 - Tendências e desafios do investimento público e privado;
 - Políticas e governança.
- **“*Avances en la clasificación de las vías de navegación interior en América del Sur*” – *Bulletin FAL* [5]**

A Comissão Econômica para América Latina e Caribe (CEPAL) e a Associação Mundial de Infraestruturas de Transporte Aquático (PIANC) realizaram uma reunião no Rio de Janeiro em 2016, com o objetivo de:

- Ser a base para as reuniões técnicas iniciais entre especialistas do setor da América do Sul e do mundo sobre a futura classificação das vias de navegação da região Sul-americana;
- Coletar e analisar dados sobre as características das vias de navegação interior como a frota, volume de tráfego e outros fatores técnicos e operacionais relevantes;
- Elaborar um projeto avançado dos parâmetros técnicos e operacionais da classificação, apresentando os resultados preliminares para os países da região.

Existem ainda diversos relatórios brasileiros sobre o tema, como:

- **Plano Hidroviário Estratégico (PHE)** – Ministério dos Transportes [6];
- **Diretrizes da Política Nacional de Transportes Hidroviários** – Ministério dos Transportes, [7];
- **Desempenho do Setor Aquaviário, Oportunidades e Melhorias Portuárias** – Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) [8].

1.3 A Soja e o Transporte Fluvial no Brasil

Sendo uma das principais *commodities* produzidas no Brasil, a soja será um dos principais focos desta tese. O aumento da demanda mundial e a sua crescente produção no Brasil, indicam que há carência de adequada logística de escoamento, sobretudo para exportação, de forma a se otimizarem os custos de transporte e ampliar a competitividade de seus preços no mercado internacional.

A tese analisará as principais zonas produtoras, as principais rotas de escoamento e os respectivos modais logísticos, e os portos marítimos brasileiros majoritariamente utilizados para exportação. Como parte das conclusões, a tese demonstrará que o transporte hidroviário no Brasil se apresenta subaproveitado, apesar do grande potencial natural do sistema fluvial brasileiro.

Neste sentido, a tese analisará os gargalos que restringem a ampliação do uso de hidrovias como opção aos transportes rodoviário e ferroviário, e apresentará uma solução de baixo custo para potencializar a utilização desse eficiente sistema de transporte de cargas, facilitando sua utilização por um maior número possível de produtores.

1.4 Organização da Tese

A tese foi estruturada com o capítulo 1 como a **Introdução**. Aqui foi contextualizada a origem da situação analisada, evidenciados estudos nacionais e internacionais que reforçam a importância do tema e explicado o objetivo proposto para estudo e onde foram referidos os passos adotados para o cumprimento dos mesmos. Além da Introdução foram elaborados mais 6 capítulos, evidenciados a seguir.

No capítulo 2, **Caracterização do Problema**, são apresentados valores e a atual organização logística da produção agrícola brasileira. São evidenciados os dados do sistema de transporte rodoviário, ferroviário e hidroviário no Brasil e a comparação da sua utilização em relação à utilização de cada modal de transporte com outros países como Argentina, China e Estados Unidos. Referem-se, adicionalmente, os desafios com a licença ambiental, custo de implementação, a falta de incentivo por meios públicos e a necessidade de mão de obra qualificada, que são desafios que justificam uma maior utilização das hidrovias.

O capítulo 3, **Navegabilidade**, evidencia a situação global das redes fluviais, com base em países vizinhos ao Brasil assim como países com maior desenvolvimento hidroviário. Mostra os rios propícios a navegação na região brasileira estudada, as dificuldades de navegação, as questões técnicas ambientais, e ainda a falta de infraestrutura, investimentos públicos e privados e de profissionais qualificados. Explica a interligação das áreas de produção e como será a logística de transporte de soja, desde a passagem de caminhões para barcaças, até ao transporte dos portos de exportação para os países destino.

O capítulo 4, **O Conceito do MOOVDOCK**, apresenta dados sobre o transporte rodoviário no país, os conceitos gerais da estrutura portuária de movimentação de grãos, o seu princípio vinculado ao transporte logístico hoje majoritariamente por caminhões. A solução estudada é descrita com as partes fixas e móveis do porto móvel, e com as suas fases de funcionamento, desde a armazenagem, suas cargas e o transporte fluvial.

O capítulo 5, **Dimensionamento Sumário do MOOVDOCK**, e seu anexo "**Pré-dimensionamento do MOOVDOCK**". tratam dos aspectos técnicos de dimensionamento do porto e toda sua estrutura necessária como o descarregador, o transporte e carregamento dos grãos nas embarcações e da sua flutuação durante a carga, considerando as ações internas, externas e os materiais. Conclui-se com o estudo da atracagem da balsa e a sua flutuação, também durante o transporte.

O capítulo 6, **Viabilidade Econômica**, evidencia a área de produção de grãos no centro oeste do Brasil, a análise do seu transporte para comércio nacional e para exportação por meios rodoviários, ferroviários e hidroviários. Avaliando a viabilidade de implantação do projeto, levando em conta o custo de implantação da estrutura, e analisando sua análise competitiva no mercado.

O capítulo 7, **Conclusão**, tece considerações finais sobre o trabalho com os principais dados estudados, a análise global da situação do mercado hidroviário para escoamento de grãos no Brasil, e no mundo, e os passos principais para a sua posterior implementação.

2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

2.1 Produção Agrícola no Brasil (Valores de Produção, Organização da Produção)

Segundo o estudo “Diagnóstico e Desafios da Agricultura Brasileira”, Vieira Filho afirma que:

o agronegócio brasileiro encontra-se em crescente expansão, podendo ser observados, a partir da década de 1990, ganhos significativos de produção e produtividade. Tais ganhos são frutos de investimentos em ciência e tecnologia, e de diversos avanços tecnológicos, bem como de importantes políticas públicas para o meio rural.

Alguns fatores são determinantes para a expansão da produção de alimentos, seja pelo desenvolvimento de algumas regiões, seja pelo crescimento populacional e de renda, que ocasiona um aumento da demanda per capita. O Brasil possui um potencial produtivo na agropecuária, respondendo positivamente aos estímulos do mercado interno e externo.

O desempenho da agropecuária na atualidade é consequência de resultados provenientes de políticas implementadas no decorrer dos últimos anos. Cabe destacar a relevância da tomada de conhecimento ampliado pela criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), no início da década de 1970, com o intuito de transformar a agricultura brasileira por meio de desenvolvimento de pesquisas.

A expansão de novas áreas agrícolas no Brasil, antes consideradas improdutivas, passou a ter um papel relevante no fomento da produção agropecuária. O novo cenário alcançou novos territórios do Norte e no Centro-Oeste brasileiro. O destaque centra-se na região do Centro-Oeste, devido à implementação de melhoria de solo e à adoção de tecnologias decorrentes de investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

A agropecuária brasileira é referência mundial em virtude do seu elevado desempenho produtivo e à sua participação no volume do comércio internacional. Não obstante sua capacidade de crescimento elevada, dados os investimentos em tecnologia e pesquisa, outro fator importante está relacionado ao seu vasto território, no qual a atividade pode ser ampliada, tendo em vista a grande variedade de solos e climas nas diferentes regiões brasileiras, o que difere de muitos países [9].

Cabe destacar que nos últimos cinquenta anos foram constatadas alterações no cenário da atividade agrícola, resultantes de profundas mudanças estruturais na produção, na comercialização e no suprimento de elementos, entre outros fatores, o que ocasionou um grande volume de produção agrícola. A Figura 2.1 mostra a evolução agrícola do Brasil, em hectares, segundo a PAM¹ de 2017, disponibilizada pelo IBGE, no qual se pode verificar um aumento de 54,8% na produção brasileira no período de 1990 a 2017.

¹ PAM: Produção Agrícola Municipal, pesquisa realizada anualmente pelo IBGE, que tem o intuito de fornecer informações estatísticas sobre quantidade produzida, área plantada e colhida, rendimento médio e valor da produção agrícola. O inquérito é anual e atinge todo o território nacional, com informações para o Brasil, Regiões Geográficas, Unidades da Federação, Mesorregiões Geográficas, Microrregiões Geográficas e Municípios.

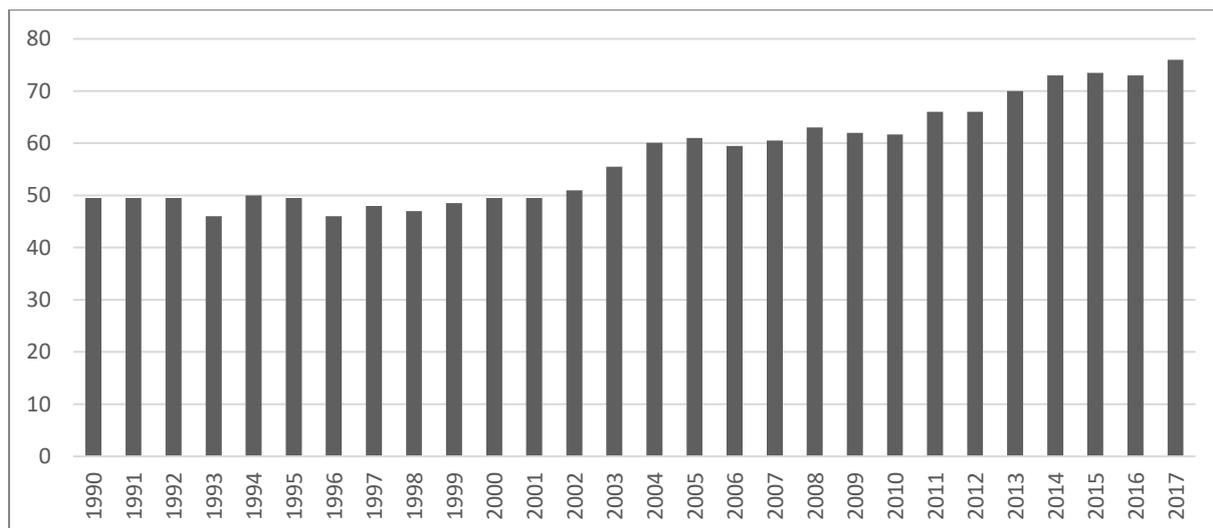


Figura 2.1: Brasil: evolução da área agrícola (1990-2017)¹ (milhões ha).

Fonte: O autor, adaptado de IBGE.

Alguns produtos se destacam entre as lavouras, como algodão, café, soja, milho, cana-de-açúcar e trigo, que foram beneficiados com os preços mais elevados dos produtos e os aumentos de produção. [10]

O presente trabalho vai concentrar-se no milho e soja, que são dois dos produtos principais na produção agrícola brasileira.

Ainda segundo o referido estudo, vale destacar que:

a produção de milho ao longo dos anos foi se concentrando especialmente na região Centro-Oeste e em alguns estados da região Sul. (...) A produção no Norte e no Nordeste passou a se concentrar mais precisamente na fronteira agrícola que agrega os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (região conhecida como Matopiba), cujas condições são propícias para o aumento da produção agrícola, com alto potencial produtivo.

O cultivo de milho se dá em duas fases no ano, sendo a segunda safra superior a primeira. De acordo com Oliveira Neto (2015), a primeira safra, no verão, perde em termos de área plantada para o cultivo da soja, que detém a preferência dos produtores, haja vista sua estrutura comercial consolidada. (...) A importância do milho para o Brasil também tem se intensificado no mercado internacional, sendo o país segundo maior exportador e terceiro maior produtor mundial.

O cultivo da soja no Brasil está concentrado nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, bem como em alguns estados das regiões Norte e Nordeste. Dada a contribuição das políticas de incentivo à produção, já citadas neste estudo, verificam-se a expansão do cultivo da soja e o aumento de produtividade dessa atividade no cenário nacional. Esse cultivo é um elemento importante para as produções na pecuária, pois trata-se de um dos componentes da ração dos animais. A soja, um produto com forte liquidez e alta apreciação no mercado, proporciona um quadro de suporte de preços dentro do mercado interno brasileiro. Isso incentiva também o incremento de área para seu cultivo, por meio de tecnologias que minimizem os custos de produção, imputando assim na produtividade e rentabilidade do produto". [11]

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), através do relatório "Observatório Agrícola", Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos, n.5,

quinto levantamento, fev.2020”, para a safra 2019/2020 [11] está previsto um incremento de 2,5% na área plantada em comparação à safra anterior. São estimados cerca de 64.840,3 mil hectares para esse ciclo, correspondendo a uma variação absoluta de 1.578,1 mil hectares, influenciado principalmente pelo crescimento da área de soja e milho.

O relatório indica que: “desse montante, as culturas de primeira safra ocupam uma área de 45,6 mil hectares, enquanto as culturas de segunda e terceira safras e de inverno são cultivadas em 19,3 mil hectares, a maior parte aproveitando áreas já cultivadas” [11].

No mesmo levantamento, o retrato das lavouras mostra que quando a colheita da soja se inicia (primeira safra), vem o cultivo do milho (segunda safra). bem como o de algodão, tornando-se esses produtos os de grande destaque. Com a estimativa de aumento de área de milho segunda safra e o bom desempenho da soja, a produção de grãos deverá atingir 251,1 milhões de toneladas, apresentando uma variação positiva de 3,8% em relação à temporada anterior (2018/2019), equivalendo a um aumento absoluto de 9,1 milhões de toneladas [11].

Nos indicadores do IBGE, a produção de cereais, leguminosas e oleaginosas apresentou uma variação positiva para todas as Grandes Regiões, destacando-se a Centro-Oeste, com crescimento de 10,4% segundo o “Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Estatística da produção agrícola” [12].

Na distribuição da produção pelas Unidades da Federação, o Mato Grosso lidera como maior produtor nacional de grãos, com uma participação de 27,1%, seguido pelo Paraná (15,8%), Rio Grande do Sul (14,2%), Goiás (9,9%), Mato Grosso do Sul (7,9%) e Minas Gerais (6,0%), que, somados, representaram 80,9% do total nacional. Com relação à participação das regiões brasileiras, tem-se a seguinte distribuição: Centro-Oeste (45,3%), Sul (32,6%), Sudeste (9,8%), Nordeste (8,2%) e Norte (4,1%) como indicado na Figura 2.2, a seguir:

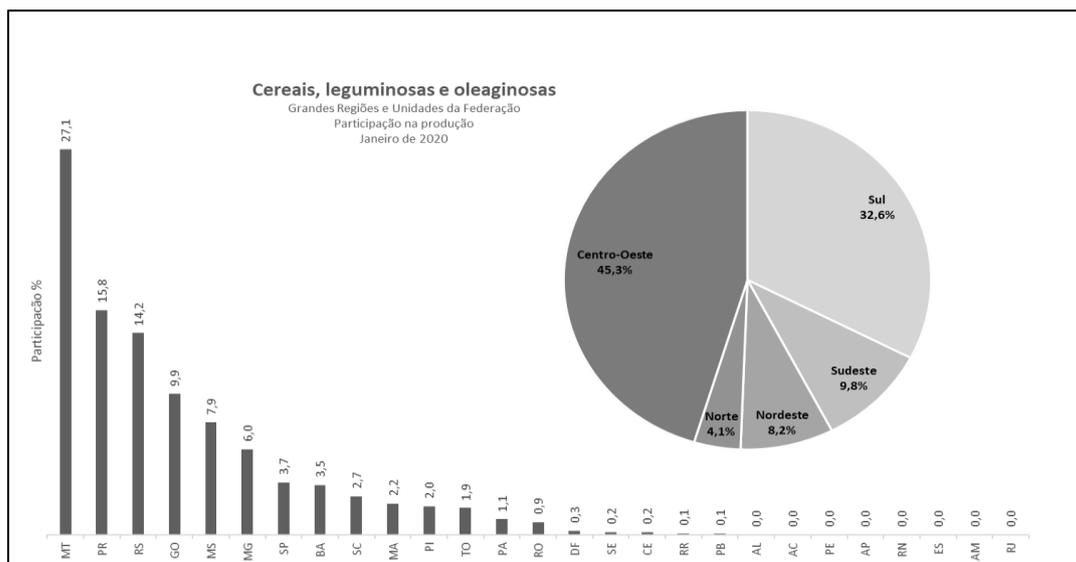


Figura 2.2: Participação das Unidades da Federação e das Grandes Regiões na produção nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas - Brasil - 2020

Fonte: IBGE Diretoria de Pesquisa, Coordenação de Agropecuária, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Jan 2020

Os dados indicam que “as variações mais acentuadas observadas em 2020 nas estimativas das produções ocorreram em Mato Grosso (2.701.613 t), Minas Gerais (606.865 t), Maranhão (108.571 t), Paraná (96.501 t), Ceará (17.879 t), Tocantins (6 690 t), Piauí (5 385 t), Rio de Janeiro (452 t) e Goiás (-15 967 t)” [12].

O Brasil é o país com a maior produtividade de soja por hectare do mundo (produção nas fazendas).



Figura 2.3: Colheita de soja em fazenda no Mato Grosso (2014)

Fonte: <https://www.fundacaoroge.org.br/blog/agropecu%C3%A1ria-%C3%A9-destaque-no-crescimento-do-pib-de-2017>

Quando comparado com os Estados Unidos o Brasil produz 11% mais por hectare, no entanto, perde sua competitividade devido à má qualidade das operações de transporte, o que inclui o país em um cenário onde todo o investimento em tecnologia para aumentar a produtividade dentro das fazendas é perdido para compensar os custos ligados à pobre infraestrutura nacional.

Isto acontece devido às terríveis condições presentes nas rodovias brasileiras, e ao baixo uso de outros modos de transporte, como hidrovias e ferrovias, conforme Figura 2.4

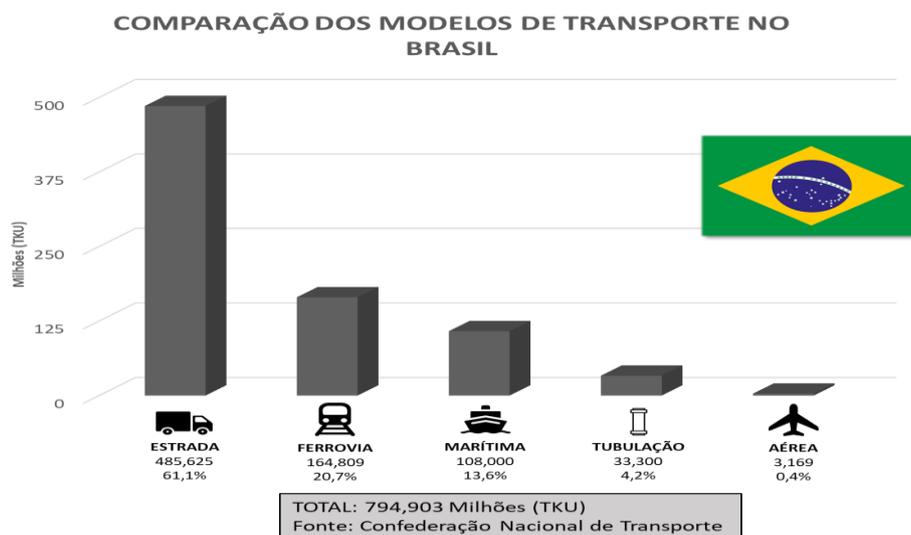


Figura 2.4: Comparação dos modelos de transporte usado no Brasil.
Fonte: Confederação Nacional dos Transportes, 2013.

Mais de 50% da produção brasileira de grãos ocorre nas regiões interiores do país, mas apesar de ter uma rede de vias navegáveis excelente, elas são pouco utilizadas, pois há grandes dificuldades em criar portos nestas regiões devido a questões ambientais e aos períodos de seca dos rios.

A safra de soja tem um período de escoamento, iniciando-se com a colheita em janeiro e estendendo-se até ao mês de novembro, nos estados do Mato Grosso e Rondônia. O maior volume escoado ocorre entre os meses de março e maio, período de pico da colheita.

Já a segunda safra de milho é colhida entre os meses de maio e julho, que em virtude da competição com a soja (a venda da soja traz mais lucros do que a venda de milho), tem seu transporte diferido para ser realizado ao longo do segundo semestre, sendo boa parte realizado oportunamente pelo Rio Madeira (que nasce no estado de Rondônia, cruza parte do estado do Amazonas e tem sua foz no Rio

Amazonas, cerca de 150km a jusante de Manaus, capital do estado), que tem nesses meses o seu período de cheia e no intervalo entre agosto e setembro, o seu período de águas baixas. As produções históricas de soja e milho estão evidenciadas nos gráficos representados pela Figura 2.5.

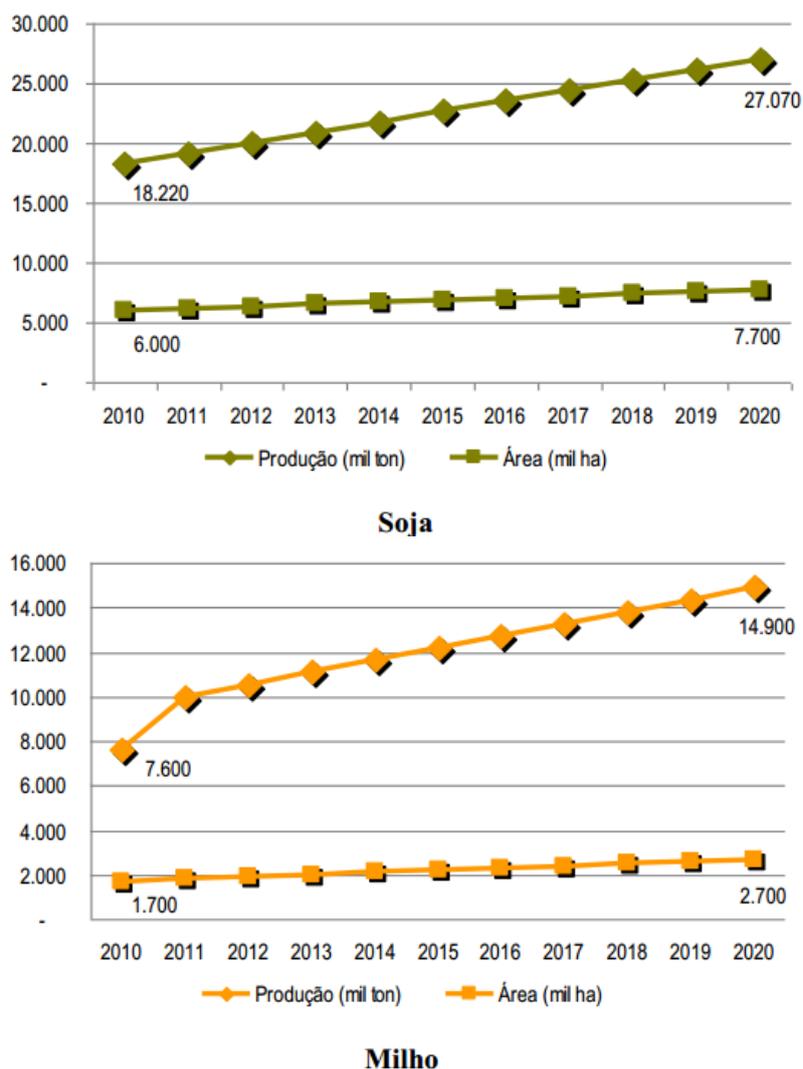


Figura 2.5: Projeção da produção e área de plantação de soja e milho (2010-2020).

Fonte: IMEA - Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária (2010).

A produção de soja e milho tem aumentado na região Sul do país, mas a região Centro-Oeste, ainda é a maior produtora, com um crescimento da produção na região Nordeste, ocasionada pela gradual mudança geográfica da produção desses grãos.

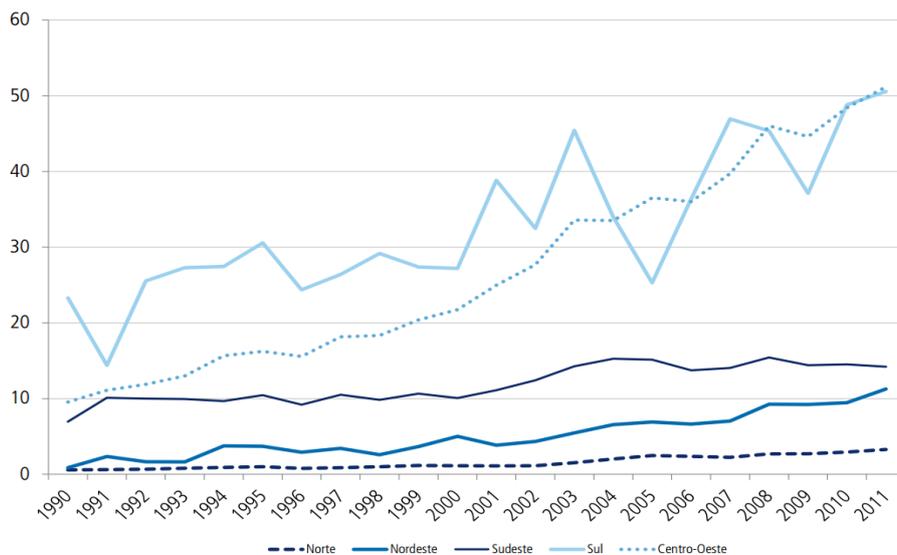


Figura 2.6: Produção brasileira de soja e milho, segundo a região geográfica (1990-2011) em milhões de toneladas/ano.

Fonte – Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

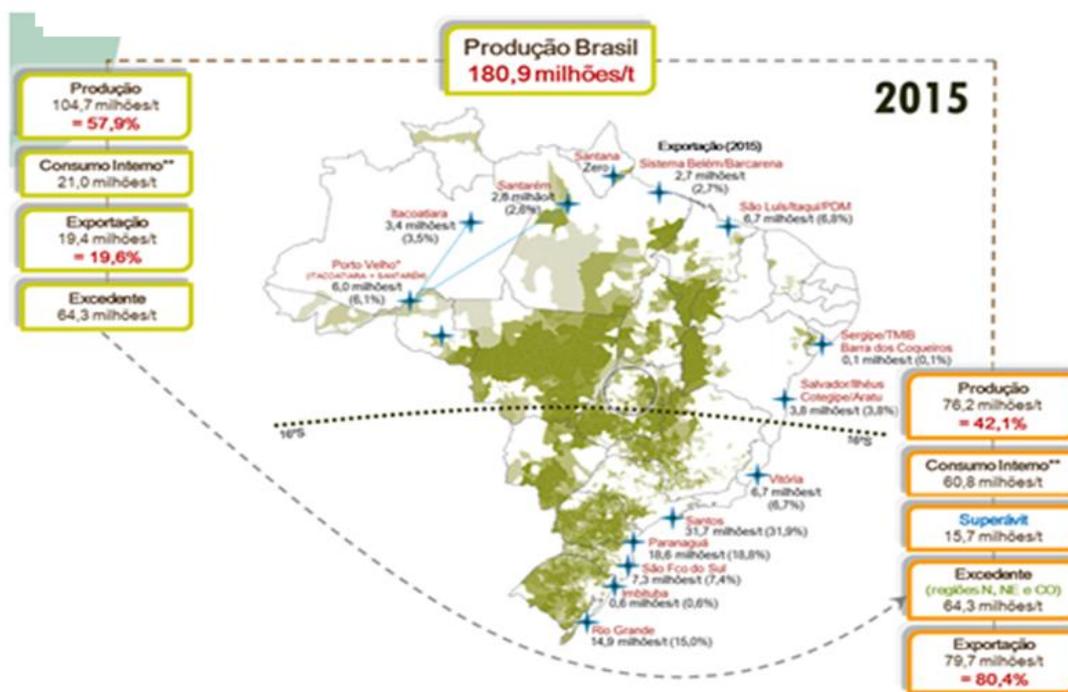
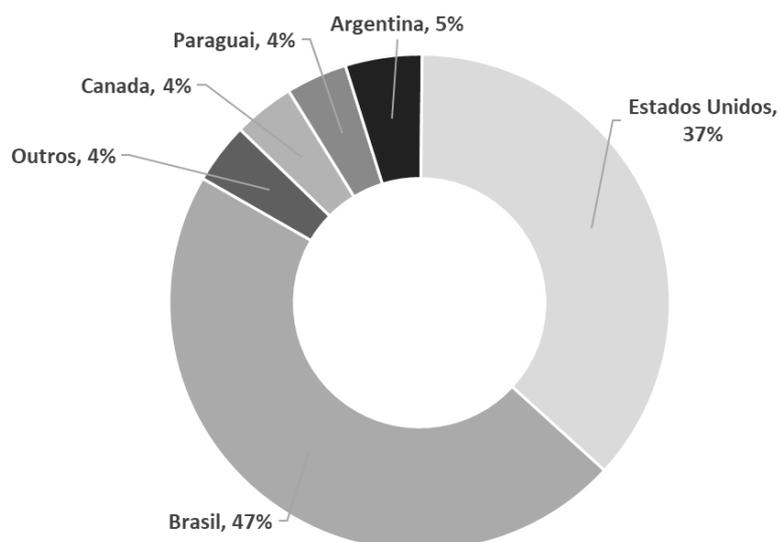


Figura 2.7: Mudança Geográfica da produção de soja e milho, exportação e importação.

Fonte: Confederação Nacional de Agricultura (CNA).



País	Milhões de Alqueires	Milhões de Toneladas Métricas
Brasil	2.590	70,5
Estados Unidos	2.065	56,2
Argentina	250	6,8
Paraguai	213	5,8
Canadá	202	5,5
Outros	213	5,8
Total	5.533	150,6

Figura 2.8: Exportação de soja mundial – 2017.
 Fonte: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

2.2 Sistema dos Transportes no Brasil (Rodoviárias, Ferroviárias e Hidrovias)

Como dito anteriormente, observa-se ineficiência na rede de distribuição do país, o que prejudica a competitividade do Brasil quando comparada a outros grandes produtores como Argentina e Estados Unidos. A dependência da rede logística rodoviária e as terríveis condições presentes nas rodovias brasileiras, principalmente na região Centro-Oeste do país, pode ser configurada como a principal causa da diferença de preços existente. Portanto, o custo de transporte passa a ser um ponto crítico para a definição do preço dos produtos agrícolas brasileiros.

A razão para estas condições é uma combinação de fatores tais como o pouco investimento e o alto fluxo de cargas em estradas, que não têm capacidade de escoamento adequada (Figura 2.9).



Figura 2.9: Trânsito de caminhões para entrega no Porto de Santos – SP (2012).
Fonte: Jornal o Globo, 2013

Além destes fatores de condicionamento, existem também os riscos devido à imprevisibilidade que o modelo de transporte rodoviário apresenta, com elevados índices de acidentes e possíveis bloqueios nas estradas (Figura 2.10).



Figura 2.10: Bloqueio devido as más condições da rodovia (2013).
Fonte: <https://www.comprerural.com/caminhoes-de-soja-estao-atolados-e-com-7-km-de-congestionamento/>

O problema do transporte é particularmente importante, pois o Brasil produz cerca de 114 milhões de toneladas de soja por ano, sendo mais de 50% na região interior do país e 25%, no Mato Grosso, (Figura 2.11).



Figura 2.11: Estado do Mato Grosso e a rota para São Paulo.
Fonte: Autor.

Como pode ser observado, o estado do Mato Grosso (MT) está localizado no centro-oeste do país e toda a produção precisa ser enviada para o litoral sudeste, onde se situam os grandes portos, que são o terminal para exportação deste tipo de *commodities*. Para entender o desafio de transportar um volume tão grande de material de um lado do país para o outro, deve-se ter uma forma clara de compreender a ordem de grandeza da distância envolvida.

Historicamente, a malha ferroviária brasileira acompanhou a expansão da produção cafeeira até o oeste paulista, do século XIX até o início do século XX. Atualmente, os principais eixos ferroviários são usados para o transporte de minério de ferro e grãos provenientes da agroindústria, porém não atende a toda a produção.

Mais de 50% da produção brasileira de grãos tem lugar na região interior do país. Entretanto, as vias navegáveis são pouco utilizadas, principalmente pelas

dificuldades na implantação de portos nestas regiões, sob o aspecto financeiro e ambiental.

Segundo o Plano Hidroviário Estratégico (PHE) [6], dos 63.000 km de rios e lagos do Brasil, apenas 22.000 km são economicamente navegáveis. Apesar do potencial de melhor aproveitamento, apenas 6.500 km de rios são considerados relevantes para a navegação comercial, fazendo com que o modo hidroviário tenha atualmente uma participação pequena na matriz de transportes brasileira, com pouca expectativa de melhora nos próximos anos, caso não haja investimentos nesse setor.

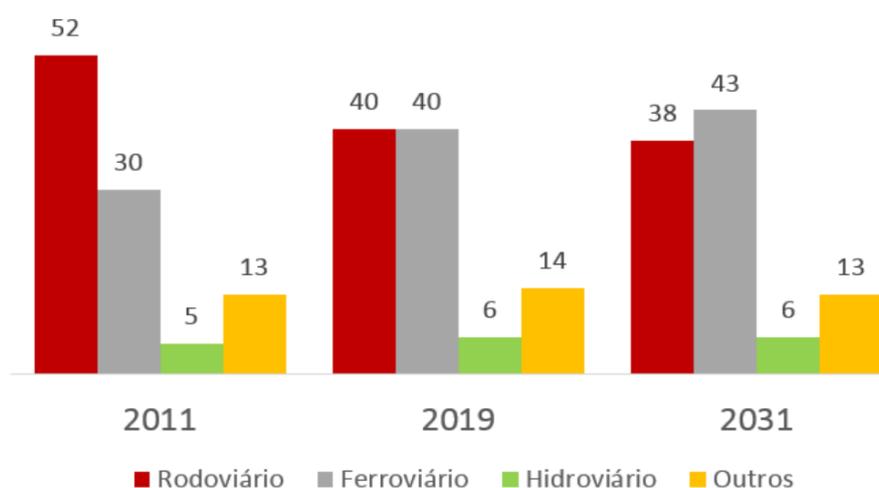


Figura 2.12 Perspectiva da matriz de transportes de carga brasileira
Fonte: Ministério dos Transportes.

Alguns fatores prejudicam o desenvolvimento do transporte por hidrovias no país. O setor apresenta um conjunto de gargalos e desafios a serem enfrentados, que serão apresentados no presente estudo. Tais obstáculos assim como fragilidades na governança da política pública de Transporte Hidroviário Interior dificultam a resolução de pontos críticos, conseqüentemente, geram incertezas para investidores e usuários da navegação interior.

Os comparativos de capacidades de carga dos modais, vistos na Figura 2.13 e na Figura 2.14, demonstram que o transporte por hidrovia é muito mais produtivo. Um comboio hidroviário leva o equivalente a 3 comboios ferroviários e 172 carretas rodoviárias, além de gastar cerca de 30% menos combustível do que o transporte ferroviário e 75% menos em comparação ao transporte rodoviário, sendo menos agressivo ao ambiente do que os outros modais, já que consegue levar mais carga por viagem e necessita de menos combustível.

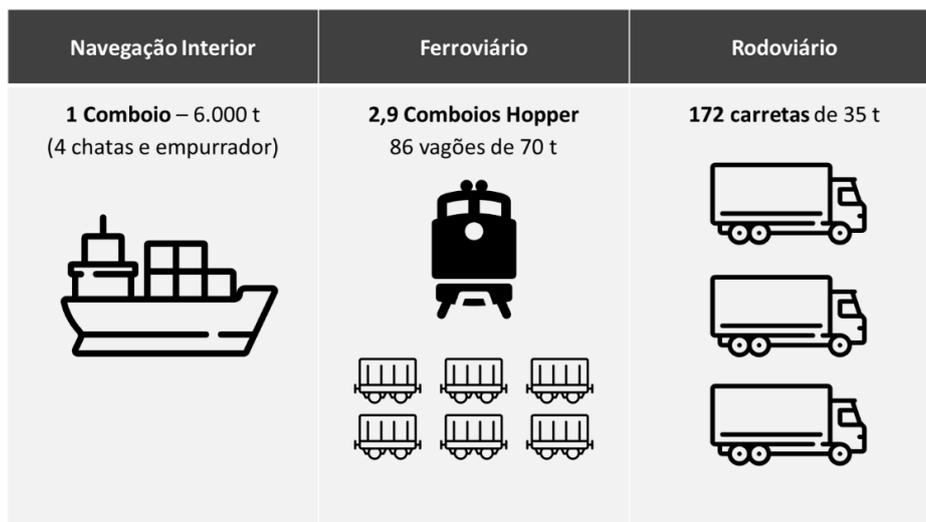


Figura 2.13: Comparação entre as capacidades de carregamento dos modais.
 Fonte: CNT (confederação nacional dos transportes) [13]

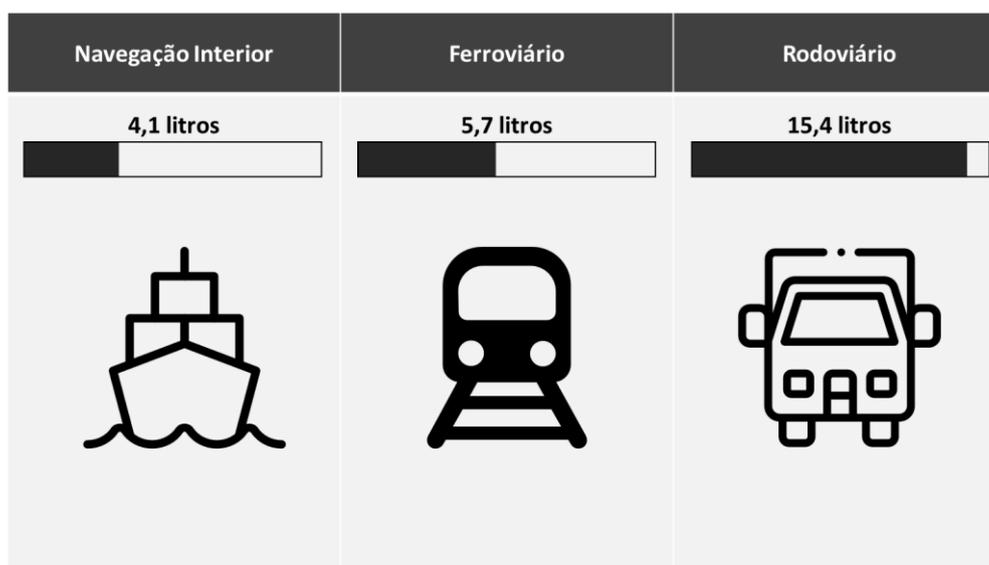


Figura 2.14: Consumo de combustível por modal para transportar uma tonelada por 1.000km.
 Fonte: CNT (Confederação Nacional dos Transportes) [13]

Outra análise feita pela *United States Environmental Protection Agency* (EPA – Agência de Proteção Ambiental) [14], mostra a emissão de poluentes por equipamento de transporte, sendo a análise feita entre os três modais, hidroviário (empurrador), rodoviário (caminhão) e ferroviário (trem), conforme Tabela 2.1:

Tabela 2.1: Emissão de Poluentes por Modal de Transporte (em libras produzidas/1 t de carga em 100 milhas percorridas).

Modal	Hidrocarbonetos	Relação	CO	Relação	Óxido Nitroso	Relação
Caminhão	0,63	7,00	1,90	9,50	10,17	19,19
Trem	0,46	5,11	0,64	3,20	1,83	3,45
Empurrador	0,09	1,00	0,20	1,00	0,53	1,00

Fonte: EPA (2006).

A tabela acima demonstra o quanto o modal mais utilizado para transporte de cargas no Brasil é o maior poluidor entre os demais, chegando a ter uma relação de 7 para Hidrocarbonetos, de 9.50 para Monóxido de Carbono e de 19.2 para Óxido Nitroso [14].

Os dados técnicos comparativos mostrados reforçam que o transporte hidroviário é mais eficiente e rentável, necessitando de menos energia, com menos investimentos, tendo menor peso morto por tonelada de carga transportada, além de precisar de menos equipamentos com maior vida útil. A Tabela 2.2 apresenta a relação entre os modais considerando diversos fatores, destacando a quantidade transportada, o investimento necessário, a vida útil deste sistema e o custo (relação tonelada por quilometro transportado):

Tabela 2.2: Comparação técnica dos modais hidroviário, ferroviário e rodoviário.

Indicador	Hidroviário	Ferrovário	Rodoviário
Peso Morto por tonelada de carga transportada	350 Kg	800 Kg	700 Kg
Força de tração - 1 CV arrasta	4000 Kg	500 Kg	150 Km
Energia: 1Kg de carvão mineral leva 1 tonelada	40 Km	20 Km	6.5 Km
Quantidade de equipamento para 1000 toneladas	1 balsa	50 vagões	50 cavalos e 50 reboques
Vida útil dos equipamentos e veículos (anos)	50	30	10

Fonte: Valec, DER-GO (2010).

O consumo de energia apresenta uma grande distorção na comparação entre as matrizes de transportes brasileiro. Por exemplo, com a energia despendida por 1kg de carvão mineral, pode-se transportar uma tonelada numa distância de 6,5 Km, com um caminhão, e 20Km com um trem. Utilizando-se um comboio de barcaças (cabotagem), o percurso seria de 40 Km [14]

Outra análise a ser feita, refere-se à quantidade de equipamentos para o transporte de 1000 toneladas. Segundo Neubauer seria preciso um empurrador e uma balsa; para trem (comboio) se precisaria de uma locomotiva e 50 vagões e, por último, escolhendo o transporte rodoviário haveria a necessidade de 50 carretas (cavalos mecânicos e seus respectivos reboques) [14].

Atualmente o modelo em uso para o escoamento interno por hidrovias no Brasil é apresentado na Figura 2.15.



Figura 2.15: Organização com várias fases das hidrovias.

Fonte: PHE [6].

A Tabela 2.3 evidencia a atual preferência e estímulo ao transporte rodoviário, com seis trechos de obras em 4 rodovias nacionais. Mas mostra também o investimento em outros modais como o ferroviário, com a implantação de duas ferrovias, e com o projeto de duas hidrovias, que se interligam e que podem gerar uma melhora na logística de exportação dos grãos e dos seus lucros.

Tabela 2.3: Obras de infraestrutura logística no Brasil.

Tipo	Trecho	Obra
Rodovias	BR-163 Guarantã do Norte (MT) a Santarém (PA)	1.024 Km, Pavimentação
	MT-206 Colniza (MT) a Aripuanã (MT)	310 Km, construção e pavimentação
	BR-174 Juína (MT) a Aripuanã (MT)	374 Km, construção e pavimentação
	BR-174 Divisa MT/RO a Juína (MT)	174 Km, construção e pavimentação
	MT-208 e BR-163 Terra Nova do Norte (MT), Alta Floresta (MT), Cotriguaçu (MT), Colniza (MT) e entroncamento da MT-206	350 Km, construção e pavimentação
	BR-174 e BR-070 Porto de Santo Antônio das Lendas (MT) à Cáceres (MT)	75 Km, construção e pavimentação
Ferrovias	EF-354 Transcontinental, Campinorte (GO), Cocalinho (MT), Ribeirão Cascalheira (MT), Lucas do Rio Verde (MT), Vilhena (RO)	Implantação
	EF-364 Trecho Rondonópolis (MT), Cuiaba (MT)	220 Km, Implantação
Hidrovias	Hidrovias dos rios Teles Pires e Tapajós Trecho Sinop (MT) à Santarém (PA)	Projeto
	Hidrovias dos rios Arinos, Juruena e Tapajós Trecho Porto dos Gaúchos (MT), Cotriguaçu (MT) e Santarém (PA)	Projeto

Fonte: CNA - Comissão Nacional de Infraestrutura e Logística, out. 2010.

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada do Governo Brasileiro (IPEA), apresenta uma classificação (1 a 5) do desempenho das variáveis operacionais por modal de transporte brasileira [16], utilizando cinco variáveis associadas aos cinco modais transcritas (Tabela 2.4):

Tabela 2.4: Desempenho das Variáveis operacionais por modal de transporte ref

Variável Operacional	Rodoviário	Ferrovário	Aéreo	Dutoviário	Hidroviário
Velocidade	2	3	1	5	4
Disponibilidade	1	2	3	5	4
Confiabilidade	2	3	5	1	4
Capacidade	3	2	4	5	1
Frequência	2	4	3	1	5
Total	10	14	16	17	18

Fonte e Elaboração – IPEA (2016) – Ribeiro (2010, p.9)

Como breve descrição das características, vantagens e desvantagens de cada um dos modais, o IPEA apresenta em seu relatório “Logística e transportes no

Brasil: uma análise do programa de investimentos 2013-2017 em Rodovias e Ferrovias” [16], que:

Rodoviário:

- transporta produtos acabados e semiacabados por curtas e médias distâncias – material rodante (caminhões, carretas, reboques etc.);
- transporta menor quantidade de carga por unidade de energia consumida;
- apresenta preços médios de frete mais elevados que os modais ferroviário e hidroviário (tornando-o apto para o transporte de mercadorias de valor mais agregado ou perecíveis);
- frota “rastreada” permite: implantação de processos logísticos just-in-time (redução de estoques nas fábricas e esperas em pátios modais e portos);
- vantagens: muita flexibilidade, facilidade de integração no transporte porta a porta, adequação aos tempos demandados e frequência e disponibilidade dos serviços; e
- desvantagens: não transportar grandes volumes em uma única vez, alto custo do frete em relação à distância e provoca elevado custo de manutenção da infraestrutura.

Ferrovário:

- tipo de carga: soja, milho, fertilizantes, minério de ferro, carvão mineral, produtos siderúrgicos, derivados do petróleo etc.;
- vantagens: grandes volumes de produtos homogêneos, percorre médias e grandes distâncias, custo variável baixo e alta regularidade; e
- desvantagens: elevado investimento, necessidade de grande quantidade de carga, altos custos fixos, modal pouco utilizado no Brasil (possui pequena malha de cerca de 29 mil quilômetros de extensão).

Aéreo:

- aviação civil (tipos de transporte): executivo, serviços regulares, fretamentos, aviação agrícola etc.;
- formas de navegação: longo curso, nacional (cabotagem) e regional;
- transporta pequenos volumes com alto valor agregado e perecíveis para longas distâncias;
- vantagens: rapidez, regularidade, segurança, conforto e tarifas cada vez mais competitivas; e
- desvantagens: alto investimento, custos elevados (fixo e variável), mão de obra muito qualificada, tempo elevado para formação de pessoal, intensivo em tecnologia e dependente de preços internacionais.

Dutoviário:

- formas de implantação: curta, média e longa distâncias;
- oleodutos: os produtos transportados são, em sua grande maioria, derivados do petróleo – óleo combustível, gasolina, diesel, álcool, gás liquefeito de petróleo (GLP), querosene e nafta, entre outros;
- minerodutos: empregado no transporte de produtos como sal-gema, minério de ferro e concentrado fosfático;
- gasodutos: empregado no transporte de gás natural;
- polidutos: empregado no transporte de outros produtos como vinho, água etc.;
- vantagens: permite que grandes quantidades de produtos sejam deslocadas de maneira segura, diminuindo o tráfego de cargas perigosas por caminhões, trens ou navios e, conseqüentemente, diminuindo os riscos de acidentes ambientais; pode dispensar armazenamento; simplifica carga e descarga; diminui custos de transportes; menor possibilidade de perdas ou roubos; redução de desmatamento; melhoria da qualidade do ar nas grandes cidades; e facilidade de implantação, alta confiabilidade, baixo consumo de energia e baixos custos operacionais; e
- desvantagem: ocorrência de alguns acidentes ambientais.

Hidroviário:

- formas de navegação: longo curso, cabotagem e navegação interior;
- transporta cereais, granéis sólidos e líquidos, compostos químicos, areia, carvão etc.;
- vantagens: redução de custos logísticos, aumento da eficiência na movimentação de cargas, possui custo variável mais baixo, capacidade de

transportar mercadorias volumosas e pesadas, e a infraestrutura de apoio localiza-se em pontos do território; e

- desvantagens: maior tempo de operação, inflexibilidade na gestão de frotas e dependência das condições naturais (exemplos: nível das marés e localização dos rios) [16].

Nesta mesma pesquisa do IPEA [16], na qual tem como fonte o DER-GO, Valec-Engenharia e Ahitar-MT é feita uma análise da construção de modais por área desmatada (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 Construção de modais e área desmatada.

Modal	Extensão (Km)	Área desmatada (1 mil m ²)	Relação (m ² /Km)
Rodoviário	2.500	100.000	40.000
Ferrovário	2.010	77.100	38.358
Hidroviário	2.202	0	0

Fonte: DER-GO, Valec Engenharia Construções e Ferrovias, SA e Administração das Hidrovias do Tocantins e Araguaia (Ahitar-MT). Elaborada pela Antaq.

Com relação aos impactos ambientais, observa-se que a implantação da infraestrutura rodoviária é a que mais desmata pois para cada 2500 Km de rodovia se desmata 100 milhões de metros quadrados, com uma relação de 40 mil metros quadrados por quilômetro, seguido de uma relação de 38,4 mil metros quadrados por quilômetro, para a ferrovia e de zero, para uma hidrovía.

Quanto à implantação e a manutenção da infraestrutura e sua vida útil, o setor hidroviário é o que demonstra o melhor desempenho quando comparado com o rodoviário e ferroviário.

Tabela 2.6 Custo de Construção e Manutenção da infraestrutura e vida útil por modal.

Indicador	Hidroviário	Rodoviário	Ferrovário
Custo médio de Construção (US\$/Km)	34.000	440.000	1.400.000
Fator Multiplicador	1	13	41
Custo Relativo de Manutenção	Baixo	Alto	Alto
Vida útil Relativa	Alta	Baixa	Alta
Vida útil dos equipamentos e veículos (anos)	50	10	30
Fator Multiplicador	1	0.2	0.6

Obs.: 1 barcaça de 1500T de capacidade = 15 vagões Jumbo Hoper de 100T cada = 60 caminhões de 25T cada

Fonte: ANTAQ.

2.3 Sistemas de Transporte em Outros Países

O transporte marítimo de produtos ao longo da costa, a cabotagem, representa 11% do transporte de material do Brasil, enquanto em outros países da Europa, Ásia e América do Norte, embora não tenham geografia e clima tão favoráveis, utilizam muito mais esse modal.

Apesar do Brasil ter grande extensão de costa, cerca de 8.000 km, e ter 22.000 km de rios e lagos potencialmente navegáveis, o transporte de cargas e de pessoas por via fluvial ou lacustre ainda é subaproveitado.

Tabela 2.7: Comparativo de modelos de transporte utilizados no Brasil, Estados Unidos e China.

			
Rodoviário	61%	28%	11%
Ferrovário	21%	43%	23%
Aquaviário	14%	25%	63%

Fonte: Confederação Nacional do Transporte (CNT) 2013.

Como o objetivo principal desta tese é um estudo do transporte de soja e milho, será feita uma análise competitiva e comparativa entre Argentina, Brasil e Estados Unidos. A Associação Nacional dos Exportadores de Cereais [17], fez uma análise comparativa entre os custos de transportes da lavoura até o porto de embarque para exportação entre estes países demonstrada na figura abaixo (2013).

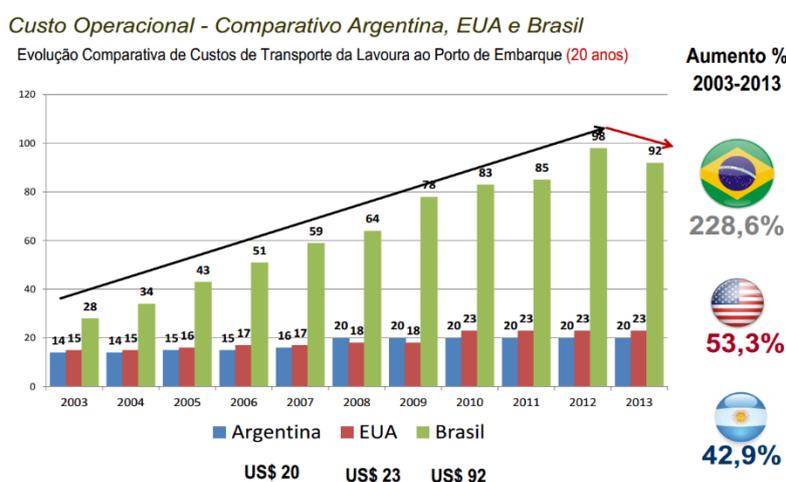


Figura 2.16 Comparativo entre os custos (US\$) operacionais de transporte da lavoura até o porto de embarque, no Brasil, Argentina e Estados Unidos em 20 anos
Fonte: Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (ANEC), 2013

Fazendo uma comparação com os dados do Banco Mundial sobre a performance de logística – (LPI Logistics Performance Index) [18] entre os três países, através dos anos (2007-2018) e para os fatores:

- Alfândega – Eficiência do processo de liberação (ou seja, velocidade, simplicidade e previsibilidade das formalidades) pelas agências de controle de fronteiras, incluindo a alfândega;
- Infraestrutura – Qualidade da infraestrutura relacionada ao comércio e ao transporte (por exemplo, portos, ferrovias, estradas, tecnologia da informação)
- Fretes internacionais – Facilidade de organizar remessas com preços competitivos;
- Competência Logística – Competência e qualidade dos serviços de logística (por exemplo, operadores de transporte, despachantes aduaneiros);
- Rastreabilidade – Capacidade de rastrear e acompanhar as remessas;
- Pontualidade – Oportunidade das remessas para chegar ao destino dentro do prazo de entrega previsto.

Tem-se os seguintes resultados por países:

Tabela 2.8: Análise LPI – Argentina 2007-2018.

Ano	Classificação LPI	Pontuação LPI	Alfândega	Infraestrutura	Fretes internacionais	Competência Logística	Rastreabilidade	Pontualidade
2007	45	2,98	2,65	2,81	2,97	3,00	3,00	3,50
2010	48	3,10	2,63	2,75	3,15	3,03	3,15	3,82
2012	49	3,05	2,45	2,94	3,33	2,95	3,30	3,27
2014	60	2,99	2,55	2,83	2,96	2,93	3,15	3,49
2016	66	2,96	2,63	2,86	2,76	2,83	3,26	3,47
2018	61	2,89	2,42	2,77	2,92	2,78	3,05	3,37

Fonte: Banco Mundial [18].

Tabela 2.9: Análise LPI – Brasil 2007-2018.

Ano	Classificação LPI	Pontuação LPI	Alfândega	Infraestrutura	Fretes internacionais	Competência Logística	Rastreabilidade	Pontualidade
2007	61	2,75	2,39	2,75	2,61	2,94	2,77	3,1
2010	41	3,2	2,37	3,1	2,91	3,3	3,42	4,14
2012	45	3,13	2,51	3,07	3,12	3,12	3,42	3,55
2014	65	2,94	2,48	2,93	2,8	3,05	3,03	3,39
2016	55	3,09	2,76	3,11	2,9	3,12	3,28	3,39
2018	56	2,99	2,41	2,93	2,88	3,09	3,11	3,51

Fonte: Banco Mundial [18].

Tabela 2.10: Análise LPI – Estados Unidos 2007-2018.

Ano	Classificação LPI	Pontuação LPI	Alfândega	Infraestrutura	Fretes internacionais	Competência Logística	Rastreabilidade	Pontualidade
2007	14	3,84	3,52	4,07	3,58	3,85	4,01	4,11
2010	15	3,86	3,68	4,15	3,21	3,92	4,17	4,19
2012	9	3,93	3,67	4,14	3,56	3,96	4,11	4,21
2014	9	3,92	3,73	4,18	3,45	3,97	4,14	4,14
2016	10	3,99	3,75	4,15	3,65	4,01	4,2	4,25
2018	14	3,89	3,78	4,05	3,51	3,87	4,09	4,08

Fonte: Banco Mundial [18].

Para que não haja uma distorção entre os anos, o Banco Mundial também fez uma análise agregada dos anos de 2014 até 2018. O LPI agregado combina suas quatro edições mais recentes e os seis componentes de seus questionários de 2012, 2014, 2016 e 2018 foram usados para gerar um "quadro geral" para indicar melhor o desempenho logístico dos países. Essa abordagem reduz a variação aleatória de uma pesquisa LPI para outra e permite a comparação dos países. As pontuações de cada ano, em cada componente, receberam pesos: 6,7%, em 2012, 13,3%, em 2014, 26,7%, em 2016 e 53,3%, em 2017. Dessa forma, os dados mais recentes têm o maior peso. Nesta tabela também foi colocada a Alemanha, país líder do ranking [18].

Tabela 2.11: Análise Agregada LPI – Estados Unidos 2012-2018.

País	Classificação LPI	Pontuação LPI	Alfândega	Infraestrutura	Fretes internacionais	Competência Logística	Rastreabilidade	Pontualidade
Alemanha	1	4,19	4,09	4,38	3,83	4,26	4,22	4,4
EUA	10	3,92	3,76	4,1	3,54	3,93	4,13	4,14
Brasil	56	3,02	2,52	2,99	2,89	3,1	3,17	3,47
Argentina	62	2,93	2,49	2,81	2,91	2,82	3,13	3,41

Fonte: Banco Mundial [18]

Analisando os resultados por país percebe-se que o Brasil, no ano de 2010, teve uma avaliação melhor do que se encontrava no ano de 2018, o que demonstra uma diminuição de sua capacidade logística. Ao se focar mais no item da infraestrutura, percebe-se o grande abismo que há entre Brasil-Argentina com os Estados Unidos,

Um estudo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) [19], comparando as diferenças entre Argentina, Brasil e Estados Unidos nos custos de produção de milho e soja, ao longo das safras 2008/09 e 2012/13, chega a conclusão que os custos mais baixos de remessa (incluindo manuseio e transporte) ajudaram os Estados Unidos a permanecer competitivo com a América do Sul nos mercados internacionais, apesar dos custos médios de produção para milho e soja nas fazendas, (por acre), da Argentina e do Brasil estarem entre 11% e 28% abaixo dos Estados Unidos, principalmente devido aos custos mais altos da terra. Este estudo também explica o porquê da Argentina ter um preço de frete tão parecido com os Estados Unidos (US\$23/US\$20/tonelada) apesar de estar com o índice de performance logística tão abaixo dos Estados Unidos e tão próximo do Brasil (US\$92/tonelada).

A Argentina é o menor país incluído nesta análise na área terrestre, mas utiliza a maior parte de suas terras para fins agrícolas. O transporte terrestre de soja, no entanto, é competitivo com o do Mato Grosso e o dos Estados Unidos, porque as principais regiões produtoras de soja na Argentina, bem como o principal complexo de moagem do país, estão perto dos *hubs* portuários mais importantes (ou seja,

eficientes): o Rio Paraná (que inclui o porto de Rosário), Porto Necochea e Porto Bahía Blanca (Figura 2.17) [20].



Figura 2.17: Hubs Portuários – Argentina.

Fonte: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

Na Argentina, a maior parte da produção agrícola (85%) é transportada para os portos de caminhão, enquanto o transporte ferroviário representa 13% e o sistema do rio Paraná responde pelos 2% restantes [21]. Ao contrário dos Estados Unidos e do Brasil, onde as principais áreas de produção podem estar a mais de 1.500 quilômetros das áreas portuárias, a distância média na Argentina é inferior a 300 quilômetros [20].

O sistema de transporte de grãos dos Estados Unidos fornece um elo de transporte competitivo, entre as regiões de produção e consumo de grãos (doméstico e exportação). Esse sistema de transporte de grãos consiste na sobreposição de linhas ferroviárias, vias navegáveis interiores e rodovias. As exportações são mais dependentes de trens e barcaças de menor custo, enquanto as remessas domésticas são mais dependentes de caminhões de custo mais alto. As vias navegáveis interiores dos EUA fornecem aos produtores um modo de transporte de baixo custo e baixo consumo de energia, para os terminais de exportação de grãos [22]. O transporte ferroviário oferece o menor custo de transporte de longa distância para regiões que não dispõem de disponibilidade de

transporte de barcaças. Os estados do norte das planícies de Montana, Dakota do Norte, Dakota do Sul e Wyoming, por exemplo, dependem principalmente do transporte ferroviário para remessas de longo curso. No entanto, áreas no sul de Minnesota, leste de Iowa ou áreas de Illinois podem usar barcaças para o transporte de longa distância [22].

