

**ESTUDO DOS CUSTOS DO
TRANSPORTE HIDROVIÁRIO
NO BRASIL**

**ELABORAÇÃO DE
FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO**

**RELATÓRIO 3: Resultados da FASE III.
Estudo de Casos.**

17/03/15

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

FOLHA DE CONTROLE DA DOCUMENTAÇÃO

Título do documento	
RELATÓRIO 3: Resultados da FASE III. Estudo de Casos.	
Código	Data
C-140273 P-140082	17/03/15
Edição	Realizado por
4	José Andrés Maroto
Tipo de documento	Revisado por
Documento técnico	M. Carmen Araujo
Nome do arquivo	20150317 ESTUDO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE HIDROVIÁRIO NO BRASIL_Relatório_Fase III
Endereço na pasta	P:\2014\140082\04_doc_soporte\II RELATÓRIO FASE III
Palavras chave	CUSTOS DE TRANSPORTE HIDROVIÁRIO BRASIL
Resumo do conteúdo	
Estudo de casos, análise do modelo de custos de transporte hidroviário e reformulação.	

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Índice de figuras

Figura 1.	Eclusa de Bariri na hidrovia do Tietê.....	16
Figura 2.	Transporte hidroviário de graneis sólidos agrícolas no Brasil (distribuição por hidrovia).....	17
Figura 3.	Comboio de contêineres no rio Madeira	18
Figura 4.	Transporte hidroviário de carga geral no Brasil (distribuição por hidrovia)	19
Figura 5.	Vista aérea das instalações do Porto Organizado de Porto Velho	24
Figura 6.	Vista geral da cidade e o porto de Porto Velho	25
Figura 7.	Localização dos terminais do complexo portuário de Porto Velho	26
Figura 8.	Acessos viários ao Porto Organizado de Porto Velho	28
Figura 9.	Vias de circulação interna Porto Organizado de Porto Velho	28
Figura 10.	Vista aérea do TUP de Cargill em Porto Velho	29
Figura 11.	Vista aérea dos TUP de Passarão e Belmont em Porto Velho	30
Figura 12.	Imagem de guindastes do Porto Organizado de Porto Velho	30
Figura 13.	Rampas “Charriot” do Porto Organizado de Porto Velho	31
Figura 14.	Carregador de graneis do Porto Organizado de Porto Velho	31
Figura 15.	Guindaste móvel do Porto Organizado de Porto Velho	31
Figura 16.	Carregador do Porto Organizado de Porto Velho	32
Figura 17.	Empilhadeiras elevadoras no Porto Organizado de Porto Velho	32
Figura 18.	Empilhadeira elevadora no TUP Passarão.....	32
Figura 19.	Zoneamento do Porto Organizado de Porto Velho.....	33
Figura 20.	Imagens dos armazéns do Porto Organizado de Porto Velho	33
Figura 21.	Imagem do pátio dos guindastes do Porto Organizado de Porto Velho.....	34
Figura 22.	Tombadores da Hermasa em Porto Velho	34
Figura 23.	Imagem aérea do Terminal da Hermasa e do Cais Flutuante do Porto Organizado de Porto Velho	35
Figura 24.	Prédio Administrativo do TUP Passarão em Porto Velho.	35
Figura 25.	Armazém do TUP Passarão em Porto Velho	36
Figura 26.	Localização e acessos do Novo Complexo Portuário projetado para Porto Velho	39
Figura 27.	Imagem aérea do terminal de Itacoatiara	39
Figura 28.	Acessos viários ao terminal de Itacoatiara.....	40
Figura 29.	Vista aérea dos acessos rodoviários ao terminal de Itacoatiara.....	41
Figura 30.	Imagem do cais flutuante do terminal de Itacoatiara.....	41
Figura 31.	Operação de descarga de barça graneleira no terminal de Itacoatiara	42
Figura 32.	Imagem de Armazéns de grãos e tanques de óleo de soja	43
Figura 33.	Imagem Aérea do Terminal de Itacoatiara	43
Figura 34.	Foto aérea do Porto de Manaus	44
Figura 35.	Complexo portuário de Manaus	45
Figura 36.	Terminais RONAV, Chibatão II e J.F. Oliveira em Manaus.....	46
Figura 37.	Acessos rodoviários ao porto de Manaus	47
Figura 38.	Detalhe dos acessos rodoviários oeste e leste ao porto de Manaus	48
Figura 39.	Acessos rodoviários aos ETC RONAV, TUP Chibatão II e TUP J.F. Oliveira.	48
Figura 40.	Cais Roadway – Porto Público de Manaus	49
Figura 41.	Cais das Torres – Porto Público de Manaus	49