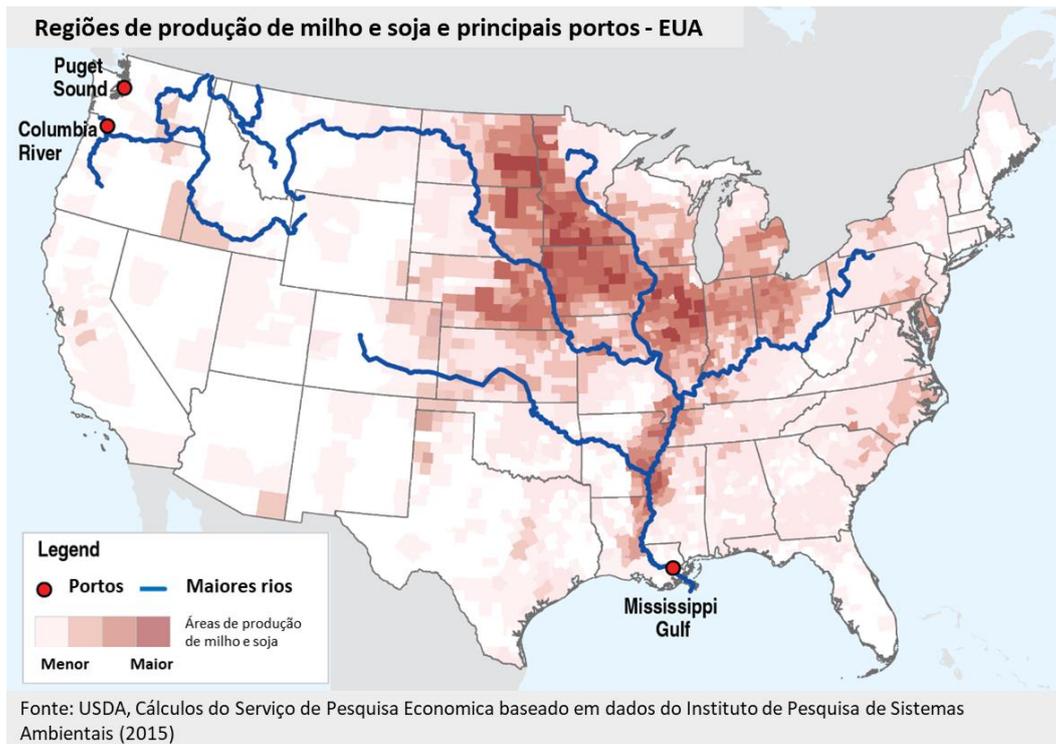


Figura 2.18: Hubs Portuários – Estados Unidos.
Fonte: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

O milho é cultivado na maioria dos estados dos EUA, mas a produção está concentrada na região de Heartland (área mais marcada na figura II.XVII), que responde por uma média de 76% da produção de grãos de milho dos EUA (uma média de 13% de toda a produção de milho é exportada). A produção de soja dos EUA também está concentrada em Heartland - uma média de 72% de toda a soja dos EUA é cultivada lá (e cerca de 44% da produção de soja dos EUA é exportada). Grande parte do milho e da soja para exportação é destinada aos portos do Golfo. No geral, as exportações de milho e soja dos EUA dependem de barcaça (54% e 49%, respectivamente) e ferrovia (37% e 38%, respectivamente) para remessas de longa distância [22].

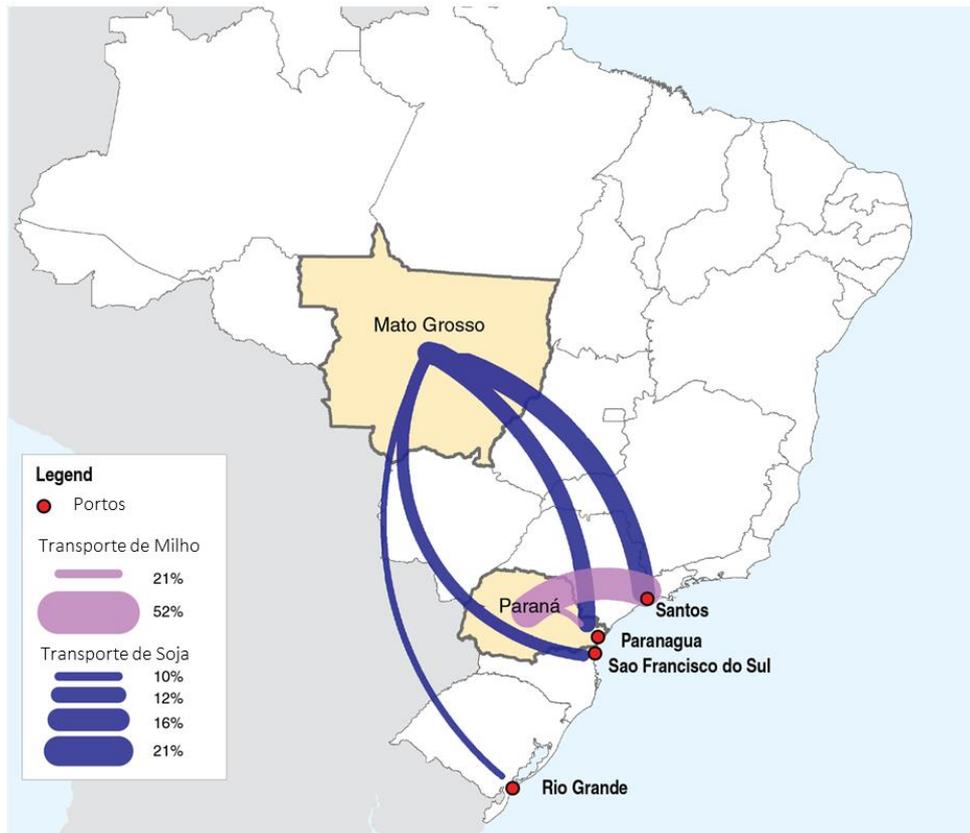
Embora a soja e o milho sejam produzidos em todo o Brasil, os estados de Mato Grosso e Paraná representam uma grande parte da produção brasileira, e

esses estados formam a base de comparações com os custos de transporte nos EUA e no coração da Argentina. O Paraná está próximo dos principais portos atlânticos de Santos e Paranaguá; Mato Grosso fica a, aproximadamente, 1.800 km dos portos costeiros. Em 2010/11, 40% da produção de soja foi exportada, enquanto a participação no milho foi de 20%. A maioria dos transportes é rodoviária (63%), com o transporte ferroviário representando 22%. Cerca de 12% desses embarques são em algum momento transferidos para uma barcaça e apenas 3% são transportados inteiramente pelo rio.

A distância de Mato Grosso dos portos da costa atlântica ou portos alternados ao longo do rio Amazonas, combinada com a falta de barcaça ou sistema ferroviário bem desenvolvido, coloca a região em desvantagem em comparação com os Estados Unidos e a Argentina. O custo de transporte interno para as exportações de soja de Mato Grosso é de US\$ 92, por tonelada. Deve-se notar que os custos de transporte são bastante variáveis ao longo do tempo, e os preços das fazendas variam ainda mais, pois respondem às forças de oferta e demanda e às mudanças nas taxas cambiais. No Brasil, o percentual de custo de transporte diminui constantemente ao longo do tempo em todas as regiões. Para os embarques de soja originários do norte de Mato Grosso para Santos, essa participação caiu de 45,4% em 2006 para 28,4% em 2012 [19].

O crescimento fenomenal do comércio brasileiro, com um aumento de 65% nas exportações agrícolas, entre 2005-2014, e um aumento de 36% nas importações agrícolas durante o mesmo período, significou que, apesar do intenso desenvolvimento e modernização de rodovias, ferrovias, hidrovias, e portos, o país ainda exige grandes investimentos nesse setor para manter a competitividade. Apesar do progresso alcançado, a infraestrutura de transporte e os portos do Brasil enfrentam muitos desafios quando se trata de aumentar a eficiência, reduzir custos operacionais e atrair, efetivamente, investimentos para sustentar a expansão do setor agrícola [12]:

Rotas de exportação de milho e soja, Brasil, 2010*11*



- Desde 2010/11, a segunda safra de milho (safrinha) cresceu e passou a representar o principal exportação de Milho no Brasil

Figura 2.19: Hubs Portuários – Brasil.

Fonte: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, baseado em dados IBGE (2014).

Outro fator importante é uma análise de infraestrutura instalada dos principais exportadores de mundiais de soja e milho.

Para a densidade de infraestrutura rodoviária, (Km de infraestrutura rodoviária por 1000 Km² de área). Os Estados Unidos possuem 438,1 (Km/1000 Km²), Argentina e Brasil 25,0 (Km/1000 Km²), Paraguai 11,9 (Km/1000 Km²).

Analisando o *ranking* da qualidade da infraestrutura rodoviária do Fórum Econômico Mundial 2014/15 tem-se os Estados Unidos em 16º lugar, Argentina em 110º lugar, Brasil em 122º lugar, Paraguai em 133º lugar, de 144 países analisados.

Para a densidade de infraestrutura ferroviária, (Km de infraestrutura ferroviária por 1000 Km² de área): os Estados Unidos possuem 22,9 (Km/1000 Km²), a Argentina 13,3 (Km/1000 Km²), o Brasil 3,4 (Km/1000 Km²) e o Paraguai 0,1 (Km/1000 Km²).

Analisando o *ranking* da qualidade da infraestrutura ferroviária do Fórum Econômico Mundial 2014/15 [23] tem-se os Estados Unidos em 15º lugar, o Brasil

em 95º lugar e a Argentina em 96º lugar. Só foram analisados 105 países e o Paraguai não se incluía nesta análise.

Para a densidade de infraestrutura hidroviária, (Km de infraestrutura rodoviária por 1000 Km² de área) o Paraguai possui 7,6 (Km/1000 Km²), Estados Unidos 4,2 (Km/1000 Km²), Argentina 4.0 (Km/1000 Km²) e o Brasil 2.6 (Km/1000 Km²).

A posição dos principais exportadores mundiais de soja e milho no *ranking* de qualidade da infraestrutura portuária do Fórum Econômico Mundial 2014/15 tem-se os Estados Unidos em 12º lugar, a Argentina em 91º lugar, o Paraguai em 108º lugar e o Brasil em 122º lugar, entre 144 países analisados [23].

A fonte dos números e análises descritas acima são da Confederação Nacional do Transporte Brasil, com dados da CIA, IBGE e DNIT, disponíveis pelo banco mundial [13].

Outro fator de comparação é o gráfico apresentando as matrizes de transportes de Brasil (atual e projetado), Rússia e China além dos Estados Unidos desenvolvido pela CNT [13].

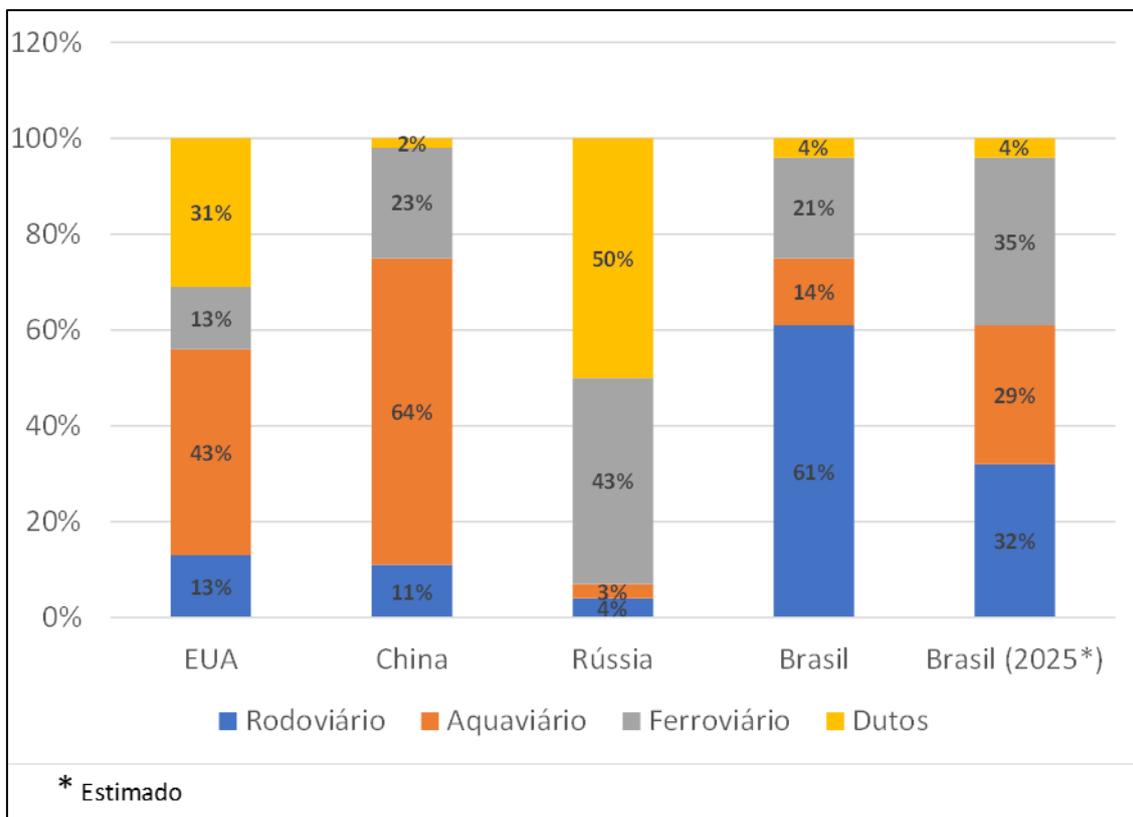


Figura 2.20: Matriz de Transporte de Cargas

Fontes: ILOS (Brasil); National Bureau of Statistics of China, Bureau of Transportation Statistics (EUA), Eurostat (UE), North American Transportation Statistics (Canadá), Department of Infrastructure, Transport, Cities and Regional Development (Austrália), Statistics Bureau (Japão).

O uso do transporte hidroviário interno tem exercido uma função importante no desenvolvimento da União Europeia e dos Estados Unidos da América e poderia também exercer uma grande função no desenvolvimento do Brasil. As principais áreas industriais da Europa ficam localizadas próximas a hidrovias. Eis alguns exemplos: Amsterdã, Roterdã, Região do Ruhr, Antuérpia, Hamburgo, Basileia-Mulhouse-Freiburg. Estrasburgo, Reno-Neckar, Frankfurt-Reno-Main, Viena e as áreas agrícolas da Península dos Balcãs. O crescimento dos Estados Unidos também está intimamente ligado ao desenvolvimento de infraestrutura e, especificamente, com o transporte hidroviário interior.

Tabela 2.12: Visão Geral do Sistema Hidroviário da Europa, Estados Unidos e Brasil.

Aspecto	Europa	Estados Unidos	Brasil
Tamanho em Km ²	1.018.000	9.826.675	8.514.877
Extensão das hidrovias em km	51.668	41.009	41.994
Extensão das hidrovias navegáveis (utilizadas para o comércio) em km	UE25: 37.200 UE27 2008: 40.929	19.312	20.956
Carga anual transportada pelo THI	Reno: 310 milhões de toneladas	Mississípi: 483 milhões de toneladas	Brasil total: 25 milhões de toneladas
Tamanho da frota (quantidade de embarcações)	17.679	40.512	857

Fonte: PHE [6]

Apesar de cada país ter a sua característica em relação as áreas geográficas, fluxo de cargas e atividades econômicas, os valores da tabela acima indicam a viabilidade de maior uso de navegação interior e, se for implantada corretamente, no Brasil os custos de transporte podem ser significativamente menores que os do transporte rodoviário ou ferroviário, sendo também um modo de transporte mais eficiente energeticamente.

2.4 O Problema da Solução Fluvial

Conforme apresentado, há uma perda na produtividade do modelo de negócios de exportação de *commodities* ligada a uma rede de distribuição ruim,

quando suportada pelo transporte por rodovias em grandes distâncias. Em muitas delas, a capacidade de transportar as mercadorias produzidas por navegação até os grandes portos não é usada, devido à falta de investimento do governo em infraestrutura portuária.

Embora o custo tonelada/quilômetro de transporte por hidrovias seja baixo quando comparado a outros modais de transporte, a desvantagem do mesmo (bem como do ferroviário) é o fato de a infraestrutura (hidrovias e ferroviária) não ser tão densa como a rede rodoviária. Sendo assim, geralmente o transporte por hidrovias e ferrovias exige pré e pós-transporte e, conseqüentemente, custo adicional.

Atualmente, a principal fonte de financiamento de longo prazo no Brasil para o setor é o Fundo da Marinha Mercante (FMM), que tem como objetivo desenvolver a marinha mercante e a indústria de construção e reparação naval brasileira.

A falta de conhecimento sobre as vantagens e possibilidades de navegação interior e da rede logística não favorece os próprios produtores para tomar a iniciativa e investir neste modal, ainda que gere inúmeros benefícios e um aumento na rentabilidade do negócio.

A não existência de diretivas para o processo de licenciamento ambiental para todas as vias navegáveis torna o processo burocrático e lento, já que é analisado caso a caso. O aumento do número de legislações aplicáveis resulta em um conjunto complexo de jurisdições e regulamentos que diminuem os investimentos e a iniciativa do setor privado.

De acordo com o PHE [6], as principais dificuldades da licença ambiental são:

- Cobertura vegetal e uso das terras;
- Bioma;
- Unidades de conservação;
- APCB's (Área Privativa para Conservação da Biodiversidade);
- Área de desmatamento;
- Terras indígenas;
- Assentamentos do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária);
- Colônias de pescadores.

Tabela 2.13 Investimentos necessários na navegação interior classificados por tipo de obra.

Investimentos na navegação interior classificados por tipo de obra (valores acumulados de 2002 a 2012 em R\$ milhões correntes)		
Tipo de obra	Total pago¹	(%) Total
Construção de eclusas	1.041,71	43,22
Obras de infraestrutura ²	555,36	22,80
Construção e implantação de portos e terminais	474,18	19,51
Abertura e aprofundamento de canal	236,51	9,81
Administração Portuária	18,55	0,73
Não informado ³	95,43	3,92
Total	2.421,73	100,00

Notas: (1) O total pago inclui valores pagos no exercício acrescidos de restos a pagar pagos. (2) As obras de infraestrutura referem-se a empreendimentos como ampliação de molhes, cais e modernização de portos e terminais. (3) Os recursos agrupados em "Não informado" não são detalhados pelo Siga Brasil (ferramenta do Senado Federal de acesso a execução do orçamento Fiscal da União). (4) Taxa de câmbio referencial (base Dez-2012): 1 € = R\$ 2,69.

Fonte: Confederação Nacional dos Transportes – CNT [13].

A má qualidade da matriz de transporte brasileira também é outro problema, que segundo o Plano Nacional de Logística e Transportes de 2006, realizado pelo Ministério da Infraestrutura, seria possível economizar R\$ 2,5 bilhões (ou 889,6 € milhões, base Dez.2006) por ano, caso houvesse melhores medidas para o equilíbrio da mesma [25].

O sistema de transporte hidroviário interior é composto pela integração completa, desde os terminais e a infraestrutura de acesso (rodoviário / ferroviário / tubovias), barcos, eclusas e pontes. Esse transporte resulta da sinergia entre o

sistema privado e público, e não somente das empresas proprietárias das embarcações, mas de todo o sistema logístico incorporado.

Históricamente, se observa que os primeiros portos tradicionais eram localizados perto dos grandes centros, e sua principal função era servir a cidade. Os portos atendiam cargas em geral mesmo onde existiam os principais produtos de exportação, e as quantidades envolvidas eram pequenas o suficiente para serem manuseadas a granel. Naquela época, as atividades comerciais associadas ao porto, além do armazenamento temporário, não exigiam muita área em terra e havia pouca atividade industrial. Com o passar dos anos, muitos fatores influenciaram a localização do porto, mudando a maneira de sua implantação, seja pela acessibilidade dos outros modais complementares quando do crescimento das cidades, ou ainda, principalmente, por motivos ambientais.

Como resultado, a localização preferida de um porto moderno não está mais na zona central das cidades. Na grande maioria dos casos, as atividades portuárias industriais foram sendo progressivamente retiradas da área urbana, mesmo que apenas por motivos ambientais. A busca de locais adequados para novos desenvolvimentos de portos passou a ser regida pela necessidade do seguinte:

- (a) Águas com profundidade suficiente e seguras nos pontos de atracação;
- (b) Área de terra suficiente (retro-áreas);
- (c) Disponibilidade de força de trabalho;
- (d) Bons acessos aos outros modais de transporte.

Essa operação complexa se repete de certa forma no sistema de transporte hidroviário interior, sendo que este, adicionalmente, compete com outras modalidades de transporte, principalmente o rodoviário e o ferroviário. A concorrência entre modalidades de transporte pode ser caracterizada por:

- Baixos custos operacionais;
- Bom acesso ao mercado;
- Alta confiabilidade;

O desenvolvimento futuro bem-sucedido do transporte hidroviário no Brasil, será ditado pelo nível de investimentos públicos e privados neste modal, de forma a se poder usufruir da competitividade do sistema.

Segundo o relatório PIANC [3] há, sem dúvida, uma significativa falta de uso da navegação interior no Brasil, onde geralmente não mais de 5% de todas as mercadorias são transportadas por vias interiores navegáveis nacionais ou muito

menos internacionalmente. O potencial de navegação interior reside não apenas no maior uso dos corredores existentes, mas também na expansão da rede, uma vez que grandes porções da rede de vias navegáveis interiores da América do Sul permanecem sem uso. O potencial também reside na melhor integração nas cadeias logísticas de transporte. Por exemplo, no Brasil, de uma rede fluvial de aproximadamente 63.000 km, com 42.000 km potencialmente navegáveis, apenas 20.000 km atualmente são usados para navegação.

As condições da infraestrutura são geralmente consideradas um dos principais obstáculos a um maior uso da navegação interior. Além da densidade desigual de sistemas hidrográficos, a variabilidade das condições climáticas, mudanças significativas nos níveis da água e obstáculos à navegação (como bancos de areia e afloramentos rochosos), impedem ou interrompem o transporte temporariamente. Além disso, o sistema hidroviário historicamente sofre limitações de investimento, como se observa nas últimas duas décadas, quando a maior parte dos investimentos em infraestrutura foi para o setor de estradas (rodovias), em detrimento aos outros sistemas de transporte.

As várias vias navegáveis interiores ao redor do mundo, hoje, continuam a desempenhar um papel essencial no transporte de mercadorias nas economias industriais maduras da Europa e América do Norte, onde ajudam a apoiar desenvolvimento econômico sustentável. As vias navegáveis interiores oferecem uma alternativa de transporte de baixo custo e ambientalmente eficiente para carga, aliviando a pressão nas rodovias já congestionadas e redes ferroviárias. Na União Europeia (UE), cerca de 500 milhões de toneladas de carga são movimentadas anualmente nas vias navegáveis interiores [26]. Nos EUA, o volume está próximo de 600 milhões de toneladas. A quota modal de frete para as vias navegáveis interiores é de cerca de 6% em toda a UE, mas a participação é muito maior nos estados membros com uma extensa rede hidroviária como Alemanha e Holanda, onde neste último a participação é mais próxima de 40%.

O grande problema do transporte dos produtos agrícolas no Brasil para os portos de exportação concentra-se pela necessidade de atravessar grandes distâncias, que cruzam com áreas onde há ainda uma grande biodiversidade, com vasta cobertura vegetal, áreas de preservações ambientais, áreas indígenas e etc, portanto o investimento nesta infraestrutura de implantação de rodovias, ferrovias e portos. no intuito de reduzir o alto custo de frete e perda de materiais esbarra no

custo ambiental. Uma solução de transporte eficiente e com baixo impacto, deve permitir que se use a infraestrutura já existente dos rios e pequenas rodovias que conectem os centros produtores até as margens dos rios, sem a necessidade de implantação de grandes rodovias ou portos convencionais. Como recurso complementar, é necessário um sistema capaz de receber a carga trazida por caminhões das fazendas até a margem do rio e que faça o transbordo dessa carga, desde os rios próximos aos produtores até um porto estruturado para a exportação do produto. Ou seja, trocar a ferrovia e rodovia pelos rios sem ter a necessidade de implantação do porto e todo o custo ambiental envolvido.

2.5 Síntese do capítulo

A matriz de transporte de cargas no Brasil apresenta-se ineficiente, fruto de décadas de desequilíbrio de investimentos públicos e privados entre os diferentes modais.

Apesar da crescente produção agrícola, a ineficiência no transporte interno resulta em perda de competitividade do Brasil no mercado internacional, sobretudo se comparado a outros países produtores, que apresentam matrizes de transporte interno muito mais balanceadas.

A solução passa, portanto, por identificar oportunidades de melhoria nas rotas de transporte da produção, utilizando modais mais eficientes e econômicos, de forma a reduzir distâncias e reduzir custos, tanto no transporte interno, quanto nas rotas internacionais (ao utilizar diferentes portos de exportação na costa brasileira).

Sendo o transporte hidroviário aquele que apresenta melhores custos, fica evidente que o foco deve ser dado neste modal, uma vez que é o que tem maior potencial de impactar positivamente na competitividade do país.

Os capítulos a seguir apresentarão o diagnóstico dos principais sistemas hidroviários do país, e as soluções identificadas para ampliar sua utilização a custos relativamente baixos.

3. NAVEGABILIDADE

3.1 Os Rios Utilizáveis

O Brasil possui em seu território um grande sistema de rios e lagos, com a extensão total de 63.000 km, divididos em 12 bacias hidrográficas (Figura 3.1). Atualmente somente 20.000 km, dos 42.000 km, de rios com possibilidade de navegação são utilizados economicamente no transporte hidroviário.



Figura 3.1: Mapa hídrico brasileiro.
Fonte: IBGE (2013).

Um fator importante para a navegabilidade de um rio é a sua localização geográfica. Na zona equatorial, as profundidades dos rios são mais regulares devido a um equilíbrio na distribuição de chuvas durante o ano; já na zona tropical e subtropical, a grande variação entre cheias e estiagens leva o rio a ter um regime mais irregular de profundidades.

Dentro das obrigações constantes nos Cadernos de Encargos do Ministério dos Transportes no Brasil [27] tem-se um resumo das informações necessárias para viabilizar a utilização de uma hidrovia:

- Dados geográficos, hidráulicos, hidrológicos e morfológicos por bacia;
- Evolução do leito do rio/transporte anual de sedimentos, dados de dragagem (manutenção do canal de navegação);
- Nível d'água e regime de vazões;
- Mudanças climáticas;
- Velocidades de escoamento dos rios;
- Reservatórios, eclusas, portos fluviais e locais de atracação;
- Caracterização ambiental;

Analisando as variáveis descritas é possível identificar trechos com diferentes níveis de navegabilidade, assim como diferentes níveis de vulnerabilidades socioambientais. Para a análise das bacias hidrográficas dos rios e, conseqüentemente, das hidrovias, na presente investigação serão consideradas e pontuadas as seguintes seis classes:

a) Classe – Profundidade mínima

A profundidade é o principal, ou um dos principais fatores, para a análise da condição de navegabilidade de um rio ou de parte dele.

Ao longo do ano a profundidade do rio pode variar, devido ao regime de chuvas em todo o seu traçado. Além disso, a profundidade tende a variar muito devido à presença de bancos de areia, ilhas fluviais, afloramentos rochosos, etc. ou seja, obstáculos naturais, sendo, por isso, a profundidade uma variável de difícil mensuração.

Na análise das condições de navegabilidade, o PHE elaborado pelo Ministério dos Transportes, buscou levantar as mínimas profundidades por trecho durante todo o ano. Segundo o PHE, para este levantamento, obteve-se as informações

disponíveis na Marinha do Brasil; Administradoras Hidroviárias; ANTAQ; Ministério dos Transportes e DNIT [28].

b) Classe – Largura mínima

A largura é uma das dimensões físicas que impactam, diretamente, nas condições de navegabilidade do rio.

A obtenção da largura mínima foi feita nesta tese, através de informações da Marinha do Brasil; Administradoras Hidroviárias; ANTAQ; Ministério dos Transportes, DNIT, além de imagens de satélite (*Google Earth*).

Note-se que como a análise através do *Google Earth* é feita na calha central do rio, pode haver obstáculos naturais ou artificiais existentes, que adicionalmente geram o estreitamento do rio e conseqüentemente obstáculos à navegação.

c) Classe – Sinuosidade

Outro fator importante para ser analisado é a sinuosidade, que descreve o grau de irregularidade, pois quanto mais curvas um rio apresenta, mais ele é considerado sinuoso.

Este fator é um importante dado, pois indica o grau de dificuldade para manobras das embarcações e identifica rotas onde a navegação pode ser maior do que o esperado, a sinuosidade de um trecho de rio está interligada à largura no mesmo trecho.

A sinuosidade (S) de um trecho de rio é calculada através da relação entre o real comprimento do trecho navegado, ou seja, fazendo todo o caminho em curvas (L_n) e uma linha reta entre o início e o fim deste mesmo trecho (L).

$$S = \frac{L_n}{L}$$

d) Classe – Energia

A “energia do rio” está relacionada com a sua declividade e é classificada entre baixa, média ou alta. A declividade em percentagem é obtida pela razão entre gradiente hidráulico e o comprimento do trecho a ser analisado.

Os rios com navegação possível são divididos em:

- Rios Navegáveis: são navegáveis na maior parte durante os períodos de cheia e sob condições que, ocasionalmente, podem não atender aos requisitos de segurança para o transporte hidroviário;

- Hidrovias: rios que são confiáveis durante todo o ano para a navegação, permitindo a passagem segura de embarcações com autopropulsão e comboios para o transporte de cargas e passageiros.

e) Classe – Obstáculo – Obstáculos físicos à navegação

O fator Obstáculos físicos à navegação corresponde a limitações físicas à navegação tais como, barragens, pontes, ou seja, elementos construídos que afetam diretamente a navegação.

f) Classe – Obstáculo – Obstáculos naturais à navegação

Obstáculos naturais à navegação corresponde a limitações naturais à navegação tais como, bancos de areia, afloramentos rochosos, cachoeiras, corredeiras, ou seja, elementos naturais que afetam diretamente a navegação.

Para as seis classes acima descritas, foram criadas dentro do PHE [28] pontuações de 1 a 5 para as condições de cada uma delas, sendo:

a) Profundidade Mínima em época de estiagem:

- Nota 1 – Profundidade acima de 4m – Condição Excelente
- Nota 2 – Profundidade entre 3m e 4m – Condição Boa
- Nota 3 – Profundidade entre 2m e 3m – Condição Razoável
- Nota 4 – Profundidade entre 1m e 2m – Condição Ruim
- Nota 5 – Profundidade menor que 1m – Condição Muito Ruim

b) Largura Mínima:

- Nota 1 – Largura acima de 100m – Condição Excelente
- Nota 2 – Largura entre 75m e 100m – Condição Boa
- Nota 3 – Largura entre 50m e 75m – Condição Razoável
- Nota 5 – Largura menor que 50m – Condição Muito Ruim
- A Nota 4 não foi criada pois qualquer largura mínima menor que 50m é de condição muito ruim para navegação.

c) Sinuosidade:

Se a Largura mínima for menor ou igual a 100 metros vem:

- Nota 1 – Sinuosidade menor que 1,25 – Condição Excelente
- Nota 2 – Sinuosidade entre 1,25 e 1,50 – Condição Boa

- Nota 3 – Sinuosidade entre 1,50 e 1,75 – Condição Razoável
- Nota 4 – Sinuosidade entre 1,75 e 2,00 – Condição Ruim
- Nota 5 – Sinuosidade maior que 2,00 – Condição Muito Ruim

Se a Largura mínima for maior a 100 metros vem:

- Nota 1 – Sinuosidade menor que 1,33 – Condição Excelente
- Nota 2 – Sinuosidade entre 1,33 e 1,66 – Condição Boa
- Nota 3 – Sinuosidade entre 1,66 e 2,00 – Condição Razoável
- Nota 4 – Sinuosidade entre 2,00 e 2,50 – Condição Ruim
- Nota 5 – Sinuosidade maior que 2,50 – Condição Muito Ruim

d) Energia (Declividade):

- Nota 1 – Declividade menor que 0,025% – Condição Excelente
- Nota 3 – Declividade entre 0,025% e 0,05% – Condição Razoável
- Nota 5 – Declividade maior que 0,05% – Condição Muito Ruim

e) Obstáculo - Obstáculos físicos à navegação

- Nota 1 – Ausência de obstáculos físicos – Condição Excelente
- Nota 2 – Presença de barragem com eclusa não limitante/ ponte não limitante – Condição Boa
- Nota 3 – Presença de barragem com eclusa limitante/ ponte limitante – Condição Razoável
- Nota 4 – Mais de uma ponte limitante – Condição Ruim
- Nota 5 – Barragem sem eclusa – Condição Muito Ruim

f) Obstáculo - Obstáculos físicos à navegação

- Nota 1 – Ausência de Obstáculos naturais relevantes – Condição Excelente
- Nota 3 – Existência de Obstáculos naturais, pontuais que dificultem a navegabilidade, tais como bancos de areia e afloramentos rochosos – Condição Razoável
- Nota 5 – Existência de Obstáculos naturais, que impossibilitem e impeçam a navegação, tais como cachoeiras, corredeiras, extensos afloramentos rochosos e bancos de areia – Condição Muito Ruim

As características e pontuação de cada hidrovía foram agrupadas em forma de planilhas, com indicação do referido trecho e suas respectivas pontuações para cada um dos quesitos. O padrão das planilhas é o que segue:

Tabela 3.1: Tabela modelo de classificação de hidrovías.

Hidro.	Tr.	Classe Sinuosidade	Classe Profundidade mínima	Classe Obstáculos Físicos à navegação	Classe Anteparos naturais à navegação	Classe Largura	Classe Energia
Miranda	001	5	4	1	1	5	1
...
n	n	n	n	n	n	n	n

Em benefício da agilidade da leitura, as respectivas tabelas serão citadas ao longo do texto, porém integrarão um anexo específico da dissertação.

As hidrovías e rios navegáveis, podem ser utilizados além do transporte entre os países da América do Sul, pertencentes as bacias do rio navegado, mas também são importantes para o transporte internacional mundial. Com exemplos hoje realizados na exportação de recursos naturais (produtos originados da soja, petróleo e alumínio) do Paraguai-Paraná, Amazonas, Plata, Magdalena e Orinoco, tendo a Ásia, Europa, e EUA como porto final. Nestes casos os navios de mar são implantados em portos existentes ao longo do rio.

Para cada hidrovía que será detalhada a seguir, foi criada uma classificação dentro do PHE [6] para as principais características físicas dos rios. Será considerado nesta tese como viável qualquer nota (grau) que atinja o valor de 3 ou inferior ou seja condições razoáveis de navegabilidade ou melhores. A nota 4 que consiste em condição ruim, também poderá ser analisada, mas o custo para a melhora desta nota será comentado e avaliado no estudo de viabilidade econômica no capítulo 6.

3.1.1 Bacia do Rio Paraguai

Com a metodologia descrita, inicialmente devem ser verificadas a viabilidade de navegação e os recursos hidrográficos da região. A análise será iniciada pela

apresenta um gradiente lento com a possibilidade de transporte de comboios de 12 barcaças formadas no molde 3x4 de 60 metros de comprimento e 12m de largura. Estas barcaças possuiriam 2,5m de calado e uma capacidade de até 2,5 mil toneladas, por carregamento.

Segundo o PHE o rio Paraguai é um dos rios mais favoráveis à navegação no Brasil, assim como os rios Amazonas, Solimões, Trombetas, Madeira, Paraguai, Jacuí e Lagoa dos Patos, além dos trechos de jusante dos rios Tocantins e Tapajós. Tem um baixo curso, com declividade suave, regular e com boa largura [6].

O Rio Paraguai tem sua nascente no Mato Grosso do Sul, no município Alto Paraguai. Atravessa parte da Bolívia, Paraguai, passando por Assunção, e depois de 2.600km de extensão se encontra com o Rio Paraná na Argentina, país por onde percorre mais alguns quilômetros até o porto de Rosário e em seguida ao Puerto Madero, onde desagua no Oceano Atlântico.

Além destes portos no território argentino, o porto de Montevideo no Uruguai tem-se tornado o destino final de grande parte dos barcos, por cobrar menores taxas fiscais.

A Figura 3.3 resume a sua navegabilidade, de acordo com a profundidade média anual, dos trechos do Rio Paraguai e de seus principais afluentes. Com as cores significando:

- i. Verde: Profundidade > 2,5m
- ii. Amarelo: Profundidade entre 2,0m e 2,5m
- iii. Vermelho: Profundidade < 2,0m

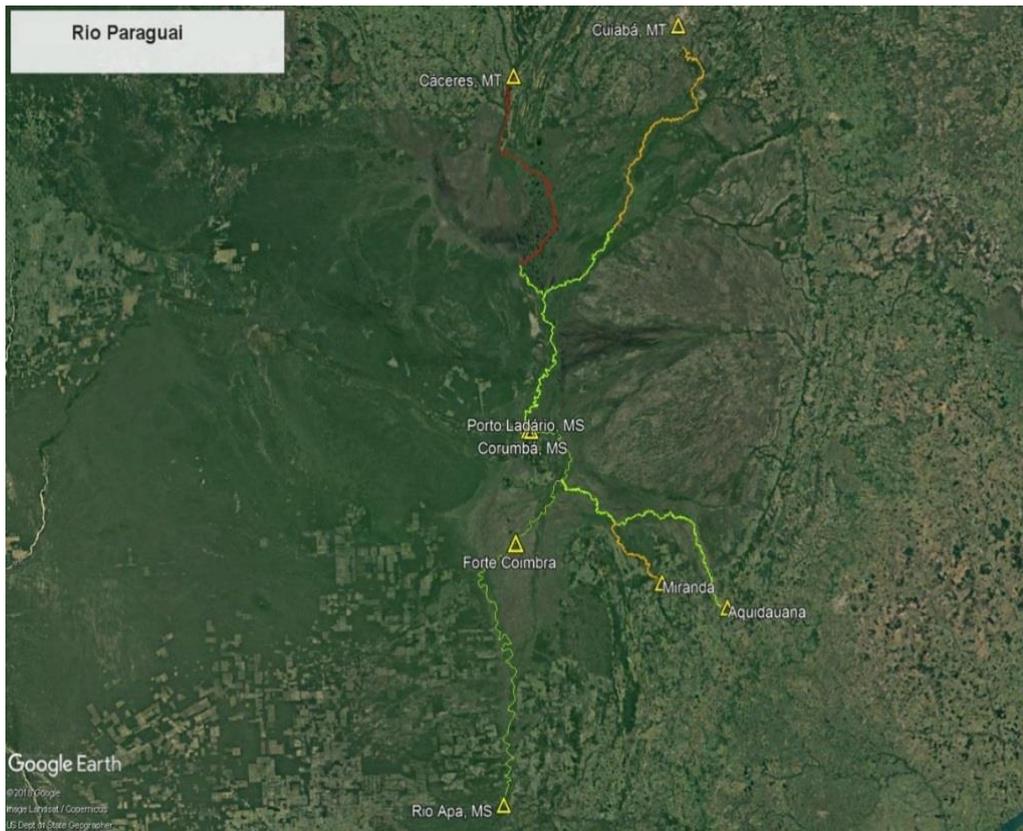


Figura 3.3: Navegabilidade dos trechos do Rio Paraguai e seus principais afluentes.
Fonte: Autor, a partir do *Google Earth* e do Ministério dos Transportes (atual Minfra).

Evidentemente, a profundidade dos rios varia de acordo com a época do ano, como é elucidado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Profundidade do Rio Paraguai e seus principais afluentes de acordo com o mês.

Medição	Profundidade Media do Rio [m]											
	Jan	Fev	Mrç	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Cáceres	2,8	3,5	4,7	4,3	3,9	2,8	1,8	1,6	1,2	1,1	1,3	2,4
Cuiabá	1,5	3,0	3,5	3,5	1,2	0,9	0,5	0,4	0,3	0,4	0,7	1,8
Ladário	1,9	2,2	2,7	3,2	4,0	4,5	4,6	4,5	4,0	3,6	3,4	2,0
Forte Coimbra	1,2	2,0	2,3	2,6	3,0	3,5	3,8	3,9	3,3	3,0	1,9	1,9
Porto Murinho	4,2	4,1	4,2	4,6	4,8	5,7	5,9	5,9	5,5	5,1	4,2	4,0
Bela Vista	3,5	3,7	4,5	5,1	5,4	5,5	5,3	4,9	4,4	4,1	3,5	3,3

...

Profundidade >2,5m, dimensão necessária para navegação de barcaças de grande porte

Fonte: PHE [6].

Dentro do PHE [6] foi feito também um mapa trecho a trecho (a cada 10 Km) de cada Hidrovia que compõem a bacia do Rio Paraguai. Além do mapa foram pontuadas as Classes citadas (profundidade mínima, largura, sinuosidade, energia, obstáculos físicos à navegação e obstáculos naturais à navegação) dos seguintes trechos: Hidrovia rio Paraguai (trechos 1 a 123), rio São Lourenço (trecho 1 ao 17) rio Cuiabá (trecho 1 ao 33), rio Miranda (trecho 1 ao 24). É importante salientar que a hidrovia do rio Cuiabá tem seu trecho 1 conectado ao trecho 18 da hidrovia do rio São Lourenço (não serão estudados os trechos subsequentes do rio São Lourenço). A hidrovia do rio São Lourenço tem seu trecho 1 conectado ao trecho 80 da hidrovia do Rio Paraguai, a hidrovia do rio Miranda tem seu trecho 1 conectado ao trecho 48 da hidrovia do rio Paraguai (ver Apêndice 1 para visualizar mapa trecho a trecho).

O mapa geral de localização desta bacia é o que se apresenta na Figura 3.4:

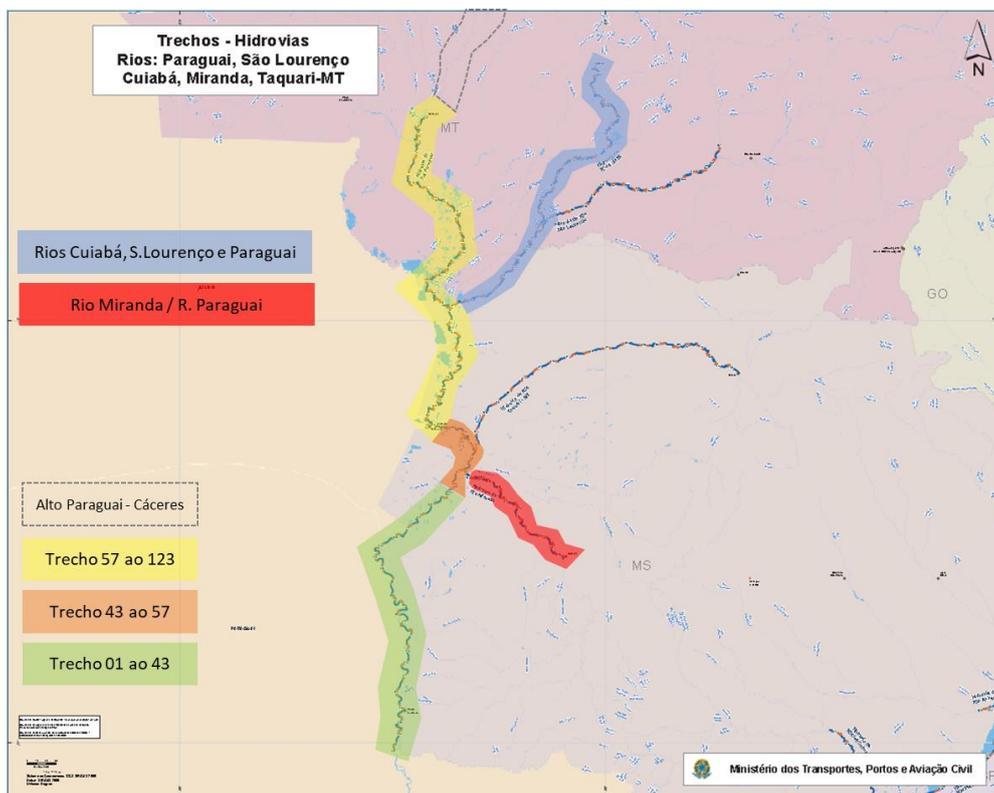


Figura 3.4: Mapa de trechos das hidrovias.

Fonte: PHE [6] modificado pelo autor.

Com os detalhes da navegabilidade do Rio Paraguai, por trechos:

a) Alto Paraguai – Cáceres (rio não navegável)

- Extensa área de cultivo de grãos.
- Rio tem profundidades muito baixas.

- Muito desgastado por anos de atividade de mineração e desmatamento ilegais, não há análise dos trechos, porém pode se conectar por rodovia até Cáceres.

b) Cáceres – Ladário (trecho 57 ao trecho 123)

- Número baixo de fazendas de cultivo de grãos.
- Profundidade mais elevada, mas com muitos meandros e sedimentações no caminho, que dificultam a navegação de embarcações de maior porte.
- Região com menor número de pontos possíveis de instalação de portos fixos por ser de denso Pantanal preservado sendo, porém, uma ótima opção para porto móvel.
- Foi estudado e já está sendo feita parte das obras de manutenção que tem como objetivo aumentar sua navegabilidade. É visto como importante para escoar grãos cultivados ao norte de Cáceres.

c) Ladário – Forte Coimbra (trecho 43 ao trecho 57)

- Em maio de 2018 voltou a ser exportada uma quantidade elevada de soja saindo do porto de Ladário em direção a Rosário, Argentina.
- Maiores profundidades e menor sinuosidade do rio, sendo mais propício à passagem de embarcações de grandes dimensões.
- Menor quantidade de áreas de cultivo na região.
- Baixo acesso rodoviário.

d) Forte Coimbra – Rio Apa (trecho 1 ao trecho 43)

- Maiores profundidades e menor sinuosidade do rio, sendo mais propício à passagem de embarcações de grandes dimensões
- Propício para serem instalados portos móveis em diversos pontos do seu leito, por ter maior acesso rodoviário e por ter uma elevada quantidade de áreas de cultivo (maior parte em território paraguaio) ao seu redor

Com os seguintes detalhes da navegabilidade dos rios secundários ao Rio Paraguai, por trechos:

a) Rio Cuiabá (trecho 1 ao trecho 34) / Rio São Lourenço (trecho 1 ao trecho 17) - Rio Paraguai (trecho 80)

- Profundidade suficiente para navegabilidade de embarcações de tamanho médio (em épocas de cheia). Há planos de aumentar sua profundidade e melhorar assim o caminho para passagem de embarcações maiores.
- Degastado pela grande quantidade de resíduos despejados pelas cidades que o margeiam, além da extração de areia do seu leito.
- Propício para serem instalados portos móveis em diversos pontos do seu leito, por ter maior acesso rodoviário e por ter uma elevada quantidade de áreas de cultivo ao seu redor.

b) Rio Miranda (trecho 1 ao 24) – Rio Paraguai (trecho 48)

- Profundidade suficiente para navegabilidade de embarcações de tamanho médio do trecho que se inicia na cidade de Miranda até o encontro com o Rio Paraguai (em época de cheia).
- Baixa produção de grãos na região.
- Alguns pontos propícios para instalação de portos móveis.

As notas de cada trecho para estas hidrovias serão descritas a seguir:

3.1.2 Rio Cuiabá

O Rio Cuiabá é um dos principais afluentes do rio São Lourenço, que vem a ser afluente do rio Paraguai. Nasce na encosta da Serra Azul e sua foz se encontra no rio São Lourenço, possui níveis d'água elevados entre dezembro e maio e com extensão de cerca de 340km.

O rio Cuiabá é navegável em qualquer época do ano, com profundidades mínimas de 1,5m, para os períodos de dezembro a maio esta profundidade aumenta para mais de 2,5m e possui baixas declividades

Nas proximidades da cidade de Cuiabá (MT), extremo montante da hidrovia, verificam-se afloramentos rochosos e corredeiras, além de pontes urbanas (trecho 34), pelo que será descartado o uso neste trecho.

Ver Apêndice 1 – Tabela 1 Análise da Hidrovia do Rio Cuiabá – Notas por Classe:

- Para a classe sinuosidade, há 5 trechos com notas (graus) iguais a 4 e 10 trechos com notas iguais a 5, além disso, há 4 trechos com larguras menores do que 50m, portanto para a hidrovia do rio Cuiabá deverão ser utilizado comboios com menor número de barcaças.
- Para a classe profundidade mínima, todos os trechos ficaram com nota 4, ou seja, profundidade em época de estiagem entre 1 e 2m. Para a premissa de se utilizar profundidade mínima de 2,5m, o rio somente poderá ser utilizado em épocas de cheia, isto é, entre os meses de dezembro e maio.
- Há um trecho com nota 4 para obstáculo (obstáculo físico à navegação) (trecho 34) que são as pontes (Av. Sebastião de Oliveira, Julio Muller, Dom Orlando Chaves), por se tratar de apenas um trecho e sendo o último (trecho 34) e dentro da área urbana, não será considerado esta nota para esta classe.

3.1.3 Rio Miranda

O Rio Miranda é um afluente da margem esquerda do rio Paraguai. Nasce no encontro do Córrego Fundo com o Rio Roncador, com aproximadamente 800 km de extensão.

O período da seca dura de três meses a quatro meses, e o período de chuva ocorre de janeiro a março.

A hidrovia do rio Miranda considerada nesta análise será do trecho entre sua foz e a cidade de Miranda no Mato Grosso do Sul (trecho 24). Hoje verifica-se apenas a navegação de embarcações de pequeno porte, com calado menor que 1 m.

Não há dados suficientes sobre as profundidades mínimas, contudo, segundo o IBGE [2], estima-se que haja muitos trechos com profundidades mínimas de cerca de 1m, na época de estiagem e nos trechos mais de montante.

Ver Apêndice 1 – Tabela 2 Análise da Hidrovia do Rio Miranda – Notas por Classe:

- Para a classe sinuosidade, há 5 trechos com classificações iguais a 4 e 15 trechos com notas iguais a 5, além disso, todos os trechos têm larguras

menores do que 50m, portanto para a hidrovia do rio Miranda deverão ser utilizados comboios com menor número de barcaças.

- Para a classe profundidade mínima, todos os trechos ficaram com nota 4, ou seja, profundidade em época de estiagem entre 1 e 2m, para a premissa de se utilizar profundidade mínima de 2,5m, o rio somente poderá ser utilizado em épocas de cheia, isto é, entre os meses de dezembro a maio
- Há um trecho com nota 4 para obstáculo (obstáculo físico a navegação), no trecho 22 que são as pontes (BR-262 e uma ponte ferroviária).

3.1.4 Rio Paraguai

A bacia hidrográfica do rio Paraguai, corre em uma chapada pantanosa, chamada de Brejal das Sete Lagoas, fazendo a separação entre as bacias hidrográficas do Prata e Amazônica. O rio é quem marca a fronteira Brasil - Paraguai por 330 km (trechos 1 a 33), atravessa o Paraguai tendo sua foz no rio Paraná, fronteira Paraguai - Argentina.

O caminho do rio Paraguai segue na direção de NE para SW, com 2.621 km de extensão. Desse total, dentro do Brasil possui uma extensão de 1.693 km. Fazendo divisa com a Bolívia em 48 km de extensão (trechos 33 a 37) e entre Brasil e Paraguai são 332 km (trechos 1 a 32). A região hidrográfica possui uma área aproximada de 1.095.000 km².

De acordo com dados do IBGE, o rio Paraguai possui ciclo hidrológico com uma ascendente (entre dezembro e junho), e uma recessão, (entre junho e dezembro), podendo atrasar ou acelerar de 1 a 3 meses dependendo do nível das cheias [2].

Ver Apêndice 1 – Tabela 3 Análise da Hidrovia do Rio Paraguai – Notas por Classe:

- Trechos com notas iguais a 5. Como há somente 6 trechos com largura com nota 5 e em um ponto que não seria utilizado para navegação, não há risco de diminuição de comboios.
- Para a classe profundidade mínima, há 64 trechos com nota 4, ou seja, profundidade em época de estiagem entre 1 e 2m, porém se trata de trechos acima do Porto de Ladário. Para a premissa de se utilizar profundidade mínima de 2,5m, os trechos acima do trecho 58 que irão se

conectar com as hidrovias dos rios Cuiabá e São Lourenço, somente poderão ser utilizadas em épocas de cheia, isto significa entre os meses de março a setembro.

3.1.5 Rio São Lourenço

O rio São Lourenço é um dos principais afluentes do rio Paraguai e fica na região do Pantanal. Nasce no município de Campo Verde – Mato Grosso com sua foz no rio Paraguai e seus principais afluentes são os rios Cuiabá e Piqueri.

O período da seca dura de três a quatro meses, o período de cheias costuma ir de dezembro a maio, sua vazão média próximo à foz no rio Paraguai é de 700 m³/s.

Segundo o PHE [6] não há registros de navegações por comboios comerciais neste rio, há muita produção agrícola em seu entorno.

O segmento que compreende a foz no rio Paraguai até a foz do rio Cuiabá (trechos 1 ao 18) é a que possui melhores condições de navegabilidade de todo o rio, tendo larguras médias de 80m e profundidades mínimas de cerca de 2,5m, nas vazantes.

Ver Apêndice 1 – Tabela 4 Análise da Hidrovia do Rio São Lourenço – Notas por Classe:

- Para a classe sinuosidade, há 4 trechos com notas (graus) iguais a 5, portanto para a hidrovia do rio S. Lourenço deverá ser utilizado comboios com menor número de barcaças.
- Para a classe profundidade mínima, somente um trecho ficou com nota 4, ou seja, profundidade em época de estiagem entre 1 e 2m, para a premissa de se utilizar profundidade mínima de 2,5m, o rio para a conexão com a hidrovia do rio Cuiabá somente poderá ser utilizado em épocas de cheia, entre os meses de dezembro a maio, No caso de se utilizar somente a hidrovia do rio São Lourenço entre os trechos 1 até o 17 não há restrições.

3.1.6 O Transporte Interno na Bacia e as Rotas de Exportação

Apesar de o transporte hidroviário apresentar custo inferior ao tradicional transporte rodoviário (ou mesmo o ferroviário, menos utilizado no Brasil), quando se

trata do escoamento da produção de grãos provenientes do norte do Mato Grosso, observa-se grande complexidade na utilização das hidrovias da bacia do Rio Paraguai. Tal logística demanda prolongado tempo entre a origem e destino, o que conseqüentemente implica em perda de eficiência, tendo em vista que seus portos de embarque para longo curso (exportação) se situam muito ao sul do Brasil.

Tabela 3.3: Top 15 Mato Grosso: destinos de exportação de soja (2018).
Principais 15 Destinos de exportação de soja - Estado de Mato Grosso (MT)

País	2015	2016	2017	%	Classificação
	Tonelada Métrica				
China	9.226.007	9.669.725	11.777.815	65,4	1
Espanha	986.513	1.011.000	1.177.825	6,5	2
Países Baixos	445.503	573.992	838.675	4,7	3
Tailândia	635.042	547.487	803.644	4,5	4
Rússia	369.443	508.405	610.694	3,4	5
Irã	179.450	333.488	490.405	2,7	6
Reino Unido	187.362	263.668	329.957	1,8	7
Noruega	322.499	253.851	240.625	1,3	8
Taiwan	314.198	238.936	237.731	1,3	9
Peru	88.559	156.856	189.895	1,1	10
França	112.007	182.252	139.220	0,8	11
Paquistão	12.893	12.704	136.075	0,8	12
México	0	61.558	132.914	0,7	13
Itália	62.625	284.429	113.046	0,7	14
Arabia Saudita	240.347	246.429	113.046	0,6	15
Outros	1.332.380	877.714	668.311	3,7	
Mato Grosso Total	14.514.829	15.222.273	18.017.456	100,0	
		2015	2016	2017	
MT % das exportações do Brasil para a China		22,5	25,1	21,9	
Exportações do Brasil para China		40.925.507	38.563.909	53.796.980	
Exportações totais do Brasil		54.322.601	51.577.465	68.147.705	
China % das exportações totais do Brasil		75,3	75,2	78,9	

Fonte:USDA [30].

Como elucidado na Tabela 3.3, o grão produzido no Mato Grosso tem como principais destinos internacionais os países no hemisfério Norte, e principalmente a China. Com isso o escoamento interno pela Bacia do Paraguai tem uma desvantagem econômica, já que tem transporte intercontinental com trajeto mais longo [30].

A exportação brasileira para China (responsável por receber 78,9% da soja exportada pelo Brasil), tem basicamente origem em portos localizados na parte Sul do país (especificamente nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná, como mostra a Tabela 3.4. Da mesma forma, a exportação com destino aos países do hemisfério norte também tem a maior parte de sua origem em portos situados ao sul do Brasil, apesar de maior distância a percorrer do que se partissem de portos no Norte do país. Tal fato se deve à carência da logística interna de transportes, que poderia evitar esse contrassenso [30].

Tabela 3.4: Total de exportação de soja do Brasil para a China, por porto (2014-2017).

Portos	2015	2016	2017
	Tonelada métrica		
Santos	10.819.783	11.825.003	14.183.986
Rio Grande	10.080.780	8.414.709	11.901.538
Paranaguá	7.518.588	7.213.409	10.026.648
São Luís	2.938.010	2.246.318	4.246.740
São Francisco do Sul	4.080.459	3.539.198	3.984.947
Subtotal	35.473.619	33.238.637	44.343.859
Outros	5.478.888	5.325.272	9.453.121
Exportações totais para China	40.925.507	38.563.909	53.796.980
Exportações totais do Brasil	54.322.601	51.577.465	68.147.705
Portos	2014	2016	2017
	% das exportações para China		
Santos	26,4	30,7	26,4
Rio Grande	24,6	21,8	22,1
Paranaguá	18,4	18,7	18,6
São Luís	7,2	5,8	7,9
São Francisco do Sul	10,0	9,2	7,4
Subtotal	86,6	86,2	82,4
Outros	13,4	13,8	17,6
Exportações totais para China	100	100	100
Portos	2014	2016	2017
	% das exportações totais do Brasil		
Santos	19,9	22,9	20,8
Rio Grande	18,6	16,3	17,5
Paranaguá	13,8	14,0	14,7
São Luís	5,4	4,4	6,2
São Francisco do Sul	7,5	6,9	5,8
Subtotal	65,2	64,4	65,1
Outros	10,1	10,3	13,9
Exportações totais para China	75,3	74,8	78,9

Fonte: USDA [30].

Como mostra a Figura 3.5, há dois pontos principais de exportação de *commodities* brasileiras.

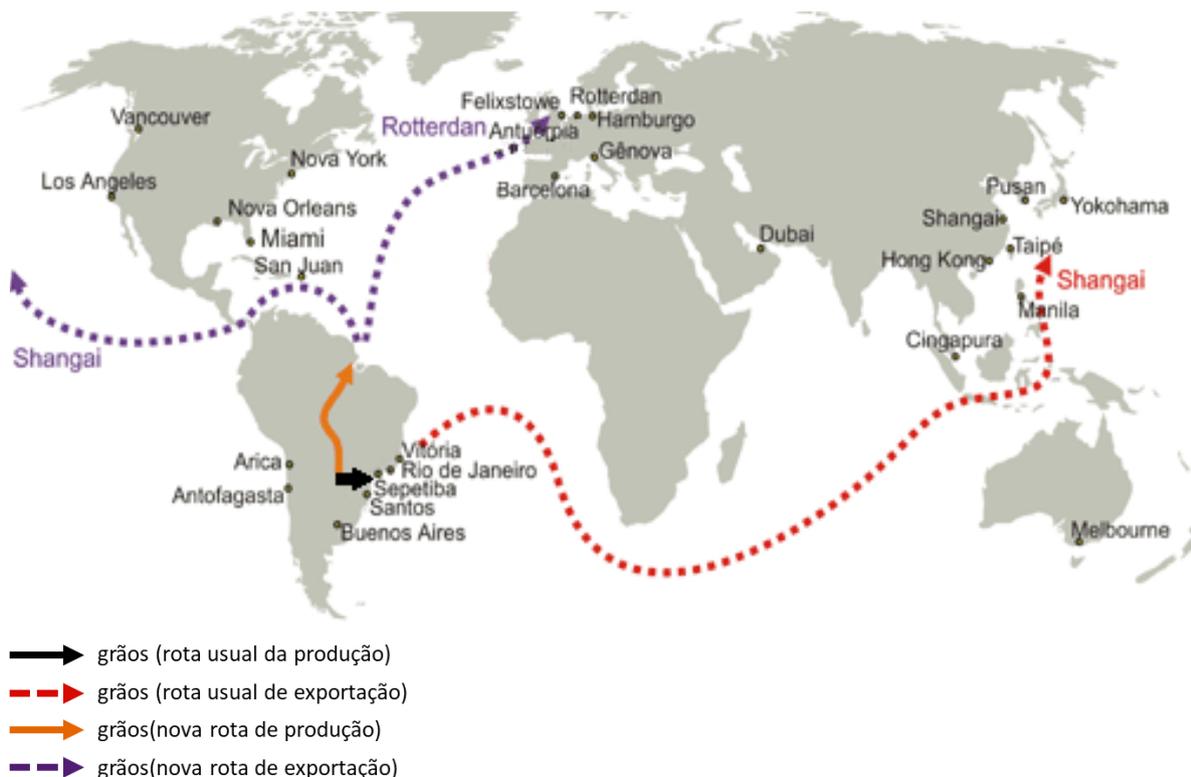


Figura 3.5 Rotas de exportação de soja com origem na América do Sul

Fonte: https://www.pucsp.br/artecidade/mg_es/portugues/territorio/economia/com01.htm.

As rotas de exportação de soja para a China, tendo como origem os portos ao Sul do continente Sul-Americano são realizadas passando pelo Cabo da Boa Esperança, na África do Sul, e pelo Sudeste Asiático, enquanto as com origem no Norte do Brasil passam pelo Canal do Panamá e depois seguem até seu destino. A segunda rota é em média 4 dias mais rápida e com menor custo.

A saída pelos portos do norte do Brasil se mostrará mais eficiente, devido à menor distância de navegação aos portos de destino. Será apresentado no capítulo 5 um estudo de caso, demonstrando os benefícios potenciais.

Deve ser considerado que não há a inviabilidade do uso de porto móvel para as fazendas perto dos rios citados considerando a saída para o Porto de Ladário, há uma demanda na Argentina para o beneficiamento da soja e a localização do porto é extremamente competitiva. Desde maio de 2018 o Porto de Ladário vem sendo utilizado, conforme reportagem do jornal regional “Campo Grande News”:

Nesta semana o Porto de Ladário começou as atividades no transporte de commodities. A hidrovia transportou 33 mil toneladas de soja com destino à Argentina. Nas estradas o mesmo volume precisaria de 825 caminhões. Conforme a Semagro (Secretaria do Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar), outras possibilidades já começaram a ser exploradas, a exemplo da hidrovia do Rio Paraguai. A exportação por Ladário se torna uma nova oportunidade de mercado com logística. Segundo a pasta, o terminal multimodal pertence à Granel Química e existe desde 1990. Além dos grãos, atualmente exporta 2 milhões de toneladas/ano de minérios (ferro e manganês) e importa de 100 mil m³ de combustíveis (diesel, gasolina e álcool). A exportação de soja acontece após 5 anos de paralisação. A carga foi comprada pelo grupo argentino Vicentin, que fará o beneficiamento do grão para produzir óleo de soja. A Semagro explica que, a princípio, são vendidos grãos de propriedades próximas de Ladário, entre 200 e 300 km, para manter o frete em valores competitivos ao mercado externo e interno.

"Antes, nossa soja só ia para outros países como China, pelo porto de Santos, agora temos a oportunidade de exportar para outro cliente e muito mais fácil", afirmou Adriano Sarassene, diretor de Agricultura da BR PEC [31].

A volta do uso do porto de Ladário originou o centro de logística de soja e milho para a região Centro-Oeste, ilustrado pela mancha de produção de soja (Figura 3.6) e pela mancha da produção de milho (Figura 3.7).

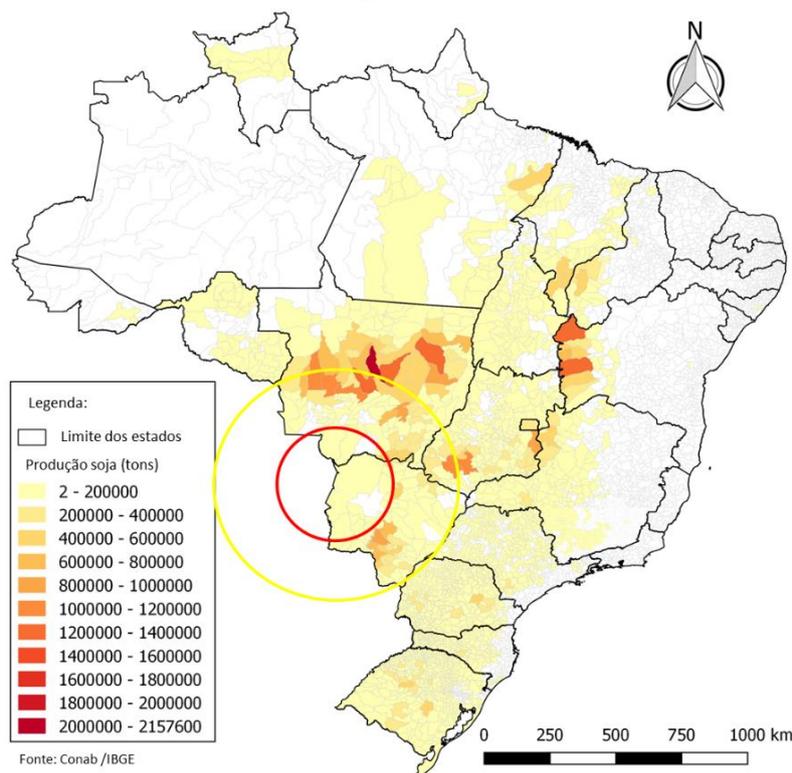


Figura 3.6: Raios de 300Km/600Km porto Ladário – Produção Soja.

Fonte: Conab / IBGE, editada pelo autor.

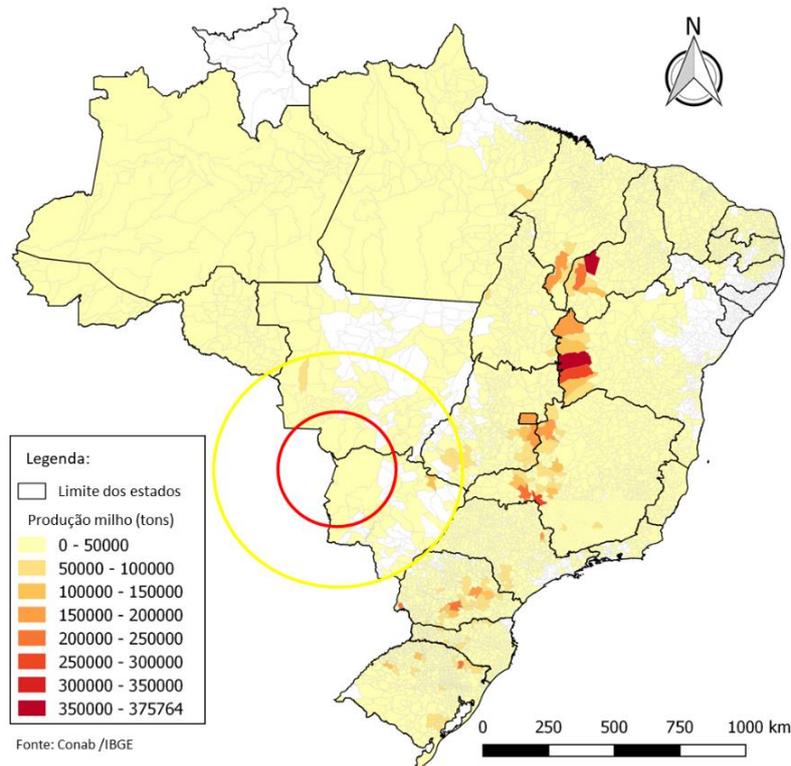


Figura 3.7 Raios de 300Km/600Km porto Ladário – Produção milho
 Fonte: Conab / IBGE, editada pelo autor.

É importante salientar que apesar de não haver mapas de produção disponíveis no Paraguai, percebe-se claramente pelas imagens do Google Earth diversas fazendas em torno do rio Paraguai, o que poderá também viabilizar o uso da solução hidroviária.



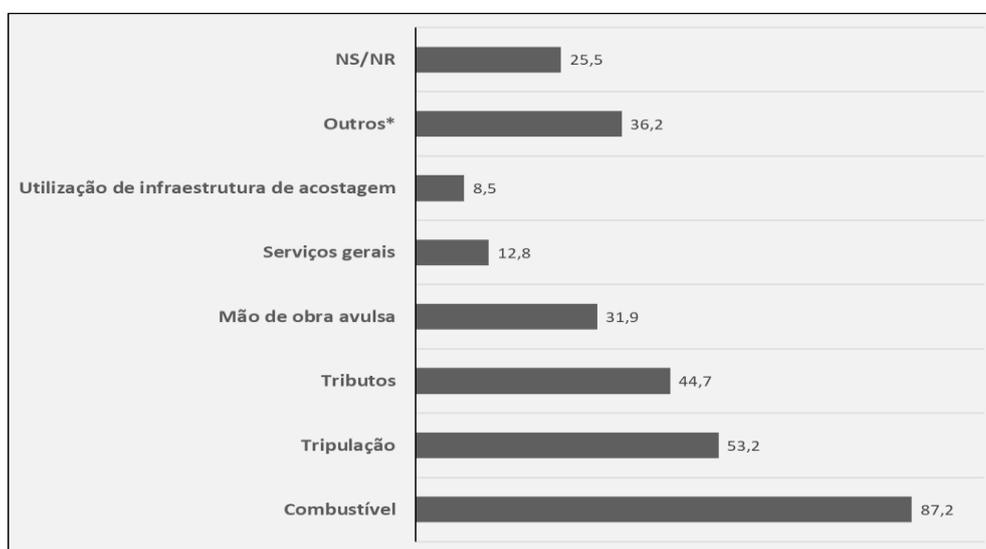
Figura 3.8: Fazendas no Paraguai.
 Fonte: Google Earth, editado pelo autor.

3.1.6.1 Hidrovia Paraguai

A identificação de gargalos é crucial para a elaboração dos cenários e deve, portanto, ser inventariada, com as principais dificuldades de navegação no Paraguai relatadas abaixo:

- Ausência de manutenção nas vias navegáveis
- Falta de investimento do governo
- Carência de terminais, berços e retroáreas
- Qualificação profissional deficiente
- Baixa oferta de profissionais
- Roubo de cargas

Como a formação de mão de obra qualificada é deficitária, o custo para contratar uma tripulação é elevado, seguido pelos tributos cobrados. Fatores que são superados apenas pelo preço do combustível, como elucidado na Figura 3.9 Componentes com maior peso nos custos totais com a navegação interior abaixo que mostra os componentes mais caros para a navegação interior, segundo pesquisa feita para o Plano Hidroviário Estratégico com os próprios marinheiros.



Nota 1: NS/NR = não sabe/não respondeu

Nota 2 (*): Para melhor visualização, as categorias de menor representatividade foram agregadas ao item 'outros' (rebocadores/empurradores, operação do terminal hidroviário, utilização de infraestrutura terrestre, entre outros)

Nota 3: O percentual indicado no gráfico representa a apuração dos resultados de uma questão de múltipla escolha, em que o entrevistado poderia apontar até três itens entre as opções existentes. Para o cálculo do percentual, foi utilizada a quantidade de entrevistados e não a quantidade de respostas.

Figura 3.9 Componentes com maior peso nos custos totais com a navegação interior

Fonte: CNT, 2017 [32].

Atualmente não é realizada uma abordagem integrada das condições de navegação das vias navegáveis na América do Sul, que permita avaliar com precisão a capacidade atual e as possibilidades de desenvolvimento da rede para transporte de cargas e pessoas. Além de gerar limitações práticas para o uso cotidiano do transporte por hidrovias internas, essa deficiência compromete negativamente o planejamento e execução de políticas regionais e nacionais elaboradas com o objetivo de estimular a utilização da navegação por vias interiores na região.

Essa abordagem integrada poderia ser ferramenta eficiente para suportar e fortalecer políticas de vias navegáveis e projetos que permitam a identificação das limitações e o potencial econômico das hidrovias navegáveis na região, acompanhando e incentivando o desenvolvimento da sua capacidade para transporte de mercadorias e pessoas.

Para realizar essa nomenclatura é necessário serem coletados e analisados dados sobre características das hidrovias, com informações de frota, quantificar o tráfego, as dimensões do rio e os diferentes fatores relevantes para a elaboração de técnicas e parâmetros regionais operacionais.

3.1.7 Bacia do Rio Tapajós

Foram desenvolvidos dois estudos para esta bacia. O primeiro deles, foi desenvolvido pelo Ministério dos Transportes, em consonância com as diretrizes da Administração Hidroviária da Amazônia Oriental [33].

Em 2018 foi concluído um estudo complementar e mais aprofundado, conduzido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), que resultou no Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) para a hidrovia Tapajós-Teles Pires [34].

Os resultados de ambos estudos serão aqui brevemente apresentados.

3.1.7.1 Problemas de Navegabilidade

O planejamento de implantação de hidrovia no Tapajós prevê que seja abrangido todo o comprimento do rio. Segundo a Administração Hidroviária da Amazônia Oriental (AHIMOR), está prevista a adoção de um comboio-tipo com

comprimento de 200m e boca de 24m (comboio 2x4). O projeto da hidrovía foi concebido para um calado mínimo de 1.50m, que poderá alcançar 2.50m na época de cheias. Desta forma, a capacidade de carga seria de 7.500t por comboio [33].

Em sua condição atual, o rio Tapajós não é navegável na montante das corredeiras localizadas em São Luis do Tapajós.

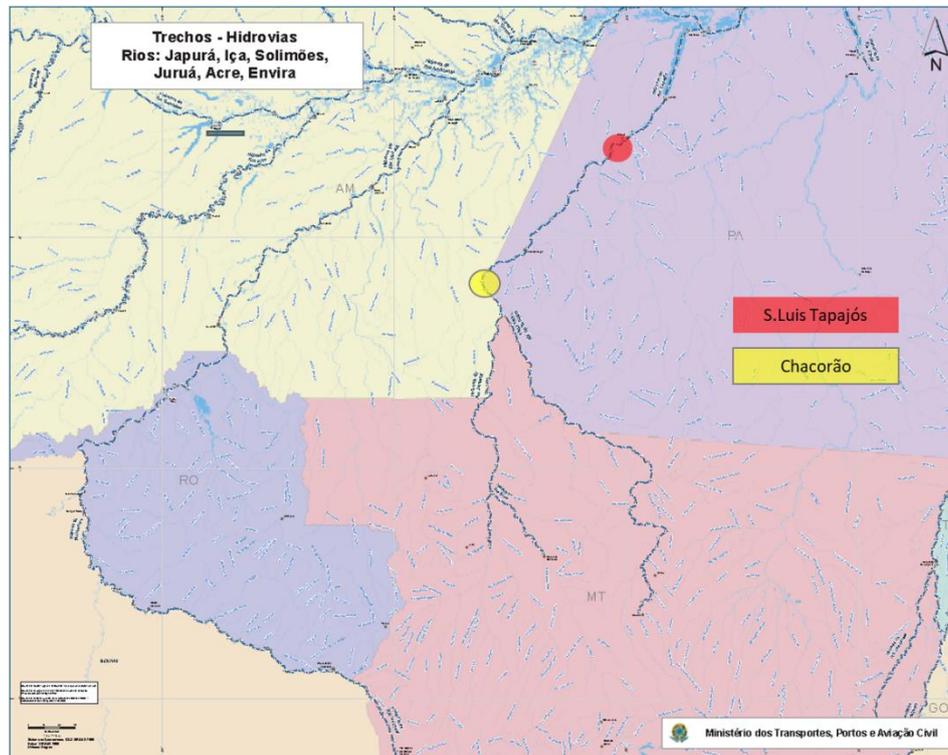


Figura 3.10: Localização de corredeiras.

Fonte: PHE , editado pelo autor.

As corredeiras localizadas nos trechos 33 e 34 (São Luis do Tapajós) e trechos 70 a 73 (Chacorão) são intransponíveis para embarcações de uso comercial. Sendo assim, o rio fica basicamente dividido em 3 segmentos com características específicas, que serão descritos detalhadamente a seguir.

A vocação energética do Tapajós é potenciada pela presença das corredeiras. Há planejamento para implantação de 3 aproveitamentos hidrelétricos, que totalizam cerca de 12 GW (UHEs São Luís do Tapajós, Jatobá e Chacorão). O lado positivo desses aproveitamentos, é que os barramentos naturalmente inundarão muitas das corredeiras, e automaticamente tornarão navegáveis muitos dos trechos acima descritos. Entretanto, os estudos mostram que o trecho entre a localidade de Jacareacanga (PA) e a barragem da UHE Chacorão não será

inundado, e ainda apresentará muitos obstáculos à navegação em seus 80km de extensão.

A figura a seguir, extraída do PHE [6] apresenta a divisão de quedas aprovada no Inventário Hidrelétrico do rio Tapajós:

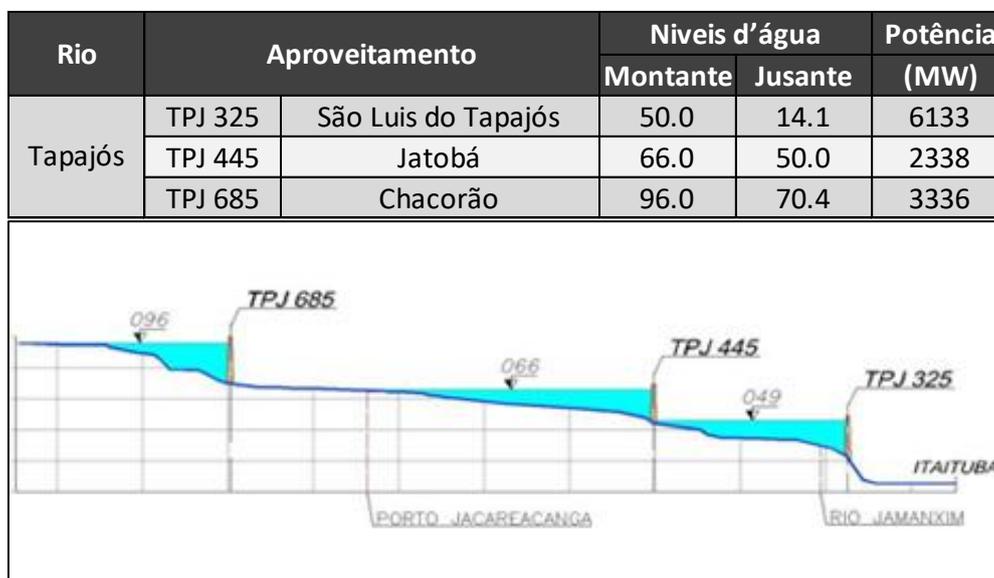


Figura 3.11: Dados dos aproveitamentos hidrelétricos.
 Fonte: Araújo et. al, editado pelo autor [35].

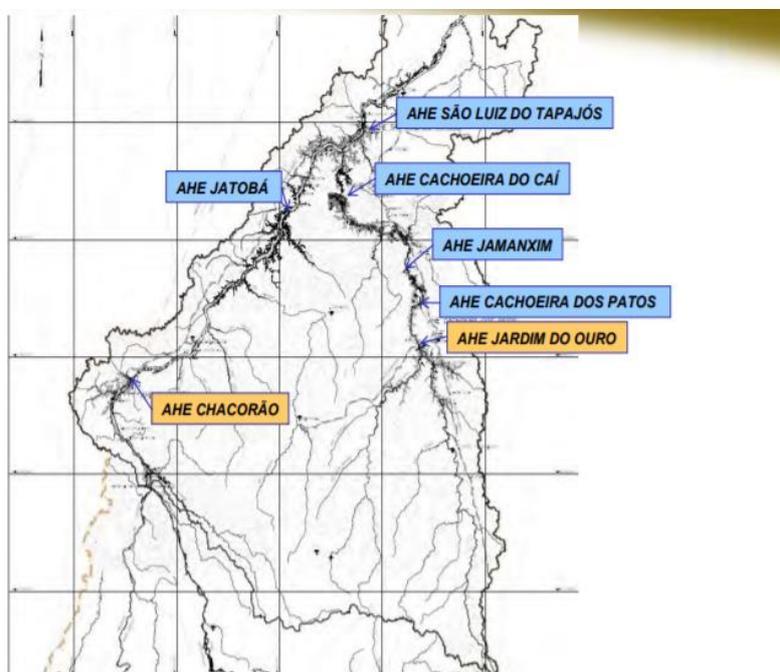


Figura 3.12: Localização de aproveitamentos hidrelétricos.

Fonte: Cartilha Tapajós Vivo Para Sempre - Águas Para Vida E Não Para Morte
http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Tap/Outros%20documentos/CARTILHA%20TAPAJOS%20IVO.pdf – página 7

Tabela 3.5: Dados de aproveitamentos hidrelétricos.
Quadro 1 – Alternativa Selecionada

Rio	Aproveitamento		Níveis d'água (m)		Potência (MW)	Energia Firme (MW médios)	Área do Reservatório (km ²)	Valor Total de Implantação (R\$ x 10 ⁶)	ICB (R\$/MWh)
			M	J					
Tapajós	TPJ-325	AHE São Luiz do Tapajós	50,0	14,1	6.133	3.369	722	18.160	65
	TPJ-445	AHE Jatobá	66,0	50,0	2.338	1.282	646	7.856	74
	TPJ-685	AHE Chacorão	96,0	70,4	3.336	1.833	616	8.454	56
Jamanxim	JMX-043	AHE Cachoeira do Cai	85,0	50,4	802	418	420	2.017	60
	JMX-166	AHE Jamanxim	143,0	85,4	881	475	74	1.938	52
	JMX-212	AHE Cachoeira dos Patos	176,0	143,0	528	272	116	1.480	67
	JMX-257	AHE Jardim do Ouro	190,0	176,0	227	98	426	980	91
Notas: 1- A energia firme indicada corresponde à energia firme local, com a cascata desenvolvida. 2- Valores na data-base DEZ/2007 e US\$ 1,000 = R\$ 1,786. 3- O ICB corresponde ao valor incremental, na ordem de construção indicada pelo inventário. 4 – Potência Total: 14.245 MW									

Fonte: Araújo et. al, editado pelo autor [35].

3.1.7.2 Hidrovia Sistema Tapajós-Teles Pires

A hidrovia do Tapajós–Teles Pires tem uma posição geograficamente estratégica, pois liga centros de produção no Centro Oeste e Norte do Brasil com o rio Amazonas, ligando ao Oceano Atlântico. Com 843 km de extensão até os rios Teles Pires e Juruena, o rio Tapajós faz fronteira com os Estados do Pará, Amazonas e Mato Grosso, tendo sua foz em Santarém (PA), que fica a 750 km de Manaus (AM) e a 950 km de Belém (PA).

Um dos afluentes do rio Tapajós, o rio Teles Pires também é parte da bacia amazônica. Nasce no estado do Mato Grosso. A hidrovia tem sua rota no segmento entre o rio Juruena e a cidade de Sorriso (MT), tendo a extensão aproximada de 1.000 km.

É um rio de extrema relevância na logística do transporte hidroviário, já que além de ser corredor de transporte entre o Centro-Oeste e o Norte do país, quando combinado com outros modais no Corredor Logístico Norte - Eixo Tapajós, tem a capacidade de potencializar muito as atividades ligadas ao agronegócio, totalizando uma área de influência para grãos de 711.000 km², com 8 municípios do Pará e 21 municípios do Mato Grosso.

Além do transporte de carga, a hidrovia pode oferecer rotas alternativas para o escoamento da produção, descongestionando outros modais de transporte hoje mais utilizados e a infraestrutura portuária. A hidrovia Tapajós – Teles Pires possivelmente é a hidrovia com maior viabilidade de circulação de mercadorias para o abastecimento e implementação do comércio exterior da região. O acesso à hidrovia ocorre pela BR-230, a Transamazônica, e, também, pela BR-163, a Cuiabá-Santarém.

Abrange os estados de Rondônia (RO), Amazonas (AM), Mato Grosso (MT) e Pará (PA). 96 municípios se encontram em seus limites, sendo o rio Teles Pires o divisor natural entre os estados do Mato Grosso e Pará por cerca de 330 km e possui três trechos de navegação praticamente isolados entre si.

A. Santarém (PA) – Itaituba (PA)

- O primeiro trecho, considerado como o baixo Tapajós, corresponde ao trecho entre Santarém (PA) e Itaituba (PA), é navegável em toda sua extensão, sem maiores dificuldades, o ano todo. Com profundidades mínimas de 2,5 metros e declividade média de 4 cm/km, além de apresentar grande número de ilhas fluviais.

B. Corredeira de São Luís do Tapajós (PA) – Corredeira do Chacorão (PA)

- No **segundo trecho**, entre as corredeiras de São Luís do Tapajós e de Chacorão tem profundidade mínima do trecho de 1,5 metros, apresenta declividade média de 15 cm/km e tem cerca de 420 km de extensão. Além disso possui muitos afloramentos rochosos, saltos e alguns bancos de areia intransponíveis por embarcações.

C. Corredeira do Chacorão (PA) – Confluência dos rios Juruena e Teles Pires

- O **terceiro trecho**, entre as corredeiras do Chacorão e a confluência dos rios Juruena e Teles Pires, tem cerca de 80 km de extensão com características semelhantes às do segundo trecho. Declividade média de 15 cm/km e fatores que restringem a navegação como diversos pedrais, ilhas fluviais e bancos de areia. Não são verificados saltos e corredeiras da mesma magnitude que no segundo trecho. Sua profundidade mínima é estimada em cerca de 1,5 metros.

Por ter baixas taxas de transporte de sedimentos o rio Tapajós possui águas cristalinas e poucos bancos de areia. Os rios Juruena e Teles Pires têm o fundo arenoso, sem grandes obstáculos para os comboios na maior parte do tempo, tendo apenas na estiagem o surgimento de diversos bancos de areia nos leitos.

Entre janeiro e maio ocorre o período de enchentes no rio Tapajós e o comportamento hidrológico é bastante homogêneo ao longo do traçado do rio, já que com exceção do rio Jamanxim não há afluentes de importância ao longo do rio. Tem vazão média na ordem de 9.000m³/s.

O Rio Teles Pires tem período de cheias entre dezembro e maio e tem comportamento hidrológico bastante homogêneo ao longo do seu traçado, com vazão média, próximo a sua foz, é de cerca de 3.700 m³/s

A Hidrovia do Tapajós – Teles Pires é planejada para transportar, principalmente, madeira e gêneros alimentícios como soja e farelo de soja. Tem largura média de 10 km e abrange todo o comprimento do rio, suportando a navegação de comboio de comprimento de 200 metros, 24 metros de boca, e calado mínimo de 1,50 metros no período entre agosto e novembro, de águas baixas e calado máximo de 2,50 metros na época das águas altas, entre janeiro e maio, com uma capacidade de carga de 7.500 toneladas por comboio.

Dentro do PHE [6], foi feito também um mapa trecho a trecho (ref.48) (a cada 10 Km) de cada hidrovia que compõem o Sistema Hidroviário do Tapajós, além do mapa foram pontuadas as Classes citadas (profundidade mínima, largura, sinuosidade, energia, obstáculos físicos a navegação e obstáculos naturais a navegação) dos seguintes trechos:

- A hidrovia rio Arinos (trechos 1 a 22), rio Juruena (trecho 1 ao 58), rio Tapajós (trecho 1 ao 81), rio Teles Pires (trecho 1 ao 100), importante salientar que a hidrovia do rio Teles Pires tem seu trecho 1 conectado ao trecho 81 da hidrovia do rio Tapajós.
- A hidrovia do rio Juruena tem seu trecho 1 conectado ao trecho 81 à hidrovia do Rio Tapajós e a hidrovia do rio Arinos tem seu trecho 1 conectado ao trecho 45 à hidrovia do rio Juruena. (ver Apêndice 2 para visualizar mapa trecho a trecho).

de se utilizar profundidade mínima de 2,5m, o rio somente poderia ser utilizado em épocas de cheia, entre os meses de dezembro a maio.

- Na classe anteparos naturais a navegação há 7 trechos com notas (graus) 5 ou seja mais de 30% do rio, estes obstáculos naturais são: trecho 3 – corredeiras, trecho 5 - corredeira e ilha fluvial, trecho 14 – assoreamento e corredeiras, trecho 15, trecho 16 e trecho 18 – ilhas fluviais, assoreamentos e corredeiras, trecho 17 – famosa Corredeira 5 Bocas.

3.1.7.2.2 Rio Juruena

O rio Juruena é um dos formadores do rio Tapajós, e faz parte da Bacia Amazônica. Nasce na encosta da Serra dos Parecis (MT) e sua foz se encontra no rio Tapajós sendo a divisa entre os estados do Mato Grosso (MT) e Amazonas (AM) por aproximadamente 210 Km. Entre os trechos 1 ao 21, possui níveis d'água elevados entre dezembro e maio, o seu principal afluente é o rio Arinos. A hidrovia do rio Juruena tem cerca de 580 Km de extensão, entre sua foz no rio Teles Pires e a cidade de Fontanilla, no Mato Grosso. Atualmente as condições físicas do rio inviabilizam a navegação comercial com diversos saltos e corredeiras.

Ver Apêndice 1 – Tabela 6 Análise do Rio Juruena – Notas por Classe:

- Para a classe sinuosidade, não há trechos com notas (graus) iguais ou maiores do que 4, o que não seria um obstáculo para tamanho de comboio.
- Para a classe profundidade mínima, 48 trechos ficaram com nota 4, ou seja profundidade em época de estiagem entre 1 e 2m, para a premissa de se utilizar profundidade mínima de 2,5m, o rio somente poderia ser utilizado em épocas de cheia, isto é. entre os meses de dezembro a maio.
- Na classe anteparos naturais a navegação há 31 trechos com notas (graus) 5 ou seja mais de 53% do rio. Estes obstáculos naturais são: trecho 11 ao trecho 21, trecho 23 e trecho 24 – corredeiras, trecho 25 e trecho 26 - assoreamento, trecho 27 ao trecho 29 – corredeiras, trecho 30 – afloramento rochoso, trecho 39, trecho 40, trecho 47, trecho 50 – corredeiras, trecho 51 ao trecho 58 – ilhas fluviais, corredeiras e afloramentos rochosos.

3.1.7.2.3 Rio Teles Pires

O rio Teles Pires, é um dos formadores do rio Tapajós, tendo a sua nascente nas serras Azul e do Finca Faca no estado do Mato Grosso e sua foz encontra-se na confluência do rio Juruena no estado do Amazonas formando o rio Tapajós. O rio Teles Pires é o divisor natural entre os estados de Mato Grosso e Pará por 330 Km (trecho 1 ao 33).

Seu período de cheia ocorre entre dezembro e maio, para este trabalho por estar se tratando de ligação hidroviária será apontado o segmento que parte da confluência do rio Juruena (formação do rio Tapajós) até a cidade de Sorriso (MT) maior polo produtor de soja do mundo.

Na figura abaixo assim como nos outros rios, tornou-se como base o PHE [6] desenvolvido pelo Ministério dos Transportes do Brasil, porém com a construção de diversas usinas hidroelétricas no caminho algumas notas destas por classe serão corrigidas no resumo, porém para manter a coerência de todo trabalho e com a fonte de pesquisa será transcrita as notas por classe dadas pelo PHE [6].

Segundo o PHE [6], o rio Teles Pires possui pouca susceptibilidade ao assoreamento, além de baixos índices de sinuosidade, porém há grande quantidade de afloramentos rochosos e ilhas fluviais ao longo de todo rio.

No Baixo Teles Pires (trecho 1 ao 14) o leito é predominantemente arenoso e há menores riscos para a navegação. As profundidades, porém, se reduzem muito nas estiagens onde aparecem numerosos bancos de areia no leito do rio. Deste segmento para montante (trechos 15 a 100), o Rio Teles Pires possui o leito encaixado, com fundo rochoso e com aclives pronunciados. Há muitos trechos de corredeiras, destacando-se as corredeiras Rasteira (trechos 18 e 19), que se encontra dentro da reserva indígena Cayabi, e Sete Quedas (trecho 33), onde será construída a UHE São Manoel, impossibilitando a navegação nestes pontos. Entre os locais das inúmeras corredeiras há trechos pontuais que permitem a navegação, com profundidades mínimas de 1,5m, porém sob muitas dificuldades, devido ao grande número de rochas ao longo da calha do rio. O rio Teles Pires conta atualmente com quatro pontes (trechos 61, 88, 89 e 95) e uma passarela (trecho 62). Estas deverão ser reformadas ou reconstruídas para permitir a passagem de comboios comerciais.

Devido ao potencial hidroenergético existente ao longo do rio Teles Pires, este é alvo do estudo de implantação de 5 usinas hidrelétricas (UHEs São Manoel, Teles Pires, Colider, Sinop e Maguessi), com cerca de 3,4 GW de potência instalada. A figura a seguir apresenta a divisão de quedas definido nos Estudos de Inventário do rio Teles Pires. [6]

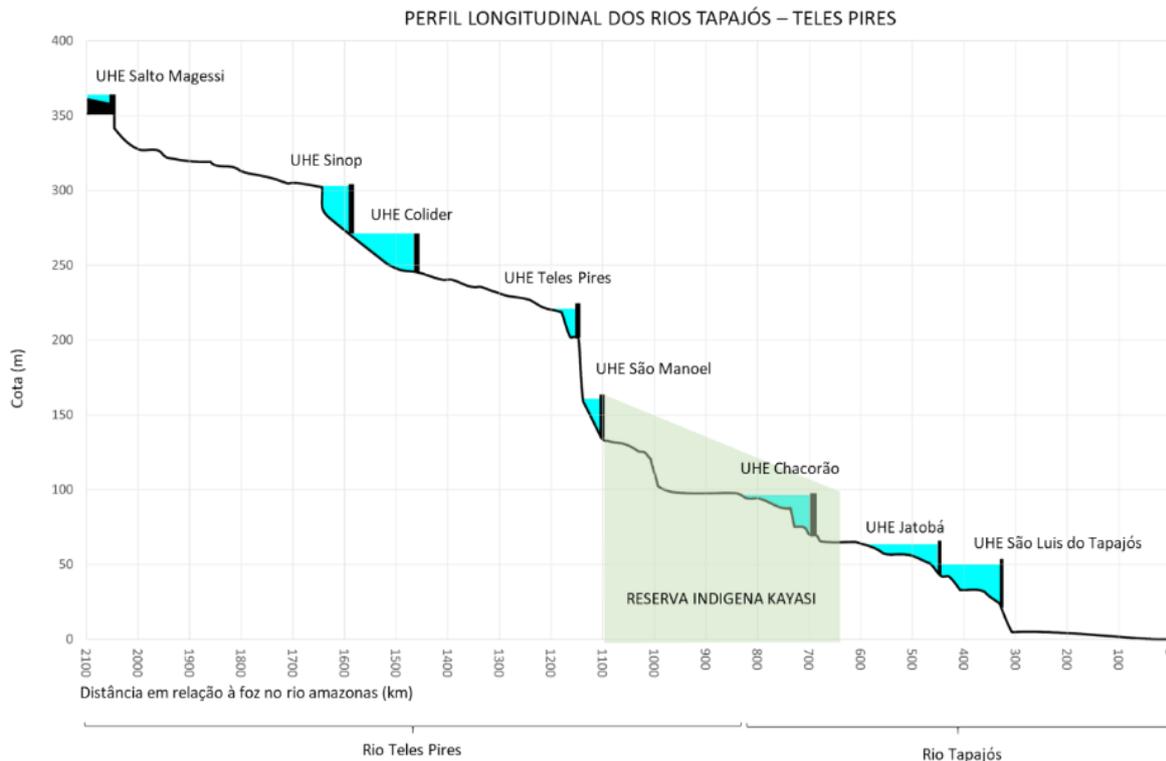


Figura 3.14: Divisão de Quedas Teles Pires

Fonte: Transcrita do EVTEA Tapajós-Teles Pires, consórcio RPEOTTA, Hidrotopo, Enefer, 2018.

Para identificação de cada Usina Hidrelétrica em relação aos trechos relacionados no PHE [6], vem:

- UHE São Manoel localiza-se no trecho 29,
- UHE Teles Pires trecho 33,
- UHE Colider trecho 68,
- UHE Sinop trecho 78.
- A UHE Salto Magessi é a única descrita na figura que ainda não foi construída.

Ver Apêndice 1 – Tabela 7 Análise da Hidrovia do Rio Teles Pires – Notas por Classe:

- Para a classe sinuosidade, não há trechos com notas (graus) maiores que 3, portanto para a hidrovia Teles Pires não há limitação de tamanhos de comboios.
- Para a classe profundidade mínima, 85% dos trechos têm nota 4, ou seja profundidade em época de estiagem entre 1 e 2m. Para a premissa de se utilizar profundidade mínima de 2,5m, o rio somente poderá ser utilizado em épocas de cheia, entre os meses de dezembro a maio, porém com a

construção das barragens das usinas hidrelétricas, diversos trechos têm a sua profundidade aumentada:

- Para a classe obstáculos físicos há um trecho com nota (grau) 5, no trecho 68 que se trata da UHE de Colider onde deverá ser construída uma eclusa.
 - Na classe anteparos naturais à navegação há 24 trechos com notas (graus) 5 ou seja 24% do rio, estes obstáculos naturais são:
 - trecho 13 ao trecho 15 – afloramentos rochosos,
 - trecho 16 ao trecho 32 e trecho 34 – corredeiras,
 - trecho 33 onde fica o salto das sete quedas e a UHE Teles Pires onde deverá ser construídas eclusas,
 - trecho 35 e 36 - afloramentos rochosos,
 - trechos 43 e 44 – corredeiras e afloramentos rochosos,
 - trecho 52 – corredeiras,
 - trecho 73 – afloramento rochoso,
 - trecho 78 e 83 – corredeira, na classe energia há 5 trechos com notas (graus) 5 ou seja 5% do rio.

3.1.7.2.4 Rio Tapajós

Localizado na margem direita do rio Amazonas, o rio Tapajós é um dos seus principais afluentes. O Tapajós começa na divisa de 3 estados (Amazonas, Pará e Mato Grosso), e nasce na confluência dos rios Juruena e Teles Pires. Possui extensão de cerca de 810 km, e seu deságue ocorre no município de Santarém (PA), na margem direita do rio Amazonas, a aproximadamente 950 km de Belém (PA) e 750 km de Manaus.

Seu período de cheias está entre janeiro e maio, e ocorre de forma bastante homogênea ao longo de todo seu traçado, pois com exceção do rio Jamanxim, não existem outros afluentes de maior importância. O rio Tapajós tem vazão média de aproximadamente 9.000m³/s.

Ver Apêndice 1 – Tabela 8 Análise do Rio Tapajós – Notas por Classe:

- Considera-se o rio Tapajós como sendo pouco sinuoso. Na classificação usual, seu índice de sinuosidade não supera 1,3. Os trechos 32 a 37, localizados na região de corredeiras, são os mais sinuosos.

- Quanto às larguras médias, o Tapajós possui alguma variação. Entre sua foz e a cidade de Aveiro (PA) (trechos 1 a 17), apresenta larguras de cerca de 10km. Já entre Aveiro e a confluência com os rios Juruena e Teles Pires, a largura média fica entre 0.5 e 2 km. Podem ainda ocorrer afunilamentos nas regiões de afloramentos rochosos.

Devido às suas baixas taxas de transporte de sedimentos, o rio Tapajós possui águas cristalinas e pouca incidência de bancos de areia. Quanto à geologia, observa-se região de rochas de graníticas de grande dureza. Igualmente, o leito do rio possui características rochosas e sedimentares, tendo depósitos aluvionares nos trechos da foz até as proximidades de Itaituba (trechos 1 a 28).

3.1.7.2.5 Estudo EVTEA Tapajós-Teles Pires [34]

Em complementação ao diagnóstico efetuado pela (AHIMOR/Ministério dos Transportes), em 2018, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) produziu um estudo aprofundado do potencial da Hidrovia Tapajós-Teles Pires. O trabalho foi conduzido pelo consórcio Rpeotta, Enefer, Hidrotopo, e consistiu no EVTEA – Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da hidrovia, tendo feito diagnóstico completo dos diversos trechos, e determinado as principais intervenções necessárias para viabilizar a navegabilidade comercial da mesma.

Segundo observações constatadas durante a elaboração do estudo, a região do Tapajós tem apresentado grande interesse dos produtores daquela área. Consta que atualmente, um volume significativo de grãos já vem sendo transportado no trecho final do Rio Tapajós, que é por enquanto considerado apenas como uma via navegável, e não propriamente como uma Hidrovia, na ausência de balizamento e sinalização.

Há informações ainda, de que armadores obtiveram autorização da Marinha do Brasil para operar nesse trecho e que foram então concebidas cerca de 11 estações de transbordo de carga inter-modais, das quais, até 2018, aproximadamente 7 já se encontravam em operação. Isso por si só indica o potencial de viabilidade desta rota, e os produtores demonstram interesse em utilizá-

la como opção às congestionadas rotas de escoamento para o sul e sudeste do país.

Durante o ano de 2018, foram promovidas apresentações do produto do trabalho em palestras (*road-show*) realizadas em diversos locais, onde foram apresentadas as conclusões atingidas, tendo sido estudadas as intervenções necessárias ao pleno funcionamento da hidrovia, que incluem investimentos em derrocamento, dragagem, sinalização, eclusas, entre outras [34].

Apresentam-se aqui resumidamente as principais conclusões:

- Trechos integrantes do estudo:
 - R. Tapajós: de sua foz à confluência com o Juruena e o Teles Pires – aprox. 843 km
 - R. Teles Pires: da confluência do Juruena com o Teles Pires à cidade de Sorriso-MT – aprox. 873 km
 - R. Juruena: de sua foz até a cidade de Juína – aprox. 600 km
 - R. Arinos: de sua foz até a cidade de Porto dos Gaúchos – aprox. 200 km

Os referidos trechos, foram subdivididos em subtrechos conforme ilustração abaixo:

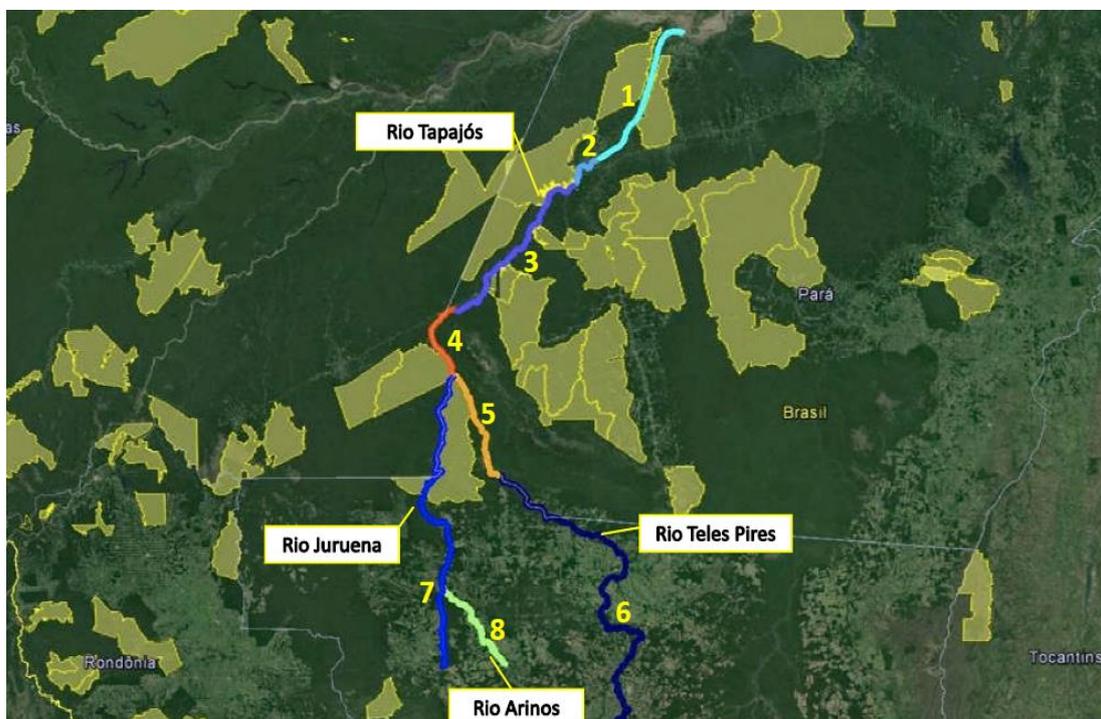


Figura 3.15: Mapa localização dos subtrechos EVTEA Tapajós Teles Pires.
Fonte :Relatório EVTEA Tapajós teles Pires, consórcio RPEOTTA, Hidrotopo, Enefer, 2018

- Subtrecho 1: Santarém – Itaituba
- Subtrecho 2: Itaituba – Buburé
- Subtrecho 3: Buburé – Cachoeira do Chacorão
- Subtrecho 4: Cachoeira do Chacorão – Barra de São Manuel
- Subtrecho 5: Barra de São Manuel – Cachoeira Rasteira
- Subtrecho 6: Cachoeira Rasteira – Sorriso
- Subtrecho 7: Barra do Juruena – Juína

Com relação aos critérios técnicos para desenvolvimento dos projetos, o trabalho atendeu às normas vigentes aplicáveis, a saber:

- Normas PIANC, USACE
- Normas Brasileiras NBR 13246 – Planejamento portuário – Aspectos náuticos para a definição das profundidades e aceitação pela Autoridade Marítima
- NORMAM 17 e MANUAL DE SINALIZAÇÃO NÁUTICA/DHN, vol.1, para implantação dos sinais de auxílio a navegação
- Dimensões de raios de curvatura, deflexões e larguras adicionais seguiram as definições do termo de referência do certame.

Segundo definições do DNIT, foi estabelecido que o comboio-tipo para a hidrovia do Tapajós (NT n.21/2014- COBPODEMA de 14/06/2014) será um 3x3, integrado, medindo 205m x 32m x 3.0m (comprimento x largura x calado), com barcaças de 10.67m de boca e 60m de comprimento, assistidas por um rebocador com 10m de boca, 25m de comprimento e calado de 2.0m.

Considerando as características de sinuosidade e dimensões possíveis de serem implantadas em determinados trechos da hidrovia, buscou-se evitar ao máximo a necessidade de retificação de margens ou correção de traçado dos rios, ainda que isso restringisse de alguma forma o tamanho dos comboios. Em alguns trechos, entretanto, está prevista intervenção pontual para se ganhar sobre-largura e facilitar a navegação. O racional era de se minimizar impactos ambientais e viabilizar o licenciamento do projeto. Desta forma, foram adotados dois comboios tipo. São eles:

- Rio Tapajós, de Santarém até a foz do Teles Pires – (3x3) - calado de 3,0m:

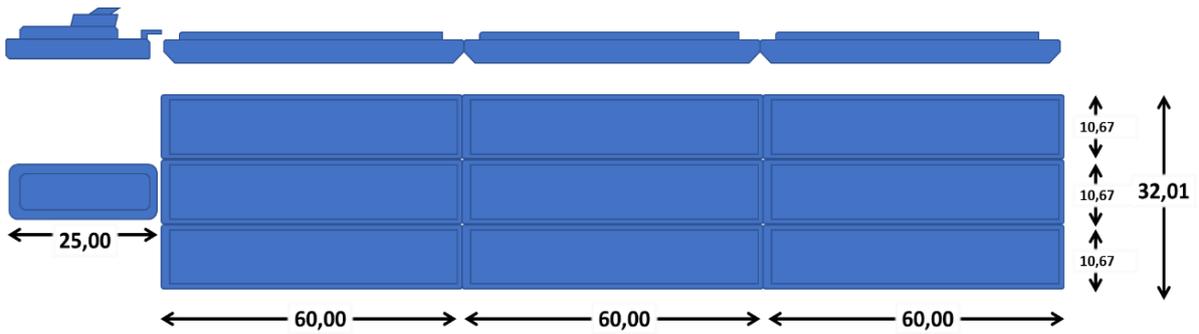


Figura 3.16: Arranjo esquemático comboio 3x3.

Fonte: EVTEA Tapajós teles Pires [34].

- Rio Teles Pires, da foz até a cidade de Sorriso - (2x3) – calado de 3,0m:

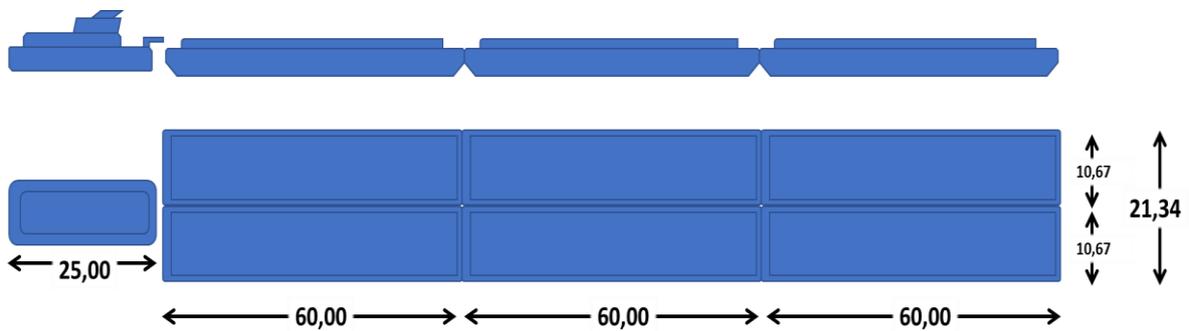


Figura 3.17: Arranjo esquemático comboio 2 x 3.

Fonte: EVTEA Tapajós teles Pires [34].

Da mesma forma, foram consideradas seções para o canal navegável em configurações de uma ou duas vias, a depender das especificidades de cada trecho. Priorizou-se ter via de mão dupla na maioria dos trechos:

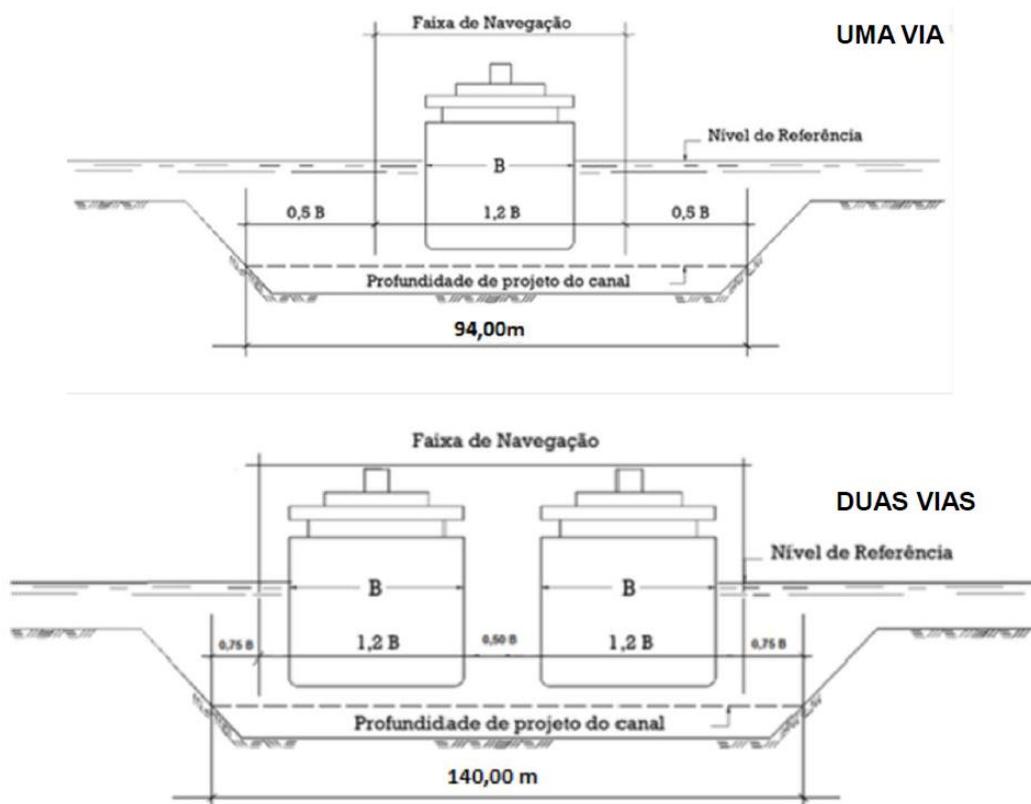


Figura 3.18: Seção esquemática hidrovias.

Fonte: EVTEA Tapajós teles Pires [34].

Outro aspecto importante a se notar no dimensionamento de capacidade de volume a ser transportado em Hidrovias com eclusas, é que são as eclusas os limitadores da capacidade, já que o ciclo de eclusagem pode levar até 2 horas em determinados casos. Portanto, a transposição daquele trecho estaria restrita a no máximo 12 comboios por dia, se a eclusa operasse 24h/dia. Daí a necessidade de se buscar o tamanho ótimo dos comboios, numa equação que envolve tamanho/custo das eclusas vs. tamanho dos comboios vs. limitações de largura/calado da hidrovia como um todo [34].

Segundo as conclusões dos estudos [34], serão necessários os seguintes volumes de dragagem e derrocamento:

a) DRAGAGEM:

- Para canal com 140m de largura e 3,40m de profundidade, trechos I, II, III e IV: 407.711 m³
- Para canal com 94m de largura e 3,40m de profundidade, para os trechos V e VI: 31.774.124 m³

b) DERROCAMENTO:

- Para canal com 94m de largura e 4,10m de profundidade, trecho V:
2.649.749 m³
- Para canal com 94m de largura e 4,10m de profundidade, trecho VI:
2.209.780 m³

Os custos globais de implementação, incluindo serviços de dragagem, derrocamento, balizamento e sinalização foram calculados em R\$ 3.281.595.563,00 (base 2018 = € 736.394.668,00).

Importante notar que o trabalho foi desenvolvido sob a premissa de que o aproveitamento hidroelétrico previsto para a região será implementado. Isso significa que o calado em diversos trechos será conseqüentemente melhorado, diminuindo a necessidade de intervenções de dragagem ou derrocamento, tendo em vista a sobre-elevação da lâmina d'água decorrente do remanso hidráulico que a implantação das barragens irá gerar.

Na hipótese de que os aproveitamentos hidrelétricos não sejam implantados, a hidrovia demandaria maiores investimentos para transposição das zonas de corredeiras, seja por implantação de canais laterais (o que dificilmente seria viável ambientalmente, tendo em vista a existência de terras indígenas e áreas protegidas nas margens do Rio), seja por implantação de barragens de menor porte, ou ainda, por maiores intervenções de derrocamento.

Desta forma, foi previsto que o mecanismo de transposição das hidrelétricas será por meio de eclusas, notando-se que atualmente, por força de lei [36] todos os projetos de hidrelétricas já são obrigados a prever esse mecanismo em sua concepção². O EVTEA teve acesso aos anteprojetos dessas hidrelétricas, de forma a compatibilizar o projeto do canal de navegação com a entrada e saída das eclusas.

Os aproveitamentos hidrelétricos estão indicados no perfil longitudinal abaixo:

² Segundo informações do EVTEA, nos estudos de viabilidade econômica do setor elétrico, usualmente não são incluídos os custos de implantação das eclusas, de forma a minorar o valor de investimento, e conseqüentemente se obter menor valor resultante para a tarifa de energia, embora os projetos obrigatoriamente tenham que prever tais eclusas. Ou seja, durante a implantação das hidrelétricas, o custo da eclusa deverá ser de responsabilidade do Ministério dos Transportes.

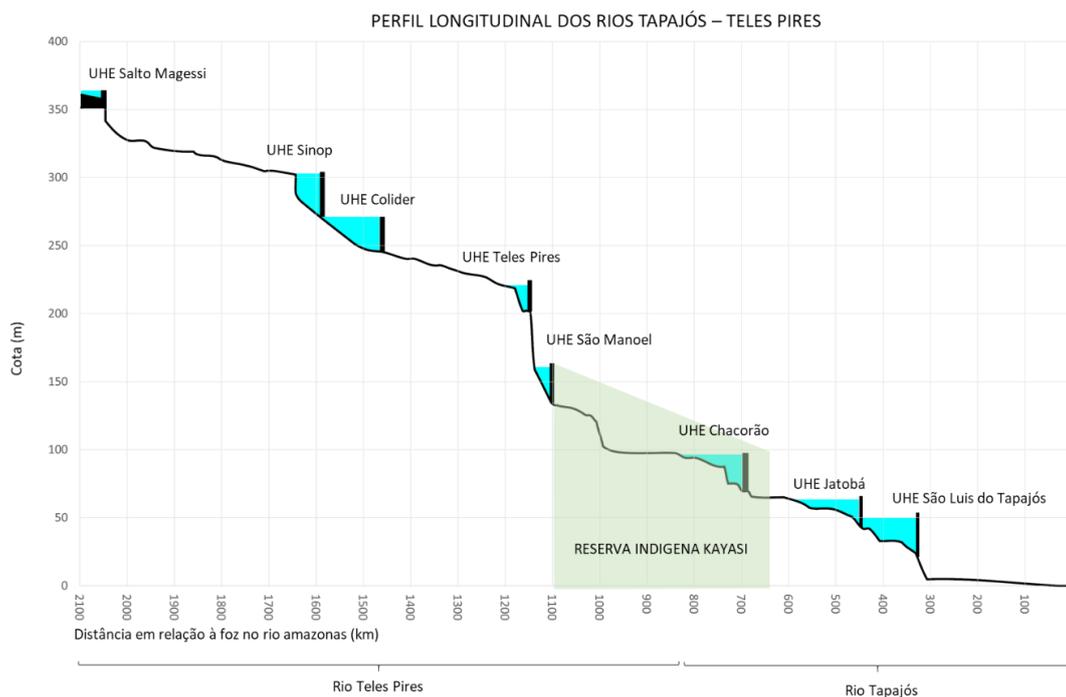


Figura 3.19: Perfil longitudinal Rios Tapajós e Teles Pires.