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Figura 42.	Sistema Logístico intermodal de Pederneiras. Hidrovia do Tietê.	53
Figura 43.	Esquema do Sistema Logístico Intermodal de Pederneiras	53
Figura 44.	Terminal da Torque/Caramuru em Pederneiras	54
Figura 45.	Terminal da LDC em Pederneiras	54
Figura 46.	Imagens dos TUP do complexo portuário de São Simão	58
Figura 47.	Esquema do transporte de etanol pela hidrovia Tietê-Paraná	62
Figura 48.	Esquema da logística de transporte de etanol pela hidrovia Tietê-Paraná	63
Figura 49.	Vista aérea do terminal intermodal de Anhembi da Torque e da área de localização do terminal da TRANSPETRO	64
Figura 50.	Imagem da maquete da unidade da Logum Petrobrás em Anhembi (SP)	66
Figura 51.	Mapa multimodal da área de influência da Hidrovia do Madeira	67
Figura 52.	Investimentos e custos de manutenção do canal de navegação avaliados no EVTEA do rio Madeira	69
Figura 53.	Esquema da Hidrovia Tietê-Paraná	70
Figura 54.	Esquema das restrições de navegação na Hidrovia Tietê-Paraná.....	71
Figura 55.	Imagem das intervenções previstas para a ampliação de vãos em pontes.	74
Figura 56.	Intervenções previstas em pontes na Hidrovia Tietê.....	74
Figura 57.	Intervenções previstas em canais na Hidrovia Tietê.....	75
Figura 58.	Mapa esquemático da hidrovia Paraná- Tietê	76
Figura 59.	Imagem da entrada de um comboio na eclusa de Ibatinga	77
Figura 60.	Imagens da Eclusa de Nova Avanhandava no Tietê	79
Figura 61.	Imagem de dois comboios em cruzamento no canal intermediário entre as duas eclusas de Nova Avanhandava	79
Figura 62.	Imagem aérea da Eclusa de Promissão e do canal de navegação	80
Figura 63.	Imagens da Eclusa de Promissão.....	81
Figura 64.	Imagens da Eclusa de Ibatinga no Tietê	81
Figura 65.	Imagem aérea da Eclusa de Bariri e do canal de navegação	82
Figura 66.	Imagens da Eclusa de Bariri no Tietê	82
Figura 67.	Imagens da Eclusa de Barra Bonita no Tietê	83
Figura 68.	Valores das embarcações de referência do FMM.....	85
Figura 69.	Imagem de comboio graneleiro no Madeira	86
Figura 70.	Imagem de comboio de transporte Ro-Ro na Região Hidrográfica do Amazonas	89
Figura 71.	Embarcações registradas na hidrovia do Tietê	90
Figura 72.	Imagem de comboio tipo doble Tietê navegando pela hidrovia	91
Figura 73.	Modelos dos comboios para o transporte de etanol.....	92
Figura 74.	Esquema da evolução da demanda por trajeto e tipo de carga	93
Figura 75.	Fatores Incrementais da demanda de transporte de carga na Bacia Amazônica	95
Figura 76.	Fatores Incrementais da demanda de transporte de carga na Bacia Paraná – Tietê.....	96
Figura 77.	Fatores Incrementais da demanda de transporte de carga Bacia Tocantins – Araguaia	97
Figura 78.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos totais por processos na temporada de chuvas	104
Figura 79.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Transporte na temporada de chuvas.....	104

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Figura 80.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Portuário na temporada de chuvas	104
Figura 81.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada de chuvas	105
Figura 82.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos totais por processos na temporada seca	105
Figura 83.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Transporte na temporada seca	106
Figura 84.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Portuário na temporada seca	106
Figura 85.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada seca	106
Figura 86.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Comparação dos custos unitários por processos, entre época seca e de chuvas.....	107
Figura 87.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Comparação dos custos unitários do Processo Transporte nos cenários de cheia e seca (centavos R\$/t*km).	108
Figura 88.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo do Processo Transporte (R\$) com relação à utilização anual da frota.....	110
Figura 89.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de Sensibilidade do Custo do Processo Transporte com relação à utilização da frota (R\$)	111
Figura 90.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo do Processo Transporte à velocidade do comboio	112
Figura 91.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo total (R\$) à distância	115
Figura 92.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade do custo do Processo Transporte com relação à distância (R\$)	116
Figura 93.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo unitário (R\$/t*km) à distância	117
Figura 94.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo (R\$) ao equipamento portuário	118
Figura 95.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos totais por processos na temporada de chuvas.....	122
Figura 96.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Transporte, na temporada de chuvas	123
Figura 97.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Portuário, na temporada de chuvas.....	123
Figura 98.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada de chuvas	123
Figura 99.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos totais por processos na temporada seca.....	124
Figura 100.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Transporte na temporada seca	124
Figura 101.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Portuário na temporada seca.....	125
Figura 102.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada seca	125