Fonte: relatório EVTEA Tapajós teles Pires [34]

Conseqüentemente, foram estudadas as obras necessárias à transposição dos desníveis nas referidas barragens através da instalação de eclusas, de forma a se complementar a composição da viabilidade econômica do projeto. Os custos estimados se encontram indicados a seguir:

- Trecho Rio Tapajós:
 - Eclusa São Luis do Tapajós R\$ 1.179.974.148,72
 - Eclusa de Jatobá R\$ 755.934.394,03
 - Eclusa de Chacorão R\$ 782.349.135,60

- Trecho Rio Teles Pires:
 - Eclusa de São Manoel R\$ 693.891.703,21
 - Eclusa de Teles Pires R\$ 1.698.890.587,18
 - Eclusa de Colíder R\$ 709.631.641,36

Desta forma, o custo total para construção das eclusas é de R\$ 5.820.671.610,10 (€ 1.306.166.912,03), base 2018 [34].

Especificamente para o trecho 6, entre as localidades de Cachoeira Rasteira – Sorriso, o estudo concluiu que não seria viável economicamente sua implementação

completa. O estudo recomendou que a hidrovía terminasse na localidade de Sinop, uma vez que existem estradas de boa qualidade no trecho de Sinop até Sorriso. Para este trecho final, seria necessária a construção de uma eclusa (em Sinop), cujo custo foi orçado, porém o benefício seria de ganhar navegabilidade em apenas mais cerca de 100km, ou seja, um investimento muito relevante para um trecho relativamente pequeno, e que já conta com infraestrutura rodoviária adequada e em funcionamento.

No decorrer dos trabalhos, decidiu-se suprimir do escopo os subtrechos 7 e 8. Ocorre que o início do trecho 7 se encontra inserido no Parque Nacional do Juruena. Em um determinado trecho de, aproximadamente, 100km, o parque abrange áreas em ambas as margens do Rio e, conseqüentemente, este trecho do rio foi igualmente declarado como área de parque nacional.

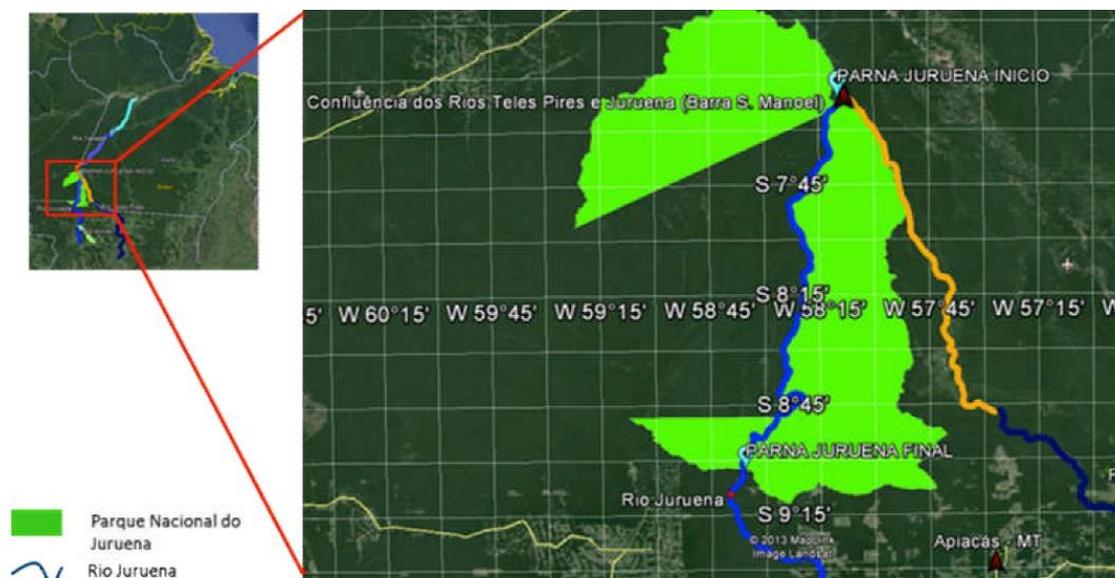


Figura 3.20: Destaque Parque Nacional do Juruena.

Fonte: Relatório EVTEA Tapajós Teles Pires, consórcio RPEOTTA, Hidrotopo, Enefer, 2018.

Segundo o Decreto 7.154, de 9 de abril de 2010, e as instruções normativas IBAMA 154/2007, ICMBio 10/2012 e ICMBio 04/2009, os únicos estudos permitidos nessa zona são aqueles para fins científicos, estudos técnicos sobre potenciais de energia hidráulica e sistemas de transmissão de energia elétrica. Apesar de ter sido solicitada autorização de acesso aos órgãos competentes, a mesma foi negada, tendo em vista que o estudo que estava a ser produzido (Hidrovía) não se enquadrava na referida legislação.

Como o estudo não poderia envolver essa área, decidiu-se suprimir todo o Rio Juruena e Rio Arinos do escopo uma vez que, se apenas os trechos a montante

fossem estudados, não haveria continuidade no trecho e, conseqüentemente, o estudo seria desperdiçado. Mais tarde, se obteve informação de que empresários do setor de produção agropecuária estariam se mobilizando para tentar que o governo revisitasse esse obstáculo legal, pois não querem desistir de utilizar o potencial desse escoamento.

Como resultado, o estudo contemplou, entre a localidade de Sinop e a confluência com o Rio Tapajós aproximadamente 1600 km de hidrovia, conforme os perfis longitudinais abaixo (Figura 3.21 e Figura 3.22):

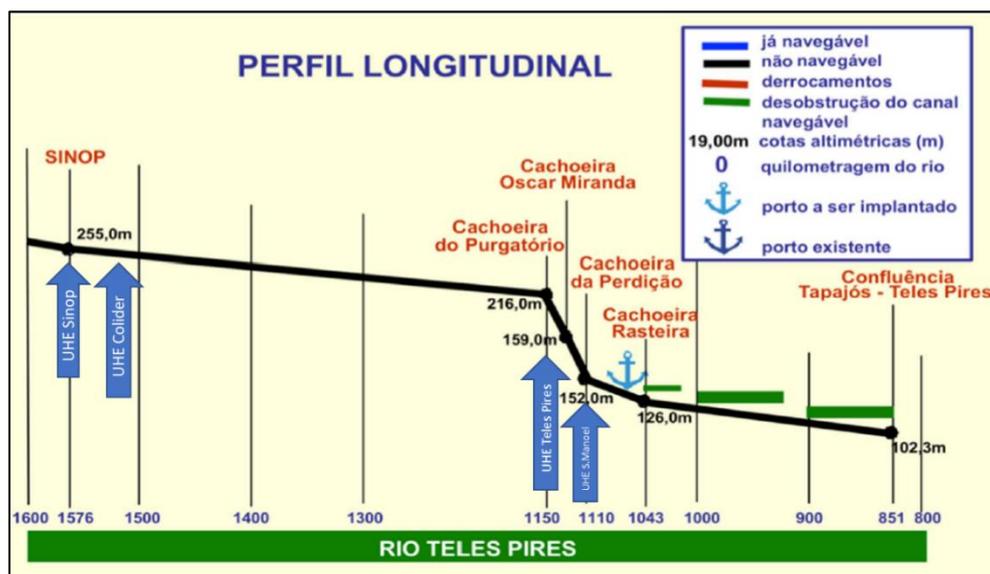


Figura 3.21: Perfil Longitudinal Rio Teles Pires

Fonte: Elaborada pelo autor, a partir do Relatório EVTEA Tapajós Teles Pires, consórcio RPEOTTA, Hidrotopo, Enefer, 2018.

Cabe ressaltar, que nesse trecho, a premissa de terem implantadas as hidrelétricas está plenamente atendida. As 4 usinas neste trecho (UHE Sinop, UHE Colider, UHE Teles Pires e UHE São Manoel) já se encontram em operação, ou em fase final de implantação [34].

No trecho do Rio Tapajós, a extensão da hidrovia será de aproximadamente 850km, dos quais os últimos 345 km já são navegáveis (necessitando apenas de investimentos pontuais de balizamento e sinalização, e um pequeno trecho de dragagem), conforme perfil longitudinal indicado abaixo:

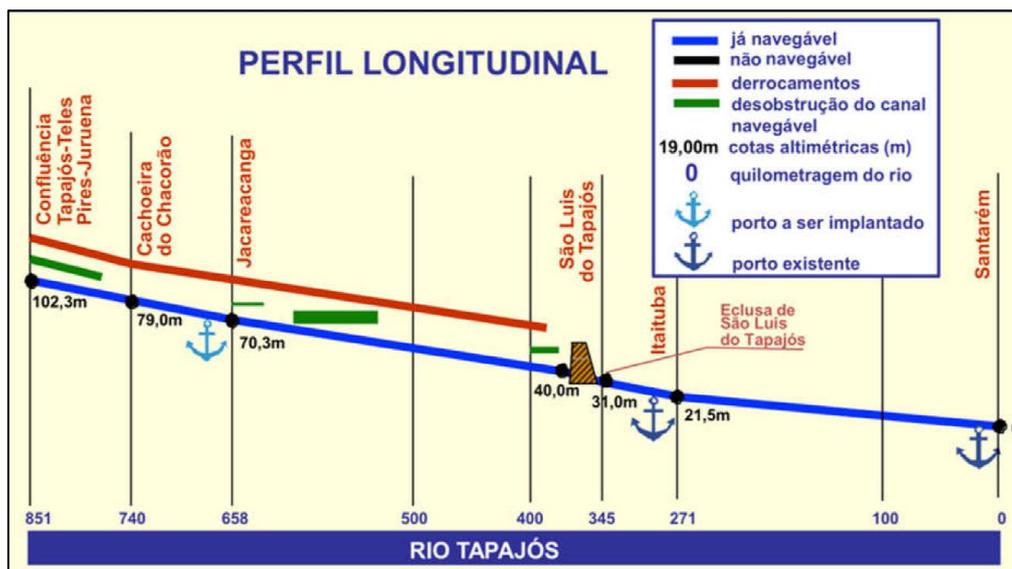


Figura 3.22: Perfil longitudinal Rio Tapajós;

Fonte: Relatório EVTEA Tapajós teles Pires, consórcio RPEOTTA, Hidrotopo, Enefer, 2018.

Neste trecho, as usinas hidrelétricas ainda não existem, sendo que apenas uma delas (São Luis do Tapajós) teve iniciado o processo de licitação, mas o mesmo ainda não avançou de forma concreta, pois teria sido embargado por demandar estudos ambientais complementares.

Adicionalmente, o estudo considerou a implantação de terminais de carga em diversas localidades, com área estimada de 30.000 m² cada um. Tomando-se como base um custo estimado de R\$ 2.804,90/m² (€ 629.42/m²), incluindo instalações básicas, previu-se que o investimento necessário será de R\$ 504.882.000,00 (€ 113,2 milhões), ambos valores base Dez-2018. As localidades identificadas são:

- Miritituba
- Jacareacanga
- Cachoeira Rasteira
- Teles Pires
- Sinop
- Sorriso

A presente tese indica potencial para evitar a necessidade de construção destes terminais, substituindo-os por solução significativamente mais econômica.

3.2 Ligação de Áreas de Produção/Navegabilidade

A atual produção de soja no Centro-Oeste do Brasil tem 8 polos, como ilustrado na Figura 3.23. Tendo os principais rios da Bacia Amazônica, com possibilidade de receber navegação de carga, evidenciados na Figura 3.24

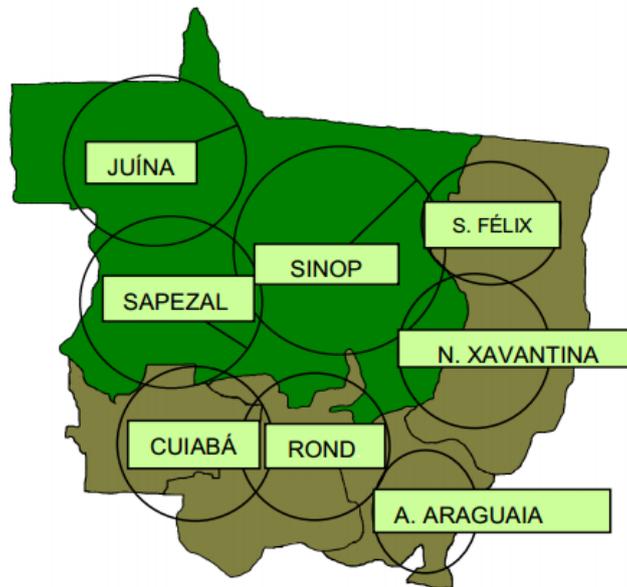


Figura 3.23: Polos de produção no Centro-Oeste do Brasil.

Fonte: Fajardo, Ana Paula [37].

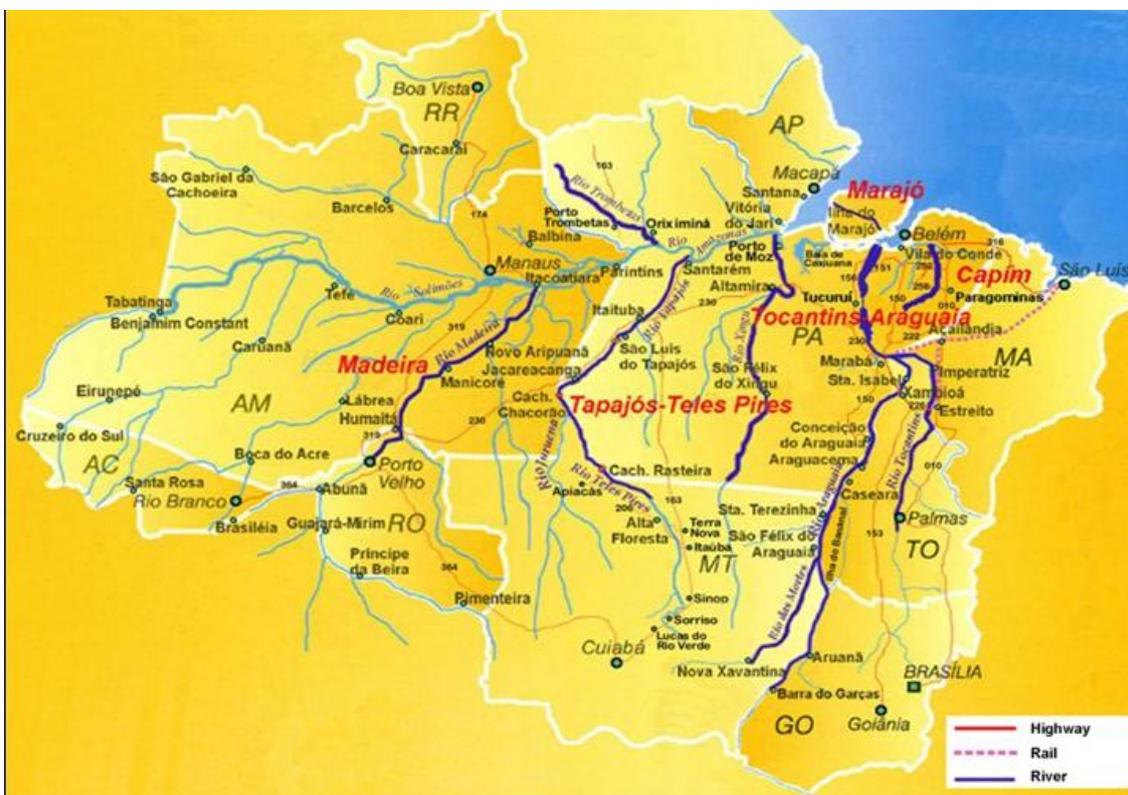


Figura 3.24: Principais rios da bacia amazônica.

Fonte: CNT, 2017 [32].

A região de Sinop é o polo com maior produção de soja do país. Atualmente, o transporte é feito por caminhões para o porto de Santos, ou por hidrovias até os portos no Uruguai e na Argentina. O caminho mais atrativo seria pelas hidrovias, por barcaças, até os portos no estado do Pará. Para transporte para portos europeus e asiáticos, a presente tese apresentará um estudo de rota alternativa.

Como será evidenciado na Figura 3.25, o transporte a partir de Sinop pode ser feito diretamente por meio hidroviário. Porém, as zonas de grande produção, como a região de Sorriso, demandam percorrer um trajeto de 89 km por caminhões graneleiros até chegar ao Rio Teles Pires, na altura da Foz do Rio Verde, na localidade de Sinop.

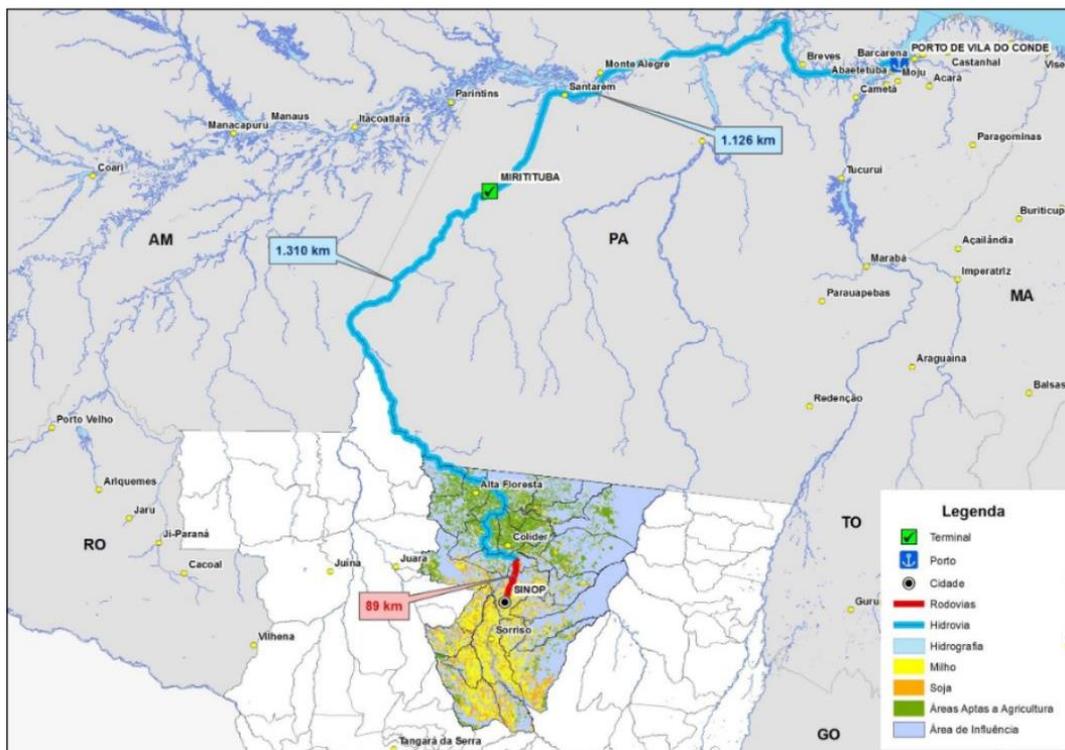


Figura 3.25: Rota de escoamento rodoviária de Sorriso (MT) – Sinop (MT) e hidroviária de Sinop (MT) - Porto de Vila do Conde (PA) pelo Rio Teles Pires e Rio Tapajós.

Fonte: Movimento Pró-logística [38].

Alternativamente, em Foz do Rio Verde, terminais portuários poderiam ser instalados para fazer o transbordo da carga dos caminhões para barcaças. Para otimização dos investimentos, a presente tese irá apresentar uma solução alternativa de instalações portuárias com baixo custo, a qual será mais bem detalhada no capítulo 4. A carga então passaria a ser transportada pelo Rio Teles Pires e depois Rio Tapajós, por cerca de 1.400 km até Santarém, ou seguindo por

mais 830 km no Rio Amazonas, de Santarém até Vila do Conde, de onde é exportada para diversos locais, principalmente China e países da Europa [38].

3.3 O Transporte para o Exterior

A definição de exportação consiste como a saída de mercadoria do território aduaneiro nacional. Trata-se, portanto, da comercialização de um bem brasileiro, através de um contrato internacional de compra e venda [39].

O Brasil é a 22º maior economia de exportação do mundo, tendo atingido um Produto Interno Bruto (PIB) de U\$2,06 trilhões em 2017 (€ 1,71 trilhões, base dez-17), com exportações de U\$217 bilhões (€ 180,8 bilhões, base dez-17) e importações de U\$140 bilhões (€ 116.6 bilhões, base dez-17), sendo a maioria dessa movimentação feita através dos portos do país espalhados pelos 8,5 mil quilômetros de costa navegáveis.

Foram movimentadas 1,151 milhões de toneladas de carga bruta em 2020, 4,2% a mais do que em 2019 (ref.22). O setor portuário é responsável por mais de 90% das exportações do país, com 34% realizado pelos Portos Organizados e 66% pelos Terminais de Uso Privativo (TUP's).

Os centros de produção e suas rotas de exportação da soja brasileira podem ser vistos na Figura 3.26.

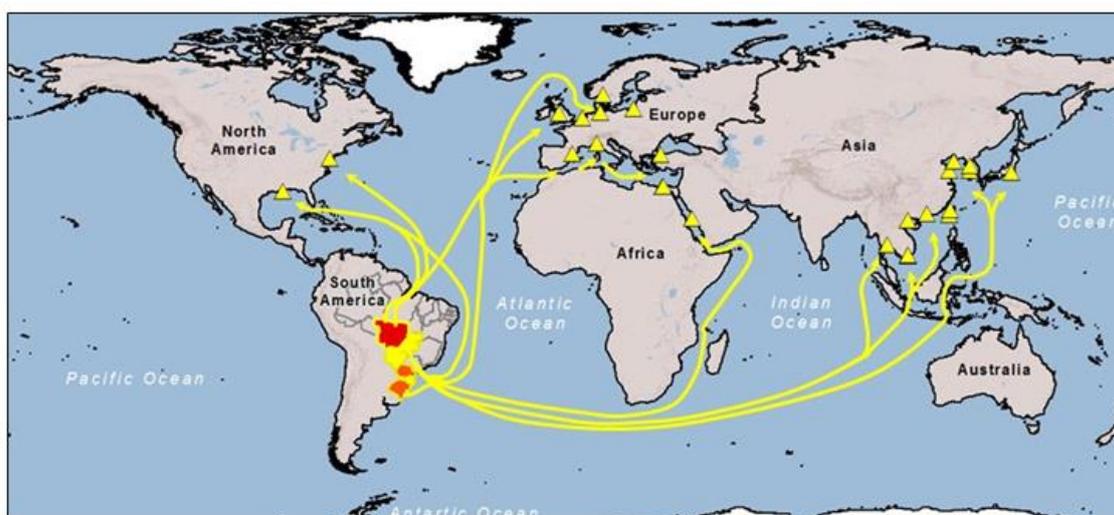


Figura 3.26: Rotas de exportação internacionais e centros de produção de soja no Brasil.
Fonte: USDA [19].

Atualmente o escoamento dos grãos das áreas de produção, não só da região Sul, como da região Centro Oeste do país, para os portos exportadores é realizado majoritariamente por meio rodoviário. A produção advinda da região Sul do país, por estar muito próximo ao litoral dessa região, tem viabilidade muito maior de levar sua carga para os portos localizados nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina.

Já a produção do Centro Oeste, como está em uma região interiorana e central do país, necessita ter uma rota de escoamento mais rentável. Como mostrado neste capítulo, na seção 3.1, o transporte de carga dessa região para exportação pela Bacia do Paraguai é mais demorado e com logística mais difícil do que levar os grãos para os portos no Pará, ao norte do país.

Para cargas com destino à Europa (ex.: Espanha e Holanda são, respectivamente, o segundo e terceiro maiores compradores da soja exportada pelo Brasil) é, evidentemente, mais barato que transporte de longo curso tenha como origem os portos de Santarém e Vila do Conde, por estarem mais próximos do continente Europeu, tendo assim menor percurso marítimo percorrido.

O transporte para a China (maior importadora), por utilizar dois caminhos distintos, dependendo da região dos portos brasileiros de origem, teve de ser calculado com mais detalhe, com os valores de cada alternativa. A comparação abaixo considera opções partindo do porto de Santos, que recebe maior parte da carga de soja das fazendas do Mato Grosso, com a opção partindo do Porto de Santarém:

a) Santarém – China, 2017 [23]

- Frete marítimo: U\$30,75/mt (€ 25,63/mt, base dez-17)

b) Santos - China, 2017 [23]

- Frete marítimo: U\$26,88/mt (€ 22,58/mt, base dez-17)

*mt: tonelada métrica

Portanto, nota-se que a exportação pelo Norte do país, apesar de sua menor distância, ainda apresenta custos superiores, sobretudo devido à carência de infraestrutura, e, conseqüentemente, baixos volumes de exportação por essa rota.

Caso se aumente o volume de exportações pelos portos situados ao norte do Brasil, há uma tendência de redução de custos.

3.4 A Situação fluvial em outras regiões (países)

Na América do Sul, existem vários sistemas independentes navegáveis que têm diferentes níveis de desenvolvimento. Para alguns desses sistemas e de uma vista em perspectiva macro, os usos dos sistemas fluviais na região são desafiados por vários fatores. Esses fatores incluem:

- Baixo investimento na construção e manutenção de infraestrutura de vias navegáveis e portos de navegação interior
- Normas nacionais inexistentes, incompletas ou desatualizadas
- Estruturas administrativas precárias e baixa capacidade institucional
- Uso limitado de serviços de ajuda de navegação e tecnologia, incluindo sistema de identificação automática (AIS), serviços de informação fluvial (RIS) mapas atualizados e diagramas eletrônicos.
- Carência de mão de obra qualificada e instituições para capacitação e formação de trabalhadores especializados

Esta situação leva a custos mais elevados de transporte, além de perdas ambientais e perda de cargas. Todos estes problemas afetam não só a expansão do transporte fluvial, mas também sua integração com outros modais.

Apesar de ter uma das maiores redes fluviais em densidade e extensão no mundo, o transporte hidroviário no Brasil assim como em toda a América do Sul, é indubitavelmente, subutilizado, e apresenta potencial para significativa ampliação no volume de transporte de passageiros e cargas.

O transporte fluvial de cargas nessa região compreende menos de 5% de todos os bens de consumo que são transportados. Estudos de planejamento como o Plano Estratégico para Hidrovias Internas do Peru e do Brasil e o Plano Diretor Fluvial da Colômbia evidenciam as possibilidades de crescimento da navegação interior, para multiplicar o volume de mercadorias transportadas em até cinco vezes como mostra a Tabela 3.6

A solução para melhoria desse cenário deveria passar pela ampliação da utilização da navegação por corredores existentes, já que uma parte significativa das redes de vias navegáveis na América do Sul ainda não é aproveitada, e principalmente pela melhoria da integração do transporte hidroviário na cadeia logística com outros transportes como o rodoviário e ferroviário.

Tabela 3.6: Situação atual e potencial da rede fluvial nos principais países da América do Sul.

Países	Status atual	Potencial
Brasil	27 milhões de toneladas em 2016	120 milhões de toneladas em 2031
Colômbia	3,4 milhões de toneladas em 2015	Entre 4,7 e 19,5 milhões de toneladas por ano, dependendo do cenário aplicável, com uma média de 1,5 a 5 vezes o volume de carga atual transportado por transporte hidroviário interior.
Peru	O tráfego atual de cargas é da ordem de 3,5 milhões de toneladas e cerca de 500.000 passageiros por dia.	As projeções para os anos 2023 e 2033 chegam a 5,0 e 7,5 milhões de toneladas e mais de 700.000 passageiros.
	Principais produtos de carga: Petróleo e derivados, madeira e derivados, cerveja e garrafas vazias de cerveja.	
	O resto inclui alimentos, cimento, veículos, máquinas, elementos de aço, bebidas, produtos farmacêuticos, produtos de higiene pessoal, têxteis, hardware, produtos químicos, materiais elétricos, materiais de construção, etc.	

Fonte: CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) [40].

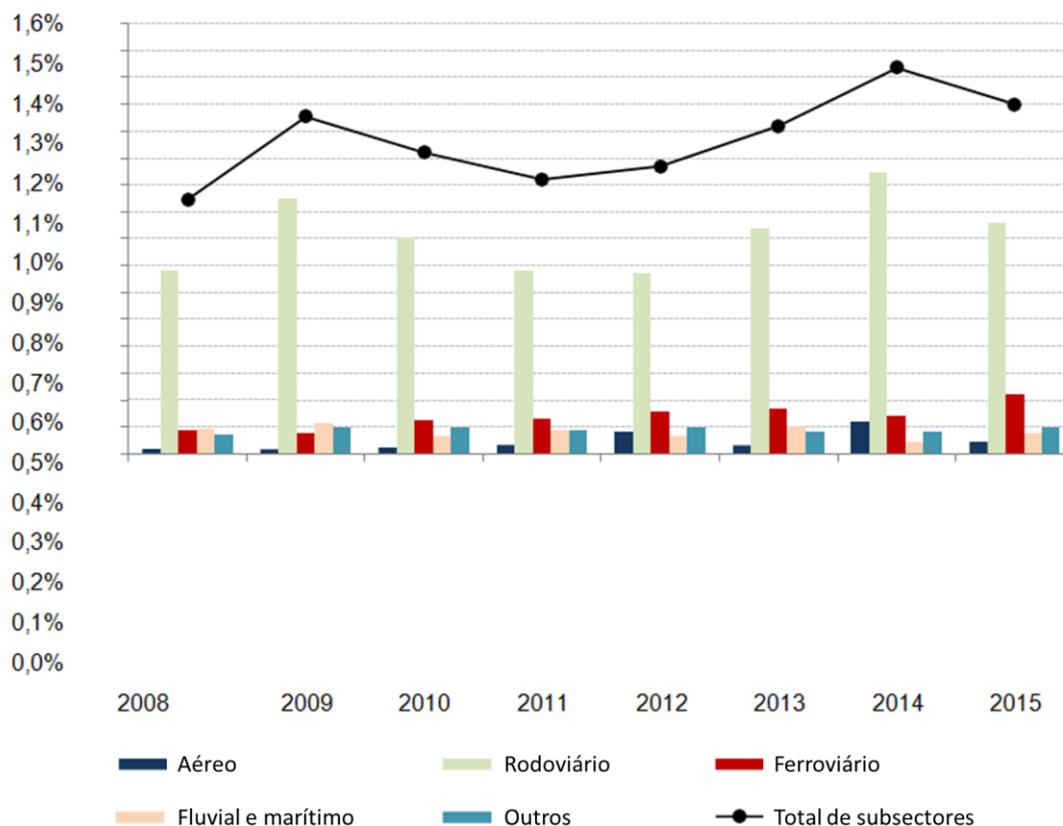
Dos rios navegáveis na Colômbia, somente 75% deles são utilizados, apenas 18.225 km de um total de 24.274 km. No Brasil o aproveitamento é igualmente subutilizado, como indicado anteriormente.

São considerados relevantes fatores de obstáculos para aumento da utilização das hidrovias interiores:

- Logística de transporte ineficiente
- Condições de infraestrutura
- Variabilidade de condições climáticas, que levam a alterações significativas nos níveis d'água
- Densidade desigual dos sistemas hidrográficos da América do Sul
- Obstáculos naturais à navegação, como restingas e vegetação flutuante
- Limitações de projeto
- Dificuldade políticas/burocráticas
- Baixa qualidade e quantidade de mão de obra
- Tributação elevada
- Insegurança jurídica

Além desses pontos, o principal fator em grande parte dos países sul-americanos é o foco e a quantidade de investimento. A rede hidroviária, por fatores

climáticos e geográficos tem grandes perspectivas para ser o modal com melhor custo-benefício da região, mas apesar disso, praticamente em todos os países do continente, os investimentos em logística e infraestrutura de transporte são concentrados em vias rodoviárias, com baixo estímulo ao modo hidroviário, como mostra a Figura 3.27.



Nota: Inclui Estados Plurinacionais: Bolívia, Brasil, Colômbia, Peru, Paraguai. Inclui investimentos públicos e privados

Figura 3.27: Investimentos em infraestrutura nos meios de transporte dos países da América do Sul.

Fonte: Unidade de Serviços de Infraestrutura ECLAC, baseado em INFRALATAM (www.infralatam.info)

Para quantificar a subutilização da capacidade brasileira no transporte por vias navegáveis, dentro do PHE [6] foi feita uma análise comparativa entre o sistema físico dos rios, aspectos econômicos, transporte sistema e governança das instituições na Europa, Estados Unidos e Brasil, apresentado na Tabela 3.7.

Tabela 3.7: Visão geral do sistema hidroviário na Europa, Estados Unidos e Brasil.

Aspecto	Europa	Estados Unidos	Brasil
Tamanho em Km ²	1.018.000	9.826.675	8.514.877
Extensão das hidrovias em km	51.668	41.009	41.994
Extensão das hidrovias navegáveis (utilizadas para o comércio) em km	UE25: 37.200 UE27 2008: 40.929	19.312	20.956
Carga anual transportada pelo THI	Reno: 310 milhões de toneladas	Mississípi: 483 milhões de toneladas	Brasil total: 25 milhões de toneladas
Tamanho da frota (quantidade de embarcações)	17.679	40.512	857

Fonte: PHE [6].

Mesmo compreendendo as diferenças nas características, entre cada um dos países e a ressalva ao desenvolvimento entre cada um em geral, os montantes apresentados acima indicam que se ações corretas forem implementadas no Brasil, pode-se começar a construir um cenário muito mais favorável na questão logística não só para a exportação de soja, mas também vários outros bens produzidos.

Além disso, com este desenvolvimento pode ocorrer uma descentralização industrial nessas áreas, começando a ser desenvolvida ao lado das vias navegáveis, como ocorreu na Europa.

3.5 Síntese do capítulo

A partir dos dados coletados e observações do atual cenário do sistema hidroviário brasileiro e da região adjacente, é possível concluir resumidamente que:

- A análise efetuada estudou as zonas de produção agrícola, as rotas de escoamento e os modais de transporte majoritariamente utilizados no Brasil.

- Apesar do crescente desenvolvimento nas tecnologias de cultivo e colheita, a produção agrícola ainda sofre com a precária infraestrutura de transporte para escoamento aos mercados internacionais.
- Tendo em vista as dimensões continentais do Brasil, e a concentração da produção de certas commodities nas zonas interiores do país, observam-se elevados custos de transporte e significativo prejuízo da competitividade dos preços dos produtos brasileiros no mercado internacional.
- Pelas características identificadas e potenciais estudados na matriz logística brasileira, observou-se que há um cenário de subaproveitamento do potencial hidroviário no país, especialmente quando comparado aos dados de outros países, não só na América do Sul, mas também em outras regiões do mundo.
- Cada uma das bacias hidrográficas estudadas possui características particulares, sendo necessárias diferentes demandas de investimento para torná-las mais eficientes. Foi identificado significativo potencial da bacia do Rio Tapajós, especificamente pela implantação da hidrovía tapajós-teles pires, que apresenta todas as características necessárias à otimização do escoamento da produção daquela região.
- É primordial que sejam feitos investimentos (públicos ou privados) para que se amplie a utilização das hidrovias, como forma de reduzir o custo dos transportes ao potencializar a utilização deste modal, e torná-lo acessível ao maior número possível de produtores.
- Soluções de grande magnitude tendem a ter concretização mais demorada, tanto pelo aspecto financeiro quanto pelo aspecto ambiental.
- Soluções rápidas, de baixo custo e baixo impacto ambiental são primordiais para que se tenha efeitos concretos a curto prazo.

4. O CONCEITO DO PORTO MÓVEL (*MOOVDOCK*)

4.1 Conceito

A partir do diagnóstico e particularidades do sistema de transportes hidroviário do Brasil, verificou-se a existência de grande demanda por soluções que viabilizem ampliar a utilização das hidrovias de forma eficiente, com aumentada exploração de seu potencial. Uma maior utilização das hidrovias traria ao país inúmeros benefícios, pelo aumento de competitividade da exportação de seus produtos agrícolas.

Como anteriormente demonstrado, o custo do frete tem um fator decisivo no valor final do produto no mercado exterior. É conhecido também, que o transbordo excessivo de cargas entre os modais de transporte encarece sobremaneira o custo final do frete.

A logística de transporte brasileira, entre as zonas de produção e o terminal marítimo para exportação, é muito demorada e onerosa, estando sujeita ainda ao inevitável risco de perda de produtos pela própria natureza das operações de carga e descarga. Verifica-se, em muitos casos, a necessidade de armazenagem temporária nos pontos de carga e descarga, o que traz ainda mais custos ao produto final.

Conforme demonstrado anteriormente, o modal de transporte fluvial é o que possui potencial para resultar em menores custos e menor impacto ambiental. Desta forma, o ideal seria uma solução em que cada produtor tivesse seu próprio porto, ou ainda, em que um determinado grupo de produtores vizinhos pudessem ter seu próprio porto privado, com uma distância bastante curta entre suas propriedades e este ponto de embarque fluvial.

Esse porto poderia ser de menores dimensões (pois atenderia apenas a um pequeno grupo de produtores), além de requerer muito menos infraestrutura de acesso terrestre e retroáreas, mas com capacidade de carregar eficientemente as barcaças, com destino em comboio diretamente para o terminal de exportação, onde ocorre o transbordo para navios de grande porte.

Evidentemente, a solução não parece factível. Para que um produtor tenha capacidade de investimento para construir um porto privado, por menor que este seja, e para que tal investimento tenha viabilidade econômica, teria que haver uma produção extremamente grande de forma a que o retorno gerado compensasse o

custo de implantação em tempo apropriados. Além disso, o período de ociosidade natural que essa infraestrutura teria na entressafra, seria mais um fator negativo para essa viabilidade. Somam-se ainda a, necessidade de grandes investimentos com licenciamento ambiental, custos operacionais e de manutenção.

O conceito do porto móvel (*MOOVDOCK*) visa buscar uma solução eficaz para se reduzir tais investimentos. Em vez de se construir uma estrutura fixa em cada localidade, o porto será construído sobre uma estrutura flutuante móvel, que será transportada diretamente ao local de carregamento, sempre em um ponto o mais próximo possível da origem da produção, de forma a se minimizar o transporte por via rodoviária.

O conceito do *MOOVDOCK* apresenta uma solução para que o carregamento na via fluvial ocorra diretamente no produtor, ou seja, de forma simplificada, que o “porto vá ao produtor” e não que o “produtor vá ao porto”.

O porto será atracado às margens do rio nas diferentes localidades, conforme seja a demanda dos produtores para embarcar sua produção. As barcaças de transporte dos grãos atracarão a seu contra-bordo uma a uma, e após carregadas, formarão o comboio-tipo conforme a hidrovia em que se esteja a trabalhar. Subsequentemente, o comboio parte para seu destino final, enquanto o *MOOVDOCK* permanece atracado para carregamento do próximo comboio, se assim for necessário a depender do volume de carga daquele produtor.

No fim do carregamento naquela localidade, o porto poderá ser facilmente deslocado pelas próprias hidrovias com o auxílio de empurradores ou rebocadores convencionais, sem que seja necessário nenhum tipo de equipamento especial, até que seja novamente atracado na próxima localidade, e possa reiniciar o ciclo.

Embora eventualmente seja impossível eliminar por completo o transporte rodoviário em determinadas situações, é claramente vantajoso que se reduzam as distâncias a serem percorridas por via terrestre. Sobretudo, o *MOOVDOCK* contribuirá sobremaneira para minimizar os transbordos de carga intermodais e para se ganhar agilidade e redução de custos entre a carga dos produtos na sua origem e sua descarga no terminal marítimo de exportação.

O estudo desenvolvido nesta tese contempla a concepção e o pré-dimensionamento dos equipamentos do *MOOVDOCK*, tanto dos equipamentos de carga e descarga, como da estrutura flutuante necessária à instalação dos mesmos.

Da mesma forma, o estudo desenvolveu o sistema de atracação por poitas que deverão ser pré-instaladas em cada localidade. Opcionalmente, o MOOVDOCK poderia ainda ser atracado com auxílio de âncoras, que seriam deslocadas juntamente com ele, para o próximo ponto de atracação. Essa opção, apesar de demandar alguma complexidade operacional a cada atracação, reduziria ainda mais os custos com implantação de elementos fixos.

4.1.1 Uma solução off-shore de transbordo marítimo

Foi verificado que situações semelhantes ocorrem em outras partes do mundo, e com diferentes tipos de produtos, volumes e escalas. Entretanto, se observou que a solução é eficaz em reduzir o custo de frete e tornar o preço final do produto a escoar, mais competitivo ao mercado internacional.

Minério de ferro e outras *commodities* produzidas no norte do Brasil (sobretudo na bacia amazônica), Guiana, Suriname, Venezuela (principalmente na bacia do Orinoco), ou mesmo em outros países menores no Caribe, tinham muita dificuldade em escoar sua produção para destinos internacionais de longo curso, como os países da Europa e da Ásia, devido aos elevados custos de transporte marítimo.

A situação se agravava quando as localidades produtoras não possuíam portos de grande calado, como é o caso de muitos desses países e muitas dessas regiões. Na ausência de linhas comerciais viáveis para navios de longo curso, a única alternativa era carregamento em embarcações menores, de cabotagem, cujo deslocamento diretamente aos portos de destino na Europa e Ásia era inviável, tanto pela característica operacional das embarcações, quanto pelo custo que isso acarretaria. Fretes marítimos de longa distância só se viabilizam com embarcações de grande capacidade de carga, como é o caso dos modernos VLCC (*very large crude carriers*), VLOC (*very large ore carriers*), ou mesmo navios do tipo *Capesize* ou *Post-panamax*, entre outros.

A solução inevitavelmente resultava na necessidade de que essas embarcações menores fossem carregadas em pequenos portos próximos aos pontos de produção, e se deslocassem a portos de maior calado, para descarga, onde posteriormente, novo carregamento em embarcações de longo curso levava esses produtos ao seu destino final.

Evidentemente, o custo de toda essa operação, somados às elevadas taxas portuárias, ou muitas vezes, impostos e taxas de importação e exportação aplicáveis quando os portos de transbordo intermediário fossem em países distintos do país de origem da carga, sacrificavam, em muito, o custo do produto final, tirando competitividade do produtor junto ao mercado internacional.

Diante do problema, um armador internacional de renome, com quase 100 anos de operações verificou que ali havia uma oportunidade comercial significativa [41].

O operador concluiu que seria viável a instalação de um “*hub multi-comodity*”, onde a carga pudesse ser transbordada diretamente de navios menores para um de maior capacidade, que, posteriormente, transportaria o produto diretamente ao porto final de destino.

Essa operação era executada totalmente *offshore*, sem necessidade de atracação dos navios em portos costeiros, o que representava uma redução significativa de custos.

Foi então selecionada uma localização geográfica extremamente favorável, precisamente, no golfo de Pária, entre a Venezuela e a ilha caribenha de Trinidad (Figura 4.1):

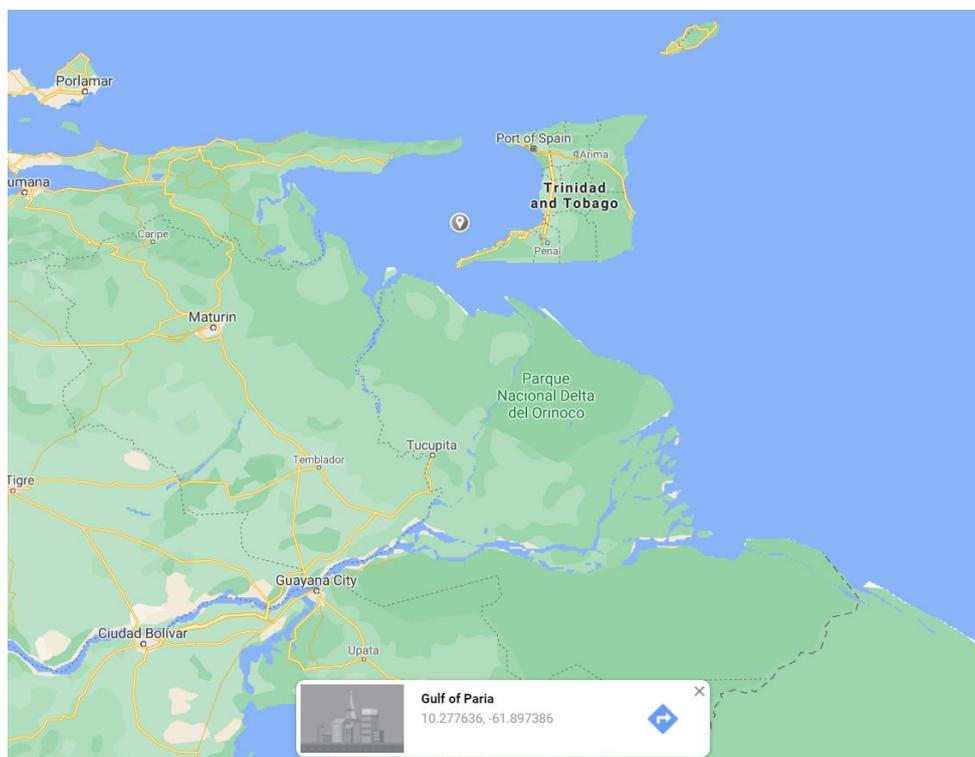


Figura 4.1: Localização geográfica.
Fonte: *Google Maps*, editado pelo autor.

Trinidad e Tobago é um pequeno país localizado no Caribe, geograficamente muito bem-posicionado entre a costa da Venezuela, muito próximo das águas territoriais da Guiana. O Golfo de Paria possui característica ainda mais favorável, por ser totalmente abrigado e fora da zona de ocorrência de furacões, normalmente problemática às demais ilhas do Caribe e à costa leste e sul dos EUA. Possui ótimo calado para embarcações de grande porte e, portanto, apresentou as condições ideais para uma operação dessa característica.

Com relação à logística, a localização do Golfo de Paria é especialmente favorecida por estar muito próxima ao delta do Amazonas e do Orinoco, zonas apenas acessíveis por navios de menor porte. Entre esses dois deltas, se encontram Guiana, Suriname e a Guiana Francesa, todos pequenos produtores de minérios como a Bauxita, e carentes de infraestrutura portuária para embarcações de maior calado.

As imagens abaixo mostram os equipamentos em operação no Golfo de Paria, próximo à costa oeste de Trinidad.



Figura 4.2: Fotografia aérea equipamentos em operação Golfo de Paria.
Fonte: www.oldendorff.com

A operação contava com uma chata flutuante não propelida, o “*pontoon Mia*”, equipada com um guindaste de 36 toneladas “*Figee Lemniscate*”, que operava conjugada com outras 3 chatas não propelidas. O conjunto ficava fundeado ao largo da costa de Trinidad, portanto, não havia carga ou descarga nos portos do país.

Como apoio às operações de atracação e desatracação dos navios, utilizava rebocadores, além de possuir outras embarcações menores para apoio em geral. Possuía a bordo, tradicionais equipamentos de terraplanagem, como pá-carregadeiras, para movimentação de agregados. Esses equipamentos eram içados pelos guindastes para dentro do porão dos navios, para agilização na fase final de descarga.

Contava ainda com pequenas acomodações para a tripulação, localizadas na parte inferior do seu casco, em posição intermediária aos tanques de lastro e combustível, bem como áreas técnicas de manutenção.

Fazia regularmente o transbordo de minério de ferro, bauxita e carvão, de navios do tipo Supramax e Panamax, para navios maiores, do tipo Capesize.



Figura 4.3: equipamentos Golfo de Paria.

Fonte: www.oldendorff.com

Ao final de um ciclo de operações bem-sucedidas, a empresa decidiu desmobilizar a estrutura, e transporta-la para outro local, a fim de seguir efetuando operação similar.

Neste caso específico, a chata “Mia” foi transportada para a bacia do Rio Berbice, na Guiana, onde passou a operar na carga de bauxita em navios da frota própria da companhia, com o intuito de agilizar tais operações.

A imagem a seguir, mostra a chata “Mia” sendo rebocada em direção ao seu novo local de operação.

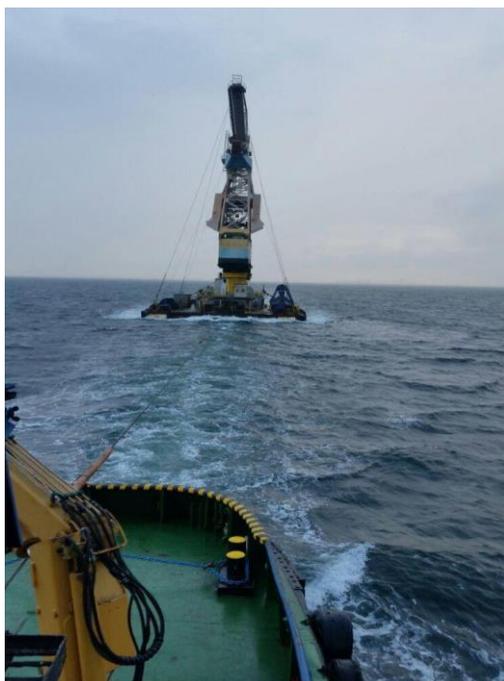


Figura 4.4: Chata “Mia” em operação de reboque.

Fonte: <https://www.oldendorff.com/news/transshipment-equipment-on-the-move>

4.1.2 Aplicabilidade da Solução off-shore às Hidrovias

Uma solução técnica para um desafio é considerada ainda mais eficaz, quando apresenta flexibilidade para ser utilizada em diferentes projetos e localidades, ou mesmo para ser utilizada em aplicações similares, ainda que com pequenos ajustes pontuais.

O estudo de caso apresentado no item anterior comprova que a solução foi bastante eficiente e mostrou-se flexível para fácil desmobilização e deslocamento ao seu novo local de operação.

O transbordo de cargas diretamente entre embarcações não é novidade no ramo dos transportes marítimos. Entretanto, a companhia demonstrou notável senso de oportunidade, estratégia logística e capacidade técnica em desenvolver e agregar um conjunto de equipamentos para atender tal demanda. Sobretudo, construiu a solução com flexibilidade para ser relocada com relativa facilidade

O conceito do *MOOVDOCK* apresenta exatamente essas características e, guardadas as devidas proporções, a comparação de similaridade é adequada.

Assim como no caso da operação de transbordo realizada em Trinidad, o *MOOVDOCK* fará o transbordo dos grãos entre “veículos de carga”, sendo em seu caso específico, entre os caminhões que virão dos produtores por vias terrestres

locais e as barcaças que transportarão esses grãos em volumes muito maiores, e em forma de comboio, até o porto de embarque para exportação.

Também da mesma forma, o *MOOVDOCK* apresenta total flexibilidade para ser facilmente deslocado entre os locais de operação.

Quanto à sua aplicabilidade para outras situações, é importante ressaltar que, embora o objeto da presente tese seja estudar a movimentação de soja, a solução do *MOOVDOCK* pode ser facilmente aplicada a diversos tipos de produtos agrícolas (como o milho e o algodão, nas demais safras) e em diferentes hidrovias ou trechos navegáveis de rios, sempre que haja demanda pelo transporte eficiente destes produtos, e se busque solução eficiente e com baixos custos de aquisição, implantação e operação.

4.2 Aspectos Gerais da Solução

A ideia dos portos móveis nasceu com um estudo conhecido como IP-4 (DNIT) [26] instalações portuárias públicas de pequeno porte para passageiros, que já está sendo implantado em várias regiões do Brasil com difícil acesso, e onde o transporte fluvial se apresenta como a melhor – e na maioria dos casos – a única solução para atendimento à demanda da população no que diz respeito ao transporte de passageiros e mercadorias em geral.

O IP-4 é uma estrutura de montagem acelerada que tem baixo custo de construção, agilidade operacional e praticidade. A Figura 4.5 retrata os locais desses portos em fase de projeto, em construção e concluídos na região norte do Brasil:

93 Iniciativas
87 IP4
6 Fronteiras

Situação	Quantidade
● Concluído	36
● Em construção	25
● Projetada	32
TOTAL	93

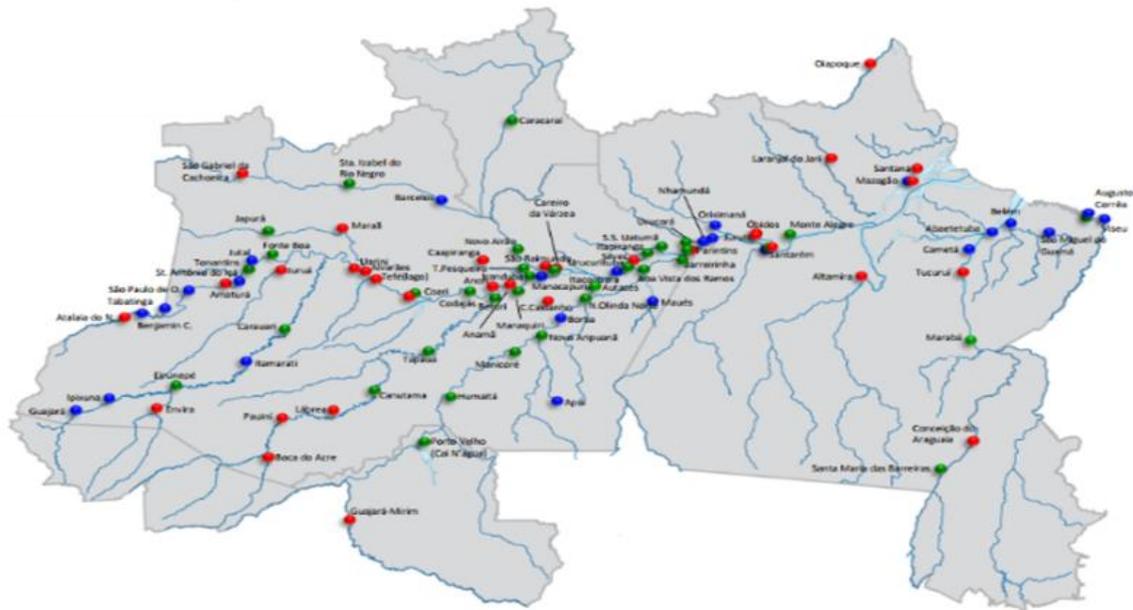


Figura 4.5: Localização dos pequenos portos da região norte do Brasil.
Fonte: DNIT [42].

O que é proposto neste momento é uma redução das fases intermodais de carga, otimizando o modelo da logística interna do transporte fluvial, especificamente em suas operações de carga e descarga, bem como nas chamadas operações de pré-transporte e pós-transporte, como se demonstra a seguir.

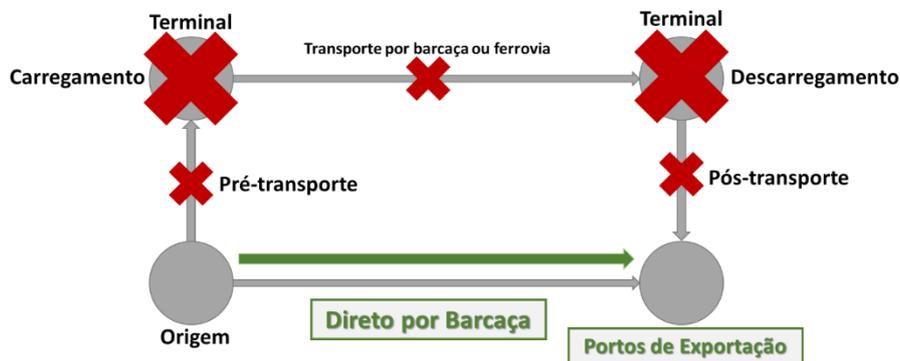


Figura 4.6: Ordenação pelo modelo "Direto por Barcaça". Da origem para o destino diretamente por comboios hidroviários.

Embora a utilização das vias navegáveis seja, comprovadamente, uma solução eficaz e economicamente atrativa para o transporte de cargas, existe um

limitador para sua efetiva utilização e atendimento aos produtores: a existência de portos.

Uma comparação pode ser feita ao analisar a efetividade de uma ferrovia. Uma ferrovia só se torna viável quanto tem composições eficientes, via permanente em perfeitas condições e estações adequadamente posicionadas ao longo do percurso. Caso contrário, atenderia somente como interligação entre origem e destino, mas não atenderia usuários posicionados ao longo do trajeto. Sendo assim se pode concluir facilmente que as estações de embarque e desembarque ao longo do percurso são fundamentais.

Ainda seguindo esse exemplo, sabemos que a construção das estações é onerosa. E mais ainda, sabemos que nem todos os usuários situam-se próximos às estações. Ou seja, será sempre necessário que os usuários se desloquem (ou transportem suas cargas) por seus próprios meios até a estação mais próxima, para enfim embarcar.

O *MOOVDOCK* irá evitar o custo de construção de terminais intermodais ao longo da hidrovia, bem como da construção da infraestrutura rodoviária necessária, pois, sendo um porto móvel, irá atracar diretamente em cada local atendendo o grupo imediato de produtores próximos.

Essa economia é relevante. Somente para a Hidrovia Tapajós-Teles Pires (segundo dados do EVTEA, 2018 citados no item 3.5.1 anteriormente) [34], seriam necessários mais de R\$ 500.000.000,00 (€ 113.2 milhões) de investimentos somente na construção de terminais intermodais terrestres. Igualmente, para melhor eficiência das diversas hidrovias existentes ou previstas para serem implantadas no país, estima-se que valores significativos seriam necessários para atendimento a esse quesito.

Evidentemente, aliado à construção de terminais intermodais terrestres, inevitavelmente seriam necessários investimentos complementares na infraestrutura rodoviária de interligação desses terminais à malha rodoviária ou ferroviária nacional, bem como os custos inerentes à manutenção de toda essa cadeia.

Portanto, embora ainda não seja possível eliminar a fase de transporte rodoviário como um todo, é possível reduzir a sua utilização em grande escala, deixando o uso de caminhões somente para pequenos segmentos da rota, se necessário.

Desta forma, o que é proposto é que o carregamento das barcaças seja feito em locais próximos às fazendas, onde haveria local apropriado para a operação do *MOOVDOCK*.

4.3 Constituição do Moovdock – configuração preliminar

O *MOOVDOCK* foi inicialmente pensado para realizar todo o processo de recebimento, armazenamento temporário e carregamento dos grãos nas barcaças. Após o carregamento, as barcaças são agrupadas em comboios, que com auxílio de empurradores, seguem viagem pela hidrovia até o porto de destino.

O *MOOVDOCK* foi assim inicialmente projetado como indicado a seguir (Figura 4.7) e dimensionado com os respectivos dispositivos que permitissem sua instalação nas diferentes seções de leito dos rios possíveis.

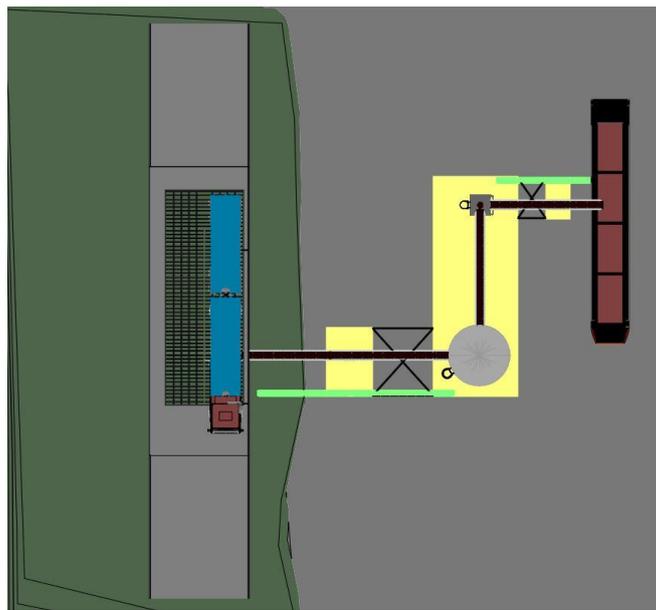


Figura 4.7: Planta do *MOOVDOCK*.

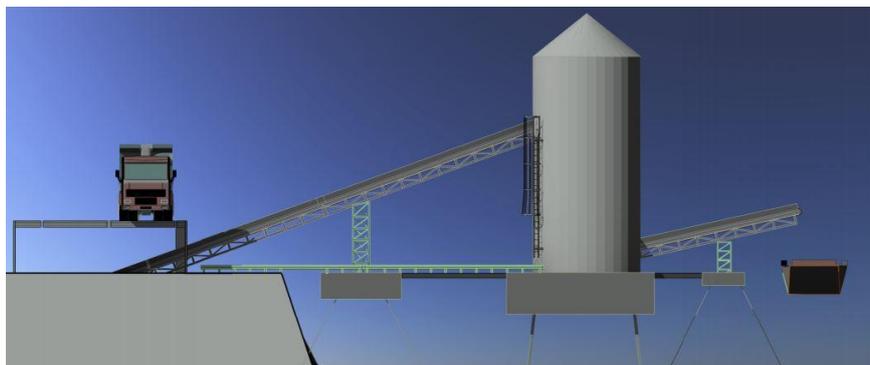
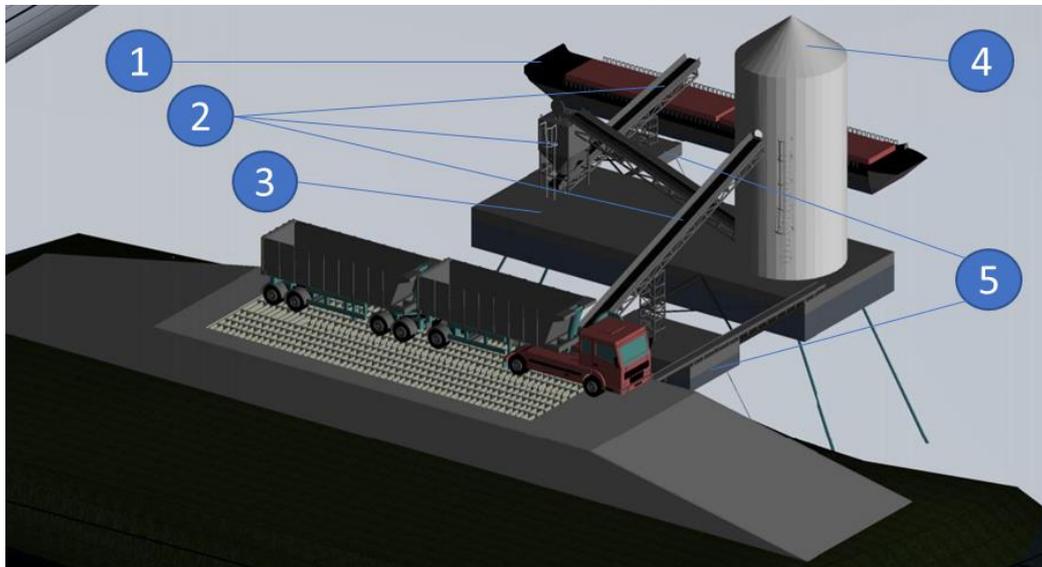


Figura 4.8: Corte do *MOOVDOCK*.

A concepção inicial considerava a utilização de um silo de armazenamento temporário, que atuaria como um dos elementos de transbordo da carga. A intenção era obter continuidade no carregamento das barcaças mesmo durante o intervalo de manobra dos caminhões, já que o silo armazenaria certa quantidade de grãos.



Identificação dos equipamentos: (1) barcaça; (2) correias transportadoras; (3) embarcação principal moovdock; (4) silo; (5) embarcações auxiliares moovdock

Figura 4.9: Organização dos elementos do MOOVDOCK em perspectiva (configuração inicial).

A solução demandaria a utilização de dois elementos flutuantes adicionais, que serviriam como apoio para as estruturas treliçadas de suporte das correias transportadoras.

Esta configuração se mostrou pouco eficiente sob o ponto de vista de navegação e ancoragem do conjunto (estabilidade com a carga do silo). Iria requerer mais manobras por rebocadores, e/ou empurradores, durante sua montagem nos pontos de carregamento, e igualmente, exigiria pontos de amarração submersos (poitas) adicionais.

Sobretudo, a solução implicaria em estudos de estabilidade mais aprofundados, para lidar com a carga do silo carregado em uma das extremidades da balsa. Apesar de tecnicamente viável, a garantia deste tipo de estabilidade resultaria em custos adicionais no dimensionamento da balsa.

4.4 Constituição do Porto Móvel (Partes Fixas e Móveis) – Configuração proposta

Os estudos iniciais progrediram para a configuração de um conjunto que permitisse maior agilidade no transporte e montagem em cada ponto de carregamento. Assim, efetuou-se uma ampla pesquisa por equipamentos existentes no mercado, que fossem de fácil aquisição, operação e manutenção, e que pudessem ser agregados ao conjunto do *MOOVDOCK*, de forma a facilitar toda a operação, trazendo, ainda, maior redução de custos. Para efeito de identidade visual, foi desenvolvida uma logomarca própria [fig. 4.10].



Figura 4.10: Logomarca proposta para o *MOOVDOCK*.

Conseguiu-se chegar a uma configuração que permitiu a eliminação do silo, otimização do sistema de correias transportadoras e, conseqüentemente, eliminação da necessidade de 2 balsas extras de apoio. Adicionalmente, essa configuração permitiu espaço útil para montagem de guindastes fixos sobre o convés da balsa, que farão toda a montagem do conjunto em cada ponto de carregamento com muito mais agilidade, além de espaço para container/paiol para guarda de ferramentas e sobressalentes em geral.

O arranjo geral, e detalhamento dos equipamentos é o que segue [fig. 4.11 a 4.15]:

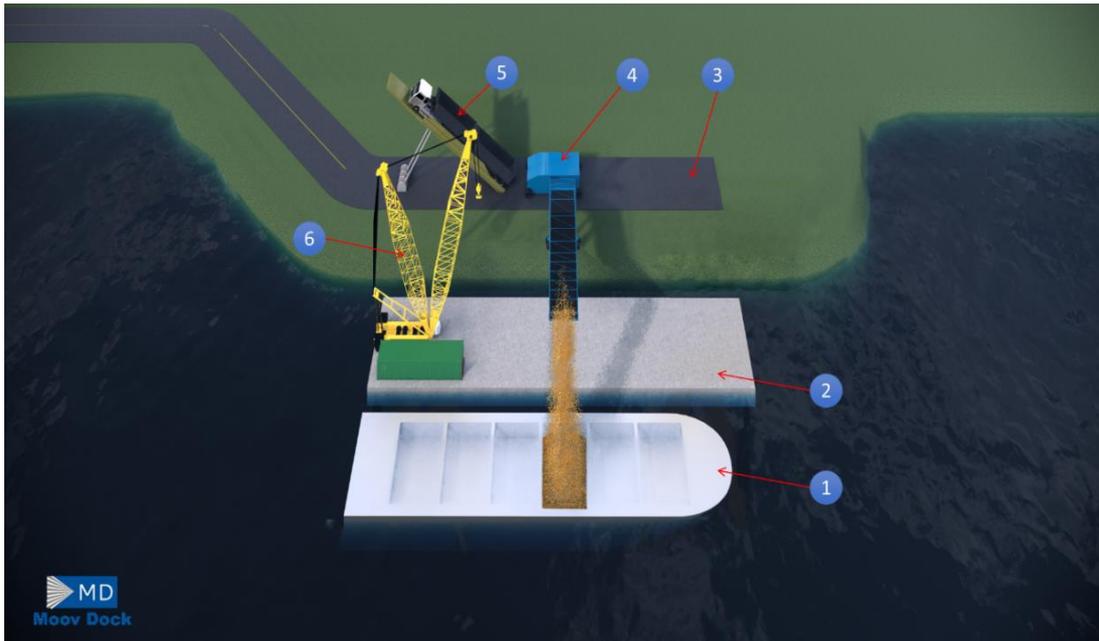


Figura 4.11: MOOVDOCK em configuração de operação (vista oblíqua).

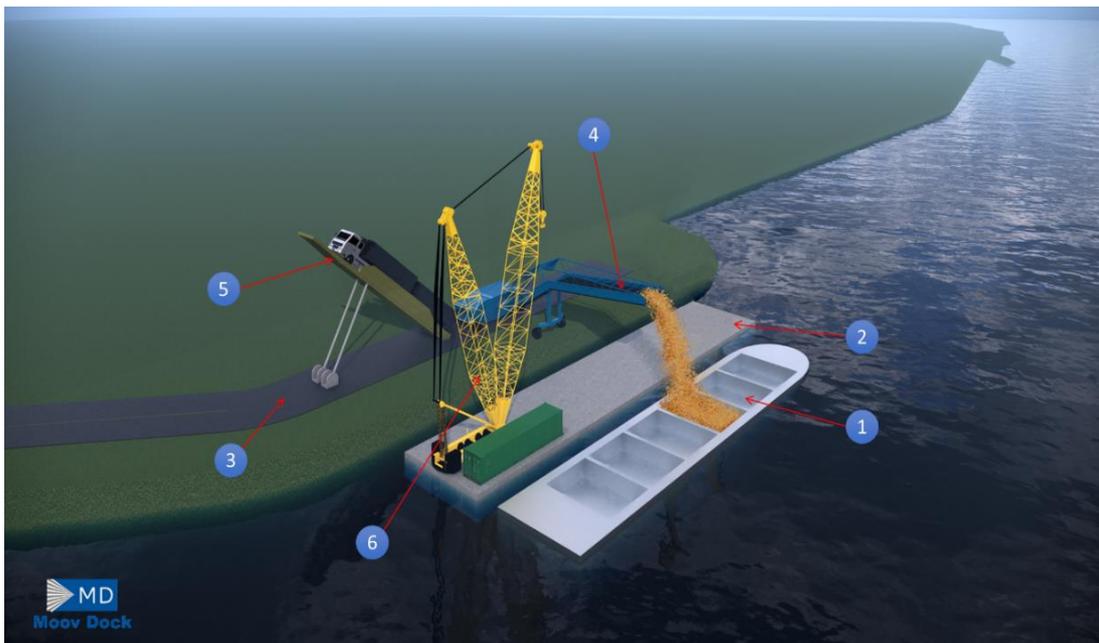


Figura 4.12: MOOVDOCK em configuração de operação (vista do rio para terra).

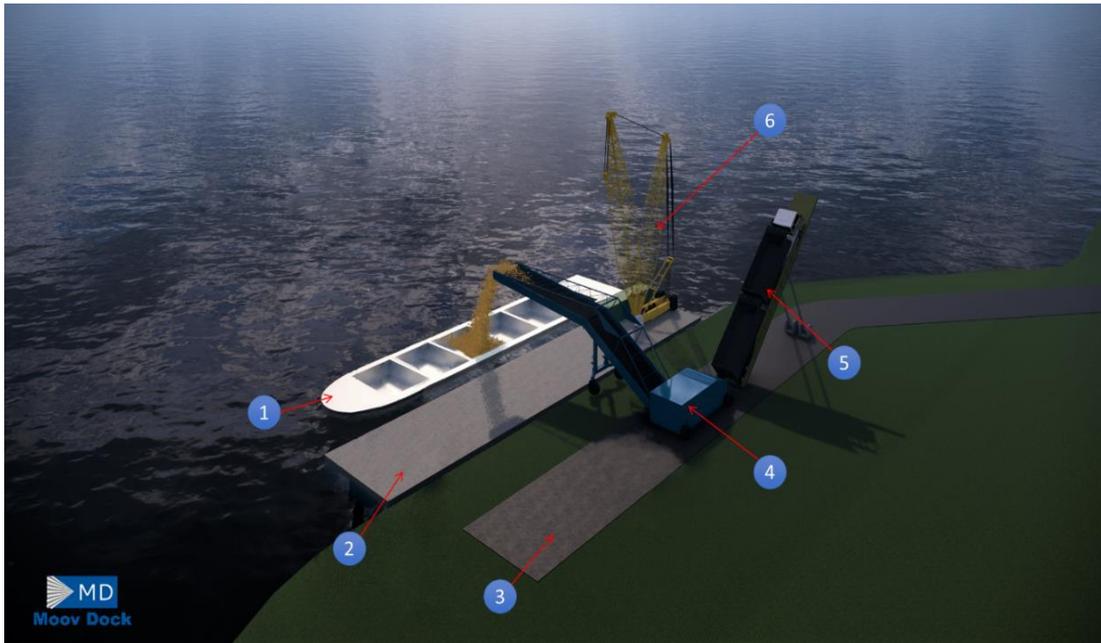


Figura 4.13: MOOVDOCK em configuração de operação (vista da terra para o rio).

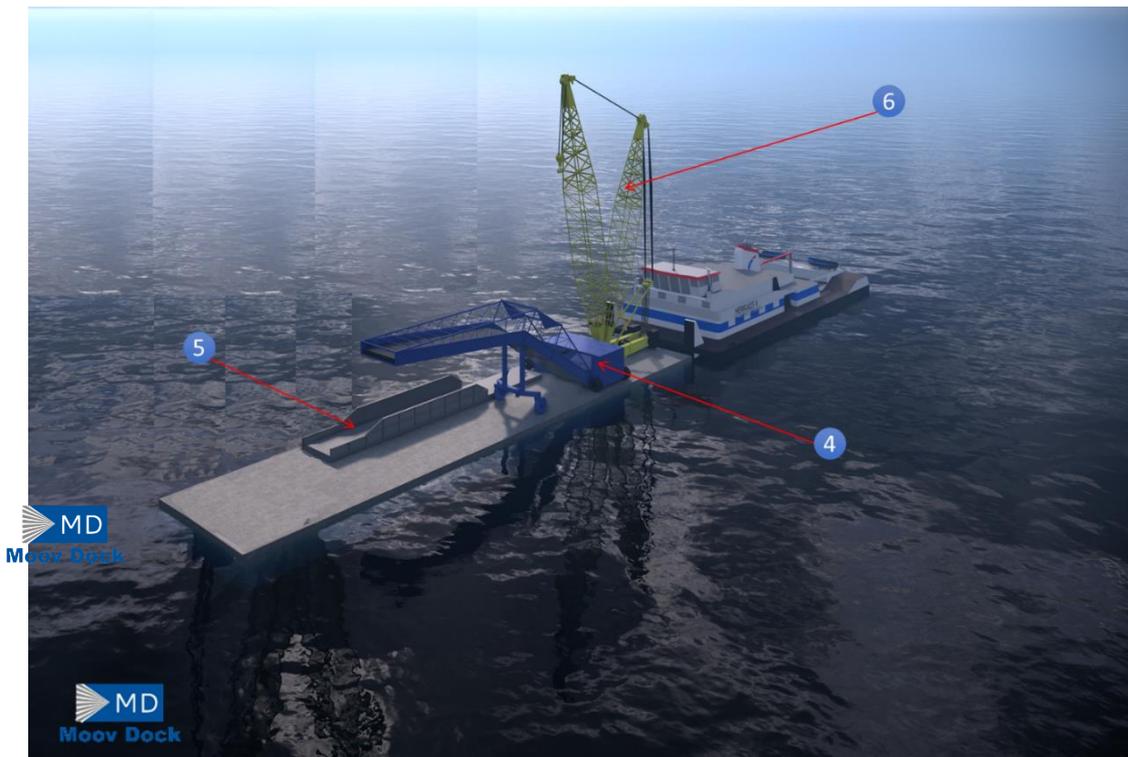


Figura 4.14: MOOVDOCK em configuração de transporte.

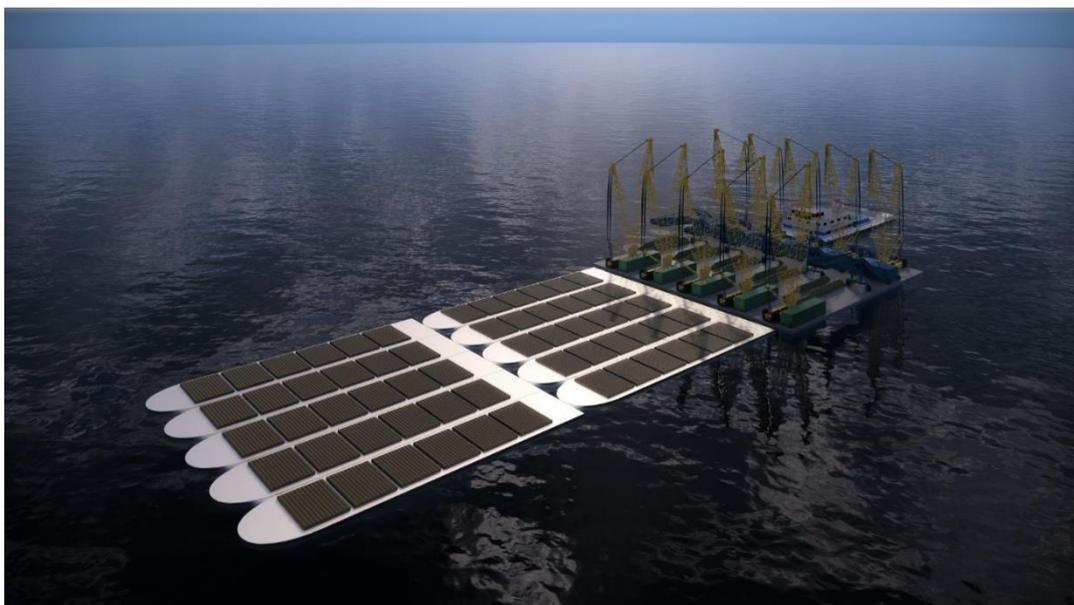


Figura 4.15: *MOOVDOCK* em configuração de transporte.

Nota: as imagens “configuração de transporte” acima ilustram a condição em que um ou mais *MOOVDOCKs* possam ser transportados em conjunto com um comboio de barcaças, o que é possível devido às suas dimensões obedecerem ao mesmo padrão.

Os equipamentos que compõem o sistema são indicados a seguir. Importante notar que somente os equipamentos 2 a 6 são os que formam o conjunto *MOOVDOCK*:

1. Barcaça
2. *MOOVDOCK*
3. Infraestruturas na margem
4. Carregador de embarcações
5. Tombador de caminhões
6. Guindastes de convés
7. Empurrador

O detalhamento dos elementos é aqui discriminado:

1. Barcaça

Trata-se da barcaça padrão (1.500 T de capacidade), sem propulsão própria, que atualmente opera nos comboios em utilização em diversas hidrovias no país [fig. 4.16]. São embarcações em geral com calado reduzido, o que lhes permite mais flexibilidade de uso em situações diversas de navegabilidade.



Figura 4.16: Exemplo de um comboio 5x3 sendo transportado por empurrador.
Fonte: <https://www.editoragazeta.com.br/bunge-e-amaggi-ampliam-parceria/>

2. MOOVDOCK

O MOOVDOCK é uma estrutura flutuante (embarcação) não propelida e de grande estabilidade, com dimensões de 60.00m de comprimento, 12.00 de largura, 4.50m de pontal (distância entre o convés e o fundo do casco), e calado carregado de 1.50 m (distância entre a linha d'água e o fundo do casco, em regime de carga).

Sobre essa estrutura, são acoplados e transportados os demais equipamentos integrantes do conjunto, conforme descrito neste capítulo.

Detalhes sobre o dimensionamento e cálculos estruturais da embarcação são indicados no capítulo 5.

A concepção e dimensões do *MOOVDOCK* permitem inclusive que ele seja transportado pelo mesmo comboio de barcaças que transportará os grãos [fig. 4.17]. Nesse caso, seria como se uma das barcaças de um comboio fosse substituída pelo *MOOVDOCK*, mas com a mesma acoplagem ao empurrador.

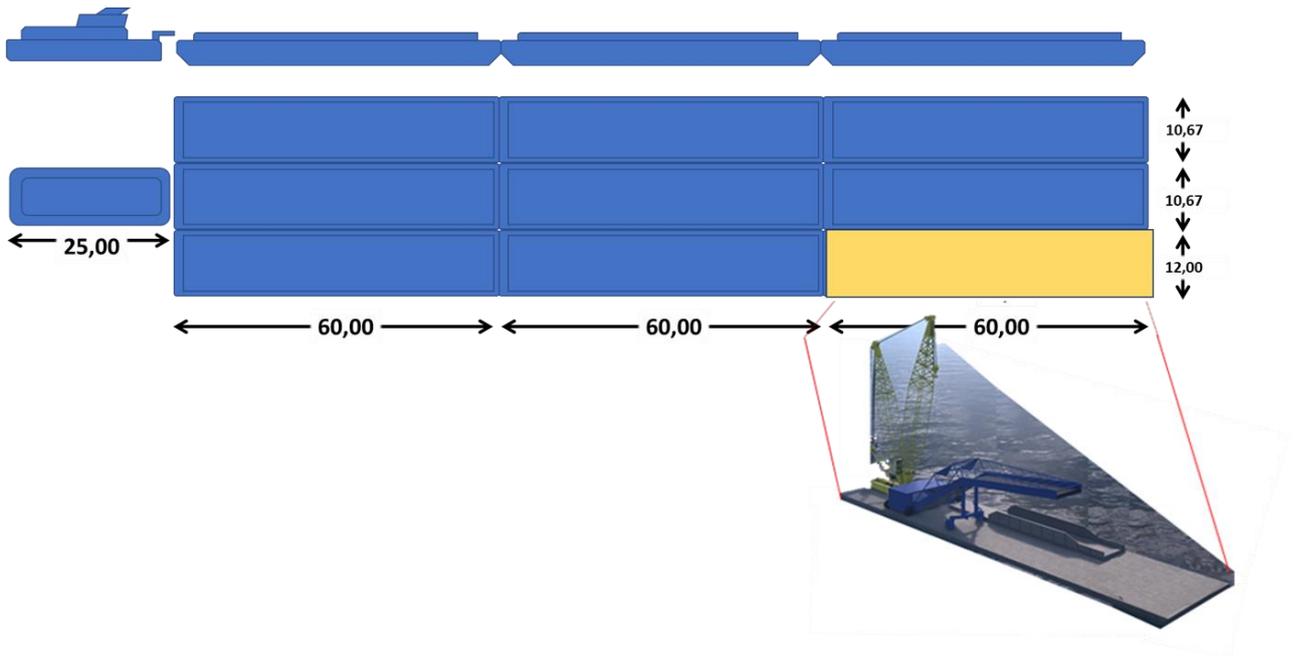


Figura 4.17: Lay-out comboio 3x3 com inserção de um conjunto *MOOVDOCK*.

3. Infraestruturas na margem:

Na margem do rio, em cada ponto de carga, deverá ser preparada uma superfície plana, em solo de boa qualidade e devidamente compactado, onde serão posicionados os equipamentos integrantes do conjunto do *MOOVDOCK*, no momento da carga de cada safra.

Essa área deverá ser preparada em cota adequada ao nível das cheias do Rio, de forma a não ser danificada nesse período. Como os equipamentos são postos em terra pelas gruas não é necessário garantir a possibilidade de movimentação entre o porto móvel e terra.

Igualmente, deverá ter acesso por vias internas na fazenda, que sejam adequadas ao tráfego dos caminhões bi-trem.

Adicionalmente, deverão ser instalados 4 pontos de ancoragem fixos (poitas) devidamente posicionados no leito do Rio em frente a essa área, e que serão os pontos de amarração do *MOOVDOCK* [fig.4.18]. Trata-se de blocos de concreto armado com peso e dimensões especificamente calculadas, onde são fixados cabos de aço cuja extremidade superior fica na superfície com o auxílio de boias (boias de arinque). Em alternativa o porto móvel poderá ser estabilizado com um sistema de âncoras fixas no fundo, mas este sistema é menos eficiente. As poitas no rio evitam que a baracaça avance durante o carregamento.



Figura 4.18: Esquema de atracação *MOOVDOCK*.

O dimensionamento das poitas, cabos de aço de amarração e boias de arinque está indicado no capítulo 5.

4. Carregador de embarcações (*ship loader*)

O carregador de embarcações é um equipamento móvel e autopropelido, montado em uma estrutura sobre pneus, com cabine de operação e respectiva motorização a diesel para movimentação do equipamento e acionamento da esteira transportadora e respectivos pistões hidráulicos.

As correias transportadoras (b) são montadas sobre estrutura treliçada, que devidamente posicionada pelo sistema hidráulico, faz o transporte dos grãos desde a caçamba coletora (a) até o ponto de descarga na extremidade da correia (c).

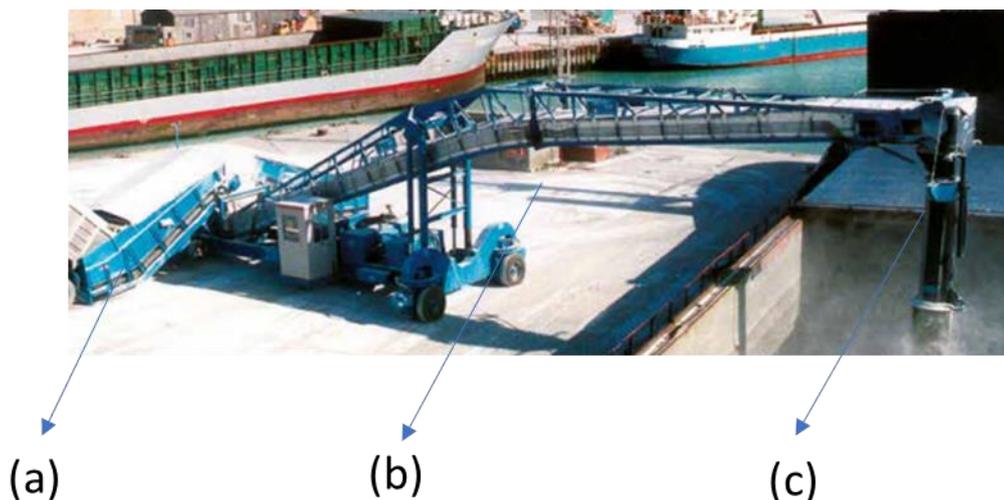


Figura 4.19: *Ship loader*.

Fonte: <https://docplayer.net/133914980-B-w-shiploader-e-neu-45-uhr-seite-1-w-e-c-o-n-v-e-y-q-u-a-l-i-t-y-mobile-shiploaders.html>.

Por atingir grandes vãos (até 25m de distância, sem necessidade de pontos de apoio intermediários), o equipamento permite operação bem mais simples do que se havia previsto nas concepções iniciais do *MOOVDOCK*, dispensando os flutuantes auxiliares inicialmente previstos. Sua capacidade de movimentação sobre pneus, permite que o equipamento se posicione adequadamente para carregamento uniforme dos tanques das barcaças, tanto longitudinalmente, quanto transversalmente.

O equipamento possui capacidade de carregamento de até 1000 toneladas/hora, o que significa tempo teórico de 1,5h por barcaça.

Pode-se estimar, portanto, que cada comboio com 13.500 Toneladas poderia ser carregado em aproximadamente 20h, como segue:

Tabela 4.1: Cálculo de capacidades operacionais.

Descrição	Quantidade	Unidade
Barcaça-tipo	1.500	T
Quantidade de barcaças p/ comboio	9	un
Comboio 3x3 (9 barcaças)	13.500	T
Tempo nominal de carga	1.000	T/hora
Tempo adicional para manobras	50%	
TOTAL de carga por barcaça	20	horas



Figura 4.20: Ship loader em operação.

Fonte: <https://docplayer.net/133914980-B-w-shiploader-e-neu-45-uhr-seite-1-w-e-c-o-n-v-e-y-q-u-a-l-i-t-y-mobile-shiploaders.html>

5. Tombador de caminhões:

Trata-se de uma plataforma hidráulica, acessível por caminhões tipo “bi-trem” de até 21m de comprimento e 90 toneladas. O equipamento tem 21m de comprimento por 3m de largura, e permite adaptação de balança eletrônica integrada, o que facilita sobremaneira a aferição da carga efetivamente transportada por cada caminhão, e o respectivo controle financeiro da operação.

O tempo médio de descarga com essa solução, fica em torno de 4 minutos.



Figura 4.21: Tombador de caminhões.
Fonte: www.saur.com.br.



Figura 4.22: Tombador de caminhões.
Fonte: www.saur.com.br.

Como característica adicional de versatilidade desse equipamento, o mercado apresenta uma versão montada sobre chassi rebocável, que torna ainda mais fácil sua movimentação e posicionamento em terra:



Figura 4.23: Tombador de caminhões

Fonte: www.saur.com.br.

A capacidade de descarga do tombador de caminhões permite agilidade à operação. Para o carregamento de um comboio de 13.500T, temos o seguinte cálculo preliminar:

Tabela 4.2: Cálculo capacidade operacional.

Descrição	Quantidade	Unidade
Caminhão bi-trem	90	T
Comboio 3x3 (9 barcaças)	13.500	T
Quantidade de caminhões p/ comboio	150	un
Tempo nominal de descarga por caminhão	4	minutos
Tempo adicional para manobras	50%	
TOTAL descarga por caminhão:	6	minutos
Tempo TOTAL de descarga, p/ 150 caminhões	900	minutos, ou
	15	horas

Como dito anteriormente, o tempo de carga de um comboio-tipo de 13.500T é estimado em 20h, o que guarda coerência necessária com a capacidade do tombador de caminhões. Sendo assim, o equipamento de tempo-crítico fica sendo o carregador de embarcações.

6. Guindastes de convés

Os Guindastes de convés destinam-se a posicionar as correias transportadoras e o tombador de caminhões. Serão do tipo telescópico, hidráulico, acionado por motor diesel. Foi dimensionada a utilização de um equipamento a ser posicionado na proa ou na popa do MOOVDOCK, com capacidade de 70 Toneladas, a 12.03m de distância de seu eixo.



Figura 4.24: Guindaste de convés.
Fonte: Heila Marine & Offshore cranes.

Outras opções de guindastes, do tipo treliçado, podem ser facilmente adequados ao conjunto, mediante própria avaliação dos esforços e estabilidade da embarcação.

7. Empurrador

O presente trabalho não envolve o dimensionamento específico do empurrador necessário ao transporte do MOOVDOCK, uma vez que ele possui as mesmas dimensões de uma barcaça e o peso inferior ao que esta teria quando carregada.

Em resumo, o MOOVDOCK foi projetado basicamente para atender a demanda de pequenos e médios produtores, tendo a vantagem de poder ser utilizado, simultaneamente, por mais de uma fazenda, tornando-se um porto compartilhado, o que diminui ainda mais o seu custo para cada fazendeiro, melhora

a logística de transporte com a concentração dos grãos em um só local e é menos agressivo ao meio ambiente.

Por tratar-se de uma estrutura móvel, não requer licenciamento de operação. Por sua característica itinerante, pode ser desmontado e instalado novamente em outra fazenda de forma autônoma, de acordo com a safra e necessidade do produtor, com um custo muito baixo, já que foi projetado para ser uma estrutura de fácil implantação, operação e manutenção. Mais ainda, pode ser eventualmente transportado para operação em outra hidrovia.

4.5 O Transporte Rodoviário Local

O sistema *MOOVDOCK* não elimina por completo o transporte terrestre local, porém permite que se reduza significativamente a distância a ser percorrida por este modal, tendo em vista que atracará diretamente na fazenda do produtor (ou no ponto do rio mais próximo), sendo necessárias apenas vias vicinais locais.

Uma vez que tratar-se-á basicamente de vias internas nas propriedades, ou ainda pequenas estradas locais, não se prevê grandes impactos viários ou necessidade de maiores investimentos.

Evidentemente, haverá produtores que não possuem acesso direto à hidrovia, pois se encontram em zonas interiores. O conceito é de que esses produtores possam acessar o *MOOVDOCK* mais próximo cruzando terras da propriedade vizinha, em regime de acordo privado. Ainda que isso exija, eventualmente, o pagamento de *royalties* ou mesmo participação no custeio de despesas de manutenção das vias na propriedade vizinha, esses custos serão muito inferiores ao custo de transportes de maior distância, como feito atualmente.

Por fim, a utilização conjunta do *MOOVDOCK* naquele local por mais de um produtor, será benéfica a todos eles, pois diluirá os custos da (ainda que pequena) infraestrutura necessária, e ainda, os custos de operação do *MOOVDOCK* propriamente ditos, que serão cobrados pelo armador.

4.6 Fases de Funcionamento (Armazenagem, Cargas e Transportes Fluviais)

O caminhão tipo bitrem de 7 eixos, mais comum no transporte de grãos, tem dimensões aproximadas de 2,6 metros de largura, 20 metros de extensão e 3,3

metros de altura. Transportando até 90T toneladas por viagem. Se considera que, no local de origem, antes do embarque, os grãos passem por um processo de secagem para diminuir a umidade e aumentar a durabilidade do produto, bem como, reduzir seu peso de transporte.

Resumidamente, esses caminhões são carregados em cada propriedade, da mesma forma que seria feito para o caso do transporte rodoviário convencional de longa distância. Entretanto, com a disponibilidade de um *MOOVDOCK* atracado nas imediações daquela propriedade, o caminhão destina-se então a este novo ponto de descarga em um tempo significativamente inferior e, portanto, demandando uma quantidade muito menor de caminhões para o transporte do mesmo volume de carga e, adicionalmente, claras vantagens ambientais.

Ao chegar ao *MOOVDOCK*, o caminhão é pesado no ato de seu posicionamento sobre o tombador de caminhões, aferindo a quantidade de carga recebida. O tombador faz a elevação/inclinação do caminhão, de forma que os grãos sejam descarregados por gravidade diretamente na caçamba coletora do Carregador de Embarcações, de onde o material é levado por meio de correias transportadoras diretamente para a barcaça.

Um comboio de barcaças vazias estará posicionado ao largo (fundeadado nas imediações do *MOOVDOCK*), enquanto a primeira barcaça está atracada a contra-bordo do *MOOVDOCK*, em operação de carregamento. Tão logo esta primeira barcaça esteja completamente carregada, o empurrador movimenta-a para o comboio, e retorna com outra barcaça vazia.

A operação repete-se sucessivamente, até que todas as barcaças do comboio estejam carregadas e atreladas, prontas para seguir viagem pelo rio.

Enquanto houver mais caminhões a serem recebidos, o *MOOVDOCK* permanecerá atracado à margem do rio aguardando a chegada do próximo comboio de barcaças.

Os porões das barcaças têm dimensões internas de aproximadamente 50 metros de comprimento, 11 metros de largura, 3 metros de profundidade e calado de 1,5 metros, tendo capacidade de carga de 1.500 toneladas cada uma.

Ao fim da demanda por carregamento naquela localidade, o *MOOVDOCK* é desmontado e seus equipamentos são içados para o convés da embarcação principal, configurando-se na modalidade de transporte para o próximo ponto de atracação. Opcionalmente, o armazenamento temporário em silos existentes na

margem permitiria continuidade na descarga dos caminhões mesmo nos períodos em que o comboio de barcaças não esteja presente, ou no intervalo entre a desatracação de uma barcaça e a atracação da barcaça subsequente. Porém verifica-se que a utilização de silos como parte integrante do *MOOVDOCK* tornaria a operação mais custosa e complexa, entretanto, não se descarta a possibilidade de que o proprietário da fazenda (ponto de carregamento) opte por instalar silo fixo, em terra, a depender da demanda que ele possua, seja por sua própria produção, seja pela produção de propriedades vizinhas. Esse equipamento auxiliar não seria parte integrante do *MOVDOCK*.

Em suma, a flexibilidade do *MOOVDOCK* permite que diferentes configurações de equipamentos/infraestrutura em terra seja adicionada, uma vez que a demanda se mostre necessária.

No estudo de caso desenvolvido nesta tese (capítulo 6), será feita comparação entre o transporte de soja por um comboio 3x3 partindo da cidade de Sinop (Mato Grosso), com destino a Santarém (Pará) usando a hidrovía Tapajós-Teles Pires, e dali seguindo por transporte marítimo até a China, com o número correspondente de caminhões seguindo por via terrestre aos portos do sul do Brasil (Santos, São Paulo), e igualmente, seguindo por via marítima até o porto de destino final, na China.

5. DIMENSIONAMENTO SUMÁRIO DO PORTO MÓVEL (MOOVDOCK)

Antes de desenvolver o cálculo do dimensionamento do *MOOVDOCK*, é necessário que se tenha em consideração quais equipamentos serão utilizados no conjunto e, conseqüentemente, quais cargas e esforços a plataforma flutuante (embarcação) deverá suportar. Para isto recorreu-se a um levantamento de equipamentos comerciais existentes com características semelhantes aos que se poderão utilizar.

5.1 Equipamentos

5.1.1 Guindaste

O Guindaste de convés é fundamental para a movimentação dos equipamentos principais (Shiploader e Tombador) entre a embarcação principal do Moovdock e a margem em terra, tendo capacidade de carga e giro compatíveis com essa demanda. Adicionalmente, o guindaste fará movimentação de equipamentos de apoio e ferramentas menores, tais como geradores, compressores, etc., necessários à operação do conjunto.

Tabela 5.1: Dados técnicos.

Fabricante	Heila Marine & Offshore cranes
Capacidade	SWL 70T @ 12.03m Lifting moment = 1000 t*m
Modelo	Foldable Telescopic Crane, HLRM-1000-2S
Peso	150 Ton*; zcg = 3m acima do convés



Figura 5.1: HLRM-1000-2S.

Fonte: Fabricante *Heila Marine & Offshore cranes*.

5.1.2 Shiploader

O 'Shiploader' ou 'Carregador de Embarcações' permite o carregamento das barcas à partir da margem com eficiência adequada, pois faz a transferência dos grãos por esteira transportadora. É um equipamento de elevada versatilidade pois o elevado alcance da esteira permite transpor a carga sobre a embarcação principal do Moovdock sem apoio sobre este. Adicionalmente, possui a flexibilidade de movimentar-se em terra sobre pneus, sendo simplificado o seu posicionamento no local de operação e a rápida configuração entre modos de transporte e de operação.

Tabela 5.2: Dados técnicos.

Dados do carregador de embarcações (Shiploader)	
Capacidade de projeto (para volume com densidade de 2 T/m ³)	1200 T/h
Dimensão do carregador de embarcações na posição estacionada	C x L x H: 31m x 4.3m x 6.2m. zcg = 4m acima do convés
Dimensão do carregador de embarcações na posição de abertura total	C x L x H: 47m x 8.5m x 18.2m
Altura da rampa de entrada	5 m
Altura da rampa de saída na posição fechada	5.6 m
Altura da rampa de saída na posição aberta	18.2
Tamanho máximo de embarcações	45000 DWT
Tamanhos mínimos de embarcações	12000 DWT
Ângulo de inclinação	8° – 18°
Peso total	68 Ton

Tabela 5.3: Dados técnicos.

Detalhe de roldanas	
Roldanas	133/25*380-6205
Roldana reversa	133/25*1150-6205
Roldana Absorvedora	133/89/25*380-6205
Detalhe de Eixos & Rodas	
Frente	4 Axis roda dupla com aros- Tire 315/8022.5
Traseira	SAJ 14ton roda dupla com aros- Tire 315/80/22.5
Principais motores & Caixas de câmbio	
Transportador Interno	Bevel Helical – 22 KW
Transportador Externo	Bevel Helical – 30 KW
Caixa de controle	
Força	Diesel do dispositivo & Diesel lateral
Controle	SEIMENS-PLC
Solução de problemas	HMI
Especificações	
Estrutura de ferro	Perfis Padrão
Esteira	EP 800/100/3 Plies
Rolamento	LOE 222
Guincho	3ton-7.5KW-960rpm-30m
Conjunto de potência	2 motores elétricos 7.5KW Bomba de engrenagem dupla 36 litros/min
Gerador Diesel	VOLVO 734 220 KVA
Controle Remoto	Alcance 100m com SAGA L90-IP66



Figura 5.2: Shiploader.
 Fonte: <https://mehrsa-sanat.com/>.



Figura 5.3: Shiploader.
 Fonte: <https://mehrsa-sanat.com/>.

5.1.3 Tombador

A utilização do tombador mostra-se necessária para agilidade e segurança nas operações de descarga conforme já é feito nos grandes terminais intermodais.

Carretas basculantes convencionais sofrem risco de tombamento no caso de elevação da caçamba em zonas de piso irregular, além de não ser utilizado para transporte de grãos no Brasil.

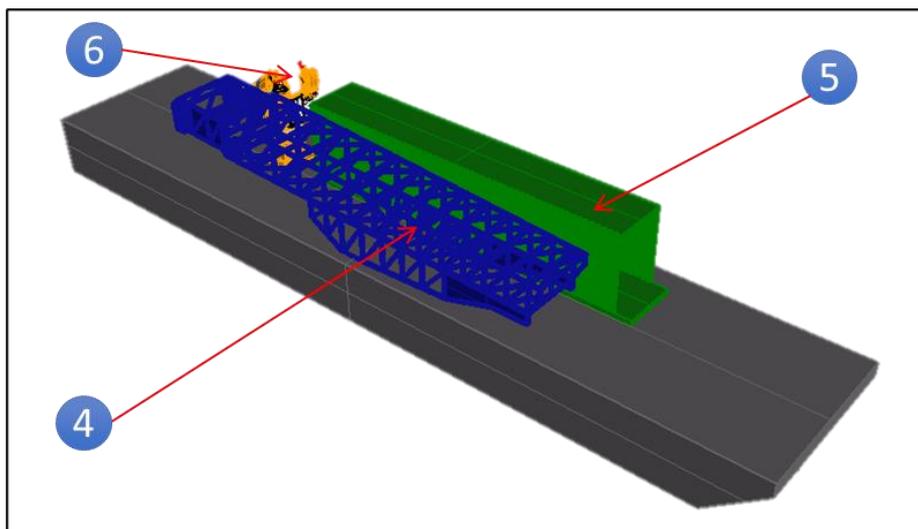
Tabela 5.4: Dados técnicos.

Fabricante:	Saur
Capacidade:	100 Ton
	26m x 3m
	40° de inclinação
Tipo:	Plataforma de descarga traseira, S-100-40-26
Peso:	25 Ton; zcg = 2m acima do convés



Figura 5.4: Tombador de caminhões.
Fonte: www.saur.com.br.

A síntese do posicionamento das cargas no *MOOVDOCK*, na configuração de transporte é: (4) shiploader = 68 Toneladas; (5) tombador de caminhões = 25 Toneladas; (6) guindaste = 150 Toneladas.



;

5.2 Dimensões base do Porto Móvel (MOOVDOCK)

Dado que um porto móvel com dimensões semelhantes às barcaças já existentes facilitaria tanto a construção quanto o seu manuseio e traslado, as dimensões adotadas para o projeto são: Comprimento (L) = 60 m e Boca (B) = 12 m. O pontal (D) inicial sugerido é de 4.5 m.

O calado máximo sugerido foi de 1.5 m, devido às restrições naturais dos rios nos quais se espera operar.

Análises preliminares de estabilidade indicaram que as dimensões acima seriam satisfatórias, o que de fato se mostrou verdadeiro no final do projeto.

Tabela 5.5: Dimensionamento embarcação principal Moovdock.

Comprimento (L)	60 m
Boca (B)	12 m
Pontal (D)	4,5 M

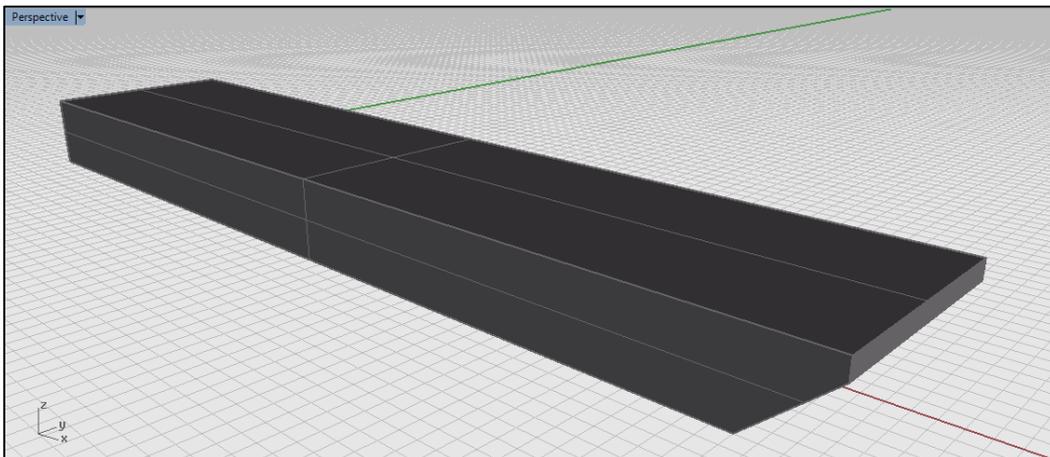


Figura 5.5. vista 3D.

5.3 Estrutura e peso

O projeto estrutural teve como fundamento a aplicação das regras da RBNA (Registro Brasileiro de Navios e Aeronaves) Sociedade Classificadora. Essas regras permitem que a estrutura seja dimensionada de forma simples e completa, sob o ponto de vista de englobar todos os possíveis modos de falha e tipos de solicitações.

Essa é uma característica importante em projetos navais, pois a sua natureza complexa requer que desde o primeiro ciclo de projeto o navio seja completamente concebido, sendo que nos ciclos posteriores ocorra um gradual detalhamento de cada uma de suas partes.

A experiência secular acumulada relativa a projetos de embarcações é retratada nas regras de sociedades classificadoras, conferindo-lhes, portanto, alto grau de confiabilidade. O projeto deve ser reavaliado em ciclos posteriores de dimensionamento por meio de outras ferramentas, por exemplo empregando o método de elementos finitos, a fim de se evitar exageros conservadores.

Optou-se por utilizar as “Regras para Classificação e Construção de Navios de Aço para Navegação Interior” da sociedade RBNA [43].

5.4 Dimensionamento detalhado

Para dimensionamento detalhado, ver Apêndice 2 e respectivos sub-itens. Em síntese, os cálculos preliminares efetuados conduziram às seguintes características geométricas e capacidades do *MOOVDOCK*:

- Embarcação principal com peso total de 371,8 toneladas, e dimensões de 60m de comprimento, 12m de boca e 4,5m de pontal, podendo acomodar em seu convés, os seguintes principais equipamentos:
 - Guindaste com peso próprio de 150 toneladas
 - Shiploader com peso próprio de 68 toneladas
 - Tombador de caminhões com peso próprio de 25 toneladas

O peso total da embarcação principal decorre do somatório das chapas e demais elementos de reforço, calculados com base nas normas aplicáveis. Seu dimensionamento observou as medidas comerciais disponíveis para o chapeamento, adotando-se sempre a espessura comercial disponível imediatamente superior à espessura mínima calculada:

Tabela 5.6: Resumo de espessuras e chapeamentos.

Resumo de espessuras e chapeamentos		
Chapeamento	T requerida (mm)	T adotado = medidas comerciais (mm)
Fundo - midship	9,2	9,5
Fundo - extremidade	7,64	8
Costado - midship	6,79	8
Costado - extremidades	7,64	8
Convés - midship	11,54	12,5
Convés - extremidades	6,48	8
Antepara transversal comum	6,45	8
Antepara transversal de colisão	7,09	8
Antepara longitudinal comum	6,45	8
Espelho de popa	13	16
Espelho de proa	13	16

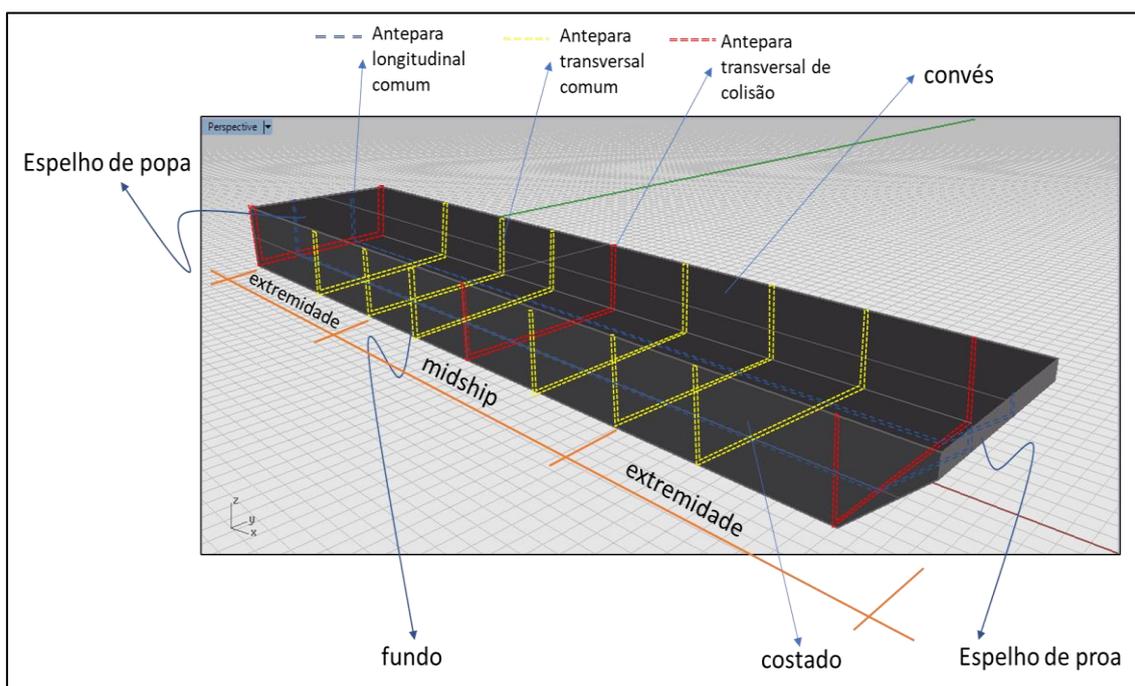


Figura 5.6: Arranjo esquemático.

6. VIABILIDADE ECONÔMICA

6.1 Área foco para o Estudo

A Figura 6.1 mostra a densidade das áreas produtivas por região do Brasil, e evidencia que a região Norte do Estado do Mato Grosso é a área de maior produção. Na análise de viabilidade econômica selecionou-se por isso a região da cidade de Sorriso/Sinop, pólo que centraliza a produção do Estado.

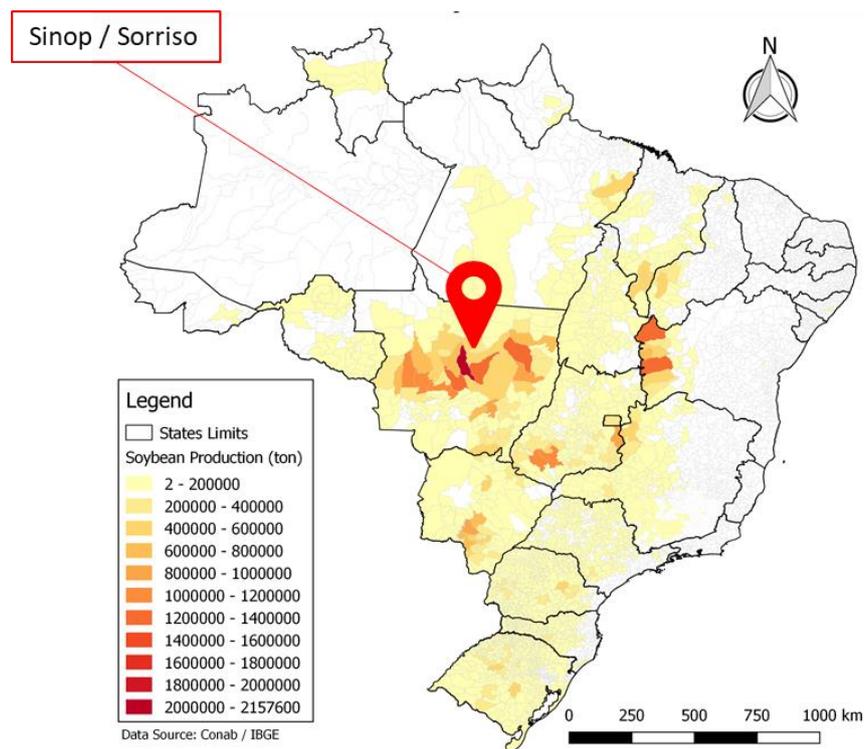


Figura 6.1: Densidade de áreas produtivas.

Fonte: USDA, editado pelo autor).

A cidade de Sorriso não é servida por malha ferroviária, e as ligações rodoviárias são distantes e apresentam qualidade precária, para realizar escoamento de forma eficiente e lucrativa. A utilização de hidrovias pela bacia do Rio Paraguai, ao sul, se mostra pouco eficiente, devido à distância entre a zona de produção e as hidrovias daquela bacia. Portanto, essa é a localidade que apresenta maior demanda por alternativas de transporte hidroviário, para o escoamento da grande produção regional de soja até os portos exportadores.

O objetivo do presente estudo é apresentar solução de escoamento pelos portos do Norte do Brasil, maximizando o uso de hidrovias, especificamente a

hidrovia Tapajós-Teles Pires, em alternativa à atual prevalência de transporte terrestre e destino aos portos do Sul do Brasil.

6.2 Análise dos Custos de Transporte

Na Figura 6.2 as linhas indicadas na região centro-oeste do país são as rotas dos rios na Bacia do Paraguai. As roxas representam os rios com profundidade de até 2,0 metros, que tem a navegabilidade apenas para embarcações de porte pequeno/médio, as linhas azuis representam os rios com profundidade de 2,5 metros ou mais e a área interna a linha verde é a área de abrangência de estudo. A viabilidade para utilização dessas hidrovias para escoamento da soja é a partir de locais com até um raio de cerca de 300 km de distância.

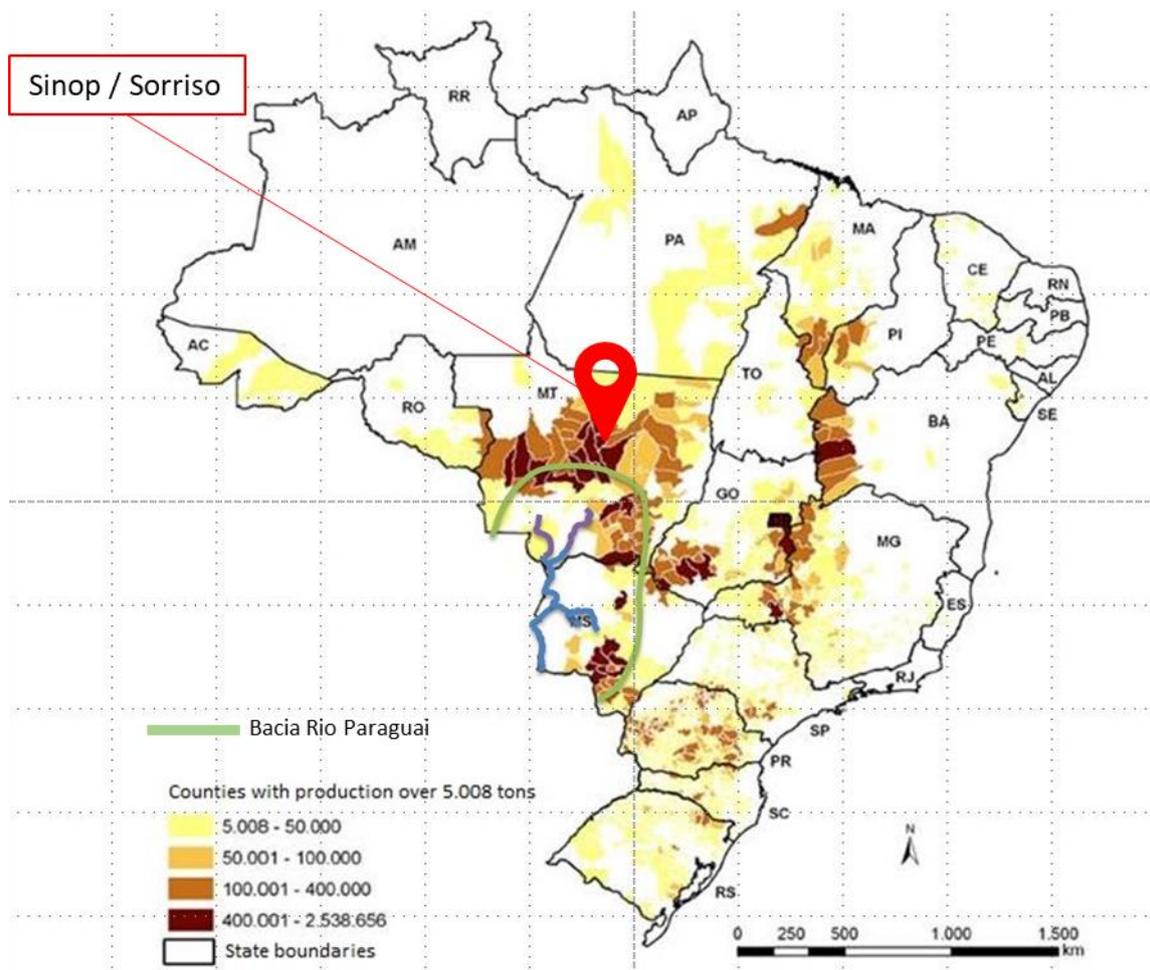


Figura 6.2 Produção de soja no Brasil e a Bacia do Paraguai com seus principais afluentes navegáveis.

Fonte: CONAB (modificado pelo autor).

Como se pode observar, a região de Sinop/Sorriso não é atendida pela malha hidroviária da Bacia do Paraguai. Para que o transporte da soja possa utilizar essa rota, é necessário que a carga percorra longos trechos por via rodoviária, o que prejudica a competitividade dos custos.

Ainda mais crítica é a opção de transporte terrestre até o porto de Santos-SP. A distância a ser percorrida por via terrestre nessa opção supera os 2.100km.

As figuras a seguir indicam o diagnóstico atual da utilização do modo hidroviário no transporte de cargas no Brasil. Por consequência, indicam a subutilização deste modal na matriz logística nacional.



Figura 6.3: Rios com navegação comercial em 2012 no Brasil.

Fonte: Ministério dos Transportes (modificado pelo autor).



Figura 6.4: Volumes de carga transportada pelo modo hidroviário até 2031.
 Fonte: Ministério dos Transportes.



Figura 6.5: Formação dos comboios recomendado para as hidrovias brasileiras. Indica, por cores, a configuração dos comboios a serem utilizados considerando-se a característica de navegabilidade de cada trecho.
 Fonte: Ministério dos Transportes.

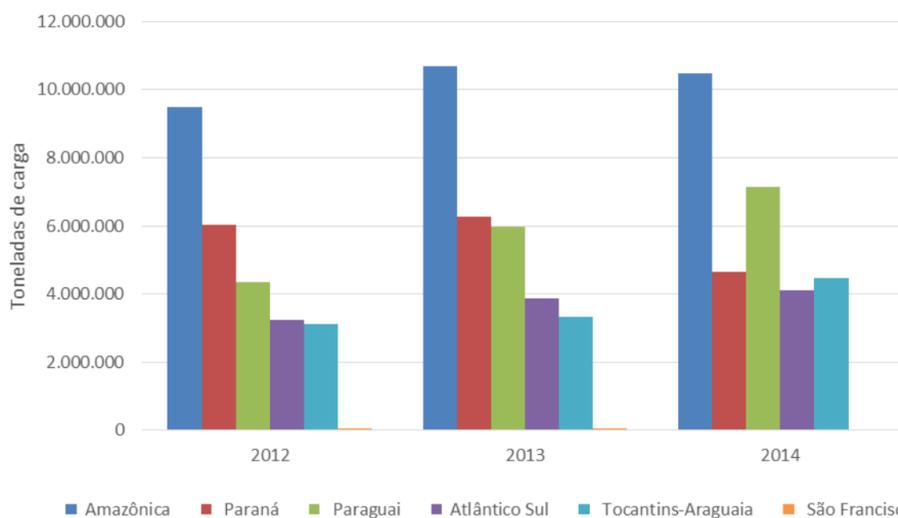


Figura 6.6: Movimentação da carga nos anos de 2012, 2013 e 2014 por região hidrográfica.
 Fonte: Confederação Nacional do Transporte (CNT).