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 103.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Comparação dos custos unitários totais nas temporadas seca e de chuvas.....	125
Figura 104.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Comparação dos custos unitários no Processo Transporte nas temporadas seca e de chuvas (centavos R\$/t*km)	126
Figura 105.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira - Sensibilidade do custo total (R\$) do Processo Transporte com relação à utilização anual da frota	128
Figura 106.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo (R\$/viagem) à utilização da frota (horas anuais)	129
Figura 107.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira - Sensibilidade do Custo Total (R\$) do Processo Transporte à velocidade do comboio.....	130
Figura 108.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade do custo total (R\$) à distância	132
Figura 109.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira-Sensibilidade dos custos do Processo Transporte(R\$) à distância.....	132
Figura 110.	Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Análise da sensibilidade do custo unitário à distância (R\$/t*km)	133
Figura 111.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos totais por processos na temporada de chuvas	136
Figura 112.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Transporte na temporada de chuvas.....	136
Figura 113.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Eclusa na temporada de chuvas	136
Figura 114.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná: Resumo dos custos do Processo Portuário na temporada de chuvas	137
Figura 115.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada de chuvas	137
Figura 116.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná: Sensibilidade do custo do Processo Transporte (R\$) com relação à utilização anual da frota.....	138
Figura 117.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte (R\$/viagem) à utilização anual da frota (horas anuais)	139
Figura 118.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade do custo total do Processo Transporte (R\$) à velocidade do comboio	140
Figura 119.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade do custo total (R\$) à distância.....	142
Figura 120.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte (R\$)à distância.....	142
Figura 121.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná: Análise de sensibilidade do Custo Unitário à distância (R\$/t*km).....	143
Figura 122.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná: Sensibilidade do custo do Processo Transporte (R\$) com relação ao tempo médio no processo de eclusagem.....	145
Figura 123.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte(R\$) por tempo médio nos desmembramentos	146
Figura 124.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte(R\$) ao percentual de carga das barcasas.	147

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 125.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos totais (R\$) à capacidade de carga dos portos	148
Figura 126.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos totais por processos na temporada de chuvas	151
Figura 127.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Transporte, na temporada de chuvas	151
Figura 128.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Eclusa na temporada de chuvas.....	151
Figura 129.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Portuário na temporada de chuvas.....	152
Figura 130.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada de chuvas	152
Figura 131.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade do custo total do Processo Transporte (R\$) à utilização anual da frota	153
Figura 132.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade do custo (R\$/viagem) à utilização da frota (horas anuais)	154
Figura 133.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade do Custo Total do Processo Transporte (R\$) à velocidade do comboio.....	154
Figura 134.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade do custo total (R\$) à distância.....	156
Figura 135.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte (R\$) à distância	157
Figura 136.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos unitários à distância (R\$/t*km).....	157
Figura 137.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná: Sensibilidade do custo do Processo Transporte (R\$) com relação ao tempo médio no processo de eclusagem.....	158
Figura 138.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte(R\$) ao tempo médio nos desmembramentos	160
Figura 139.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte (centavos R\$/viagem) ao percentual de carga das barcas.....	160
Figura 140.	Comparação de custos de transporte por modal. Origem Oeste de Mato Grosso. Temporada de chuvas	172
Figura 141.	Comparação de custos de transporte por modal. Origem Oeste de Mato Grosso. Temporada seca	172
Figura 142.	Comparação de custos de transporte por modal. Origem Mato Grosso do Sul	175
Figura 143.	Plano das áreas de responsabilidade das Juntas de Água na Holanda	178
Figura 144.	Juntas de Águas na Holanda.....	179
Figura 145.	Milhões de toneladas transportadas na Holanda por modal de transporte	180
Figura 146.	Custo de transporte de um contêiner porta a porta em função da distância por modal de transporte na Holanda.....	180
Figura 147.	Hidrovias e portos interiores na Holanda	181
Figura 148.	Classificação europeia das hidrovias.....	182
Figura 150.	Vias interiores navegáveis na Holanda e principais portos.....	184
Figura 151.	Número de operações de eclusagem na Holanda em 2008	185