A tabela a seguir indica a projeção de crescimento da demanda pelo transporte de cargas por modo hidroviário, nos próximos anos:.

Tabela 6.1: Carga estimada para transporte por hidrovia interna no Brasil em 2031 (em milhões de toneladas).

Fluxo de transporte	Fluxos sem concorrência modal	Fluxos de investimentos em projetos e sistemas logísticos	Fluxos agrícolas (soja, milho) com forte concorrência modal	Total
Amazonas	11.5	-	-	11.5
Madeira	2.2	-	2.5	4.7
Tapajós	-	-	9.7	9.7
Tocantins	-	32.5	8.6	41.1
São Francisco	0.1	-	2.6	2.7
Paraná – Tietê	-	16.0	4.8	20.8
Hidrovia do Sul	3.9	3.0	2.5	9.4
Paraguai	14.9	-	5.5	20.4
Total	32.5	51.5	36.3	120.2

Fonte: Ministério dos Transportes.

Para analisar os custos de transporte foi comparado o que é feito hoje, transportando a carga da cidade de Sinop até o porto de Santos (SP), exclusivamente por vias rodoviárias, de onde é exportado para a China em rotas cruzando os Oceanos Atlântico (sul) e Oceano Índico.

Com a nova logística proposta neste estudo, determinou-se como ponto de origem uma “Fazenda A”, localizada às margens do Rio Teles Pires, na localidade de SINOP, conforme ilustrações a seguir e coordenadas indicadas nas tabelas abaixo.



Figura 6.7: Localização da Fazenda A e cidade de Sinop em relação ao Estado do Mato Grosso e porto de Santarem (ao norte, no Estado do Pará).
Fonte: Google Earth, editado pelo autor.



Figura 6.8: Localização da Fazenda A e cidade de Sinop
Fonte: Google Earth, editado pelo autor.



Figura 6.9: Localização da Fazenda A e Rio Teles Pires.
 Fonte: Google Earth, editado pelo autor.

As alternativas estudadas foram:

Tabela 6.2: Origem Fazenda A (Sinop), via transporte rodoviário até o porto de Santos (São Paulo), e destino porto de Shanghai (China), via Oceano Atlântico.

		Localização	Coordenadas	
Origem	Fazenda A	Região de Sinop	-11,640823	-55,7084942
Destino	Porto Santos, SP	Litoral Sudeste	-23,92358	-46,13812
Distância rodoviária (km)	2.145			
Destino final	Porto Shanghai	China		

Opção 1		
	<p>via BR-163 28h 2.145 km</p> <p>via BR-163 e BR-364 29h 2.186 km</p> <p>Sinop—São Paulo 7h 15min</p>	

Tabela 6.3: Origem Fazenda A (Sinop), via transporte rodoviário até o porto de Santarém (Pará), e destino porto de Shanghai (China), via Canal do Panamá.

		Localização	Coordenadas	
Origem	Fazenda A	Região de Sinop	-11,640823	-55,7084942
Destino	Porto Santarem, PA	Litoral Norte	-1,92781	-53,88761
Distância rodoviária (km)	1.303			
Destino final	Porto Shangai	China		

Opção 2				

Tabela 6.4: Origem Fazenda A (Sinop), via transporte hidroviário até o porto de Santarém (Pará), e destino porto de Shanghai (China), via Canal do Panamá.

		Localização	Coordenadas	
Origem	Fazenda A	Região de Sinop	-11,640823	-55,7084942
Destino	Porto Santarem, PA	Litoral Norte	-1,92781	-53,88761
Distância hidroviária (km)	1.600			
Destino final	Porto Shangai	China		

Opção 3				

Nessa Fazenda A, os grãos colhidos serão levados por uma curta distância de caminhão até o *MOOVDOCK* posicionado às suas margens, e depois será carregado nas barcaças/comboio que seguirão pela hidrovía Tapajós-Teles Pires com destino ao porto de Santarém no Estado do Pará. Dali serão exportadas para a

China por rotas via Canal do Panamá, em alternativa à opção de escoamento atualmente praticada.

Para o cálculo do custo de transporte, foram utilizadas as referências da USDA [30] e “Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil” [44]. Igualmente, foi produzida planilha de cálculos com todos os respectivos descritivos e bases de referência adotadas, que se encontra no Apêndice 3.

Os cálculos consideram ainda a produtividade anual dos equipamentos, já considerando períodos de entre-safra e paradas técnicas para manutenção, de tal forma que foi possível estabelecer o custo por Tonelada carregada nas barcaças com o auxílio do *MOOVDOCK*.

Para efeito de produtividade, foi concluído que um conjunto *MOOVDOCK* tem capacidade para carregar 3,105 milhões de Toneladas/ano, o que equivale a 230 (duzentos e trinta) comboios 3x3, com capacidade de 13.500T cada.

Detalhes da capacidade operacional do *MOOVDOCK* estão no Apêndice 4.

Por fim, os custos aqui estudados não incluem o custo do transporte fluvial em si (empurradores, barcaças/comboios, eclusagens), uma vez que são custos dos operadores já em atuação na região, e são independentes da operação do *MOOVDOCK*, pois existiriam em qualquer que fosse a condição de carregamento.

6.3 Estimativa do Custo de Implantação do MOOVDOCK

Foram definidos os custos de implantação (CAPEX) e operação (OPEX) do *MOOVDOCK*, de acordo com os custos de mercado dos equipamentos dimensionados na presente Tese, e sempre que necessário, tomou-se como referência os dados do PNUD [44] e do EVTEA [34].

Aos custos de operação (OPEX), foram somados os custos de depreciação anual e manutenção dos equipamentos, de forma a se assegurar que a receita obtida garantirá a renovação dos mesmos após seu período de vida útil, perpetuando assim a viabilidade da solução.

Em resumo, os custos são:

- CAPEX: R\$ 20,6 milhões (equivalentes a €4,6 milhões, ao câmbio base dez/2018)
- OPEX:

- Depreciação: R\$ 1,03 milhões/ano (equivalentes a €212 mil/ano, ao câmbio base dez/2018)
- Custos de capital: R\$ 3,2 milhões (equivalente a € 731mil)
- Operação: R\$ 13,1 milhões/ano (equivalentes a €2,9 milhões/ano, ao câmbio base dez/2018)

Os cálculos detalhados estão no Apêndice 5.

6.4 Análise Competitiva

A viabilidade da operação depende efetivamente da implantação da hidrovia Tapajós-Teles Pires. Conforme indicado no capítulo 3, seção 3.1.2.2.3,o EVTEA prevê que os investimentos necessários são de R\$ 9,1 bilhões (equivalente a € 2,04 mil milhões) para sua implantação completa, incluindo os serviços de dragagem, derrocamento, balizamento e construção de eclusas:

Tabela 6.5: Valores de investimento.

Dragagem, derrocamento, balizamento	R\$ 3.281.595.563	736.394.668,89 €
Eclusas	R\$ 5.820.671.610	1.306.166.912,03 €
TOTAL	R\$ 9.102.267.173	2.042.561.580,92 €

Pela conclusão deste trabalho, será possível perceber que tal investimento seria rapidamente recuperado. A redução dos custos com transporte será de tal monta, que seria capaz de compensar os investimentos com a implantação da hidrovia em menos de 2 anos, como será aqui indicado.

Como resultado dos comparativos, foi possível aferir uma significativa redução de custos quando se adota o transporte fluvial pela hidrovia Tapajós-Teles Pires, e o transporte marítimo até o porto de Shanghai na China, através do Canal do Panamá.

Os resultados podem ser resumidos na seguinte tabela:

Tabela 6.6: Comparativo de custos de transporte.

Comparativo										
		Cenário Base			Opção 2			Opção 3		
		Opção 1 (Sinop-Santos, por rodovia)+(Santos-Shanghai)			(Sinop-Santarem, por rodovia)+(Santarem-Shanghai)			(Sinop-Santarem, por hidrovia)+(Santarem-Shanghai)		
Unidade		Distancia	Custo unit.	Custo total (R\$/T)	Distancia	Custo unit.	Custo total (R\$/T)	Distancia	Custo unit.	Custo total (R\$/T)
Transporte rodoviário	km	2.145		② 307,42	1.303		④ 182,17			
Transporte marítimo	mn	① 11.031		③ 88,90	11669		⑤ 101,70	⑥ 11.669		⑦ 101,70
Transbordo MOOVDOCK	vb			-00			-00	1	R\$ 7,32	R\$ 7,32
Transporte Fluvial	km			-00			-00	1.600	⑧ 0,06	R\$ 96,00
TOTAL/T				R\$ 396,33			R\$ 283,87			R\$ 205,03
				88,94 €			63,70 €			46,01 €
				100,00%			71,63%			51,73%
Produção Soja projetada (2018/2019) (Ton)	Custo de transporte projetado			2.890.421.788,24 €			2.070.307.119,13 €			1.495.256.952,70 €
32.500.000	Potencial redução custos anual			-00			820.114.669,12 €			1.395.164.835,55 €
Produção Moovdock (T/ano)	3.105.000									133.291.901,98 €

Fonte:

①	https://www.portosenavios.com.br/noticias/navegacao-e-marinha/alternativas-para-a-rota-brasil-asia-636
②	https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf
③	https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf
④	https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf
⑤	https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf
⑥	fonte: google earth (rota aproximada)
⑦	https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf
⑧	Fonte: EVTEA TAPAJÓS TELES PIRES

O benefício é significativo. A redução obtida com a Opção 3 é cerca de 50% nos custos do transporte em relação ao transporte rodoviário atual (Opção 1).

Os resultados indicam que a solução aqui desenvolvida demonstra ter excelente viabilidade e atratividade ao mercado, atendendo não só operadores logísticos, como à maioria dos produtores da região em questão.

Desta forma, tornar-se-á prioritário ao país implantar a hidrovía Tapajós-Teles pires em ritmo adequado, sempre visando aumentar a competitividade do Brasil nos mercados internacionais.

6.4.1 Análise Global da Solução

Os dados pesquisados aqui apresentados reforçam a ideia de que além das questões ambientais, em que as barcaças são muito menos agressivas ao meio ambiente do que caminhões, o transporte rodoviário é utilizado para o escoamento de grãos a partir da região Norte de Mato Grosso apenas por falta de investimento nas hidrovias, já que o custo é muito maior quando realizado pelo transporte rodoviário.

Analisando todo o processo, das fazendas produtoras no Norte do Mato Grosso até a China, maior importador de soja brasileira, por Santos tem o preço total de exportação de **R\$ 396/ton (88,94€)**:

- Cerca de 2mil quilômetros pela BR-136 até o porto exportador, que hoje é em Santos (litoral de São Paulo), com o custo de **R\$ 307/ton (68,99€)**:
- Cerca de 11 mil milhas náuticas do porto de Santos até os portos no litoral Nordeste da China, com custo de **R\$ 88/ton (19,95€)**:
- Já com a exportação usando hidrovias pela região Norte do país, no estado do Pará, o valor total é de cerca de **R\$ 205,3/ton (46,01€)**:
- Cerca de 1,6mil quilômetros por barcaças pela hidrovía tapajós-teles pires até o porto fluvial de Santarém (incluindo carregamento através de *MOOVDOCK*) com o custo de **R\$ 103,3/ton (23,19€)**:
- Cerca de 11,6 mil milhas náuticas do porto de Santarém até os portos no litoral Nordeste da China, via canal do Panamá, com custo de **R\$ 101/ton (22,82€)**:

A comparação entre as duas soluções resulta numa redução de €42,93/ton, equivalente a aproximadamente 50% menos do que o custo total, em comparação com a exportação pelo sudeste do país. Com a produção de soja estimada para safra de 2018/2019 no Mato Grosso de 32,5 milhões de toneladas, a utilização da rota de frete pelo Nordeste tem potencial para economia de montante bastante elevado:

$$\frac{€ 42,93}{\text{ton}} * 32,5 \text{ milhões de } \frac{\text{toneladas}}{\text{ano}} = €1,39 \text{ mil milhões / ano}$$

A redução de custos na ordem de € 1,39 mil milhões com custo de frete por ano, poderá resultar em ampliação da produção, uma vez que estes recursos poderiam ser reinjetados na forma de tecnologias e maquinário, conseqüentemente resultando em mais desenvolvimento para a economia do país.

Tabela 6.7: Comparativo redução de custos por modalidade logística.

Unidade		Opção 1 (Sinop-Santos, por rodovia)+(Santos-Shanghai)		
		Distancia	Custo unit.	Custo total (R\$/T)
Produção Soja projetada (2018/2019) (Ton)	Custo de transporte projetado			2.890.421.788,24 €
32.500.000	Potencial redução custos anual			-
Unidade		Opção 2 (Sinop-Santarem, por rodovia)+(Santarem-Shanghai)		
		Distancia	Custo unit.	Custo total (R\$/T)
Produção Soja projetada (2018/2019) (Ton)	Custo de transporte projetado			2.070.307.119,13 €
32.500.000	Potencial redução custos anual			820.114.669,12 €
Unidade		Opção 3 (Sinop-Santarem, por hidrovia)+(Santarem-Shanghai)		
		Distancia	Custo unit.	Custo total (R\$/T)
Produção Soja projetada (2018/2019) (Ton)	Custo de transporte projetado			1.495.256.952,70 €
32.500.000	Potencial redução custos anual			1.395.164.835,55 €

Considerando-se que cada conjunto *MOOVDOCK* possui capacidade operacional de 3.105.000T / ano, a potencial economia por conjunto *MOOVDOCK* nesta opção seria de 133,29€ milhões.

Como anteriormente indicado, a potencial redução total de custos na ordem de € 1,39 mil milhões com custo de frete por ano amortizaria em menos de 2 anos o custo de implantação da hidrovía tapajós-teles pires, que seria de € 2,04 mil milhões.

6.5 Análise de Sensibilidade

Adicionalmente aos estudos de viabilidade econômica, foi desenvolvido estudo de análise de sensibilidade, que consistiu no estudo de variações entre os principais parâmetros que incidem diretamente sobre o custo de carregamento com o *MOOVDOCK* e, conseqüentemente, impactam no valor total da economia que possa ser obtida.

Os parâmetros sujeitos a variação considerados neste estudo foram:

- Período operacional: Período do ano em que o *MOOVDOCK* permanece efetivamente em operação, descontando-se os períodos de entre-safra e os períodos de paradas técnicas de manutenção. Quanto maior for período operacional por ano, menor será o custo a ser aplicado ao preço de venda por Tonelada carregada.
- Retorno de capital: Taxa de retorno esperado sobre o capital investido. Quanto maior for a taxa de retorno esperada, maior será o custo a ser aplicado ao preço de venda por tonelada carregada.
- Margem de lucro: Margem projetada de lucro bruto, já descontando-se custos operacionais, manutenção e depreciação. Quanto maior for a margem de lucro esperada, maior será o custo a ser aplicado ao preço de venda por Tonelada carregada.
- Depreciação: Tempo de depreciação dos equipamentos, que incide na parcela do preço de venda do serviço, destinada a reposição dos equipamentos ao fim de sua vida útil. Quanto mais longo seja o prazo de depreciação, menor será o custo a ser aplicado ao preço de venda por Tonelada carregada.

Para cada um dos parâmetros, foi estabelecida uma variação de 10% para mais ou para menos, sendo em seguida analisados os impactos no preço de venda

por Tonelada carregada pelo *MOOVDOCK*. Subsequentemente, foi analisado o valor da economia gerada no total de volume potencialmente a ser carregado pelos diversos conjuntos *MOOVDOCK*, sempre utilizando como referência o volume da safra projetada para a região para o período 2018/2019, onde estimava-se que fossem produzidas no estado do Mato Grosso 32,5 milhões de toneladas de soja.

Dentre as variações analisadas, foram identificados o melhor e o pior cenário, sob a ótica dos benefícios de economia à exportação. Observa-se que, apesar de que algumas das variáveis poderiam representar maior rentabilidade ao operador do *MOOVDOCK*, a ótica deste estudo foi focar nos benefícios à economia com a logística de exportação em si, em detrimento do resultado/margem de lucro do operador.

Para contextualização adequada, os resultados da Análise de Sensibilidade serão apresentados no Capítulo 6.5.1, a seguir.

6.5.1 Resultados da Análise de Sensibilidade

Apresentam-se aqui os resultados da variação de parâmetros como descrito anteriormente no capítulo 6, seção 6.5.

Para os parâmetros aumentados em 10%, os valores obtidos foram:

Tabela 6.8: Alteração do parâmetro 'Período Operacional' para +10% em relação ao cenário base.

Análise de Sensibilidade

Parâmetros de análise	Cenário Base	Simulação de parâmetros p/ cálculo
período operacional	60%	66,00%
	40%	
Retorno do capital	15%	15,00%
Margem de lucro	30%	30,00%
Depreciação (anos)	20	20
Potencial redução custos anual	1.395.164.835,55 €	1.399.437.091,61 €
Valor de carga MOOVDOCK	R\$ 7,32	R\$ 6,74
	1,64 €	1,51 €

← parâmetro alterado

Tabela 6.9: Alteração do parâmetro 'Retorno de Capital' para +10% em relação ao cenário base.
Análise de Sensibilidade

Parâmetros de análise	Cenário Base	Simulação de parâmetros p/ cálculo
período operacional	60%	60,00%
	40%	
Retorno do capital	15%	16,50% ← <i>parâmetro alterado</i>
Margem de lucro	30%	30,00%
Depreciação (anos)	20	20
Potencial redução custos anual	1.395.164.835,55 €	1.394.169.946,84 €
Valor de carga MOOVDOCK	R\$ 7,32	R\$ 7,46
	1,64 €	1,67 €

Tabela 6.10: Alteração do parâmetro 'Margem de Lucro' para +10% em relação ao cenário base.
Análise de Sensibilidade

Parâmetros de análise	Cenário Base	Simulação de parâmetros p/ cálculo
período operacional	60%	60,00%
	40%	
Retorno do capital	15%	15,00%
Margem de lucro	30%	33,00% ← <i>parâmetro alterado</i>
Depreciação (anos)	20	20
Potencial redução custos anual	1.395.164.835,55 €	1.393.932.453,99 €
Valor de carga MOOVDOCK	R\$ 7,32	R\$ 7,49
	1,64 €	1,68 €

Tabela 6.11: Alteração do parâmetro 'Depreciação' para +10% em relação ao cenário base.
Análise de Sensibilidade

Parâmetros de análise	Cenário Base	Simulação de parâmetros p/ cálculo
período operacional	60%	60,00%
	40%	
Retorno do capital	15%	15,00%
Margem de lucro	30%	30,00%
Depreciação (anos)	20	22
Potencial redução custos anual	1.395.164.835,55 €	1.395.495.029,49 €
Valor de carga MOOVDOCK	R\$ 7,32	R\$ 7,28
	1,64 €	1,63 €

parâmetro alterado

Para os parâmetros reduzidos em 10%, os valores obtidos foram:

Tabela 6.12: Alteração do parâmetro 'Período Operacional' para -10% em relação ao cenário base.

Análise de Sensibilidade

Parâmetros de análise	Cenário Base	Simulação de parâmetros p/ cálculo
período operacional	60%	54,00%
	40%	
Retorno do capital	15%	15,00%
Margem de lucro	30%	30,00%
Depreciação (anos)	20	20
Potencial redução custos anual	1.395.164.835,55 €	1.387.154.355,44 €
Valor de carga MOOVDOCK	R\$ 7,32	R\$ 8,42
	1,64 €	1,89 €

parâmetro alterado

Tabela 6.13: Alteração do parâmetro 'Retorno de Capital' para -10% em relação ao cenário base.

Análise de Sensibilidade

Parâmetros de análise	Cenário Base	Simulação de parâmetros p/ cálculo
período operacional	60%	60,00%
	40%	
Retorno do capital	15%	13,50%
Margem de lucro	30%	30,00%
Depreciação (anos)	20	20
Potencial redução custos anual	1.395.164.835,55 €	1.396.159.724,26 €
Valor de carga MOOVDOCK	R\$ 7,32	R\$ 7,19
	1,64 €	1,61 €

parâmetro alterado

Tabela 6.14: Alteração do parâmetro 'Margem de Lucro' para -10% em relação ao cenário base.

Análise de Sensibilidade

Parâmetros de análise	Cenário Base	Simulação de parâmetros p/ cálculo
período operacional	60%	60,00%
	40%	
Retorno do capital	15%	15,00%
Margem de lucro	30%	27,00%
Depreciação (anos)	20	20
Potencial redução custos anual	1.395.164.835,55 €	1.396.397.217,10 €
Valor de carga MOOVDOCK	R\$ 7,32	R\$ 7,15
	1,64 €	1,61 €

parâmetro alterado

Tabela 6.15: Alteração do parâmetro 'Depreciação' para -10% em relação ao cenário base. Análise de Sensibilidade

Parâmetros de análise	Cenário Base	Simulação de parâmetros p/ cálculo
periodo operacional	60%	60,00%
	40%	
Retorno do capital	15%	15,00%
Margem de lucro	30%	30,00%
Depreciação (anos)	20	18
Potencial redução custos anual	1.395.164.835,55 €	1.394.761.265,17 €
Valor de carga MOOVDOCK	R\$ 7,32	R\$ 7,38
	1,64 €	1,66 €

parâmetro alterado

Os resultados de 'Melhor Cenário' e 'Pior Cenário' são os seguintes:

Tabela 6.16: Resumo das alterações de parâmetros e conclusão do 'Melhor Cenário' e 'Pior Cenário', conforme variações +10% e -10% em relação ao cenário base. Análise de Sensibilidade

Parâmetros de análise	Cenário Base	Melhor cenário	Pior cenário
periodo operacional	60%	66,00%	54,00%
	40%		
Retorno do capital	15%	13,50%	16,50%
Margem de lucro	30%	27,00%	33,00%
Depreciação (anos)	20	22	18
Potencial redução custos anual	1.395.164.835,55 €	1.401.757.955,27 €	1.384.085.582,50 €
Valor de carga MOOVDOCK	R\$ 7,32	R\$ 6,42	R\$ 8,84
	1,64 €	1,44 €	1,98 €

7. CONCLUSÃO E PASSOS PARA IMPLEMENTAÇÃO

Entende-se que o *MOOVDOCK* será implantado pela iniciativa privada. Pelo exposto na presente tese, se espera que o projeto represente grande atratividade aos investidores e operadores privados, tendo em vista sua excelente competitividade se comparado aos modais atuais, e sobretudo, a grande demanda por uma alternativa logística de maior eficiência.

Obviamente, sua utilização em maiores escalas se dará em conjunto com a consolidação de investimentos públicos no setor, sobretudo no que tange à efetiva implantação das hidrovias planejadas, incluindo os investimentos inerentes em quesitos como derrocamento, balizamento e sinalização, bem como na consolidação dos aproveitamentos hidroelétricos, com a construção/conclusão das barragens e eclusas previstas, cuja importância é fundamental para garantir a navegabilidade de trechos importantes dos sistemas.

A viabilidade econômica do *MOOVDOCK* demonstra-se tão atrativa, que eventualmente investidores privados (operadores logísticos e produtores rurais) poderiam até mesmo ter interesse em financiar/implantar tal infraestrutura, uma vez que os custos seriam rapidamente recuperados pelo próprio ganho na redução dos custos de exportação em si.

A solução *MOOVDOCK* e sua atratividade ao setor privado (operadores e fazendeiros) será fator adicional a gerar demanda sobre os órgãos públicos para agilização de seus investimentos na infraestrutura, uma vez que irá justamente ao encontro dos interesses públicos em aumentar a competitividade do país no mercado internacional de exportações.

Adicionalmente, é de se esperar que potenciais operadores tenham facilidade na obtenção de financiamentos para aquisição dos equipamentos *MOOVDOCK*, tendo em vista ser uma operação rentável e ecologicamente apelativa. Bancos de fomento nacionais (como o BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) ou mesmo bancos privados ou fundos internacionais certamente teriam interesse em ter sua imagem ligada a um financiamento dessa importância e viabilidade.

Esta tese, mesmo sendo pública, será divulgada e disponibilizada tanto a órgãos públicos, quanto a entidades privadas, tais como associações de produtores, operadores logísticos e outros setores correlatos, de forma a disseminar o

conhecimento e estudo desenvolvidos, sempre no intuito de incentivar a melhoria contínua do processo logístico nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FAO (*Food and Agriculture Organization of the United States of America*) – 2015
- [2] IBGE (2019). “Produção Agrícola Municipal”. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>.
- [3] PIANC (2018), “*Development of a Proposal of Inland Waterway Classification for South America*”, *World Association for Waterborne Transport Infrastructure, InCom Interim Report*, ed. n. 201.
- [4] Jaimurzina, Azhar & Wilmsmeier, Gordon (2018), “*Inland Navigation and a more sustainable use of natural resources: networks, challenges and opportunities for South America*”, *Bulletin FAL*, ed. n. 351.
- [5] Jaimurzina, Azhar & Rigo, Philippe (2016), “*Avances en la clasificación de las vías de navegación interior en América del Sur*”, *Bulletin FAL*, ed. n. 362.
- [6] BRASIL (2013), “Plano Hidroviário Estratégico (PHE)”, *Ministério dos Transportes*. Disponível em: https://antigo.infraestrutura.gov.br/images/TRANSPORTE_HIDROVIARIO/PHE/ELABORACAO_AVAL ESTRATEGIA.pdf.
- [7] Brasil (2010), “Diretrizes da Política Nacional de Transportes Hidroviários”, *Ministério dos Transportes*. Disponível em: http://antigo.infraestrutura.gov.br/images/TRANSPORTE_HIDROVIARIO/PHE/DiretrizesPNHT.pdf.
- [8] ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários) – (2012), “Desempenho do Setor Aquaviário, oportunidades e melhorias portuárias”, Brasília.
- [9] Vieira Filho *et. al.* (2019), “Diagnóstico e Desafios da Agricultura Brasileira”, Embrapa.
- [10] Vieira Filho & Fishlow, Albert (2017), “Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade”, IPEA.
- [11] CONAB (2020), “Observatório Agrícola”, *Acomp. safra bras. grãos*, v. 7 - Safra 2019/20 - n. 5 - Quinto levantamento, Brasília, p. 1-25.

- [12] IBGE (2020), “Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Estatística da produção agrícola”. *Indicadores IBGE*, disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2020_dez.pdf.
- [13] CNT (Confederação Nacional do Transporte) (2009), Fórum Hidrovias 2009, *FENAVEGA*. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/portav3/pdf/Palestras/ForumHidrovias2009/Painel3/MarcosSoaresCNTFenavega.pdf>.
- [14] EPA (*Environmental Protection Agency*) (Agência de Proteção Ambiental), 2006
- [15] NEUBAUER, F. A.; ZANIOL, D. M., A Infraestrutura Logística e o Modal Aquaviário – cabotagem, hidrovias, portos e contêineres. Seminário da Disciplina EPS 6411 Logística Empresarial, Florianópolis, 2006
- [16] IPEA 2016 “Logística e transportes no Brasil: uma análise do programa de investimentos 2013-2017 em Rodovias e Ferrovias”, Ribeiro (2010, p.9)
- [17] ANEC (2021), “Associação Nacional dos Exportadores de Cereais”, *ANEC*, www.anec.com.br
- [18] *The World Bank* (2021), “*LPI Logistics Performance Index*”. Disponível em: <https://lpi.worldbank.org/>.
- [19] Salin, D. (2013), “*Brazil Soybean Transportation*”, *U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service*. Disponível em: <http://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/BrazilSoybeanTransportationReportFeb2013.pdf>
- [20] Ordonez, H., A. Lalor, and S. Fuller (2012), “*Grain Production, Marketing and Transportation in Argentina, Texas Agricultural Market Research Center (TAMRC)*”, *International Market Research Report No. IM-3-0, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service*.
- [21] López, G. (2012), “*El Transporte de Granos en Argentina*”, *Fundación Producir Conservando*, Buenos Aires, Argentina.

[22] Casavant, K., M. Denicoff, E. Jessup, A. Taylor, D. Nibarger, D. Sears, H. Khachatryan, V. McCracken, M. Prater, J. O’Leary, N. Marathon, B. McGregro, and S. Olowolayemo (2010), “*Study of Rural Transportation Issues*”, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service.

[23] World Economic Forum, “*The Global Competitiveness Report 2014-2015*”, WEF. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf

[24] The World Bank (2021), “*LPI Country Score Card*”. Disponível em: <https://lpi.worldbank.org/international/scorecard>.

[25] Plano Nacional de Logística e Transportes de 2006

[26] Comissão Europeia (2013). “Melhorar a utilização do transporte fluvial na Europa”. Comunicado de Imprensa. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/IP_13_824.

[27] Cadernos de Encargos do Ministério dos Transporte 2013

[28] Brasil (2017), “Plano Hidroviário Estratégico (PHE)”, Ministério dos Transportes. Disponível em: <http://dados.infraestrutura.gov.br/dataset/plano-hidroviario-estrategico-PHE>.

[29] Confederação Nacional do Transporte (2013), “Pesquisa CNT da Navegação Interior”, Brasília: CNT. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/126/2/Pesquisa%20CNT%20de%20Navega%C3%A7%C3%A3o%20Interior%202013-%20Principais%20dados.pdf>.

[30] United States Department of Agriculture (2018), “*Brazil Soybean Transportation*”, Agricultural Marketing Service, february 26. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf>.

[31] Sanchez, Izabela (2018). “Porto de Ladário inicia exportação de soja para a Argentina”. *Campo Grande News*, 19.05.2018. Disponível em: <https://www.campograndenews.com.br/economia/porto-de-ladario-inicia-exportacao-de-soja-para-a-argentina>.

- [32] CNT (Confederação Nacional do Transporte), 2017
- [33] AHIMOR – Administração Hidroviária da Amazônia Oriental, 2013
<https://www.gov.br/dnit/pt-br/composicao/administracoes-hidroviarias/ahimor>
- [34] DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2018). Disponível em: *relatório EVTEA Tapajós Teles Pires, consórcio RPEOTTA, Hidrotopo, Enefer, 2018*
- [35] Araújo et al
- [36] Brasil (2015), *Lei n. 13081 de 02 de janeiro de 2015*, Brasília. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/L13081.htm
- [37] Fajardo, Ana Paula (s. d.), “A utilização da Hidrovia Tapajós-Teles Pires para a Exportação de Grãos do Mato Grosso”, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Disponível em:
<http://web.antaq.gov.br/porta3/pdf/Palestras/PalestraAnaPaulaFajardo.pdf>
- [38] SIMNO (2016), “Movimento Pró-Logística”, Conselho Gestor, Cuiabá. Disponível em: http://www.simno.com.br/banco_img/arquivos/arquivo_24/24-arq.PDF
- [39] Colavite, Alessandro & Konishi Fabio (2015), “A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade”, *XII SEGeT, Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - Otimização de Recursos e desenvolvimento*. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/802267.pdf>.
- [40] Jaimurzina, Azhar & Philippe, Rigo (2018), “*Advances in the classification on inland waterways in South America*”, *Bulletin FAL*. Disponível em:
https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/44212/S1800702_en.pdf.
- [41] OLDENDORFF (2021), “*Celebrating 100 years – One-Stop Shipping*”. Disponível em: www.oldendorff.com
- [42] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2019), “Instalações Portuárias Públicas de pequeno porte – IP4”, DNIT. Disponível em:
<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/aquaviario/ip4>.

[43] Registro Brasileiro de Navios e Aeronaves (2021), “Regras para classificação e construção de navios de aço para navegação interior”, RBNA. Disponível em: <http://www.rbna.org.br/rules.html>

[44] Empresa de Planejamento e Logística e INECO (2014). “Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil”, PNUD, n. C-140273 P-140082.

[45] Rezende, Fernanda (2017), “Navegação Interior: infraestrutura existente, gargalos operacionais, demandas não atendidas e ações de curto prazo”. disponível em: <http://www.hidroviaveis.com.br/wp-content/uploads/2017/03/20170321-navegacao-interior-dnit-final.pdf>

[46] Fajardo, Ana Paula (2006), “Uma contribuição ao estudo do transporte intermodal – otimização da expansão dinâmica das redes intermodais do transporte de soja produzida no Estado de Mato Grosso”, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

[47] Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ (2020), “Movimentação Portuária cresce 4,2% em 2020”, Ministério da Infraestrutura. Disponível em: <https://www.gov.br/antag/pt-br/noticias/movimentacao-portuaria-cresce-4-2-em-2020>.

[48] PHE – ‘trechos hidroviários – mapas de referência’ – Disponível em http://dados.transportes.gov.br/dataset/99e455ff-86a0-4482-8e00-cec203c17c84/resource/cb6e9c54-19a0-4e68-8eed-de3aa9b8f31e/download/phe_trechos_hidroviarios-mapas__de_referencia.pdf

APÊNDICES

Apêndice 1 – Tabelas Referenciais das Hidrovias

Tabela 1: Análise da Hidrovia do Rio Cuiabá – Notas por Classe

Hidro.	Tr.	Classe Sinuosidade	Classe Profundidade mínima	Classe Obstáculos Físicos à navegação	Classe Anteparos naturais à navegação	Classe Largura	Classe Energia
Cuiabá	001	2	4	1	1	2	1
Cuiabá	002	2	4	1	1	3	1
Cuiabá	003	3	4	1	1	3	1
Cuiabá	004	3	4	1	1	2	1
Cuiabá	005	4	4	1	1	2	1
Cuiabá	006	5	4	1	1	2	1
Cuiabá	007	5	4	1	1	3	1
Cuiabá	008	5	4	1	1	3	1
Cuiabá	009	5	4	1	1	3	1
Cuiabá	010	5	4	1	1	3	1
Cuiabá	011	5	4	1	1	2	1
Cuiabá	012	4	4	1	1	3	1
Cuiabá	013	4	4	1	3	3	1
Cuiabá	014	5	4	1	3	3	1
Cuiabá	015	4	4	1	3	5	1
Cuiabá	016	4	4	1	3	5	1
Cuiabá	017	2	4	1	3	5	1
Cuiabá	018	2	4	1	3	3	1
Cuiabá	019	2	4	1	3	5	1
Cuiabá	020	2	4	1	3	2	1
Cuiabá	021	2	4	1	3	2	1
Cuiabá	022	3	4	1	3	1	1
Cuiabá	023	3	4	1	3	2	1
Cuiabá	024	3	4	1	3	2	1
Cuiabá	025	2	4	1	3	2	1
Cuiabá	026	2	4	1	3	1	1
Cuiabá	027	5	4	1	3	2	1
Cuiabá	028	5	4	1	3	1	1
Cuiabá	029	5	4	1	3	2	1
Cuiabá	030	1	4	1	3	1	1
Cuiabá	031	1	4	1	3	1	1
Cuiabá	032	1	4	1	3	2	1
Cuiabá	033	2	4	2	3	1	1
Cuiabá	034	1	4	4	3	1	1

Tabela 2: Análise da Hidrovia do Rio Miranda – Notas por Classe

Hidro.	Tr.	Classe Sinuosidade	Classe Profundidade mínima	Classe Obstáculos Físicos à navegação	Classe Anteparos naturais à navegação	Classe Largura	Classe Energia
Miranda	001	5	4	1	1	5	1
Miranda	002	5	4	1	1	5	1
Miranda	003	5	4	1	1	5	1
Miranda	004	5	4	1	1	5	1
Miranda	005	5	4	1	1	5	1
Miranda	006	4	4	1	1	5	1
Miranda	007	4	4	1	1	5	1
Miranda	008	4	4	3	1	5	1
Miranda	009	5	4	1	1	5	1
Miranda	010	5	4	1	1	5	1
Miranda	011	5	4	1	1	5	1
Miranda	012	5	4	1	1	5	1
Miranda	013	3	4	1	1	5	1
Miranda	014	5	4	1	1	5	1
Miranda	015	3	4	1	3	5	1
Miranda	016	5	4	1	3	5	1
Miranda	017	3	4	1	3	5	1
Miranda	018	5	4	1	3	5	1
Miranda	019	5	4	1	3	5	1
Miranda	020	5	4	1	3	5	1
Miranda	021	4	4	1	3	5	1
Miranda	022	4	4	4	3	5	1
Miranda	023	5	4	1	3	5	1
Miranda	024	2	4	3	3	5	1

Tabela 3: Análise da Hidrovia do Rio Paraguai – Notas por Classe

Hidro.	Tr.	Classe Sinuosidade	Classe Profundidade mínima	Classe Obstáculos Físicos à navegação	Classe Anteparos naturais à navegação	Classe Largura	Classe Energia
Paraguai	001	1	3	1	1	1	1
Paraguai	002	1	3	1	1	1	1
Paraguai	003	3	3	1	1	1	1
Paraguai	004	3	3	1	1	1	1
Paraguai	005	1	3	1	1	1	1
Paraguai	006	1	3	1	1	1	1
Paraguai	007	1	3	1	1	1	1
Paraguai	008	1	3	1	1	1	1
Paraguai	009	1	3	1	1	1	1
Paraguai	010	1	3	1	1	1	1
Paraguai	011	1	3	1	1	1	1
Paraguai	012	1	3	1	1	1	1
Paraguai	013	1	3	1	1	1	1
Paraguai	014	1	3	1	1	1	1
Paraguai	015	1	3	1	1	1	1
Paraguai	016	1	3	1	1	1	1
Paraguai	017	4	3	1	1	1	1
Paraguai	018	4	3	1	1	1	1
Paraguai	019	4	3	1	1	1	1
Paraguai	020	4	3	1	1	1	1
Paraguai	021	4	3	1	1	1	1
Paraguai	022	4	3	1	1	1	1
Paraguai	023	4	3	1	1	1	1
Paraguai	024	4	3	1	1	1	1
Paraguai	025	1	3	1	1	1	1
Paraguai	026	1	3	1	1	1	1
Paraguai	027	1	3	1	1	1	1
Paraguai	028	1	3	1	1	1	1
Paraguai	029	1	3	1	1	1	1
Paraguai	030	3	3	1	1	1	1
Paraguai	031	3	3	1	1	1	1
Paraguai	032	3	3	1	1	1	1
Paraguai	033	1	3	1	1	1	1
Paraguai	034	1	3	1	1	1	1
Paraguai	035	1	3	1	1	1	1
Paraguai	036	1	3	1	3	1	1
Paraguai	037	1	3	1	1	1	1
Paraguai	038	1	3	1	1	1	1
Paraguai	039	1	3	1	1	1	1
Paraguai	040	1	3	1	1	1	1
Paraguai	041	1	3	1	1	1	1
Paraguai	042	2	3	1	1	1	1
Paraguai	043	2	3	1	1	1	1
Paraguai	044	2	3	3	1	1	1
Paraguai	045	2	3	1	1	1	1
Paraguai	046	2	3	3	1	1	1
Paraguai	047	1	3	1	1	1	1
Paraguai	048	1	3	1	1	1	1
Paraguai	049	1	3	1	1	1	1
Paraguai	050	1	3	1	1	1	1
Paraguai	051	1	3	1	1	1	1
Paraguai	052	3	3	1	1	1	1
Paraguai	053	3	3	1	1	1	1
Paraguai	054	3	3	1	1	1	1
Paraguai	055	1	3	1	1	1	1
Paraguai	056	1	3	1	1	1	1
Paraguai	057	1	3	1	1	1	1
Paraguai	058	3	4	1	1	1	1
Paraguai	059	3	4	1	1	1	1

Paraguay	060	4	4	1	1	1	1
Paraguay	061	4	4	1	1	1	1
Paraguay	062	4	4	1	1	1	1
Paraguay	063	4	4	1	1	1	1
Paraguay	064	3	4	1	1	1	1
Paraguay	065	3	4	1	1	1	1
Paraguay	066	3	4	1	1	1	1
Paraguay	067	3	4	1	3	1	1
Paraguay	068	3	4	1	1	1	1
Paraguay	069	2	4	1	1	1	1
Paraguay	070	2	4	1	1	1	1
Paraguay	071	2	4	1	1	1	1
Paraguay	072	1	4	1	1	1	1
Paraguay	073	1	4	1	1	1	1
Paraguay	074	1	4	1	1	1	1
Paraguay	075	1	4	1	1	1	1
Paraguay	076	1	4	1	1	1	1
Paraguay	077	1	4	1	1	1	1
Paraguay	078	1	4	1	3	1	1
Paraguay	079	2	4	1	1	1	1
Paraguay	080	2	4	1	3	1	1
Paraguay	081	3	4	1	3	2	1
Paraguay	082	3	4	1	3	3	1
Paraguay	083	2	4	1	3	2	1
Paraguay	084	3	4	1	3	5	1
Paraguay	085	3	4	1	3	2	1
Paraguay	086	5	4	1	3	3	1
Paraguay	087	5	4	1	3	3	1
Paraguay	088	5	4	1	3	5	1
Paraguay	089	5	4	1	1	3	1
Paraguay	090	3	4	1	1	3	1
Paraguay	091	5	4	1	1	3	1
Paraguay	092	3	4	1	1	2	1
Paraguay	093	3	4	1	1	3	1
Paraguay	094	5	4	1	1	2	1
Paraguay	095	3	4	1	1	2	1
Paraguay	096	3	4	1	1	3	1
Paraguay	097	3	4	1	1	2	1
Paraguay	098	4	4	1	1	2	1
Paraguay	099	4	4	1	1	5	1
Paraguay	100	5	4	1	1	3	1
Paraguay	101	5	4	1	1	5	1
Paraguay	102	5	4	1	1	5	1
Paraguay	103	3	4	1	1	5	1
Paraguay	104	3	4	1	1	3	1
Paraguay	105	3	4	1	3	3	1
Paraguay	106	3	4	1	1	3	1
Paraguay	107	2	4	1	1	1	1
Paraguay	108	3	4	1	3	2	1
Paraguay	109	3	4	1	3	1	1
Paraguay	110	1	4	1	3	1	1
Paraguay	111	1	4	1	3	1	1
Paraguay	112	1	4	1	3	1	1
Paraguay	113	1	4	1	3	1	1
Paraguay	114	1	4	1	3	1	1
Paraguay	115	4	4	1	3	1	1
Paraguay	116	4	4	1	3	1	1
Paraguay	117	4	4	1	3	1	1
Paraguay	118	2	4	1	3	1	1
Paraguay	119	4	4	1	3	3	1
Paraguay	120	3	4	1	3	2	1
Paraguay	121	2	4	2	3	1	1

Tabela 4: Análise da Hidrovia do Rio São Lourenço – Notas por Classe

Hidro.	Tr.	Classe Sinuosidade	Classe Profundidade mínima	Classe Obstáculos Físicos à navegação	Classe Anteparos naturais à navegação	Classe Largura	Classe Energia
S. Lour.	001	2	3	1	1	2	1
S. Lour.	002	2	3	1	1	3	1
S. Lour.	003	5	3	1	1	2	1
S. Lour.	004	5	3	1	1	2	1
S. Lour.	005	1	3	1	1	1	1
S. Lour.	006	1	3	1	1	2	1
S. Lour.	007	2	3	1	1	2	1
S. Lour.	008	1	3	1	1	1	1
S. Lour.	009	3	3	1	1	2	1
S. Lour.	010	3	3	1	1	2	1
S. Lour.	011	3	3	1	1	2	1
S. Lour.	012	3	3	1	1	2	1
S. Lour.	013	3	3	1	1	1	1
S. Lour.	014	3	3	1	1	1	1
S. Lour.	015	2	3	1	1	2	1
S. Lour.	016	5	3	1	1	3	1
S. Lour.	017	5	3	1	1	3	1
S. Lour.	018	3	4	1	1	3	1

Tabela 5: Análise da Hidrovia do Rio Arinos – Notas por Classe

Hidro.	Tr.	Classe Sinuosidade	Classe Profundidade mínima	Classe Obstáculos Físicos à navegação	Classe Anteparos naturais à navegação	Classe Largura	Classe Energia
Arinos	1	2	4	1	1	1	1
Arinos	2	2	4	1	1	1	1
Arinos	3	2	4	1	5	1	3
Arinos	4	2	4	1	3	1	3
Arinos	5	2	4	1	5	1	3
Arinos	6	2	4	1	3	1	1
Arinos	7	2	4	1	3	1	1
Arinos	8	2	4	1	3	1	1
Arinos	9	2	4	1	3	1	1
Arinos	10	2	4	1	3	1	1
Arinos	11	2	4	1	3	1	1
Arinos	12	2	4	1	3	1	1
Arinos	13	2	4	1	3	1	1
Arinos	14	2	4	1	5	1	1
Arinos	15	2	4	1	5	1	1
Arinos	16	2	4	1	5	2	1
Arinos	17	2	4	1	5	1	1
Arinos	18	2	4	3	5	1	1
Arinos	19	2	4	1	1	1	1
Arinos	20	2	4	1	1	1	1
Arinos	21	2	4	1	3	1	1
Arinos	22	2	4	3	1	2	1

Tabela 6: Análise do Rio Juruena – Notas por Classe

Hidro.	Tr.	Classe Sinuosidade	Classe Profundidade mínima	Classe Obstáculos Físicos à navegação	Classe Anteparos naturais à navegação	Classe Largura	Classe Energia
Juruena	1	1	3	1	1	1	1
Juruena	2	1	3	1	3	1	1
Juruena	3	1	3	1	3	1	1
Juruena	4	1	3	1	3	1	1
Juruena	5	1	3	1	3	1	1
Juruena	6	1	3	1	3	1	1
Juruena	7	1	3	1	1	1	1
Juruena	8	2	3	1	1	1	1
Juruena	9	2	3	1	1	1	1
Juruena	10	2	3	1	1	1	1
Juruena	11	2	4	1	5	1	1
Juruena	12	2	4	1	5	1	3
Juruena	13	2	4	1	5	1	3
Juruena	14	2	4	1	5	1	1
Juruena	15	2	4	1	5	1	3
Juruena	16	2	4	1	5	1	3
Juruena	17	2	4	1	5	1	3
Juruena	18	2	4	1	5	1	5
Juruena	19	2	4	1	5	1	3
Juruena	20	2	4	1	5	1	3
Juruena	21	2	4	1	5	1	3
Juruena	22	2	4	1	3	1	3
Juruena	23	2	4	1	5	1	3
Juruena	24	2	4	1	5	1	3
Juruena	25	2	4	1	5	1	5
Juruena	26	2	4	1	5	1	1
Juruena	27	2	4	1	5	1	1
Juruena	28	2	4	1	5	1	1
Juruena	29	2	4	1	5	1	1
Juruena	30	2	4	1	5	1	1
Juruena	31	2	4	1	3	1	1
Juruena	32	2	4	1	3	1	1
Juruena	33	2	4	1	3	1	1
Juruena	34	1	4	1	3	1	1
Juruena	35	1	4	1	3	1	1
Juruena	36	1	4	1	3	1	1
Juruena	37	1	4	1	3	1	1
Juruena	38	1	4	1	3	1	1
Juruena	39	1	4	1	5	1	1
Juruena	40	1	4	1	5	1	1
Juruena	41	1	4	1	3	1	1
Juruena	42	1	4	1	3	1	1
Juruena	43	1	4	1	3	1	1
Juruena	44	1	4	1	3	1	1
Juruena	45	1	4	1	3	1	1
Juruena	46	1	4	1	3	1	1
Juruena	47	1	4	1	5	1	1
Juruena	48	1	4	1	3	1	1
Juruena	49	1	4	1	3	1	1
Juruena	50	1	4	1	5	1	1
Juruena	51	1	4	1	5	1	3
Juruena	52	1	4	1	5	1	3
Juruena	53	1	4	1	5	1	3
Juruena	54	1	4	1	5	1	3
Juruena	55	1	4	1	5	1	3
Juruena	56	1	4	1	5	3	1
Juruena	57	1	4	1	5	3	1
Juruena	58	1	4	1	5	1	1

Tabela 7: Análise da Hidrovia do Rio Teles Pires – Notas por Classe

Hidro.	Tr.	Classe Sinuosidade	Classe Profundidade mínima	Classe Obstáculos Físicos à navegação	Classe Anteparos naturais à navegação	Classe Largura	Classe Energia
T. Pires	1	1	3	1	3	1	1
T. Pires	2	1	3	1	3	1	1
T. Pires	3	1	3	1	3	1	1
T. Pires	4	1	3	1	3	1	1
T. Pires	5	1	3	1	1	1	1
T. Pires	6	1	3	1	1	1	1
T. Pires	7	1	3	1	1	1	1
T. Pires	8	1	3	1	1	1	1
T. Pires	9	1	3	1	1	1	1
T. Pires	10	1	3	1	1	1	1
T. Pires	11	1	3	1	1	1	1
T. Pires	12	1	3	1	1	1	1
T. Pires	13	1	3	1	5	1	1
T. Pires	14	1	3	1	5	1	1
T. Pires	15	1	3	1	5	1	1
T. Pires	16	1	4	1	5	1	1
T. Pires	17	1	4	1	5	1	3
T. Pires	18	1	4	1	5	1	3
T. Pires	19	1	4	1	5	1	5
T. Pires	20	1	4	1	5	1	5
T. Pires	21	1	4	1	3	1	1
T. Pires	22	1	4	1	3	1	1
T. Pires	23	1	4	1	3	1	1
T. Pires	24	1	4	1	3	1	1
T. Pires	25	1	4	1	3	1	1
T. Pires	26	1	4	1	3	1	1
T. Pires	27	1	4	1	3	1	1
T. Pires	28	1	4	1	3	1	1
T. Pires	29	1	4	1	5	1	1
T. Pires	30	1	4	1	5	1	5
T. Pires	31	1	4	1	5	2	3
T. Pires	32	1	4	1	5	1	3
T. Pires	33	1	4	1	5	3	5
T. Pires	34	1	4	1	5	1	5
T. Pires	35	1	4	1	5	2	3
T. Pires	36	1	4	1	5	1	3
T. Pires	37	1	4	1	3	1	1
T. Pires	38	1	4	1	3	1	1
T. Pires	39	1	4	1	3	1	1
T. Pires	40	1	4	1	3	1	1
T. Pires	41	1	4	1	3	1	1
T. Pires	42	1	4	1	3	1	1
T. Pires	43	1	4	1	5	3	1
T. Pires	44	1	4	1	5	1	1
T. Pires	45	1	4	1	3	1	1
T. Pires	46	1	4	1	3	1	1
T. Pires	47	1	4	1	5	1	1
T. Pires	48	1	4	1	3	1	1
T. Pires	49	1	4	1	3	1	1
T. Pires	50	2	4	1	3	1	1
T. Pires	51	2	4	1	3	1	1
T. Pires	52	2	4	1	5	1	1
T. Pires	53	2	4	1	3	1	1
T. Pires	54	2	4	1	3	1	1
T. Pires	55	2	4	1	3	1	1
T. Pires	56	2	4	3	3	1	1
T. Pires	57	2	4	1	3	1	1
T. Pires	58	2	4	1	3	1	1
T. Pires	59	2	4	1	3	1	1

T. Pires	60	2	4	1	3	1	1
T. Pires	61	2	4	3	3	1	1
T. Pires	62	2	4	3	3	1	1
T. Pires	63	2	4	1	3	1	1
T. Pires	64	2	4	1	3	1	1
T. Pires	65	2	4	1	3	1	1
T. Pires	66	2	4	1	3	1	1
T. Pires	67	2	4	1	3	1	1
T. Pires	68	2	4	5	3	1	1
T. Pires	69	2	4	1	3	1	1
T. Pires	70	2	4	1	3	1	1
T. Pires	71	2	4	1	3	1	1
T. Pires	72	2	4	1	3	1	1
T. Pires	73	2	4	1	5	2	3
T. Pires	74	2	4	1	5	1	3
T. Pires	75	1	4	1	3	1	1
T. Pires	76	1	4	1	3	1	1
T. Pires	77	1	4	1	3	1	1
T. Pires	78	1	4	1	5	1	1
T. Pires	79	1	4	1	3	1	1
T. Pires	80	1	4	1	3	1	1
T. Pires	81	1	4	1	3	1	1
T. Pires	82	1	4	1	3	1	1
T. Pires	83	1	4	1	5	1	3
T. Pires	84	1	4	3	3	1	3
T. Pires	85	2	4	1	3	1	1
T. Pires	86	3	4	1	3	2	1
T. Pires	87	2	4	1	3	1	1
T. Pires	88	2	4	3	3	1	1
T. Pires	89	2	4	3	3	1	1
T. Pires	90	2	4	1	3	1	1
T. Pires	91	2	4	1	3	1	1
T. Pires	92	3	4	1	3	2	1
T. Pires	93	2	4	1	3	1	1
T. Pires	94	2	4	1	3	2	1
T. Pires	95	2	4	3	3	3	1
T. Pires	96	2	4	1	3	2	1
T. Pires	97	2	4	1	3	1	1
T. Pires	98	2	4	1	3	2	1
T. Pires	99	2	4	1	3	2	1
T. Pires	100	2	4	1	3	2	1

Tabela 8: Análise do Rio Tapajós – Notas por Classe

Hidro.	Tr.	Classe Sinuosidade	Classe Profundidade mínima	Classe Obstáculos Físicos à navegação	Classe Anteparos naturais à navegação	Classe Largura	Classe Energia
Tapajós	1	1	3	1	1	1	1
Tapajós	2	1	3	1	1	1	1
Tapajós	3	1	3	1	1	1	1
Tapajós	4	1	3	1	1	1	1
Tapajós	5	1	3	1	1	1	1
Tapajós	6	1	3	1	1	1	1
Tapajós	7	1	3	1	1	1	1
Tapajós	8	1	3	1	1	1	1
Tapajós	9	1	3	1	1	1	1
Tapajós	10	1	3	1	1	1	1
Tapajós	11	1	3	1	1	1	1
Tapajós	12	1	3	1	1	1	1
Tapajós	13	1	3	1	1	1	1
Tapajós	14	1	3	1	1	1	1
Tapajós	15	1	3	1	1	1	1
Tapajós	16	1	3	1	1	1	1
Tapajós	17	1	3	1	1	1	1
Tapajós	18	1	3	1	1	1	1
Tapajós	19	1	3	1	1	1	1
Tapajós	20	1	3	1	1	1	1
Tapajós	21	1	3	1	1	1	1
Tapajós	22	1	3	1	1	1	1
Tapajós	23	1	3	1	1	1	1
Tapajós	24	1	3	1	1	1	1
Tapajós	25	1	3	1	1	1	1
Tapajós	26	1	3	1	3	1	1
Tapajós	27	1	3	1	3	1	1
Tapajós	28	1	3	1	1	1	1
Tapajós	29	1	3	1	3	1	1
Tapajós	30	1	3	1	3	1	1
Tapajós	31	1	4	1	3	1	1
Tapajós	32	1	4	1	5	1	1
Tapajós	33	1	4	1	5	1	5
Tapajós	34	1	4	1	5	1	3
Tapajós	35	1	4	1	3	1	1
Tapajós	36	1	4	1	3	1	3
Tapajós	37	1	4	1	3	1	5
Tapajós	38	1	4	1	3	1	1
Tapajós	39	1	4	1	3	1	1
Tapajós	40	1	4	1	3	1	1
Tapajós	41	1	4	1	5	1	1
Tapajós	42	1	4	1	5	1	1
Tapajós	43	1	4	1	3	1	1
Tapajós	44	1	4	1	1	1	1
Tapajós	45	1	4	1	1	1	1
Tapajós	46	1	4	1	3	1	1
Tapajós	47	1	4	1	3	1	1
Tapajós	48	1	4	1	1	1	1
Tapajós	49	1	4	1	1	1	1
Tapajós	50	1	4	1	1	1	3
Tapajós	51	1	4	1	1	1	3
Tapajós	52	1	4	1	1	1	5
Tapajós	53	1	4	1	1	1	1
Tapajós	54	1	4	1	1	1	1
Tapajós	55	1	4	1	1	1	1
Tapajós	56	1	4	1	1	1	1
Tapajós	57	1	4	1	1	1	1
Tapajós	58	1	4	1	3	1	1
Tapajós	59	1	4	1	3	1	1

Tapajós	60	1	4	1	3	1	1
Tapajós	61	1	4	1	3	1	1
Tapajós	62	1	4	1	3	1	1
Tapajós	63	1	4	1	3	1	1
Tapajós	64	1	4	1	3	1	1
Tapajós	65	1	4	1	3	1	1
Tapajós	66	1	4	1	3	1	1
Tapajós	67	1	4	1	3	1	1
Tapajós	68	1	4	1	1	1	1
Tapajós	69	1	4	1	1	1	1
Tapajós	70	1	4	1	5	1	1
Tapajós	71	1	4	1	5	1	1
Tapajós	72	1	4	1	5	1	1
Tapajós	73	1	4	1	3	1	1
Tapajós	74	1	4	1	3	1	1
Tapajós	75	1	4	1	3	1	5
Tapajós	76	1	4	1	3	1	1
Tapajós	77	1	4	1	3	1	1
Tapajós	78	1	4	1	3	1	1
Tapajós	79	1	4	1	3	1	1
Tapajós	80	1	4	1	3	1	1
Tapajós	81	1	4	1	3	1	1

Apêndice 2 – Dimensionamento Equipamentos

A2.1 Dimensionamento dos painéis – Chapas principais: painéis do fundo, de convés de costado, anteparas (comum e de colisão), espelhos de popa e proa.