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Índice de Tabelas

Tabela 1.	Tráfegos analisados.....	19
Tabela 2.	Carga embarcada e desembarcada no Porto Organizado de Porto Velho. Toneladas anuais.....	26
Tabela 3.	Carga embarcada nos TUP de Belmont, Passarão e Cargill- Toneladas anuais.	27
Tabela 4.	Carga embarcada em Manaus com destino aos TUP de Belmont, Passarão. Toneladas anuais.....	27
Tabela 5.	Previsões de movimentação no Complexo Portuário de Porto Velho.....	38
Tabela 6.	Tráfego entre Porto Velho e Itacoatiara 2011-2013 (toneladas anuais).	40
Tabela 7.	Descrição de equipamentos de carga e descarga do terminal de Itacoatiara.....	42
Tabela 8.	Mercadorias embarcadas e desembarcadas nos TUP Chibatão II e J.F. Oliveira de Manaus (t).....	46
Tabela 9.	Mercadorias embarcadas e desembarcadas no TUP RONAV. (t).	46
Tabela 10.	Previsões de movimentação no complexo portuário de Manaus	52
Tabela 11.	Previsões de movimentação de carga Ro-Ro entre Porto Velho e Manaus	52
Tabela 12.	Movimentação nos terminais de Pederneiras	55
Tabela 13.	Movimentação nos acessos ferroviários dos terminais de Pederneiras	55
Tabela 14.	Movimentação anual no complexo portuário de São Simão.....	59
Tabela 15.	Extensão dos acessos rodoviários aos terminais do complexo portuário de São Simão	59
Tabela 16.	Infraestruturas de atracação dos terminais do complexo portuário de São Simão	60
Tabela 17.	Instalações de armazenagem dos terminais do complexo portuário de São Simão ...	61
Tabela 18.	Produtividade nos terminais do complexo portuário de São Simão	61
Tabela 19.	Instalações nos terminais de Anhembi e Araçatuba.....	65
Tabela 20.	Obras previstas na Hidrovia do rio Tietê.....	73
Tabela 21.	Investimentos futuros previstos para à extensão da navegação na Hidrovia do Rio Tietê	75
Tabela 22.	Características das eclusas na hidrovia do Tietê.....	78
Tabela 23.	Número de eclusagens anuais nas eclusas da hidrovia do Tietê	78
Tabela 24.	Número de empurradores conforme sua potência, na Região Hidrográfica Amazônica.....	84
Tabela 25.	Número de barcas segundo o tipo de carga, na Região Hidrográfica Amazônica.....	85
Tabela 26.	Equivalência entre natureza dos produtos e o tipo de carga	94
Tabela 27.	Taxas de crescimento da demanda de transporte hidroviário por grupo de mercadorias na Bacia Amazônica	95
Tabela 28.	Taxas de crescimento da demanda de transporte hidroviário por grupo de mercadorias na Bacia Paraná-Tietê	96
Tabela 29.	Taxas de crescimento da demanda de transporte hidroviário por grupo de mercadorias na Bacia Tocantins - Araguaia	97
Tabela 30.	Demanda atual e previsão nas relações introduzidas no modelo.	98
Tabela 31.	Variação da velocidade em função do calado da embarcação.....	102

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Tabela 32. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de cheia.....	103
Tabela 33. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de seca	105
Tabela 34. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade do custo do Processo Transporte com relação à utilização da frota	110
Tabela 35. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade da variação na potência do motor utilizada	112
Tabela 36. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade do custo do Processo Transporte à velocidade do comboio	113
Tabela 37. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade dos custos totais à distância (R\$).	114
Tabela 38. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade dos custos unitários (centavos R\$/t*km) à distância	116
Tabela 39. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade dos Custos Totais à capacidade de carga dos portos (R\$)	118
Tabela 40. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de Cheia	122
Tabela 41. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de seca	124
Tabela 42. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos totais por processos no trajeto de retorno.	127
Tabela 43. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Comparação dos custos unitários nos trajetos de ida e retorno (centavos R\$/t)	127
Tabela 44. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira - Análise da sensibilidade dos custos à utilização da frota (R\$/viagem).....	129
Tabela 45. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Análise da sensibilidade dos custos do Processo Transporte à velocidade do comboio	131
Tabela 46. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade dos custos totais à distância (R\$).....	131
Tabela 47. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Análise da sensibilidade dos custos unitários à distância (centavos R\$/t*km)	133
Tabela 48. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de cheia.....	135
Tabela 49. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte à utilização anual da frota (R\$/viagem).....	138
Tabela 50. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte à velocidade do comboio.....	141
Tabela 51. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos totais à distância (R\$)	141
Tabela 52. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos unitários à distância (centavos R\$/t*km)	143
Tabela 53. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte ao tempo médio no processo de eclusagem.....	144
Tabela 54. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte ao tempo médio nos desmembramentos	145

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Tabela 55.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade do custo total do Processo Transporte ao percentual de carga das barcaças.....	147
Tabela 56.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos totais à capacidade de carga dos portos (R\$).....	148
Tabela 57.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de Cheia	150
Tabela 58.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte à utilização da frota (R\$/viagem).....	153
Tabela 59.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte à velocidade do comboio	155
Tabela 60.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos totais à distância (R\$).....	155
Tabela 61.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos unitários à distância (centavos R\$/t*km)	157
Tabela 62.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte por tempo médio no Processo de Eclusagem	158
Tabela 63.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte ao tempo médio nos desmembramentos	159
Tabela 60.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte ao percentual de carga das barcaças.....	161
Tabela 61.	Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos totais à capacidade de carga dos portos	161
Tabela 62.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira - Variação de custos unitários com relação à situação de referência (R\$/t para todos os processos).....	164
Tabela 63.	Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira - Avaliação de VAN e TIR na comparação de cenários (20 anos, taxa atualização 6%, tráfego total 3 Mt/ano, 450.000 t na temporada seca).....	165
Tabela 64.	Comparação dos custos médios de transporte por modais.	167
Tabela 65.	Custos de transporte por modais para distintas distâncias.....	167
Tabela 66.	Custo médio de transporte nos distintos modais em R\$ por tonelada-quilômetro..	168
Tabela 67.	Comparação de custos de transporte e transbordo por modais.....	168
Tabela 68.	Custos de transporte da Alternativa I para cargas com origem no oeste de Mato Grosso	169
Tabela 69.	Custos de transporte da Alternativa I para cargas com origem em Mato Grosso do Sul	170
Tabela 70.	Custos de transporte na hidrovia do Madeira: Porto Velho-Itacoatiara	170
Tabela 71.	Custos de transporte da Alternativa II (temporada de chuvas).....	171
Tabela 72.	Custos de transporte da Alternativa II (temporada seca).....	171
Tabela 73.	Custos de transporte na hidrovia do Tietê: São Simão - Pederneiras	173
Tabela 74.	Custos de transporte da Alternativa III (rodovia-hidrovia-ferrovia)	174
Tabela 75.	Custos de transporte da Alternativa I, com origem em Mato Grosso do Sul, considerando os custos unitários avaliados no PHE.	174
Tabela 76.	Custos de transporte da Alternativa III (Rodovia-Hidrovia-Ferrovia), com dados do PHE.....	175

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Índice

1	OBJETIVOS E ESCOPO DA FASE III.....	15
1.1	SELEÇÃO DE CASOS A SEREM ANALISADOS	15
1.2	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E ESCOPO DE ANÁLISE.....	19
1.2.1	Compilação de custos de infraestrutura	19
1.2.2	Coletar custos operacionais	20
1.2.3	Levantar demandas.....	22
1.2.4	Realizar simulações	22
1.2.5	Avaliação econômica do impacto de intervenções.....	23
2	COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE INFRAESTRUTURAS.....	24
2.1	PROCESSO PORTUÁRIO	24
2.1.1	HIDROVIA DO MADEIRA: Porto de Porto Velho.....	24
2.1.2	HIDROVIA DO MADEIRA- Terminal de Itacoatiara	39
2.1.3	HIDROVIA DO MADEIRA. Complexo portuário de Manaus.....	44
2.1.4	HIDROVIA DO TIETÊ. Terminais de Pederneiras.....	52
2.1.5	HIDROVIA DO TIETÊ. Complexo portuário de São Simão.....	57
2.1.6	HIDROVIA DO TIETÊ. Terminais fluviais do sistema de transporte de etanol.....	62
2.2	PROCESSO HIDROVIA.....	66
2.2.1	HIDROVIA DO MADEIRA	66
2.2.2	HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ.....	69
2.3	PROCESSO ECLUSA	75
2.3.1	HIDROVIA DO TIETÊ. Eclusas de NOVA AVANHANDAVA	78
2.3.2	HIDROVIA DO TIETÊ. Eclusa de PROMISSÃO	80
2.3.3	HIDROVIA DO TIETÊ. Eclusa de IBITINGA	81
2.3.4	HIDROVIA DO TIETÊ. Eclusa de BARIRI	82
2.3.5	HIDROVIA DO TIETÊ. Eclusa de BARRA BONITA	82
3	COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE OPERAÇÃO DOS SERVIÇOS NO PROCESSO TRANSPORTE ...	84
3.1	HIDROVIA DO MADEIRA: PROCESSO TRANSPORTE.....	84
3.1.1	Granel Sólido Agrícola no rio Madeira	86
3.1.2	Ro-Ro no rio Madeira	89
3.2	HIDROVIA DO TIETÊ: PROCESSO TRANSPORTE	90
3.2.1	Granel Sólido Agrícola na Hidrovia Tietê-Paraná	90
3.2.2	Granel Líquido na Hidrovia Tietê-Paraná	91

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

4	COMPILAÇÃO DE VALORES DE TRÁFEGO PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS DE DEMANDA.....	93
4.1	situação atual e metodologia para o cálculo da demanda esperada	93
4.2	OBTENÇÃO DOS FATORES INCREMENTAIS.....	93
5	RESULTADOS DO ESTUDO DE CASOS E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	99
5.1	ESTUDO DE CASO E APLICAÇÃO DO MODELO À HIDROVIA DO RIO MADEIRA	99
5.1.1	GRANÉIS SÓLIDOS AGRÍCOLAS NO RIO MADEIRA.....	99
5.1.2	RO-RO NO RIO MADEIRA.....	121
5.2	ESTUDO DE CASO E APLICAÇÃO DO MODELO À HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ.....	134
5.2.1	GRANÉIS SÓLIDOS AGRÍCOLAS NO RIO TIETÊ	134
5.2.2	GRANÉIS LÍQUIDOS NO RIO TIETÊ	150
5.3	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS.....	163
5.3.1	Modelagem de Exemplos.....	164
5.3.2	Conclusões	165
6	RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE HIDROVIÁRIO E AS ALTERNATIVAS RODOVIÁRIA E/OU FERROVIÁRIA	166
6.1	ALTERNATIVA I: TRANSPORTE POR RODOVIA	169
6.1.1	CUSTOS DE TRANSPORTE PARA CARGAS COM ORIGEM NO OESTE DE MATO GROSSO	169
6.1.2	CUSTOS DE TRANSPORTE PARA CARGAS COM ORIGEM EM MATO GROSSO DO SUL.....	169
6.2	ALTERNATIVA II: TRANSPORTE POR RODOVIA-HIDROVIA DO MADEIRA	170
6.3	ALTERNATIVA III: TRANSPORTE POR RODOVIA-HIDROVIA DO TIETÊ.....	173
	ANEXO: O TRANSPORTE HIDROVIÁRIO NA HOLANDA	176
	POLÍTICA, ESTRATÉGIA, REGRAS E REGULAÇÕES.	177
	MARCO INSTITUCIONAL	177
	ADMINISTRAÇÃO DAS VIAS NAVEGÁVEIS INTERIORES	177
	DIREÇÃO GERAL DE OBRAS PÚBLICAS E ÁGUAS (RIJKWATERSTAAT)	177
	INSPEÇÃO E VIGILÂNCIA.....	179
	PROGRAMAS DE PROMOÇÃO DO SISTEMA HIDROVIÁRIO	179
	MERCADORIA E OPERADORES DE TRANSPORTE.....	179
	GRANÉIS	180
	CONTÊINERES	180
	GESTÃO E ADMINISTRAÇÃO DA INFRAESTRUTURA HIDROVIÁRIA	181
	VIAS NAVEGÁVEIS	181
	RIOS	183