CÁLCULO DAS ESPESSURAS DOS PAINÉIS

<table border="1"> <tr> <td>E – espaçamento entre reforçadores</td> <td>600</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>L – comprimento</td> <td>60</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>E₀ – espaçamento padrão para o sistema transversal</td> <td>570</td> <td>mm</td> </tr> </table>	E – espaçamento entre reforçadores	600	mm	L – comprimento	60	m	E ₀ – espaçamento padrão para o sistema transversal	570	mm		<p>Espessura do fundo para 0 < L < 56 m:</p> $e1 = 0,1 * L + 0,007 * (E - E_0) + 2,0$ $e2 = 0,07 * L + 5,0$ $e = \text{MAIOR} (e1; e2; e3)$	$e = 9,20 \text{ mm}$
E – espaçamento entre reforçadores	600	mm										
L – comprimento	60	m										
E ₀ – espaçamento padrão para o sistema transversal	570	mm										
<table border="1"> <tr> <td>E – espaçamento entre reforçadores</td> <td>600</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>L – comprimento</td> <td>60</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>d – calado</td> <td>4,5</td> <td>m</td> </tr> </table>	E – espaçamento entre reforçadores	600	mm	L – comprimento	60	m	d – calado	4,5	m		<p>Espessura do fundo para 56 < L < 60 m:</p> $e1 = 0,591 * L^{0,585}$ $e2 = 0,006 * \sqrt{d}$ $e3 = 0,01 * E$ $e = \text{MAIOR} (e1; e2; e3)$	$e = 7,64 \text{ mm}$
E – espaçamento entre reforçadores	600	mm										
L – comprimento	60	m										
d – calado	4,5	m										
<table border="1"> <tr> <td>E – espaçamento entre reforçadores</td> <td>600</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>L – comprimento</td> <td>60</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>E₀ – espaçamento padrão para o sistema transversal</td> <td>570</td> <td>mm</td> </tr> </table>	E – espaçamento entre reforçadores	600	mm	L – comprimento	60	m	E ₀ – espaçamento padrão para o sistema transversal	570	mm		<p>Espessura do costado para 0 < L < 60 m:</p> $e = 0,095 * L * 0,0063 * (E - E_0) + 0,9$	$e = 6,79 \text{ mm}$
E – espaçamento entre reforçadores	600	mm										
L – comprimento	60	m										
E ₀ – espaçamento padrão para o sistema transversal	570	mm										

<table border="1"> <tr> <td>E – espaçamento entre reforçadores</td> <td>600</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>L – comprimento</td> <td>60</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>P – pressão de carga de regra carga de projeto = 3 t/m²)</td> <td>3,70</td> <td>t/m²</td> </tr> </table>	E – espaçamento entre reforçadores	600	mm	L – comprimento	60	m	P – pressão de carga de regra carga de projeto = 3 t/m ²)	3,70	t/m ²	<p>Espessura do convés para 0 < L < 56 m:</p> $e1 = 0,01 * E * \sqrt{p}$ $e2 = 0,066 * L * 3,5$ $e3 = 6,48$ $e = \text{MAIOR} (e1; e2; e3)$	$e = 11,54 \text{ mm}$
E – espaçamento entre reforçadores	600	mm									
L – comprimento	60	m									
P – pressão de carga de regra carga de projeto = 3 t/m ²)	3,70	t/m ²									
<table border="1"> <tr> <td>E – espaçamento entre reforçadores</td> <td>600</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>L – comprimento</td> <td>60</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>d – calado</td> <td>1,5</td> <td>m</td> </tr> </table>	E – espaçamento entre reforçadores	600	mm	L – comprimento	60	m	d – calado	1,5	m	<p>Espessura do convés para 56 < L < 60 m:</p> $e1 = 0,591 * L^{0,585}$ $e2 = 0,006 * \sqrt{d}$ $e3 = 0,01 * E$ $e = \text{MAIOR} (e1; e2; e3)$	$e = 6,48 \text{ mm}$
E – espaçamento entre reforçadores	600	mm									
L – comprimento	60	m									
d – calado	1,5	m									
<table border="1"> <tr> <td>E – espaçamento entre reforçadores</td> <td>600</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>L – comprimento</td> <td>60</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>h – altura de carga, medida a partir da aresta inferior da fiada de chapa considerada</td> <td>4,5</td> <td>m</td> </tr> </table>	E – espaçamento entre reforçadores	600	mm	L – comprimento	60	m	h – altura de carga, medida a partir da aresta inferior da fiada de chapa considerada	4,5	m	<p>Antepara comum:</p> $e1 = 0,035 * E * \sqrt{h} + 2$ $e2 = 0,8 * \sqrt{L}$ $e = \text{MAIOR} (e1; e2)$	$e = 6,45 \text{ mm}$
E – espaçamento entre reforçadores	600	mm									
L – comprimento	60	m									
h – altura de carga, medida a partir da aresta inferior da fiada de chapa considerada	4,5	m									

E – espaçamento entre reforçadores	600	mm	<p>Antepara de colisão:</p> $e1 = 0,004 * E * \sqrt{h} + 2$ $e2 = 0,8 * \sqrt{L}$ $e = \text{MAIOR} (e1; e2)$	$e = 7,09 \text{ mm}$
L – comprimento	60	m		
h – altura de carga, medida a partir da aresta inferior da fiada de chapa considerada	4,5	m		
e _h – espessura das hastilhas	9,5	mm	<p>Espelho de popa:</p> $e = e_h + 3,5$	$e = 13,00 \text{ mm}$
e _h – espessura das hastilhas	9,5	mm	<p>Espelho de proa:</p> $e = e_h + 3,5$	$e = 13,00 \text{ mm}$

Considerando a escolha de espessuras de acordo com os padrões comerciais, que são:

 COMERCIAL GERDAU		
CHAPAS GROSSAS		
CHAPAS GROSSAS SÃO PRODUTOS LAMINADOS PLANOS COM ESPESSURA SUPERIOR A 5.0mm, PODENDO EM DETERMINADAS QUALIDADES E DIMENSÕES SER PRODUZIDAS NA LINHA DE TIRAS A QUENTES (BG E CGT).		
ESPESSURAS PADRÃO (mm)		
6.30	19.00	44.50
8.00	22.40	50.00
9.50	25.00	63.00
12.50	31.50	75.00
16.00	37.50	100.00
LARGURAS PADRÃO (mm)		
1000	1500	2440
1200	2000	
COMPRIMENTOS PADRÃO (mm)		
6000		12000

Fonte: www.gerdau.com.br

Resumo de espessuras e chapeamentos		
Chapeamento	T requerida (mm)	T adotado = medidas comerciais (mm)
Fundo - midship	9,2	9,5
Fundo - extremidade	7,64	8
Costado - midship	6,79	8
Costado - extremidades	7,64	8
Convés - midship	11,54	12,5
Convés - extremidades	6,48	8
Antepara transversal comum	6,45	8
Antepara transversal de colisão	7,09	8
Antepara longitudinal comum	6,45	8
Espelho de popa	13	16
Espelho de proa	13	16

A2.2 Dimensionamento dos reforços

O módulo de seção mínimo requerido foi calculado para cada um dos elementos reforçadores. Esses valores foram utilizados como critério de dimensionamento da altura e espessura das almas e flanges de cada reforço. Por fim, o módulo de seção (W) da seção mestra da embarcação foi verificado quanto ao critério estabelecido em regra. Como é um dimensionamento global preliminar não se analisou a zona sob o guindaste que terá de ser reforçada de modo particular conforme o modelo/fabricante exato do equipamento que venha a ser adotado.

CÁLCULO DOS MÓDULO DE SEÇÃO DOS REFORÇOS LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS

E – espaçamento entre reforçadores	2	m	Módulo de Seção mínimo requerido LONGARINAS: $p = \text{MAIOR}(D; d + 1)$ $W_{req} = \frac{83,3}{21 - 9} * p * E * l^2$	$W_{req} = 2249,10 \text{ cm}^3$
L – comprimento	60	m		
D - pontal	4,5	m		
d - calado	1,5	m		
l – vão da viga	6	m		
P – pressão de carga de regra	4,5	m		
E – espaçamento entre reforçadores	0,6	m	Módulo de Seção mínimo requerido HASTILHAS: $p = \text{MAIOR}(D; d + 1)$ $W_{req} = \frac{83,3}{21 - 9} * p * E * l^2$	$W_{req} = 75,60 \text{ cm}^3$
L – comprimento	60	m		
D - pontal	4,5	m		
d - calado	1,5	m		
l – vão da viga	2	m		
P – pressão de carga de regra	4,5	m		

E – espaçamento entre reforçadores	0,6	m	<p>Módulo de Seção mínimo requerido CAVERNAS DO COSTADO:</p> $h = h_2 + a$ $W_{req} = 0,887 * E * l^2 * (5 * h + 3 * h_p)$	$W_{req} = 502,93 \text{ cm}^3$
L – comprimento	60	m		
D - pontal	4,5	m		
d - calado	1,5	m		
l – vão da viga	6,0	m		
h _p – altura de carga	6,0	m		
h ₂ – distância vertical, medida da cabeça da caverna até o nível do convés ou do apoio logo acima	0,45	m		
a	1,2	m		
E – espaçamento entre reforçadores	3,0	m	<p>Módulo de Seção mínimo requerido CAVERNAS GIGANTES DO COSTADO:</p> $h = h_2 + a$ $W_{req} = 0,887 * E * l^2 * (5 * h + 3 * h_p)$	$W_{req} = 2514,60 \text{ cm}^3$
L – comprimento	60	m		
D - pontal	4,5	m		
d - calado	1,5	m		
l – vão da viga	6,0	m		
h _p – altura de carga	6,0	m		
h ₂ – distância vertical, medida da cabeça da caverna até o nível do convés ou do apoio logo acima	0,45	m		
a	1,2	m		
E – espaçamento entre reforçadores	0,5	m	<p>Módulo de Seção mínimo requerido PRUMOS DA ANTEPARA TRANSVERSAL:</p> $W_{req} = 0,887 * E * l^2 * (5 * h + 3 * h_p)$	$W_{req} = 323,31 \text{ cm}^3$
L – comprimento	60	m		
D - pontal	4,5	m		
d - calado	1,5	m		
l – vão da viga	6,0	m		
h _p – distância vertical, medida entre extremidades do vão	6,0	m		
h – altura de carga, medida a partir da extremidadesuperior do vão	0,45	m		

h – altura de carga	3,0	m	<p>Módulo de Seção mínimo requerido ESCOAS:</p> $C = \text{MAIOR} (l_1 * l_2^2; l_2 * l_1^2)$ $W_{req} = 41,7 * h * \frac{C * (E_1 + E_2) * (S_1 + S_2)}{4 * l^2}$	$W_{req} = 316,66 \text{ cm}^3$
l – vão do prumo gigante	4,5	m		
S1 - espaçamento de escoas acima da escoa	2,25	m		
S2 - espaçamento de escoas abaixo da escoa	2,25	m		
E1 - espaçamento de gigantes de um lado do prumo gigante	2	m		
E2 - espaçamento de gigantes do outro lado do prumo gigante	2	m		
l1 - as distâncias da escoa até as extremidades do vão do prumo gigante	2,25	m		
l2 - as distâncias da escoa até as extremidades do vão do prumo gigante	2,25	m		
C -	11,391	-		
E – espaçamento entre reforçadores	0,6	m	<p>Módulo de Seção mínimo requerido CAVERNAS DA ANTEPARA LONGITUDINAL:</p> $h = h_2 + a$ $W_{req} = 0,887 * E * l^2 * (5 * h + 3 * h_p)$	$W_{req} = 218,24 \text{ cm}^3$
l – vão da viga	4,5	m		
h – altura de carga	1,35	m		
h _p – altura de carga	4,5	m		
h2 – distância vertical, medida da cabeça da caverna até o nível do convés ou do apoio logo acima	0,15	m		
a	1,2	m		
E – espaçamento entre reforçadores	3,0	m	<p>Módulo de Seção mínimo requerido CAVERNAS GIGANTES DA ANTEPARA LONGITUDINAL:</p> $h = h_2 + a$ $W_{req} = 0,887 * E * l^2 * (5 * h + 3 * h_p)$	$W_{req} = 1172,00 \text{ cm}^3$
l – vão da viga	4,5	m		
h – altura de carga	1,65	m		
h _p – altura de carga	4,5	m		
h2 – distância vertical, medida da cabeça da caverna até o nível do convés ou do apoio logo acima	0,45	m		
a	1,2	m		

E – espaçamento entre reforçadores	0,6	m	Módulo de Seção mínimo requerido VAUS: $h = h_2 + a$ $W_{req} = 0,887 * E * l^2 * (5 * h + 3 * h_p)$	$W_{req} = 30,30 \text{ cm}^3$
l – vão da viga	2	m		
h – altura de carga	1,65	m		
h _p – altura de carga	2	m		
h ₂ – distância vertical, medida da cabeça da caverna até o nível do convés ou do apoio logo acima	0,45	m		
a	1,2	m		
L – comprimento	60,0	m	Módulo de Seção mínimo requerido SICORDAS: $p = 0,8 + 0,005 * L * (p_1 * 0,4)$ $W_{req} = \frac{83,3}{21 - 9} * p * E * l^2$	$W_{req} = 1040,20 \text{ cm}^3$
E – espaçamento entre reforçadores	2,0	m		
l – vão da viga	4,5	m		
p ₁ – pressão da carga de projeto	3,0	t/m ²		
p – pressão de carga de regra	3,7	m		
C ₁ – coeficiente em ondas	6,35	-	Módulo de Seção mínimo requerido VIGA-NAVIO: $C_1 = C_n = 0,045 * L + 3,65$ $W_{req} = 0,01 * C_1 * L^2 * B * (CB + 0,7) * k$	$W_{req} = 0,46 \text{ m}^2 \cdot m$
C _n – coeficiente em ondas definido de acordo com o comprimento L	6,35	-		
L – comprimento	60	m		
B – boca	12	m		
CB – coeficiente de bloco	0,96	-		
k – fator de material	1	-		

A inércia da seção-mestra da viga-navio foi obtida considerando a contribuição de todos os reforços e chapeamentos longitudinais:

$$I_{SM} = 4,404 \times 10^{12} \text{ mm}^4$$

A distância do eixo neutro da seção ao fundo (extremidade inferior) foi calculada conforme a seguir:

$$Z_F = \frac{\sum(a * d)}{\sum a} = 2425 \text{ mm}$$

Onde “a” é a área de cada elemento contribuinte para a inércia da seção, e “d” é a distância de cada elemento contribuinte à linha de base da embarcação.

A distância do eixo neutro da seção ao convés (extremidade superior) foi calculada conforme a seguir:

$$Z_C = D - Z_F = 2075 \text{ mm}$$

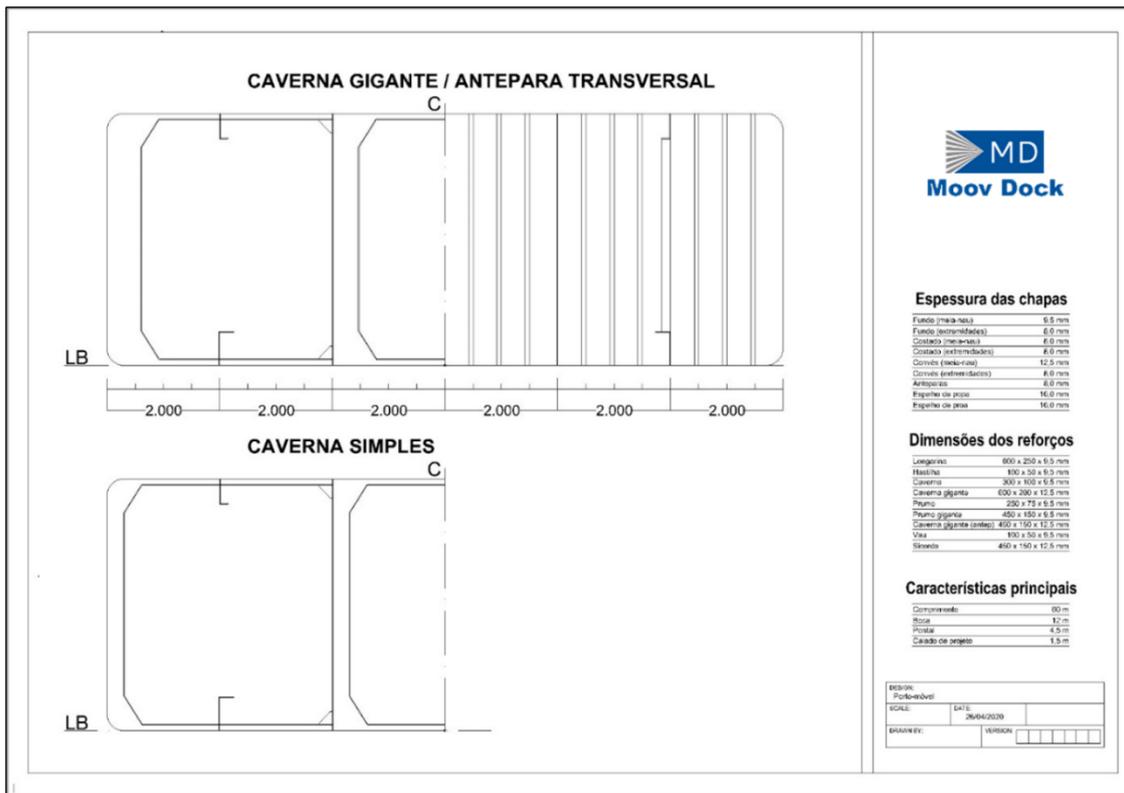
Onde “D” é o pontal da embarcação.

Portanto, o seguinte módulo de seção foi obtido para a seção-mestra da viga-navio:

$$W_{SM} = \frac{I_{SM}}{Z_F} = \frac{4,404 * 10^{12}}{2425} = 1,82 \text{ m}^2.m$$

Modulo de resistência da seção mestra		
W_{SM}	1,82	m2.m
W_{req}	0,46	m2.m
<i>Check</i>	ok	

Representação da seção-mestra do porto-móvel.



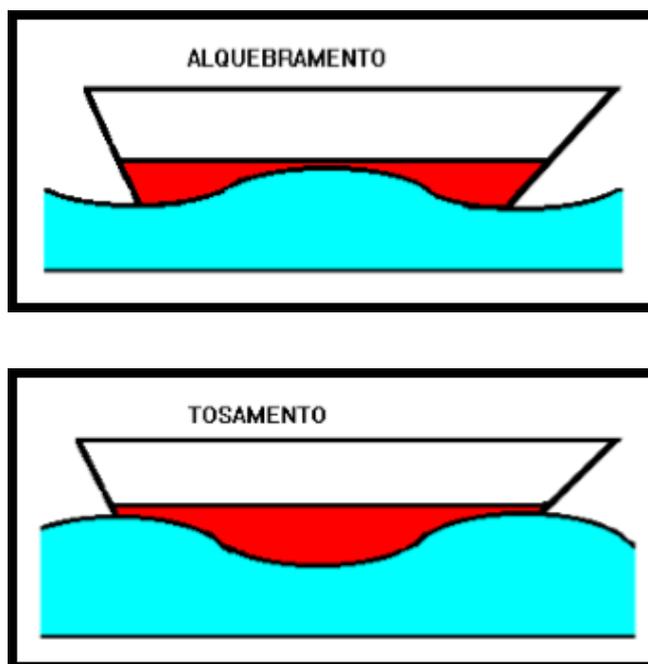
A2.3 Cálculo do momento fletor

Com o intuito de estabelecer os momentos fletores atuantes sobre a viga-navio, é necessário calcular tanto a distribuição de peso quanto a de empuxo (flutuabilidade ou “*buoyancy*”). No que diz respeito a esta, distingue-se a força de empuxo proveniente de águas calmas daquela que surge em decorrência da existência de ondas, afim de tornar possível tanto a avaliação estrutural da embarcação em situações sem ondulação (águas calmas) quanto com ondas (águas calmas + ondas).

Ambos têm sua origem na sustentação hidrostática da embarcação, sendo que em águas calmas a distribuição dessa sustentação é dependente exclusivamente da forma do casco (uma vez que a superfície livre é uniforme por definição) enquanto para uma situação com ondulação essa distribuição é uma função tanto da forma do casco quanto da superfície livre (que deixa de ser uniforme, variando com a altura de onda).

Logo, como a onda é um processo dinâmico, existem dois casos críticos que devem ser avaliados na fase de projeto. São eles: tosamento, quando o vale da

onda de projeto se encontra a meia-nau; e alquebramento, quando a crista da onda de projeto se encontra a meia-nau.



Ilustrações dos esforços de alquebramento e tosamento.
 (<http://pescadeoceanico.com.br/2016/09/26/movimentos-da-embarcacao-no-mar-agitado-parte-7-alquebramento/>)

Abaixo é mostrado o cálculo dos momentos fletores em águas calmas para diferentes condições de carregamento:

a) Momento fletor em águas calmas

As seguintes condições de carregamento foram estabelecidas para o projeto estrutural, correspondendo às várias fases de movimentação, onde adota-se:

- eixo x com zero no espelho de popa, positivo à vante;
- eixo y com zero na linha de centro, positivo à bombordo (portside);
- eixo z com zero na linha de base, positivo para cima:

Condição A: condição de navegação, com os equipamentos presos sobre o convés

Equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30.000	0.000	2.360
Guindaste	150.000	17.500	-1.000	9.000
Shiploader	68.000	29.000	3.000	8.500
Tombador	25.000	34.400	-2.000	6.500

Condição B: tombador içado, *shiploader* sobre o convés

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30,000	0,000	2,360
Guindaste	150.000	17,500	-1,000	9,000
Shiploader	68.000	29,000	3,000	8,500
Tombador	---	---	---	---
Carga no guindaste (tombador)	25.000	-17,500	-1,000	9,000

Condição C: tombador no cais, *shiploader* sobre o convés

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30,000	0,000	2,360
Guindaste	150.000	17,500	-1,000	9,000
Shiploader	68.000	29,000	3,000	8,500
Tombador	---	---	---	---

Condição D: tombador sobre o convés, *shiploader* içado

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30,000	0,000	2,360
Guindaste	150.000	17,500	-1,000	9,000
Shiploader	---	---	---	---
Tombador	25.000	34,400	-2,000	6,500
Carga no guindaste (shiploader)	68.000	17,500	-1,000	9,000

Condição E: tombador no cais, *shiploader* içado

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30,000	0,000	2,360
Guindaste	150.000	17,500	-1,000	9,000
Shiploader	---	---	---	---
Tombador	---	---	---	---
Carga no guindaste (shiploader)	68.000	17,500	-1,000	9,000

Condição F: tombador içado, *shiploader* sobre o cais

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30,000	0,000	2,360
Guindaste	150.000	17,500	-1,000	9,000
Shiploader	---	---	---	---
Tombador	---	---	---	---
Carga no guindaste (tombador)	25.000	-17,500	-1,000	9,000

Condição G: ambos sobre o cais

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30,000	0,000	2,360
Guindaste	150.000	17,500	-1,000	9,000
Shiploader	---	---	---	---
Tombador	---	---	---	---

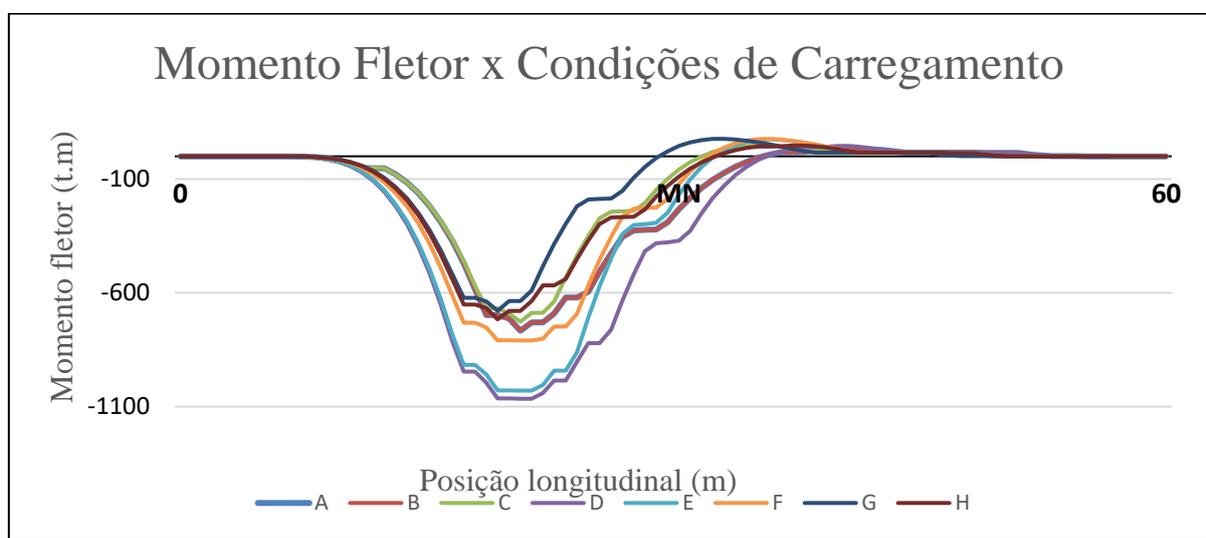
Condição H: tombador sobre o convés, shiploader sobre o cais.

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30,000	0,000	2,360
Guindaste	150.000	17,500	-1,000	9,000
Shiploader	---	---	---	---
Tombador	25.000	34.400	-2.000	6.500

O cálculo do momento fletor em águas calmas foi realizado para cada uma das condições indicadas. A análise permitiu verificar que a condição “D” implica o maior momento fletor, a qual é caracterizada por uma situação de tosamento. Para melhor entendimento, ressalta-se que valores negativos (-) equivalem a tosamento, e valores positivos (+) equivalem a alquebramento.

$$M_c = -1065,00 \text{ t.m}$$

A figura mostra que a condição de carregamento “D” configura a situação crítica em águas calmas



b) Momento fletor em ondas

Com o ganho de experiência ao longo dos anos, as sociedades classificadoras desenvolveram formulações explícitas para o momento fletor em ondas, considerando valores extremos característicos de navios de tipos consolidados. Ainda que a área de serviço do projeto em questão seja fluvial e a interferência de ondas seja desprezível, por regra ainda é necessário fazer essa verificação.

No caso das regras³ empregadas neste projeto, o momento em ondas foi obtido por meio da seguinte fórmula:

$$M_w = C_1 * C_2 * L^2 * B * (C_B + 0,7)$$

Onde:

$C_1 = 1,0$ para embarcações do tipo I2

$C_2 = 0,007$ para condição de tosamento

$C_2 = 0,008$ para condição de alquebramento

L : comprimento do navio

B : boca do navio

C_B : coeficiente de bloco do navio

Tosamento

C1	1	-
C2	0,007	-
L	60	m
B	12	m
CB	0,98	-
Mw	-508,032	t.m

Alquebramento

C1	1	-
C2	0,008	-
L	60	m
B	12	m
CB	0,98	-
Mw	580,608	t.m

Ao identificar o momento de tosamento como sendo a situação crítica, o momento fletor total é calculado pela soma do momento fletor em águas tranquilas com o momento fletor em ondas:

$$M_t = M_c + M_w = -1.065,00 - 508,03 = -1.573,03 \text{ t.m}$$

A2.4 Verificação das tensões da viga navio

O cálculo das tensões no convés é dado por:

³ RBNA [43]

$$\sigma_{VN(\text{convés})} = 10 * \frac{M_t}{W_{(\text{convés})}} = 0,74 \text{ daN/mm}^2$$

O cálculo das tensões no fundo é dado por:

$$\sigma_{VN(\text{fundo})} = 10 * \frac{M_t}{W_{(\text{fundo})}} = 0,87 \text{ daN/mm}^2$$

Onde:

W : módulo de seção da seção mestra

Conforme estabelecido na regra RBNA (Parte II, Título 16, Seção 2, Capítulo H, Subcapítulo H2, Item 101) [43], o critério é dado por:

$$\sigma_{VN} \leq 18 - \frac{14}{0,008 * L + 1} = 8,54 \text{ daN/mm}^2$$

As tabelas mais detalhadas com o cálculo de peso e propriedades geométricas da viga-navio estão anexadas ao final deste relatório.

A2.5 Pré-Dimensionamento Moovdock

A disposição dos equipamentos sobre o convés do porto móvel foi escolhida de modo a conseguir uma condição de navegação com trim⁴ próximo a zero graus.

Para a análise de estabilidade do projeto proposto, 7 (sete) configurações de carregamento foram consideradas a partir do objetivo perseguido. São elas:

* as modificações realizadas com relação à cada condição estão mostradas em vermelho em cada uma das condições subsequentes.

Condição 1: condição de navegação, com os equipamentos presos sobre o convés

⁴ Trim: O **caimento**, **compasso** ou **trim** constitui a inclinação longitudinal de um navio para uma das suas extremidades (proa ou popa).

Corresponde, mais precisamente, ao ângulo entre a linha de construção do navio e a sua linha base, numa dada condição de carga, medido pela diferença entre imersões à vante e à ré, corrigido pelo caimento de traçado.

O caimento é positivo quando o calado na quilha à ré é superior ao calado na quilha à vante, ficando assim o navio inclinado para a ré. Nestas condições, diz-se que um navio está apocado, derrabado ou que tem caimento pela popa.

O caimento será negativo, na situação inversa, estando o navio inclinado para a vante. Diz-se então que o navio está de proa, abicado ou que tem caimento pela proa.

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Caimento>

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30.000	0.000	2.360
Guindaste	150.000	17.500	-1.000	9.000
Shiploader	68.000	29.000	3.000	8.500
Tombador	25.000	34.400	-2.000	6.500

Condição 2: movimento inicial da descarga dos equipamentos, com o shiploader erguido pelo guindaste

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30.000	0.000	2.360
Guindaste	150.000	17.500	-1.000	9.000
Shiploader	68.000	29.000	3.000	12.500
Tombador	25.000	34.400	-2.000	6.500

Condição 3: shiploader ainda erguido pelo guindaste, logo após a rotação para descarga em terra

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30.000	0.000	2.360
Guindaste	150.000	17.500	-1.000	9.000
Shiploader	68.000	17.500	11.000	12.500
Tombador	25.000	34.400	-2.000	6.500

Condição 4: condição de carregamento logo após a descarga do shiploader em terra;

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30.000	0.000	2.360
Guindaste	150.000	17.500	-1.000	9.000
Shiploader	---	---	---	---
Tombador	25.000	34.400	-2.000	6.500

Condição 5: içamento do tombador;

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30.000	0.000	2.360
Guindaste	150.000	17.500	-1.000	9.000
Shiploader	---	---	---	---
Tombador	25.000	34.400	-2.000	12.500

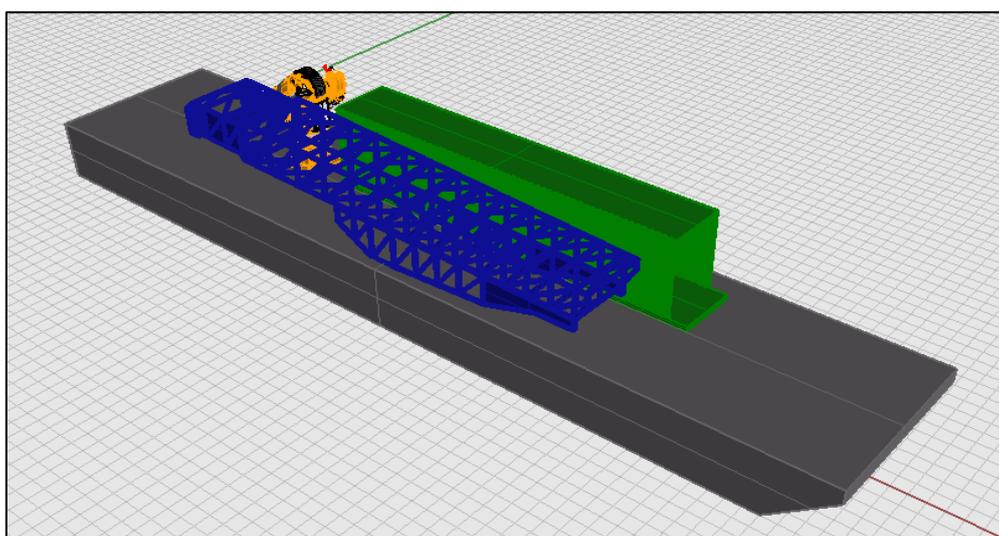
Condição 6: tombador ainda erguido pelo guindaste, logo após a rotação para descarga em terra;

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30.000	0.000	2.360
Guindaste	150.000	17.500	-1.000	9.000
Shiploader	---	---	---	---
Tombador	25.000	17.500	11.000	12.500

Condição 7: condição logo após a descarga do tombador em terra firme.

equipamento	Peso (Ton)	Xcg (m)	Ycg (m)	Zcg (m)
Porto móvel	371.805	30.000	0.000	2.360
Guindaste	150.000	17.500	-1.000	9.000
Shiploader	---	---	---	---
Tombador	---	---	---	---

Os resultados das análises de equilíbrio e estabilidade estão anexados a este relatório.



Arranjo geral do porto móvel com os equipamentos sobre o convés para a condição 1

A2.5.1 Ancoragem

A2.5.1.1. Esforços atuantes

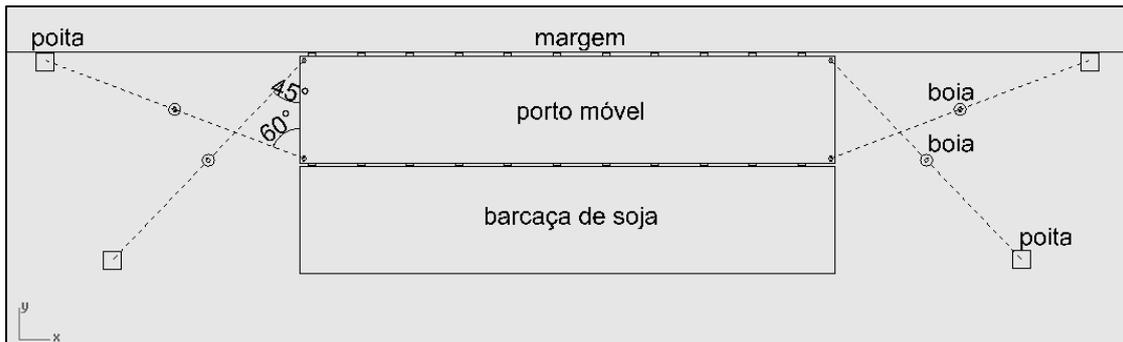
Para definir o sistema de ancoragem do porto móvel os seguintes parâmetros foram considerados:

Velocidade de correnteza atuante: 2 m/s (aprox. 4 nós) [1].

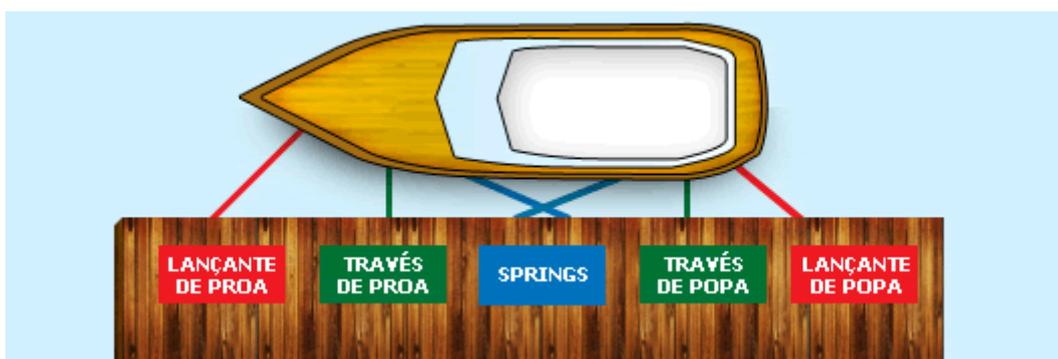
Calado Máximo da barcaça de soja: 3 m [2].

* a barcaça de soja considerada apresenta $L = 60m$ e $B = 12m$;

Considerando que o porto móvel atuará também como ponto de atracação da barcaça receptora de soja, e que a área de operação do mesmo será ao lado da margem do rio, a seguinte solução esquemática para a ancoragem do sistema é proposta:



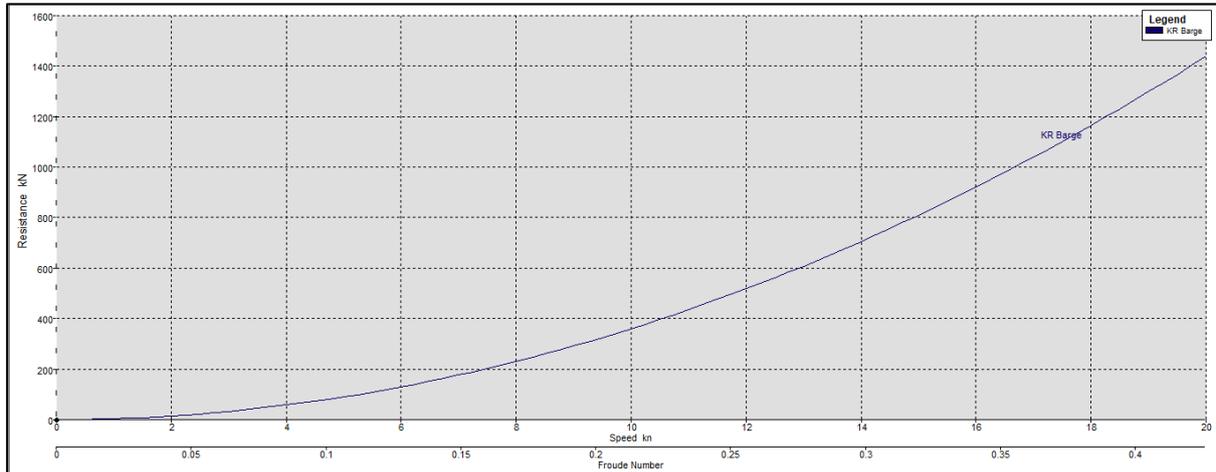
Importante destacar que a barcaça de soja será amarrada a contra-bordo do MOOVDOCK, com auxílio de defensas. As amarras (springs e lançantes) deverão ser fixas aos cunhos (pontos de amarração) de ambas embarcações, e serão solecadas (ajustadas, afrouxadas) durante o carregamento, conforme o calado da barcaça aumenta com o ingresso de peso. A operação será idêntica ao que se faria no caso de um carregamento em um porto convencional.



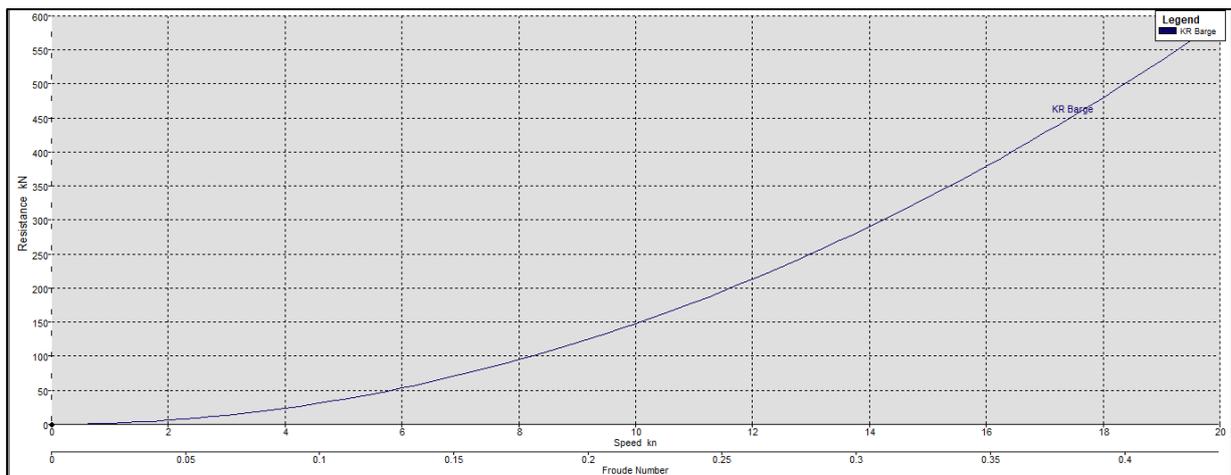
[\(https://cslmarinharia.com.br/produtos-detalhes-espias/\)](https://cslmarinharia.com.br/produtos-detalhes-espias/)

Com uma geometria definida e sabendo que o caso crítico para a ancoragem acontecerá quando o porto móvel estiver sem carga sobre o convés e a barcaça de carga estiver completamente carregada, calculamos então a força atuando no sistema para essa situação em decorrência da correnteza a partir de [3]:

Flutuante	Calado	Resistência ao avanço para v = 4 kts
Porto móvel	0.79m	23.7 kN
Barcaça graneleira	3.0m	57.6 kN



Resistência ao avanço vs. Velocidade para barcaça graneleira



Resistência ao avanço vs. Velocidade para porto móvel

(Korean Register (sociedade classificadora), "rules for the towing Survey of barges and tug boats, chapter 3)

A2.5.1.2. Linhas de ancoragem e poitas

De maneira conservadora, consideraremos que cada uma das linhas deverá suportar toda a força aplicada, 81.3 kN.

Poitas de concreto com garras metálicas que permitem melhor aderência ao solo foram designadas para este projeto. Seu coeficiente de atrito com o leito fluvial pode ser conservadoramente considerado igual a 2 (dois).



Ilustração de poitas em concreto armado.

(<https://qawasqar.blogspot.com/2018/11/construcao-de-poitas.html> e <http://livrodefotosdeobrasqueexecutei.blogspot.com/2010/05/poitas.html>)

Para lidar com os esforços atuantes e um fator de segurança igual a 3, um cabo de diâmetro igual a $\frac{3}{4}$ de polegada já seria o bastante. Contudo, levando em conta a corrosão ao longo do tempo nos cabos, o diâmetro mínimo escolhido para este projeto foi 1 polegada.

Diâmetro		Construção	Massa Aprox. (kg/m)	Carga de Ruptura Mínima (tf)
mm	pol.			EHS
12,7	1/2"	1x19	0,77	13,00
14,3	9/16"	1x19	0,98	17,00
15,9	5/8"	1x19	1,22	21,00
19,0	3/4"	1x37	1,76	29,00
20,2	13/16"	1x37	1,98	32,00
22,2	7/8"	1x37	2,4	40,00
25,4	1"	1x37	3,12	50,00
28,6	1.1/8"	1x37	3,96	66,00

Manual técnico de cabos de aço CIMAF

Logo, para definir a boia de menor volume (boia de arinque⁵) que possa flutuar com o cabo de aço conectado à poita, tomou-se a profundidade máxima do local de instalação do sistema como 3m na época de cheia e, de acordo com a tabela acima, foi calculado o peso mínimo que a mesma deve suportar, como sendo o peso do cabo de aço suspenso:

$$\begin{aligned} \text{Empuxo} &= \text{peso de aço suspenso} \\ \text{peso de aço suspenso} &= \text{comprimento de aço suspenso} * \text{densidade linear} \\ \text{peso de aço suspenso} &= 3\text{m} * 3.12 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \\ \text{Empuxo} &= 9.36 \text{ kg} \end{aligned}$$

Como se sabe que empuxo é igual a [volume deslocado] x [densidade do fluido], temos:

$$\begin{aligned} \text{Empuxo} &= \text{vol}_{\text{deslocado}} * \rho_{\text{água}} \\ \text{vol}_{\text{deslocado}} &= \frac{9.36\text{kg}}{1000\text{kg/m}^3} \\ \text{vol}_{\text{deslocado}} &= 0.00936\text{m}^3 = 9.36 \text{ litros} \end{aligned}$$

Dessa maneira, a menor boia que satisfaz os requisitos do projeto com um fator de segurança igual a 3 deve apresentar 30 litros de volume.

⁵ Boia de Arinque: “**Arinque** em náutica é a designação do cabo que prende a boia à âncora. A **bóia de arinque** serve assim para assinalar o local onde se encontra a âncora (ferro).” Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Arinque>.

No caso em questão, sinalizará a localização da poita.

Cálculo do peso leve e propriedades geométricas da viga-navio

ELEMENTOS LONGITUDINAIS

<i>Elemento</i>	<i>nº</i>	<i>h [mm]</i>	<i>t [mm]</i>	<i>A [mm²]</i>	<i>L [mm]</i>	<i>V [m³]</i>	<i>Massa [ton]</i>	<i>ZG [mm]</i>	<i>ZG [m]</i>	<i>Mom ZG</i>
Longarina - alma	3	600	9,5	17100	60000	1,03	8054	309,5	0,31	2492,7
Longarina - flange	3	250	9,5	7125	60000	0,43	3356	614,3	0,61	2061,3
Sicorda - alma	3	450	12,5	16875	60000	1,01	7948	4262,5	4,26	33878,9
Sicorda - flange	3	150	12,5	5625	60000	0,34	2649	4031,25	4,03	10680,3
Fundo - midship (0-56m)	1	9,5	12000	114000	56000	6,38	50114	4,75	0,00	238,0
Fundo - extremidades (56-60m)	1	8	12000	96000	4000	0,38	3014	4,75	0,00	14,3
Costado - midship (0-56m)	2	4500	8	72000	56000	4,03	31651	2250	2,25	71215,2
Costado - extremidades (56-60m)	2	4500	8	72000	4000	0,29	2261	3000	3,00	6782,4
Convés - midship (0-56m)	1	12,5	12000	150000	56000	8,40	65940	4493,75	4,49	296317,9
Convés - extremidades (56-60m)	1	8	12000	96000	4000	0,38	3014	4493,75	4,49	13546,0
Antepara longitudinal comum	2	4500	8	72000	56000	4,03	31651	2250	2,25	71215,2
TOTAL							209.653,9		2,43	508.442,3

ELEMENTOS TRANSVERSAIS

<i>Elemento</i>	<i>nº</i>	<i>h [mm]</i>	<i>t [mm]</i>	<i>A [mm²]</i>	<i>L [mm]</i>	<i>V [m³]</i>	<i>Massa [ton]</i>	<i>ZG [mm]</i>	<i>ZG [m]</i>	<i>Mom ZG</i>
hastilha - alma	90	100	9,5	85500	12000	1,03	8054	59,5	0,06	479,2
hastilha - flange	90	50	9,5	42750	12000	0,51	4027	114,3	0,11	460,1
vau - alma	90	100	9,5	85500	12000	1,03	8054	4437,5	4,44	35740,1
vau - flange	90	50	9,5	42750	12000	0,51	4027	4382,75	4,38	17649,6
escoa - alma	9	250	12,5	28125	12000	0,34	2649	2250	2,25	5961,1
escoa - flange	9	75	12,5	8437,5	12000	0,10	795	2212,5	2,21	1758,5
espelho de popa	1	4500	16	72000	12000	0,86	6782	2250	2,25	15260,4
espelho de proa	1	4500	16	72000	12000	0,86	6782	2250	2,25	15260,4
antepara transversal	9	4500	8	324000	12000	3,89	30521	2250	2,25	68671,8
TOTAL							71.692,1		2,25	161.241,1

ELEMENTOS HORIZONTAIS

<i>Elemento</i>	<i>nº</i>	<i>h [mm]</i>	<i>t [mm]</i>	<i>A [mm²]</i>	<i>L [mm]</i>	<i>V [m³]</i>	<i>Massa [ton]</i>	<i>ZG [mm]</i>	<i>ZG [m]</i>	<i>Mom ZG</i>
caverna do costado - alma	80	300	9,5	228000	4500	1,03	8054	2250,0	2,25	18121,7
caverna do costado - flange	80	100	9,5	76000	4500	0,34	2685	2250,0	2,25	6040,6
caverna gigante do costado - alma	10	600	12,5	75000	4500	0,34	2649	2250,0	2,25	5961,1
caverna gigante do costado - flange	10	200	12,5	25000	4500	0,11	883	2250,0	2,25	1987,0
caverna da antepara longitudinal - alma	72	300	9,5	205200	4500	0,92	7249	2250,0	2,25	16309,6
caverna da antepara longitudinal - flange	72	100	9,5	68400	4500	0,31	2416	2250,0	2,25	5436,5
caverna gigante da antepara long - alma	9	450	12,5	50625	4500	0,23	1788	2250,0	2,25	4023,7
caverna gigante da antepara long - flange	9	150	12,5	16875	4500	0,08	596	2250,0	2,25	1341,2
prumo do espelho de popa - alma	18	250	9,5	42750	4500	0,19	1510	2250,0	2,25	3397,8
prumo do espelho de popa - flange	18	75	9,5	12825	4500	0,06	453	2250,0	2,25	1019,3
prumo gigante do espelho de popa - alma	3	450	12,5	16875	4500	0,08	596	2250,0	2,25	1341,2
prumo gigante do espelho de popa - flange	3	150	12,5	5625	4500	0,03	199	2250,0	2,25	447,1
prumo do espelho de proa - alma	18	250	9,5	42750	4500	0,19	1510	2250,0	2,25	3397,8
prumo do espelho de proa - flange	18	75	9,5	12825	4500	0,06	453	2250,0	2,25	1019,3
prumo gigante do espelho de proa - alma	3	450	12,5	16875	4500	0,08	596	2250,0	2,25	1341,2
prumo gigante do espelho de proa - flange	3	150	12,5	5625	4500	0,03	199	2250,0	2,25	447,1
prumo da antepara transv - alma	162	250	9,5	384750	4500	1,73	13591	2250,0	2,25	30580,4
prumo da antepara transv - flange	162	75	9,5	115425	4500	0,52	4077	2250,0	2,25	9174,1
prumo gigante da antepara transv - alma	27	450	12,5	151875	4500	0,68	5365	2250,0	2,25	12071,2
prumo gigante da antepara transv - flange	27	150	12,5	50625	4500	0,23	1788	2250,0	2,25	4023,7
TOTAL							56.658,7		2,25	127.482,0

	MASSA	ZG	MOM ZG
ELEMENTOS LONGITUDINAIS	209.653,9	2,43	508.442,3
ELEMENTOS TRANSVERSAIS	71.692,1	2,25	161.241,1
ELEMENTOS HORIZONTAIS	56.658,7	2,25	127.482,0
SUBTOTAL	338.004,6	2,36	
ADIÇÃO OUTROS ELEMENTOS*	33.800,5	-	
TOTAL	371.805,1	2,36	

Análises de Equilíbrio e Estabilidade

Este anexo apresenta as análises de equilíbrio e estabilidade intacta para as condições previamente definidas no capítulo A.2.5 [Pré-Dimensionamento Moovdock], utilizando o software Maxsurf – amplamente reconhecido no mercado – e os resultados foram verificados segundo as Normas da Autoridade Marítima do Brasil para navegação interior para barcaças (NORMAM 02):

b) Critério para Barcaças

As barcaças que operam nas regiões classificadas como área 1 deverão atender aos seguintes critérios de estabilidade:

1) A área sob a curva de estabilidade estática até o ângulo correspondente ao braço de endireitamento máximo não deve ser inferior a 0,055 m.rad; e

2) A altura metacêntrica inicial (GM_0) não deve ser inferior ao valor da altura metacêntrica inicial requerida (GM_r), calculada por intermédio da seguinte expressão:

$$GM_r = \frac{P \times A \times h}{\Delta \times \text{tg } \theta} \quad (19)$$

onde:

GM_r = altura metacêntrica inicial requerida, em m;

A = área lateral projetada da porção da embarcação acima da linha d'água correspondente à condição de carregamento considerada, conforme indicado na figura 6-14, em m²;

h = distância vertical entre o centróide da área "A" e metade do calado médio para a condição de carregamento considerada, conforme indicado na figura 6-14, em m;

Δ = deslocamento da embarcação na condição de carregamento considerada, em t;

θ = ângulo de inclinação entre a metade superior da borda-livre na condição de carregamento considerada e

o canto superior do convés, ou 14°, adotando-se o menor valor (ver figura 6-15);

P = 0,036 + (L_{PP} / 1309)², em t/m²; e

L_{PP} = comprimento entre perpendiculares, em m.

3) O ângulo de equilíbrio estático devido ao agrupamento de passageiros em um bordo deve ser inferior a 10°, para as barcaças autopropulsadas ou não, que transportem passageiros.

Fonte: NORMAM 02

https://www.marinha.mil.br/dpc/sites/www.marinha.mil.br/dpc/files/normam-02_dpc_mod18.pdf

Adicionalmente, o dimensionamento levou em consideração a norma internacional relativa ao cálculo de resistência ao avanço em barcaças: "*Rules for the towing survey of barges and tugboats*", disponível em: https://eclass.krs.co.kr/KRRules/KRRules2017/data/DATA_OTHER/ENGLISH/rb12e000.pdf

Condição de Carregamento 1

Item Name	Quantity	Unit Mass (t)	x (m)	y (m)	z (m)
lightweight	1	521.805	26.407	-0.287	4.269
shiploader	1	68	29	3	8.5
tombador	1	25	34.4	-2	6.5
Total		614.805	27.019	0.007	4.827

Large Angle Stability Analysis

Heel to Starboard deg	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ m	-1.929	-1.592	-0.007	1.579	1.917	1.624	1.123	0.508	-0.227	-1.018	-1.808
Area under GZ curve from 0 heel m.deg	27.14	8.7565	-0.0119	8.5999	26.9951	44.9603	58.8042	67.0583	68.5412	62.3353	48.1885
Displacement t	614.8	614.8	614.8	614.8	614.9	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8
Draft at FP m	0.368	0.735	0.773	0.735	0.367	-0.278	-1.222	-2.66	-4.937	-9.22	-21.538
Draft at AP m	0.802	1.011	1	1.011	0.803	0.312	-0.468	-1.602	-3.319	-6.543	-15.841
Wetted Area m ²	607.489	746.379	794.52	746.277	607.777	560.828	544.732	545.172	546.505	547.566	548.558
Waterpl. Area m ²	464.118	633.307	682.583	633.289	464.138	401.35	377.419	343.08	303.686	279.867	267.03
Prismatic coeff. (Cp)	0.832	0.851	0.878	0.851	0.831	0.815	0.805	0.803	0.798	0.793	0.79
Block coeff. (Cb)	0.416	0.426	0.878	0.426	0.416	0.408	0.382	0.384	0.425	0.494	0.605
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.987	26.998	27.001	26.997	26.98	26.969	26.967	26.95	26.94	26.927	26.927
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	27.958	27.821	28.441	27.82	27.955	28.066	28.192	29.21	29.222	29.208	29.189
Max deck inclination deg	20.0042	10.0038	0.2331	10.0038	20.0042	30.0041	40.0036	50.0035	60.0035	70.0028	80.0016
Trim angle (+ve by stern) deg	0.4442	0.2824	0.2331	0.2827	0.4461	0.6032	0.7714	1.0818	1.6549	2.7372	5.8094

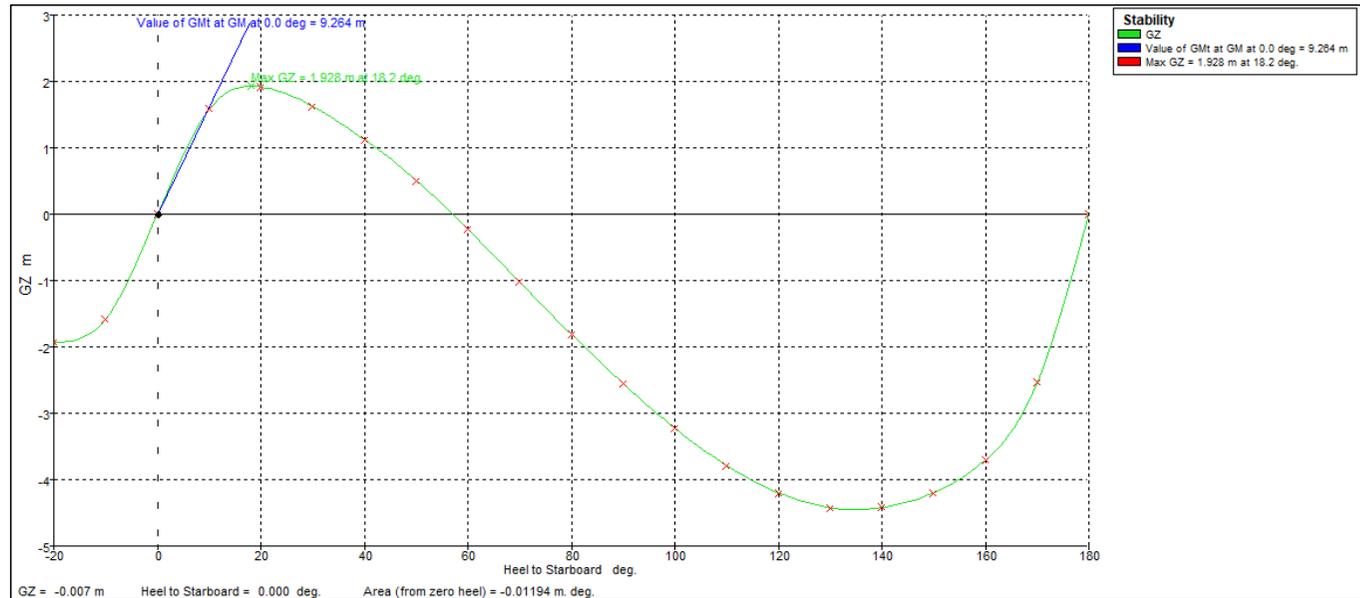
Heel to Starboard deg	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
GZ m	-2.556	-3.226	-3.786	-4.2	-4.424	-4.42	-4.202	-3.703	-2.533	0.007
Area under GZ curve from zero heel m.deg	26.3203	-2.6667	-37.8297	-77.8924	-121.1904	-165.5926	-208.8911	-248.713	-280.8851	-294.3216
Displacement t	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.9	614.8	614.8	614.8	614.8
Draft at FP m	n/a	-26.239	-13.917	-9.639	-7.363	-5.94	-4.995	-4.336	-3.929	-3.882
Draft at AP m	n/a	-20.241	-10.946	-7.718	-5.999	-4.861	-4.082	-3.598	-3.408	-3.419
Wetted Area m ²	549.349	550.324	551.27	552.33	553.45	555.888	574.666	624.438	768.611	839.546
Waterpl. Area m ²	262.955	266.995	279.801	303.597	341.927	375.185	402.761	469.05	644.775	719.926
Prismatic coeff. (Cp)	0.788	0.785	0.783	0.781	0.778	0.769	0.766	0.764	0.762	0.771
Block coeff. (Cb)	0.788	0.689	0.608	0.536	0.468	0.399	0.383	0.382	0.387	0.771
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.926	26.937	26.951	26.967	26.984	26.994	27.008	27.018	27.022	27.025
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	29.168	29.148	29.133	29.125	29.035	28.095	28.132	28.253	28.396	29.94
Max deck inclination deg	90	99.9983	109.9966	119.9951	129.9941	139.9926	149.9901	159.9879	169.9863	179.5267
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.#IND	6.1138	3.0374	1.9646	1.396	1.1047	0.934	0.7548	0.5337	0.4733

Equilibrium Analysis

Displacement t	614.8
Heel deg	0
Draft at FP m	0.773
Draft at AP m	1
Draft at LCF m	0.885
Trim (+ve by stern) m	0.227
WL Length m	56.881
Beam max extents on WL m	12
Wetted Area m^2	795.144
Waterpl. Area m^2	682.599
Prismatic coeff. (Cp)	0.879
Block coeff. (Cb)	0.878
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.999
Waterpl. area coeff. (Cwp)	1
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	27.005
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	28.441
KB m	0.446
KG fluid m	4.827
BMt m	13.657
BML m	306.874
GMt corrected m	9.275
GML m	302.492
KMt m	14.102
KML m	307.317
Immersion (TPc) tonne/cm	6.997
MTc tonne.m	33.208
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	99.515
Max deck inclination deg	0.2325
Trim angle (+ve by stern) deg	0.2324

Large Angle Stability Criteria

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Value of GMt at	0.209	m	9.264	Pass	4332.54
GZ area between limits type 1 - standard	3.1513	m.deg	23.4981	Pass	645.67



Downflooding Angles

Key point	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)	41.4	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)	42.3	n/a

Condição de Carregamento 2

Item Name	Quantity	Unit Mass (t)	x (m)	y (m)	z (m)
lightweight	1	521.805	26.407	-0.287	4.269
shiploader	1	68	29	3	12.5
tombador	1	25	34.4	-2	6.5
Total		614.805	27.019	0.007	5.27

Large Angle Stability Analysis

Heel to Starboard deg	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ m	-1.778	-1.515	-0.007	1.502	1.766	1.402	0.839	0.169	-0.61	-1.434	-2.244
Area under GZ curve from 0 heel m.de	25.6115	8.3706	-0.0119	8.2143	25.4664	41.5648	52.874	58.0035	55.8666	45.6559	27.241
Displacement t	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8
Draft at FP m	0.367	0.734	0.772	0.735	0.366	-0.278	-1.223	-2.66	-4.938	-9.222	-21.54
Draft at AP m	0.802	1.012	1.001	1.012	0.803	0.312	-0.467	-1.601	-3.318	-6.541	-15.839
Wetted Area m^2	607.494	746.338	794.52	746.288	607.48	560.691	544.809	545.129	546.515	547.58	548.557
Waterpl. Area m^2	464.114	633.282	682.581	633.286	464.105	401.347	377.409	343.075	303.686	279.867	267.03
Prismatic coeff. (Cp)	0.831	0.851	0.878	0.851	0.831	0.815	0.804	0.802	0.797	0.793	0.79
Block coeff. (Cb)	0.416	0.425	0.878	0.425	0.415	0.407	0.382	0.384	0.425	0.494	0.605
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.984	26.99	26.999	26.994	26.977	26.966	26.963	26.946	26.937	26.924	26.926
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	27.957	27.816	28.441	27.819	27.953	28.065	28.19	29.209	29.222	29.208	29.189
Max deck inclination deg	20.0042	10.0039	0.2335	10.0038	20.0042	30.0041	40.0036	50.0036	60.0035	70.0028	80.0016
Trim angle (+ve by stern) deg	0.4451	0.2841	0.2335	0.2832	0.447	0.6043	0.7729	1.0837	1.6575	2.7404	5.8129