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

CANAIS.....	183
PORTOS INTERIORES E TERMINAIS	183
PORTOS EXTERNOS	184
GESTÃO DA ÁGUA E ECLUSAS	184
MANUTENÇÃO	185
ORÇAMENTO	185
SERVIÇOS DE INFORMAÇÃO À NAVEGAÇÃO.....	186
EMBARCAÇÕES	186
ECLUSAS	187
OPERADORES.....	188
OPERADORES DE NAVEGAÇÃO INTERIOR	188

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

1 OBJETIVOS E ESCOPO DA FASE III

O estudo de custos do Transporte Hidroviário no Brasil, em sua última fase de desenvolvimento, Fase III, prevê a aplicação do modelo ao estudo de casos existentes de fluxos de transporte.

Uma vez definida a estrutura e a formulação do modelo na FASE II, procedeu-se a sua aplicação a cada uma das rotas piloto e relações selecionadas para o estudo de casos na Fase III.

O Estudo de Casos, nesta Fase III inclui o desenvolvimento das seguintes atividades:

- Estudo de ajuste da capacidade de previsão do modelo para cálculo dos Custos de Infraestrutura: Para tanto, foram selecionados dois trechos em duas hidrovias diferentes, para a análise dos custos de operação/manutenção da infraestrutura. As atividades realizadas no estudo de caso para os custos de infraestrutura foram:

- Compilação e carregamento de dados para os trechos selecionados.
- Calibração e análise dos resultados.

- Estudo do ajuste e capacidade de previsão do modelo para cálculo dos Custos de Operação dos Serviços de Transporte:

Para isto, foram selecionadas quatro situações reais de transporte. Cada situação foi escolhida considerando tipos diferentes de carga transportadas nos trechos das duas hidrovias para as quais foram analisados os custos de operação e manutenção da infraestrutura.

As atividades realizadas no estudo de casos com relação aos Custos de Operação dos Serviços de Transporte foram:

- Compilação e carregamento de dados para os trechos selecionados.
- Calibração e análise dos resultados

Em caso de não dispor da totalidade dos dados necessários, foram efetuadas estimativas sobre os valores a serem utilizadas, de comum acordo com a EPL.

A partir do modelo de simulação ajustado, nesta fase, é efetuada a análise comparação dos custos de transporte hidroviário e suas alternativas rodoviária e/ou ferroviária.

1.1 SELEÇÃO DE CASOS A SEREM ANALISADOS

Este ponto reúne a proposta fundamentada dos trechos de hidrovia e as situações reais de transporte que foram analisadas na Fase III do estudo.

Para a realização do estudo de custos operacionais de transporte hidroviário, foram considerados eixos fluviais que permitiram estabelecer diferentes condições de navegação, considerando as limitações impostas pelo transporte (dimensões dos comboios, existência de eclusas e outros condicionantes de operação).

Foram selecionadas duas hidrovias que, por suas características e tráfegos, permitiram analisar maior faixa de atividades, tipologias e dimensões com relação aos centros de custos identificados:

- Hidrovia do Paraná-Tietê
- Hidrovia do rio Madeira

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Essas hidrovias foram visitadas pelos integrantes da equipe da Ineco e EPL, obtendo-se informações sobre a atividade atual do transporte fluvial, assim como dados “in situ” sobre os custos associados à operação dos diferentes subsistemas envolvidos na produção dos mesmos.

A escolha dessas duas hidrovias foi motivada pelos seguintes aspectos:

HIDROVIA PARANÁ-TIETÊ

- A malha hidrográfica da bacia do Paraná é considerada a mais desenvolvida do país, não só pelos investimentos que foram realizados e os que estão previstos para infraestrutura e tecnologia, como também porque conecta regiões produtoras de grãos, cana de açúcar e etanol.
- A viabilidade da aplicação de uma metodologia de modelagem depende da disponibilidade efetiva de informações confiáveis. Neste sentido, a hidrovia do Paraná-Tietê conta com numerosos estudos técnicos (Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental das Hidrovias – EVTEA H), referências e publicações, que permitem dispor de dados relevantes sobre o canal de navegação, a definição das embarcações e tipos de comboio e estimativas dos fluxos de carga captáveis para a modelagem dos custos de transporte hidroviário e para alimentar o modelo.
- Permite o estudo das operações declusagem e de desmembramento e recomposição dos comboios para superação de obstáculos, já que ao longo de sua extensão localizam-se seis eclusas no rio Tietê, além de problemas de distância entre pilares de pontes que reduzem sua capacidade operacional.

Figura 1. Eclusa de Bariri na hidrovia do Tietê



Fonte: Elaboração própria

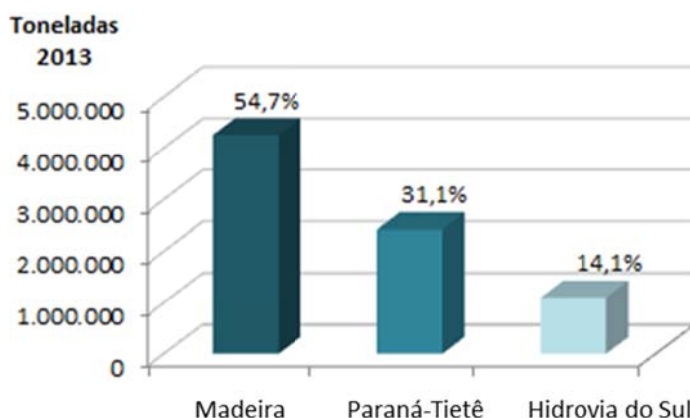
Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- A entrevista realizada com o operador dessas eclusas e a análise das informações existentes permitiram conhecer dados operacionais e de manutenção das mesmas, necessários para a elaboração e ajuste do modelo.
- Na hidrovia Paraná/Tietê estão localizados mais de 20 terminais hidroviários de uso privativo TUP, o que dá mostra da dispersão desta atividade ao longo dos rios (esta hidrovia não tem portos organizados).

Os tráfegos selecionados, para o estudo de casos de Custos de Operação dos Serviços de Transporte na hidrovia Paraná-Tietê, são os de Granéis Sólidos Agrícolas (fundamentalmente soja e milho) e os de Granéis Líquidos (etanol).

Em 2013 foram transportados 5,62 milhões de toneladas por essa hidrovia, representando 23,4% do total das hidrovias brasileiras e seus principais tráfegos, com relação ao tipo de mercadoria, são os de grãos sólidos agrícolas (soja, milho).

Figura 2. Transporte hidroviário de grãos sólidos agrícolas no Brasil (distribuição por hidrovia)



Fonte: ANTAQ 2013 e elaboração própria

Durante a visita técnica realizada pela equipe do projeto em um dos terminais privativos, localizado em Pederneiras, especializado no transporte de grãos sólidos agrícolas, foram reunidos dados operacionais que permitiram caracterizar esta atividade.

Além do transporte de grãos, foi analisado o tráfego de etanol (grãos líquidos) pelo rio Tietê. A escolha do transporte de etanol é reforçada com o Programa de Modernização e Expansão da Frota (Promef) que está sendo desenvolvido pela Transpetro (subsidiária da Petrobras). O projeto prevê a construção de 20 empurradores e 80 barcaças para transportar, por esta hidrovia, 4.000.000 m³/ano.

HIDROVIA DO RIO MADEIRA

- Essa hidrovia desempenha papel fundamental como via de comunicação e transporte para todo o país, e especialmente para a região Amazônica. O Rio Madeira é navegável desde a sua desembocadura no rio Amazonas até a cidade de Porto Velho (1.050 km a montante) e se

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

constitui numa das principais vias de exportação de mercadorias da região Centro-Oeste do Brasil (Mato Grosso e Rondônia principalmente) pelos portos de Itacoatiara e Manaus.

- Nessa hidrovia está localizado um dos principais portos organizados, o Porto de Porto Velho, visitado pelas equipes da Ineco e EPL e do qual, através do Plano Mestre, dispõe-se de informações relevantes sobre as intervenções e os investimentos previstos. Também estão disponíveis as informações publicadas anualmente pela ANTAQ com as intervenções realizadas em cada um dos portos organizados.
- Em 2013 foram transportados por essa hidrovia 4,93 milhões de toneladas. Os tráfegos mais importantes quanto ao tipo de mercadoria são os de grânéis sólidos (soja, fertilizantes, milho), carga geral, contêineres, combustíveis, cimento e automóveis.
- Entre as áreas públicas do porto organizado de Porto Velho, destacam-se o terminal roll on- roll off (Ro-Ro) com duas rampas paralelas que permitem o desenvolvimento das operações e as instalações de outros dois terminais, destinados à atracação de balsas de contêineres.