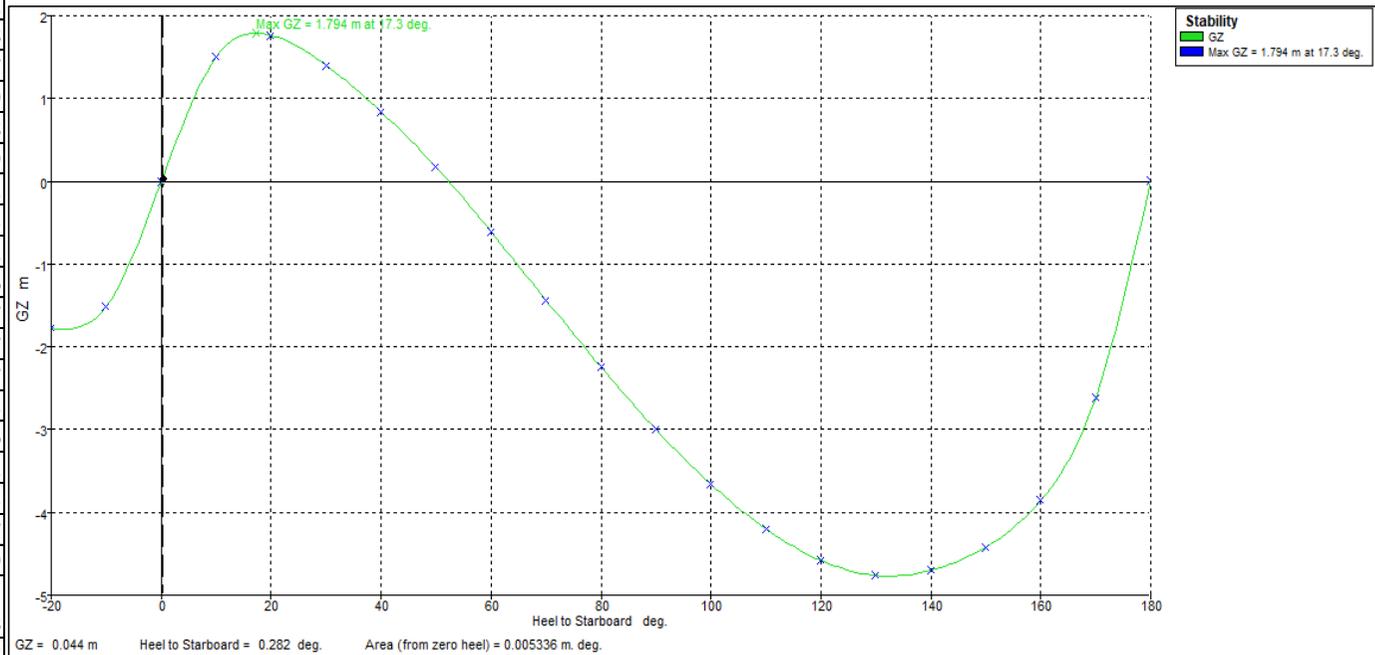
Heel to Starboard deg	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
GZ m	-2.998	-3.662	-4.201	-4.583	-4.763	-4.704	-4.424	-3.854	-2.61	0.007
Area under GZ curve from zero heel m.c	0.9711	-32.4174	-71.8485	-115.9158	-162.8335	-210.3602	-256.1932	-297.883	-331.1996	-345.0217
Displacement t	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.9	614.8	614.8	614.8	614.8
Draft at FP m	n/a	-26.237	-13.916	-9.637	-7.362	-5.939	-4.995	-4.335	-3.929	-3.881
Draft at AP m	n/a	-20.243	-10.948	-7.719	-6	-4.862	-4.083	-3.599	-3.408	-3.419
Wetted Area m^2	549.349	550.271	551.262	552.326	553.452	555.892	574.673	624.445	768.624	839.547
Waterpl. Area m^2	262.955	266.995	279.801	303.597	341.938	375.2	402.763	469.054	644.787	719.926
Prismatic coeff. (Cp)	0.788	0.786	0.784	0.781	0.778	0.769	0.766	0.764	0.763	0.771
Block coeff. (Cb)	0.788	0.689	0.608	0.536	0.469	0.399	0.383	0.382	0.387	0.771
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.926	26.938	26.954	26.971	26.988	26.999	27.014	27.023	27.026	27.029
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	29.168	29.149	29.133	29.125	29.036	28.097	28.135	28.255	28.397	29.94
Max deck inclination deg	90	99.9983	109.9966	119.9952	129.9941	139.9926	149.9902	159.988	169.9864	179.5272
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.#IND	6.11	3.0338	1.9616	1.3935	1.1026	0.9322	0.7534	0.5329	0.4728

Equilibrium Analysis

Displacement t	614.8
Heel deg	0
Draft at FP m	0.773
Draft at AP m	1
Draft at LCF m	0.885
Trim (+ve by stern) m	0.227
WL Length m	56.88
Beam max extents on WL m	12
Wetted Area m ²	795.178
Waterpl. Area m ²	682.597
Prismatic coeff. (Cp)	0.879
Block coeff. (Cb)	0.878
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.999
Waterpl. area coeff. (Cwp)	1
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	27.003
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	28.441
KB m	0.446
KG fluid m	5.27
BMt m	13.657
BML m	306.87
GMt corrected m	8.833
GML m	302.046
KMt m	14.102
KML m	307.313
Immersion (TPc) tonne/cm	6.997
MTc tonne.m	33.159
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	94.768
Max deck inclination deg	0.2328
Trim angle (+ve by stern) deg	0.2327

Large Angle Stability Criteria

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Value of GMt at	0.209	m	8.822	Pass	4121.05
GZ area between limits type 1 - standard	3.1513	m.deg	20.6035	Pass	553.82



Downflooding Angles

Key point	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)	38.4	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)	39.2	n/a

Condição de Carregamento 3

Item Name	Quantity	Unit Mass (t)	x (m)	y (m)	z (m)
lightweight	1	521.805	26.407	-0.287	4.269
shiploader	1	68	17.5	11	12.5
tombador	1	25	34.4	-2	6.5
Total		614.805	25.747	0.891	5.27

Large Angle Stability Analysis

Heel to Starboard deg	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ m	-2.59	-2.359	-0.891	0.603	0.915	0.623	0.152	-0.42	-1.071	-1.75	-2.406
Area under GZ curve from 0 heel m.de	42.5219	17.0133	-1.6206	-0.7522	7.7106	15.6412	19.609	18.3419	10.9291	-3.1799	-23.9989
Displacement t	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.9	614.8	614.8	614.8
Draft at FP m	0.18	0.602	0.656	0.603	0.181	-0.509	-1.498	-3.001	-5.422	-9.99	-23.12
Draft at AP m	0.984	1.139	1.121	1.139	0.984	0.538	-0.193	-1.233	-2.789	-5.703	-14.112
Wetted Area m^2	606.42	743.505	794.325	743.581	606.673	560.22	544.239	544.593	546.636	547.678	548.622
Waterpl. Area m^2	462.118	629.009	680.975	629.049	462.119	399.222	371.896	338.635	303.686	279.848	266.989
Prismatic coeff. (Cp)	0.742	0.758	0.786	0.758	0.742	0.729	0.72	0.722	0.719	0.715	0.713
Block coeff. (Cb)	0.371	0.393	0.786	0.393	0.371	0.365	0.361	0.361	0.386	0.447	0.547
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	25.676	25.696	25.707	25.702	25.68	25.662	25.654	25.64	25.63	25.617	25.623
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	27.245	27.203	28.373	27.205	27.248	27.329	27.666	28.87	29.212	29.19	29.162
Max deck inclination deg	20.0143	10.0145	0.4757	10.0144	20.0143	30.013	40.0109	50.0099	60.0091	70.0071	80.0039
Trim angle (+ve by stern) deg	0.8224	0.5494	0.4757	0.5481	0.8213	1.0709	1.3349	1.8075	2.6922	4.3781	9.138

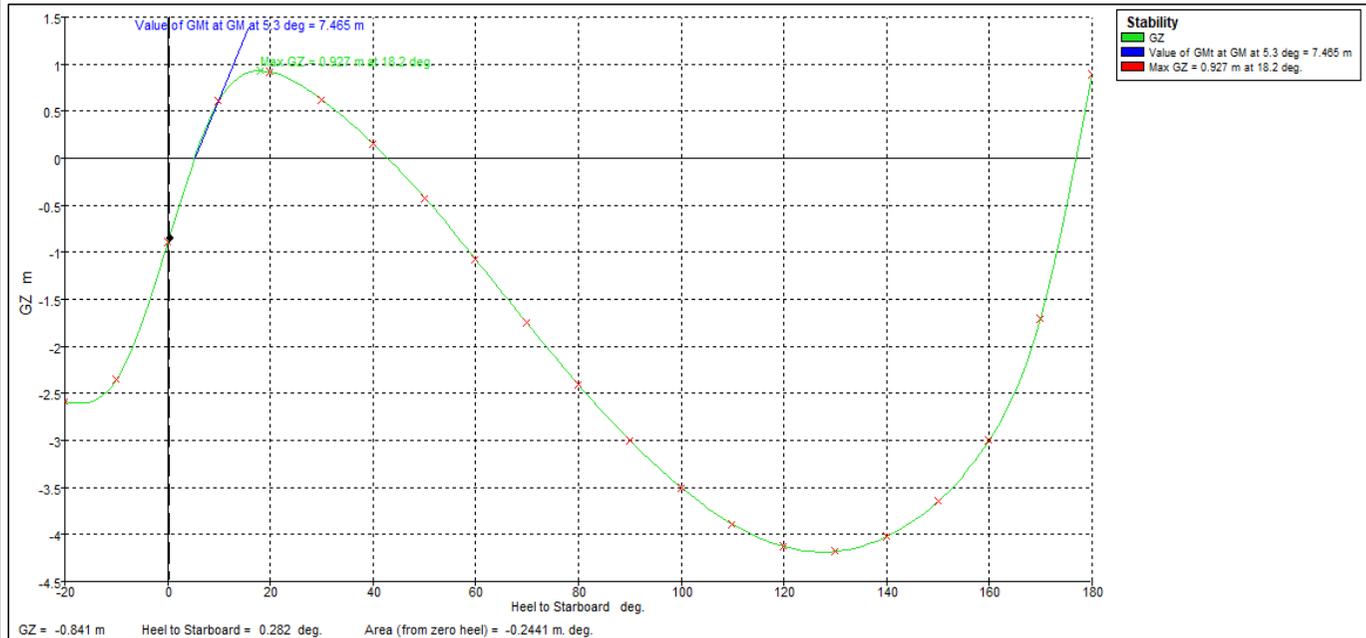
Heel to Starboard deg	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
GZ m	-3.002	-3.506	-3.892	-4.129	-4.181	-4.022	-3.647	-3.002	-1.703	0.891
Area under GZ curve from zero heel m.d	-51.1031	-83.7322	-120.8339	-161.0749	-202.7905	-243.983	-282.5111	-316.0415	-340.5125	-345.3265
Displacement t	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8	614.8
Draft at FP m	n/a	-27.803	-14.669	-10.109	-7.696	-6.2	-5.205	-4.499	-4.042	-3.973
Draft at AP m	n/a	-18.533	-10.125	-7.203	-5.641	-4.601	-3.874	-3.434	-3.293	-3.314
Wetted Area m^2	549.453	550.332	551.331	552.372	552.684	554.794	572.804	622.325	762.326	839.434
Waterpl. Area m^2	262.891	266.909	279.697	303.482	337.455	370.561	401.68	467.592	638.324	719.85
Prismatic coeff. (Cp)	0.711	0.71	0.709	0.707	0.704	0.694	0.69	0.689	0.69	0.702
Block coeff. (Cb)	0.712	0.63	0.562	0.5	0.441	0.378	0.345	0.345	0.368	0.702
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	25.635	25.647	25.672	25.696	25.713	25.732	25.75	25.761	25.764	25.761
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	29.13	29.1	29.078	29.068	28.701	27.666	27.478	27.594	27.898	29.914
Max deck inclination deg	90	99.9958	109.992	119.9889	129.9866	139.9837	149.979	159.9749	169.9719	179.3256
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.#IND	9.3999	4.6384	2.9707	2.1016	1.6359	1.3611	1.0895	0.766	0.6744

Equilibrium Analysis

Displacement t	614.8
Heel deg	5.8
Draft at FP m	0.648
Draft at AP m	1.125
Draft at LCF m	0.883
Trim (+ve by stern) m	0.476
WL Length m	57.42
Beam max extents on WL m	12.061
Wetted Area m ²	795.133
Waterpl. Area m ²	684.283
Prismatic coeff. (Cp)	0.774
Block coeff. (Cb)	0.503
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.65
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.988
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	25.707
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	28.368
KB m	0.523
KG fluid m	5.27
BMt m	13.858
BML m	306.117
GMt corrected m	9.086
GML m	301.346
KMt m	14.31
KML m	305.085
Immersion (TPc) tonne/cm	7.014
MTc tonne.m	33.083
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	97.492
Max deck inclination deg	5.7785
Trim angle (+ve by stern) deg	0.4874

Large Angle Stability Criteria

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Value of GMt at	0.209	m	7.465	Pass	3471.77
GZ area between limits type 1 - standard	3.1513	m.deg	8.3252	Pass	164.19



Downflooding Angles

Key point	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)	35.3	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)	36.2	n/a

Condição de Carregamento 4

Item Name	Quantity	Unit Mass (t)	x (m)	y (m)	z (m)
lightweight	1	521.805	26.407	-0.287	4.269
shiploader					
tombador	1	25	34.4	-2	6.5
Total		546.805	26.772	-0.366	4.371

Large Angle Stability Analysis

Heel to Starboard deg	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ m		-1.498	0.366	2.218	2.536	2.237	1.721	1.099	0.362	-0.453	-1.289
Area under GZ curve from 0 heel m.de		5.9007	0	13.8403	38.6628	62.7539	82.6659	96.8468	104.2415	103.8293	95.1172
Displacement t		546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8
Draft at FP m		0.611	0.67	0.611	0.192	-0.494	-1.48	-2.958	-5.363	-9.895	-22.93
Draft at AP m		0.916	0.909	0.916	0.664	0.135	-0.682	-1.909	-3.768	-7.257	-17.314
Wetted Area m^2		57.897	56.762	57.897	58.691	59.354	60.001	60.004	60.006	60.008	60.009
Waterpl. Area m^2		596.507	681.171	596.513	437.014	377.822	355.484	338.229	303.686	279.867	267.031
Prismatic coeff. (Cp)		0.834	0.862	0.834	0.816	0.801	0.788	0.787	0.782	0.778	0.775
Block coeff. (Cb)		0.417	0.862	0.417	0.408	0.401	0.361	0.362	0.397	0.467	0.581
LCB from zero pt. (+ve fwd) m		26.751	26.757	26.75	26.73	26.719	26.711	26.704	26.687	26.675	26.676
LCF from zero pt. (+ve fwd) m		27.67	28.382	27.67	27.793	27.897	27.997	28.869	29.221	29.206	29.186
Max deck inclination deg		10.0046	0.2445	10.0047	20.0049	30.0047	40.0041	50.0035	60.0034	70.0027	80.0015
Trim angle (+ve by stern) deg		0.3112	0.2445	0.3114	0.4826	0.6435	0.8162	1.0727	1.6316	2.6973	5.7267

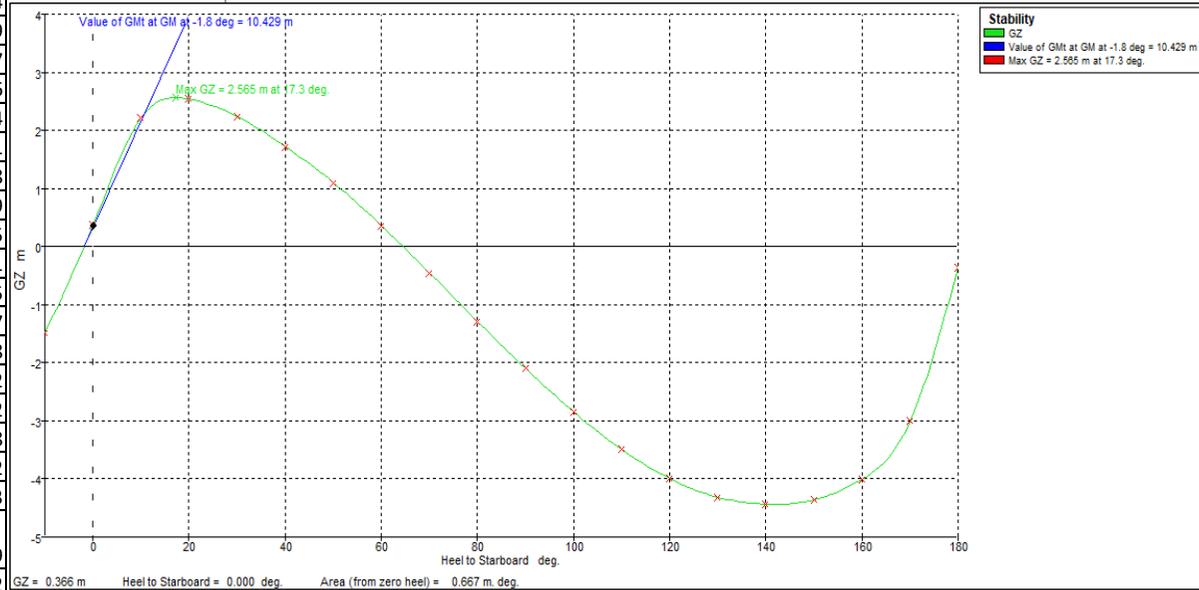
Heel to Starboard deg	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
GZ m	-2.1	-2.847	-3.493	-3.999	-4.318	-4.434	-4.361	-4.01	-3.01	-0.366
Area under GZ curve from zero heel m.d	78.1374	53.3352	21.5347	-16.0658	-57.8238	-101.7402	-145.9056	-188.0104	-224.2223	-242.0884
Displacement t	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.9
Draft at FP m	n/a	-27.638	-14.596	-10.067	-7.67	-6.2	-5.209	-4.502	-4.043	-3.966
Draft at AP m	n/a	-21.706	-11.655	-8.164	-6.301	-5.075	-4.261	-3.741	-3.508	-3.52
Wetted Area m^2	60.01	60.01	60.01	60.009	60.007	60.007	60.006	60.005	60.003	60.002
Waterpl. Area m^2	262.956	266.996	279.803	303.598	335.712	355.176	379.956	442.364	608.363	719.931
Prismatic coeff. (Cp)	0.771	0.769	0.767	0.764	0.76	0.75	0.748	0.747	0.746	0.756
Block coeff. (Cb)	0.771	0.666	0.582	0.509	0.44	0.375	0.374	0.374	0.373	0.756
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.671	26.68	26.694	26.71	26.726	26.734	26.746	26.763	26.766	26.775
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	29.165	29.144	29.128	29.12	28.674	27.913	28.022	28.138	28.264	29.94
Max deck inclination deg	90	99.9983	109.9966	119.9952	129.9941	139.9919	149.9893	159.9872	169.9856	179.5436
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.#IND	6.0462	3.007	1.9471	1.4005	1.1511	0.9698	0.7784	0.5479	0.4564

Equilibrium Analysis

Displacement t	546.8
Heel deg	-1.9
Draft at FP m	0.666
Draft at AP m	0.911
Draft at LCF m	0.786
Trim (+ve by stern) m	0.245
WL Length m	56.978
Beam max extents on WL m	12.006
Wetted Area m ²	784.084
Waterpl. Area m ²	684.129
Prismatic coeff. (Cp)	0.857
Block coeff. (Cb)	0.706
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.824
Waterpl. area coeff. (Cwp)	1
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.758
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	28.49
KB m	0.405
KG fluid m	4.371
BMt m	15.405
BML m	346.987
GMt corrected m	11.438
GML m	343.02
KMt m	15.802
KML m	347.208
Immersion (TPc) tonne/cm	7.012
MTc tonne.m	33.493
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	109.149
Max deck inclination deg	1.8692
Trim angle (+ve by stern) deg	0.2508

Large Angle Stability Criteria

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Value of GMt at	0.209	m	10.429	Pass	4889.95
GZ area between limits type 1 - standard	3.1513	m.deg	31.9	Pass	912.28



Downflooding Angles

Key point	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)	40.9	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)	41.9	n/a

Condição de Carregamento 5

Item Name	Quantity	Unit Mass (t)	x (m)	y (m)	z (m)
lightweight	1	521.805	26.407	-0.287	4.269
shiploader					
tombador	1	25	34.4	-2	12.5
Total		546.805	26.772	-0.366	4.645

Large Angle Stability Analysis

Heel to Starboard deg	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ m	-1.755	-1.45	0.366	2.171	2.443	2.1	1.544	0.889	0.125	-0.711	-1.559
Area under GZ curve from 0 heel m.de	23.3184	6.3502	0.6649	13.611	37.7216	60.6555	78.9957	91.2393	96.3897	93.4943	82.1358
Displacement t	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8
Draft at FP m	0.193	0.611	0.67	0.611	0.192	-0.495	-1.481	-2.958	-5.364	-9.896	-22.931
Draft at AP m	0.663	0.916	0.909	0.916	0.664	0.135	-0.682	-1.909	-3.767	-7.256	-17.313
Wetted Area m^2	58.693	57.897	56.762	57.897	58.691	59.353	60	60.004	60.006	60.008	60.009
Waterpl. Area m^2	437.031	596.517	681.168	596.511	437.011	377.813	355.481	338.217	303.686	279.867	267.031
Prismatic coeff. (Cp)	0.816	0.834	0.862	0.834	0.816	0.801	0.788	0.787	0.782	0.778	0.775
Block coeff. (Cb)	0.408	0.417	0.862	0.417	0.408	0.401	0.361	0.362	0.397	0.467	0.581
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.737	26.75	26.754	26.748	26.728	26.717	26.709	26.702	26.685	26.674	26.676
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	27.797	27.669	28.382	27.669	27.792	27.895	27.996	28.869	29.221	29.206	29.186
Max deck inclination deg	20.0049	10.0047	0.245	10.0047	20.0049	30.0047	40.0041	50.0035	60.0034	70.0027	80.0015
Trim angle (+ve by stern) deg	0.4807	0.3114	0.245	0.3117	0.4832	0.6443	0.8172	1.0738	1.633	2.6991	5.7286

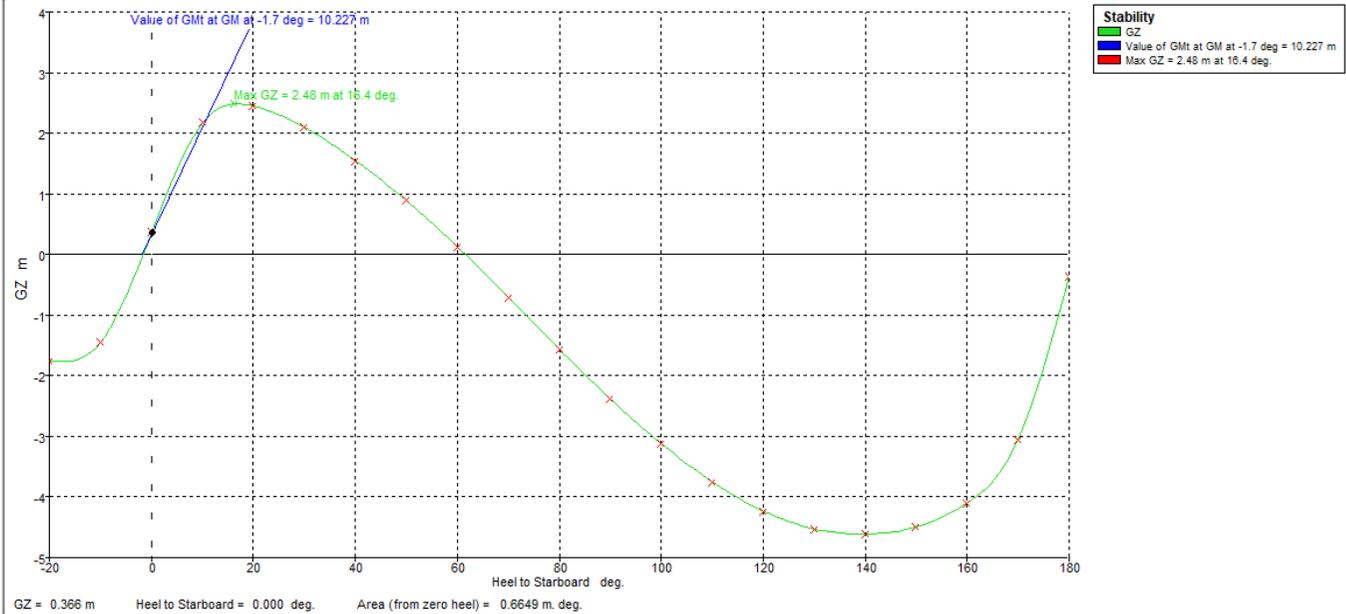
Heel to Starboard deg	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
GZ m	-2.374	-3.117	-3.751	-4.237	-4.528	-4.611	-4.498	-4.104	-3.058	-0.366
Area under GZ curve from zero heel m.c	62.4268	34.8953	0.4485	-39.6351	-83.6375	-129.4912	-175.2281	-218.4911	-255.4126	-273.5178
Displacement t	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.9
Draft at FP m	n/a	-27.637	-14.595	-10.067	-7.669	-6.2	-5.208	-4.502	-4.043	-3.966
Draft at AP m	n/a	-21.707	-11.656	-8.164	-6.301	-5.076	-4.261	-3.742	-3.508	-3.52
Wetted Area m^2	60.01	60.01	60.01	60.009	60.007	60.007	60.006	60.005	60.003	60.002
Waterpl. Area m^2	262.956	266.996	279.803	303.599	335.725	355.178	379.958	442.367	608.368	719.931
Prismatic coeff. (Cp)	0.771	0.769	0.767	0.764	0.76	0.75	0.749	0.748	0.746	0.756
Block coeff. (Cb)	0.771	0.666	0.582	0.509	0.44	0.375	0.374	0.374	0.373	0.756
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.671	26.681	26.696	26.712	26.729	26.737	26.75	26.766	26.769	26.777
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	29.165	29.144	29.128	29.121	28.674	27.914	28.024	28.14	28.266	29.94
Max deck inclination deg	90	99.9983	109.9966	119.9952	129.9941	139.9919	149.9894	159.9872	169.9856	179.5439
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.#IND	6.0442	3.0051	1.9454	1.3991	1.1498	0.9687	0.7775	0.5475	0.4561

Equilibrium Analysis

Displacement t	546.8
Heel deg	-1.9
Draft at FP m	0.666
Draft at AP m	0.911
Draft at LCF m	0.786
Trim (+ve by stern) m	0.245
WL Length m	56.978
Beam max extents on WL m	12.006
Wetted Area m ²	784.084
Waterpl. Area m ²	684.129
Prismatic coeff. (Cp)	0.857
Block coeff. (Cb)	0.706
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.824
Waterpl. area coeff. (Cwp)	1
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.758
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	28.49
KB m	0.405
KG fluid m	4.371
BMt m	15.405
BML m	346.987
GMt corrected m	11.438
GML m	343.02
KMt m	15.802
KML m	347.208
Immersion (TPc) tonne/cm	7.012
MTc tonne.m	33.493
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	109.149
Max deck inclination deg	1.8692
Trim angle (+ve by stern) deg	0.2508

Large Angle Stability Criteria

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Value of GMt at	0.209	m	10.22	Pass	4789.95
GZ area between limits type 1 - standard	3.1513	m.deg	29.05	Pass	821.84



Downflooding Angles

Key point	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)	40.9	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)	41.9	n/a

Condição de Carregamento 6

Item Name	Quantity	Unit Mass (t)	x (m)	y (m)	z (m)
lightweight	1	521.805	26.407	-0.287	4.269
shiploader					
tombador	1	25	34.4	-2	12.5
Total		546.805	26.772	-0.366	4.645

Large Angle Stability Analysis

Heel to Starboard deg	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ m	-2.303	-2.02	-0.229	1.57	1.873	1.578	1.085	0.498	-0.183	-0.922	-1.667
Area under GZ curve from 0 heel m.deg	34.7217	12.1719	-0.4157	7.6041	25.838	43.3038	56.7286	64.7142	66.3591	60.8631	47.9036
Displacement t	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8
Draft at FP m	0.086	0.536	0.606	0.536	0.086	-0.627	-1.637	-3.149	-5.625	-10.306	-23.784
Draft at AP m	0.767	0.988	0.974	0.988	0.767	0.265	-0.528	-1.707	-3.481	-6.806	-16.381
Wetted Area m^2	58.563	57.806	56.689	57.806	58.562	59.19	59.804	60.008	60.011	60.014	60.016
Waterpl. Area m^2	435.917	595.231	680.297	595.237	435.91	376.745	354.35	334.157	303.686	279.859	267.011
Prismatic coeff. (Cp)	0.762	0.777	0.805	0.777	0.762	0.749	0.737	0.737	0.734	0.731	0.728
Block coeff. (Cb)	0.381	0.389	0.805	0.389	0.381	0.374	0.345	0.348	0.375	0.441	0.547
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	25.947	25.964	25.972	25.965	25.946	25.926	25.921	25.91	25.891	25.887	25.884
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	27.369	27.253	28.345	27.253	27.368	27.46	27.553	28.597	29.215	29.195	29.17
Max deck inclination deg	20.0103	10.0103	0.376	10.0103	20.0103	30.0094	40.0079	50.0066	60.0061	70.0048	80.0027
Trim angle (+ve by stern) deg	0.6964	0.4634	0.376	0.4633	0.6967	0.9122	1.1346	1.4747	2.1924	3.5768	7.5314

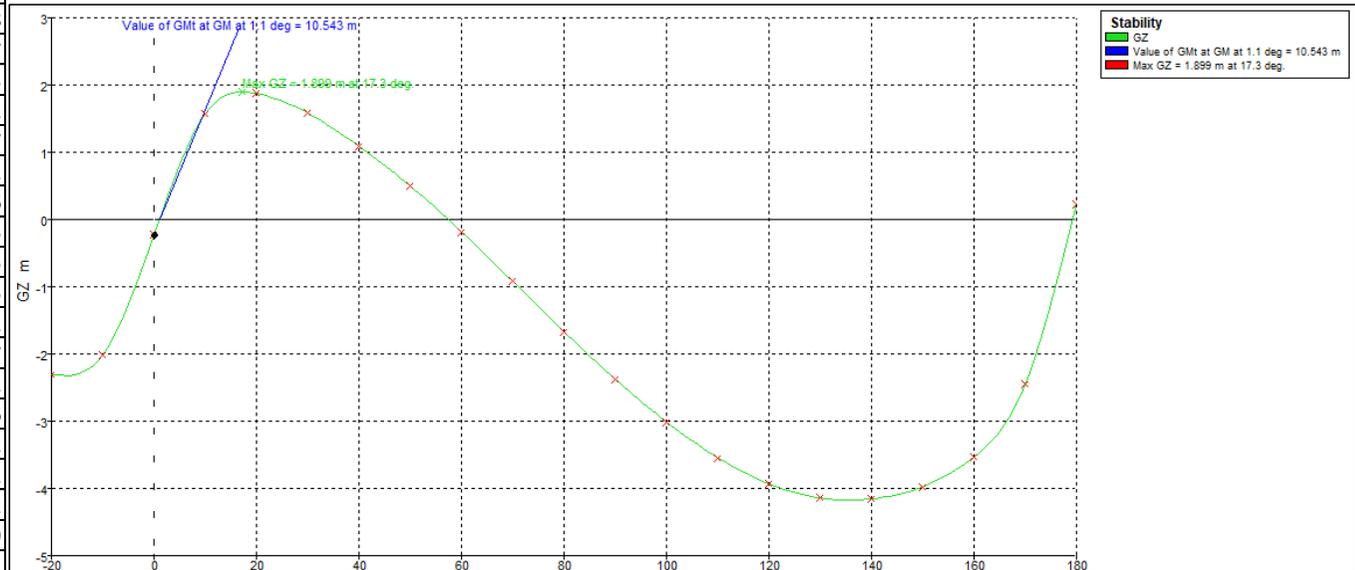
Heel to Starboard deg	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
GZ m	-2.376	-3.013	-3.544	-3.934	-4.142	-4.154	-3.977	-3.533	-2.45	0.229
Area under GZ curve from zero heel m.deg	27.6399	0.6177	-32.2728	-69.7983	-110.3384	-151.9717	-192.8129	-230.6081	-261.6089	-273.6744
Displacement t	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8	546.8
Draft at FP m	n/a	-28.485	-15.003	-10.323	-7.856	-6.346	-5.328	-4.596	-4.107	-4.016
Draft at AP m	n/a	-20.781	-11.21	-7.885	-6.105	-4.93	-4.142	-3.647	-3.443	-3.463
Wetted Area m^2	60.017	60.017	60.016	60.014	60.012	60.011	60.01	60.008	60.004	60.003
Waterpl. Area m^2	262.926	266.955	279.752	303.542	332.309	354.392	379.355	441.548	607.032	719.895
Prismatic coeff. (Cp)	0.725	0.723	0.721	0.719	0.714	0.704	0.703	0.702	0.701	0.715
Block coeff. (Cb)	0.725	0.631	0.555	0.488	0.425	0.36	0.351	0.351	0.351	0.715
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	25.888	25.895	25.915	25.934	25.954	25.969	25.984	25.997	26.003	26.005
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	29.143	29.116	29.097	29.088	28.45	27.547	27.626	27.738	27.86	29.926
Max deck inclination deg	90	99.9971	109.9944	119.9922	129.9903	139.9872	149.9833	159.9801	169.9779	179.4348
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.#IND	7.833	3.8757	2.493	1.7905	1.4489	1.213	0.9703	0.6796	0.5652

Equilibrium Analysis

Displacement t	546.8
Heel deg	1.2
Draft at FP m	0.604
Draft at AP m	0.975
Draft at LCF m	0.787
Trim (+ve by stern) m	0.37
WL Length m	56.828
Beam max extents on WL m	12.003
Wetted Area m ²	783.138
Waterpl. Area m ²	682.117
Prismatic coeff. (Cp)	0.803
Block coeff. (Cb)	0.712
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.887
Waterpl. area coeff. (Cwp)	1
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	25.976
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	28.415
KB m	0.405
KG fluid m	4.645
BMt m	15.351
BML m	344.147
GMt corrected m	11.11
GML m	339.906
KMt m	15.752
KML m	344.471
Immersion (TPc) tonne/cm	6.992
MTC tonne.m	33.189
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	106.018
Max deck inclination deg	1.247
Trim angle (+ve by stern) deg	0.379

Large Angle Stability Criteria

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Value of GMt at	0.209	m	10.54	Pass	4943.06
GZ area between limits type 1 - standard	3.1513	m.deg	20.8	Pass	560.05



Downflooding Angles

Key point	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)	39.1	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)	39.9	n/a

Condição de Carregamento 7

Item Name	Quantity	Unit Mass (t)	x (m)	y (m)	z (m)
lightweight	1	521.805	26.407	-0.287	4.269
shiploader					
tombador					
Total		521.805	26.407	-0.287	4.269

Large Angle Stability Analysis

Heel to Starboard deg	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ m	-1.998	-1.662	0.287	2.228	2.538	2.242	1.732	1.121	0.408	-0.386	-1.203
Area under GZ curve from 0 heel m.deg	27.1662	7.865	0.5226	13.5709	38.4883	62.5919	82.5884	96.9306	104.6599	104.8148	96.8715
Displacement t	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8
Draft at FP m	0.091	0.539	0.611	0.539	0.091	-0.621	-1.631	-3.134	-5.603	-10.275	-23.714
Draft at AP m	0.644	0.903	0.896	0.903	0.644	0.11	-0.713	-1.955	-3.842	-7.373	-17.558
Wetted Area m^2	58.573	57.813	56.695	57.812	58.573	59.205	59.823	60.005	60.007	60.009	60.011
Waterpl. Area m^2	426.315	582.031	680.368	582.027	426.298	368.47	346.619	333.33	303.686	279.865	267.025
Prismatic coeff. (Cp)	0.791	0.807	0.835	0.807	0.791	0.777	0.765	0.763	0.759	0.755	0.752
Block coeff. (Cb)	0.396	0.404	0.835	0.404	0.395	0.389	0.349	0.348	0.379	0.447	0.56
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.369	26.382	26.387	26.38	26.364	26.346	26.337	26.332	26.314	26.3	26.303
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	27.588	27.467	28.348	27.467	27.586	27.679	27.774	28.576	29.218	29.202	29.18
Max deck inclination deg	20.0068	10.0067	0.2913	10.0067	20.0068	30.0064	40.0054	50.0044	60.0041	70.0033	80.0018
Trim angle (+ve by stern) deg	0.5656	0.3727	0.2913	0.373	0.5668	0.7487	0.9396	1.2057	1.8004	2.966	6.2732

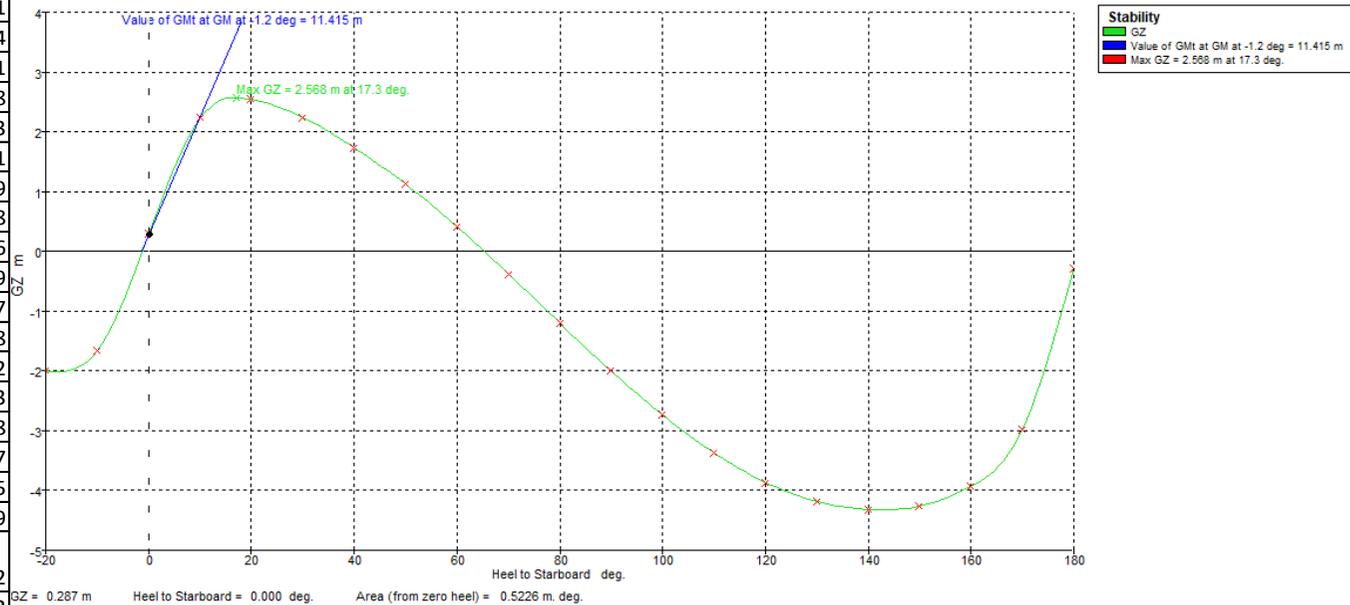
Heel to Starboard deg	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
GZ m	-1.999	-2.734	-3.371	-3.87	-4.188	-4.317	-4.265	-3.941	-2.98	-0.287
Area under GZ curve from zero heel m.deg	80.828	57.0979	26.4753	-9.8646	-50.3134	-92.979	-136.0765	-177.3349	-213.0908	-230.4787
Displacement t	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8	521.8
Draft at FP m	n/a	-28.423	-14.976	-10.307	-7.847	-6.347	-5.329	-4.597	-4.108	-4.013
Draft at AP m	n/a	-21.95	-11.773	-8.238	-6.347	-5.109	-4.29	-3.765	-3.525	-3.539
Wetted Area m^2	60.012	60.012	60.011	60.01	60.009	60.009	60.008	60.006	60.003	60.002
Waterpl. Area m^2	262.948	266.985	279.789	303.583	330.906	346.937	371.033	431.881	593.799	719.922
Prismatic coeff. (Cp)	0.749	0.746	0.744	0.741	0.736	0.727	0.726	0.725	0.724	0.736
Block coeff. (Cb)	0.749	0.645	0.562	0.491	0.424	0.364	0.363	0.362	0.362	0.736
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.302	26.306	26.322	26.339	26.355	26.369	26.382	26.395	26.407	26.408
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	29.156	29.133	29.116	29.108	28.424	27.741	27.844	27.955	28.078	29.936
Max deck inclination deg	90	99.998	109.996	119.9944	129.9929	139.9902	149.9872	159.9847	169.983	179.515
Trim angle (+ve by stern) deg	-1.#IND	6.5936	3.2736	2.1152	1.5345	1.2663	1.0627	0.8512	0.5958	0.485

Equilibrium Analysis

Displacement t	521.8
Heel deg	-1.4
Draft at FP m	0.609
Draft at AP m	0.897
Draft at LCF m	0.751
Trim (+ve by stern) m	0.289
WL Length m	56.854
Beam max extents on WL m	12.003
Wetted Area m^2	778.271
Waterpl. Area m^2	682.474
Prismatic coeff. (Cp)	0.831
Block coeff. (Cb)	0.718
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.863
Waterpl. area coeff. (Cwp)	1
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26.389
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	28.428
KB m	0.386
KG fluid m	4.269
BMt m	16.097
BML m	361.158
GMt corrected m	12.212
GML m	357.273
KMt m	16.478
KML m	361.437
Immersion (TPc) tonne/cm	6.995
MTc tonne.m	33.29
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	111.212
Max deck inclination deg	1.392
Trim angle (+ve by stern) deg	0.2953

Large Angle Stability Criteria

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
Value of GMt at	0.209	m	11.41	Pass	5359.33
GZ area between limits type 1 - standard	3.1513	m.deg	31.69	Pass	905.62



Downflooding Angles

Key point	Immersion angle deg	Emergence angle deg
Margin Line (immersion pos = 0 m)	41.4	n/a
Deck Edge (immersion pos = 0 m)	42.3	n/a

Apêndice 3 – Cálculos Comparativos de Transporte (por Tonelada)

Comparativo										
Cenário Base										
	Unidade	Opção 1 (Sinop-Santos, por rodovia)+(Santos-Shanghai)			Opção 2 (Sinop-Santarem, por rodovia)+(Santarem-Shanghai)			Opção 3 (Sinop-Santarem, por hidrovia)+(Santarem-Shanghai)		
		Distancia	Custo unit.	Custo total (R\$/T)	Distancia	Custo unit.	Custo total (R\$/T)	Distancia	Custo unit.	Custo total (R\$/T)
Transporte rodoviário	km	2.145		2 307,42	1.303		4 182,17			
Transporte marítimo	mn	1 11.031		3 88,90	11669		5 101,70	6 11.669		7 101,70
Transbordo MOOVDOCK	vb			-00			-00	1	R\$ 7,32	R\$ 7,32
Transporte Fluvial	km			-00			-00	1.600	8 0,06	R\$ 96,00
TOTAL/T				R\$ 396,33		R\$ 283,87				R\$ 205,03
				88,94 €		63,70 €				46,01 €
				100,00%		71,63%				51,73%
Produção Soja projetada (2018/2019) (Ton)	Custo de transporte projetado	2.890.421.788,24 €			2.070.307.119,13 €			1.495.256.952,70 €		
32.500.000	Potencial redução custos anual	-00			820.114.669,12 €			1.395.164.835,55 €		
Produção Moovdock (T/ano)	3.105.000							133.291.901,98 €		

1	https://www.portosenavios.com.br/noticias/navegacao-e-marinha/alternativas-para-a-rota-brasil-asia-636
2	https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf
3	https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf
4	https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf
5	https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf
6	fonte: google earth (rota aproximada)
7	https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil4thQuarter2017.pdf
8	Fonte: EVTEA TAPAJÓS TELES PIRES

Apêndice 4 – Cálculos de Capacidade Operacional do *Moovdock*

Período Operacional:

12	meses, sendo:			
7,2	meses operando	60,00%	216	dias
4,8	meses em deslocamento / manutenção / entre-safra	40,00%	144	dias

Capacidade operacional MOOVDOCK:		
Capacidade shiploader	1200	T/h
Capacidade tombador de caminhões	900	T/h
Capacidade barcaça	1500	T
Comboio Tipo	9	barcaças
	13500	T
Tempo carga (considera 50% tempo extra p/manobra das barcaças)	1,67	h / 1 barcaça
	22,5	h / 1 comboio
Tempo operacional / ano	216	dias
Capacidade operacional / ano	22,5	h/1 comboio
	230,4	comboios / ano
	230	comboios / ano
	3.105.000	T/ano

Limitador operacional da hidrovía (ref. ao gargalo nas eclusas, que define o número máximo de comboios que poderão ser transportados ao dia)		
tempo médio de eclusagem	0,7	h / comboio
	34,29	comboios/dia

fonte PNUD

Apêndice 5 – Cálculos de Implantação do *Moovdock* e Definição de Preço de Carregamento

		Capex (Capital Expenditure)		Opex (Operational Expenditure)	
		R\$	€	R\$	€
1	<u>Barcaça 1500 Ton</u>				
	Custo de aquisição	-00	-00		
	Quantidade	0	0		
	Total	-00	-00		
	Depreciação estimada (anos)	20	20		
	Manutenção (% da depreciação anual)			3%	3%
	Custo anual			-00	-00
					-00
2	<u>Moovdock</u>				
2.1	Embarcação principal	2.649.600,00	594.573,97		
	Equipamentos auxiliares de convés / ferramentas				
2.2	container 20'	25.000,00	5.610,04		
2.3	instalações sanitarias	75.000,00	16.830,11		
2.4	instalações eletricas e iluminação	350.000,00	78.540,49		
2.5	compressor	1.000,00	224,40		
2.6	gerador diesel principal 150kw	150.000,00	33.660,21		
2.7	gerador diesel auxiliar	35.000,00	7.854,05		
2.8	Guinchos (4 un)	1.120.000,00	251.329,58		
2.9	Molinetes (4un)	1.800.000,00	403.922,54		
2.10	rampa de acesso	138.000,00	30.967,39		
2.11	máquina solda	3.000,00	673,20		
2.12	defensas	220.000,00	49.368,31		
2.13	salvagem	13.500,00	3.029,42		
2.14	miscelâneas (10%)	393.050,00	88.200,97		
2.15	Depreciação estimada (anos) = Valor anual	20	20		-00
2.16	Manutenção (% do valor aquisição / ano)			10%	10%
				697.315,00	156.478,47
	Custo Total Anual			697.315,00	156.478,47

(*) nota: Taxa de câmbio adotada = dez/2018

2.1	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
2.2	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1506497690-container-maritimo-20dry-novo-6-metros- JM#position=11&search_layout=stack&type=item&tracking_id=a81413e7-d43e-40e5-
2.3	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
2.4	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
2.5	https://www.mercadolivre.com.br/compressor-de-ar-mini-eletrico-portatil-motomil-cmi-50ad-monofasica-220v-60hz/p/MLB15385396#searchVariation=MLB15385396&position=8&search_layout=stack&type=product&tracking_id=d261540b-4e84-43e1-b563-83eb5c682a30
2.6	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
2.7	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1719692145-gerador-energia-a-diesel-trifasico-toyama-26l-794-cc-4t- JM#position=12&search_layout=stack&type=item&tracking_id=4191fb2d-
2.8	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
2.9	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
2.10	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
2.11	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1605831278-maquina-de-solda-vulcano-mig-208m-com-tocha-3m-220v-balmer- JM#position=42&search_layout=stack&type=item&tracking_id=d00539d6-e81e-427b-a892-
2.12	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
2.13	https://loja.flexprin.com.br/produto/balsa-salva-vidas-classe-2-12-pessoas-angevinier/
2.14	premissa do autor
2.15	premissa do autor
2.16	premissa do autor

(*) nota: Taxa de câmbio adotada = dez/2018

		Capex (Capital Expenditure)		Opex (Operational Expenditure)	
		R\$	€	R\$	€
3	Infraestruturas na margem				
3.1	poitas	480.000,00	107.712,68		
3.2	cabos amarração	240.000,00	53.856,34		
3.3	outros	36.000,00	8.078,45		
3.4	Depreciação estimada (anos) = Valor anual	20	20		
3.5	Manutenção (% do valor aquisição / ano)			5% 37.800,00	5% 8.482,37
Custo Total Anual					

4	Carregador de embarcações				
4.1	Custo de aquisição	5.000.000,00	1.122.007,05		
4.2	Depreciação estimada (anos)	20	20		
4.3	Manutenção (% da depreciação anual)			10%	10%
Custo anual				500.000,00	112.200,70

3.1	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
3.2	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
3.3	premissa do autor: 5% dos itens [3.1] + [3.2]
3.4	premissa do autor
3.5	premissa do autor

4.1	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
4.2	premissa do autor
4.3	premissa do autor

(*) nota: Taxa de câmbio adotada = dez/2018

		Capex (Capital Expenditure)		Opex (Operational Expenditure)	
		R\$	€	R\$	€
5	<u>Tombador de caminhões</u>				
5.1	Custo de aquisição	5.000.000,00	1.122.007,05		
5.2	Depreciação estimada (anos)	20	20		
5.3	Manutenção (% da depreciação anual)			10%	10%
Custo anual				500.000,00	112.200,70

6	<u>Guindastes de convés</u>				
6.1	Custo de aquisição	1.250.000,00	280.501,76		
6.2	Depreciação estimada (anos)	20	20		
6.3	Manutenção (% da depreciação anual)			10%	10%
Custo anual				125.000,00	28.050,18

7	<u>Empurrador</u>				
7.1	Custo de aquisição	-00	-00		
7.2	Depreciação estimada (anos)	20	20		
7.3	Manutenção (% da depreciação anual)			5%	5%
Custo anual				-00	-00

	SUBTOTAL	R\$ 18.979.150,00	4.258.948,01 €	R\$ 1.860.115,00	417.412,43 €
--	-----------------	--------------------------	-----------------------	-------------------------	---------------------

5.1	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
5.2	premissa do autor
5.3	premissa do autor

6.1	Fonte: EASA - Estaleiros Amazonia S.A. (Rodovia Artur Bernardes, 6331 - km15, CEP 66825-000, Belém, PA - Brasil , out.2020
6.2	premissa do autor
6.3	premissa do autor

7.1	Nota: não aplicável
7.2	Nota: não aplicável
7.3	Nota: não aplicável

(*) nota: Taxa de câmbio adotada = dez/2018

				Capex (Capital Expenditure)		Opex (Operational Expenditure)	
				R\$	€	R\$	€
8	<u>Outros custos</u>						
8.1	estudos de viabilidade detalhados, atividades preliminares, procurement			569.374,50	127.768,44		
8.2	licenças ambientais			189.791,50	42.589,48		
8.3	mobilização			948.957,50	212.947,40		
8.4	certificações					94.895,75	21.294,74
8.5	inspeções					94.895,75	21.294,74
8.6	treinamento					4.239,46	951,34
8.7	seguro					284.687,25	63.884,22

8.1	3%	do investimento	premissa do autor
8.2	1%	do investimento	premissa do autor
8.3	5%	do investimento	premissa do autor
8.4	0,5%	do investimento	premissa do autor
8.5	0,5%	do investimento	premissa do autor
8.6	5%	do custo mensal com tripulação	premissa do autor
8.7	1,5%	do investimento / ano	premissa do autor

				Opex (Operational Expenditure)	
				R\$	€
9	<u>Tripulação:</u>				
9.1	Tripulantes:		7		
	<i>operador guindaste/carreg.caminh./t ombador</i>		3		
	<i>mecânico</i>		1		
	<i>aux.convés</i>		2		
	<i>Mestre</i>		1		
9.2	Salário mensal tripulação			16.795,60	3.768,96
9.3	Percentual revezamento tripulação (%)			50	
9.4	Encargos sociais (%)			133,66	
9.5	custo diário de alimentação (\$/dia/trupulante)			15,00	3,37
9.6	Custo mensal tripulação			84.789,20	19.026,82
9.1	Fonte: PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 'Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil - Elaboração de ferramenta de simulação / PHE 2013				
9.2	Fonte: PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 'Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil - Elaboração de ferramenta de simulação / PHE 2013				
9.3	Fonte: PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 'Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil - Elaboração de ferramenta de simulação / PHE 2013				
9.4	Fonte: PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 'Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil - Elaboração de ferramenta de simulação / PHE 2013				
9.5	Fonte: PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 'Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil - Elaboração de ferramenta de simulação / PHE 2013				
9.6	Fonte: PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 'Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil - Elaboração de ferramenta de simulação / PHE 2013				

(*) nota: Taxa de câmbio adotada = dez/2018

		Opex (Operational Expenditure)	
		R\$	€
10	Combustíveis e lubrificantes:		
10.1	Consumo L / 1Ton / 1000km (para comboio típico 6.000T)	5	
10.2	Extrapolação p/ comboio (3x3 * 1500T) = 13,500T	11,25	
10.3	Potencia estimada (hp)	750	
10.4	Consumo (kg/hp/h)	0,17	
10.5	Peso específico combustível (kg/l)	0,85	
10.6	Consumo (l/h)	108,375	
10.7	Custo médio Diesel estado MT (base Dez/18)	3,58	0,80

10.1	Parâmetro ANTAQ
10.2	Cálculo do autor
10.3	Parâmetro PHE 2013 / PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 'Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil - Elaboração de ferramenta de simulação (empuradores em operação no Tapajós)
10.4	Parâmetro PHE 2013
10.5	Parâmetro PHE 2013
10.6	Cálculo do autor
10.7	Fonte: ANP - agência nacional do petróleo

		Opex (Operational Expenditure)	
		R\$	€
11	Produtividade MOOVDOKK	216 Dias ano	5184 h/ano
11.1	Tempo Operando	98,0%	
11.2	Consumo Operando (\$/h)	388,27	
11.3	Consumo Operando (\$/mês)	164.377,27	36.886,49
11.4	Tempo Parada Técnica Operação	2,0%	
11.5	Consumo parado (\$/h)	77,65	
11.6	Consumo parado (\$/mês)	670,93	150,56
11	Base: 60% do ano em regime de operação (ou seja, desconsidera entre-safra, deslocamentos e manutenção)		
11.1	<u>Horas operacionais:</u> Considera 24 dias trabalhados por mês, com 3 turnos de 8h, descontando 2h de paradas por turno para troca de equipe, refeições, abastecimento e lubrificação. Considera 6 dias por mês para folgas e manutenção programada. <u>Horas não-operacionais:</u> ~8h de parada técnica (eventuais paradas de manutenção não programada) = 2% das horas operacionais		
11.2	[10.6] x [10.7]		
11.3	[horas operacionais por mês] x [11.2]		
11.4	[horas não-operacionais por mês]		
11.5	[horas não-operacionais por mês] x ([11.2] x 20%)		
11.6	[11.5] x [11.4]		

(*) nota: Taxa de câmbio adotada = dez/2018

		Opex (Operational Expenditure)	
		R\$	€
12	Consumo Lubrificantes		
12.1	Potencia estimada (hp)	750	
12.2	Consumo (kg/hp/h)	0,04	
12.3	Peso específico lubrificante (kg/l)	0,9	
12.4	Custo médio (l) lubrificante estado MT (base Dez/18)	8,26	
12.5	Consumo (l/h)		
12.6	Operando	33,33	
12.7	Parado	6,67	
12.8	Custo total consumo lubrificantes (\$/mês)	117.000,17	26.255,00
12.1	Parâmetro PHE 2013 / PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 'Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil - Elaboração de ferramenta de simulação		
12.2	Parâmetro PHE 2013 / PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 'Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil - Elaboração de ferramenta de simulação		
12.3	Parâmetro PHE 2013 / PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - 'Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil - Elaboração de ferramenta de simulação		
12.4	[valor Litro lubrificante], calculado base ANP e PNUD		
12.6	[12.1]x[12.2] / [12.3]		
12.7	20% do consumo operando		
12.8	[12.6 x 12.4 x 11.1] + [12.7 x 12.4 x 11.4]		

(*) nota: Taxa de câmbio adotada = dez/2018

		Opex (Operational Expenditure)	
		R\$	€
13	Custo docagem anual		
13.1	Embarcação principal / ano	132.480,00	29.728,70
13.2	Embarcação principal / mês	11.040,00	2.477,39
14	Custos Administrativos adicionais		
14.1	Total despesas OPEX anuais (diluidas por 12 meses)	194.902,77	
14.2	Total despesas OPEX mensais	377.877,56	
14.3	administração central e custos indiretos	343.668,20	
14.4	marketing	91.644,85	
14.5	comunicação	91.644,85	

13.1	Docagem anual = 5% do valor do equipamento, referente a custos de estaleiro e reparos necessários
13.2	[13.1] / 12 meses

14.1	Subtotal [1]a[7] + [8.4]+[8.5]+[8.6]+[8.7]
14.2	[9.6]+[11.3]+[11.6]+[12.8]+[13.2]
14.3	60% do OPEX = ([14.1]+[14.2]) x 60% Premissa do autor
14.4	10% do OPEX = ([14.1]+[14.2]) x 10% Premissa do autor
14.5	10% do OPEX = ([14.1]+[14.2]) x 10% Premissa do autor

RESUMO DOS CÁLCULOS DE CUSTOS DE INVESTIMENTO (CAPEX) E CUSTOS OPERACIONAIS (OPEX)
RESUMO DA DEFINIÇÃO DO PREÇO DE CARREGAMENTO

(*) nota: Taxa de câmbio adotada = dez/2018

TOTAL OPEX (mês)	R\$ 1.099.738,23	246.782,81 €
TOTAL OPEX (ano)	R\$ 13.196.858,72	2.961.393,69 €
Produtividade MOOVDOCK (T/ano)	3.105.000	
OPEX / T	R\$ 4,25	0,95 €

TOTAL CAPEX	R\$ 20.687.273,50	4.642.253,33 €
DEPRECIÇÃO: Custo Anual (aquisição / tempo depreciação)	R\$ 1.034.363,68	232.112,67 €
Depreciação + Retorno investimento (*)	R\$ 3.258.245,58	731.154,90 €
TOTAL	R\$ 4.292.609,25	963.267,57 €
20 anos		

15% (*) Retorno ao ano projetado

Capac.Operacional MOOVDOCK (comboios/ano)	230	230
T/comboio	13.500	13.500
T/ano	3.105.000	3.105.000

Custo Anual (aquisição / tempo depreciação) / (T transportada)	R\$ 1,38	0,31 €
--	-----------------	---------------

TOTAL CUSTO / T (CAPEX + OPEX)	R\$ 5,63	1,26 €
---------------------------------------	-----------------	---------------

Valor de venda projetado (T/carregada pelo MOOVDOCK)	R\$ 7,32	1,64 €
--	-----------------	---------------

30% margem lucro adotada