A participação da região hidrográfica Amazônica na navegação interior do país é de 35,1%¹ e a participação total da região hidrográfica Amazônica no tráfego Ro-Ro é de 72,4%².

Figura 3. Comboio de contêineres no rio Madeira



Fonte: Elaboração própria

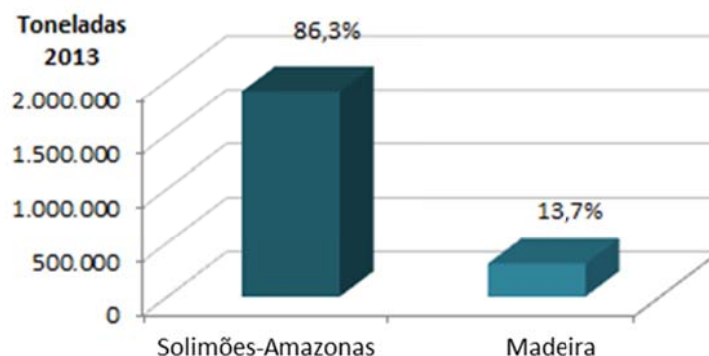
Os tráfegos selecionados para a análise de Custos de Operação dos Serviços de Transporte na hidrovia do rio Madeira foram os de Grânéis Sólidos Agrícolas (fundamentalmente soja) e os de Ro-Ro.

¹ Fonte: ANTAQ 2013

² Fonte: ANTAQ 2013

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 4. Transporte hidroviário de carga geral no Brasil (distribuição por hidrovia)



Fonte: ANTAQ 2013 e elaboração própria

Na visita técnica realizada pela equipe do projeto às instalações em Porto Velho foram mantidas reuniões com os operadores do transporte de grãos sólidos agrícolas, reunindo-se dados sobre a operação que ali é desenvolvida.

Quanto aos serviços de transporte Ro-Ro, o Plano Mestre do Porto de Porto Velho prevê intervenções importantes para atender a esses tráfegos e apresenta dados sobre as previsões de evolução dos mesmos.

1.2 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E ESCOPO DE ANÁLISE

Os trechos e tráfegos analisados são os seguintes:

Tabela 1. Tráfegos analisados

HIDROVIA	Trecho	Mercadoria
Tietê	São Simão / Pederneiras	Soja
	Araçatuba/ Anhembí	Etanol
Madeira	Porto Velho / Itacoatiara	Soja
	Porto Velho / Manaus	Ro-Ro

1.2.1 Compilação de custos de infraestrutura

As tarefas desenvolvidas para a execução desta atividade foram as seguintes:

Compilação de dados sobre infraestruturas hidroviárias:

PROCESSO PORTUÁRIO:

- Estudo das infraestruturas e equipamentos existentes nas instalações portuárias utilizadas nos tráfegos objeto de análise:
 - o Identificação de instalações e equipamentos a partir das informações disponíveis (Dados obtidos nas visitas técnicas efetuadas na Fase I, Planos Mestres, Projetos de ampliação instalações de Itacoatiara, Estudos de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental, Imagens Aéreas das instalações,...).

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- o Comparação dos dados estimados com os gestores portuários.
 - o Solicitação de informações sobre infraestruturas portuárias para os cenários futuros.
- Compilação de dados para a revisão dos valores dos parâmetros utilizados na formulação do modelo na Fase II (custos unitários, vidas econômicas, custos de manutenção, custos de mão de obra,...).

PROCESSO HIDROVIA:

- Estudo do registro histórico de investimentos efetuados pelas administrações hidroviárias para os trechos objeto de análise.
- Solicitação de previsões para cenários futuros.

PROCESSO ECLUSAS:

- Estimativa mais precisa dos custos de capital das eclusas nos trechos analisados:
 - o Estudo das características das eclusas do rio Tietê para a identificação da extensão e características dos canais de acesso e das infraestruturas e equipamentos das mesmas.
 - o Recolhimento de informações de projetos com o fim de efetuar estimativas, o mais ajustadas possível, sobre os custos de investimento das eclusas em função das características das infraestruturas e equipamentos das mesmas. Informações que permitam estimar para cada eclusa os custos de investimento nos canais de acesso e nas infraestruturas e equipamentos. Foram analisados os projetos das eclusas de Lageado, Tucuruí e Salto.
- Revisão dos valores dos parâmetros utilizados na formulação do modelo na Fase II (vidas econômicas, custos de manutenção, custos trabalhistas etc.).

Compilação de dados sobre infraestruturas rodoviárias e ferroviárias complementares e alternativas ao transporte hidroviário:

- Identificação das distâncias rodoviárias e ferroviárias complementares às distâncias por hidrovia para o transporte origem - destino final das mercadorias analisadas.
- Identificação dos trajetos alternativos à utilização do transporte hidroviário.
- **Compilação** de indicadores unitários para os custos de construção de rodovias e ferrovias.
- **Compilação** de índices de custo de infraestrutura por tonelada - km para o transporte por rodovia e ferrovia obtidos em estudos destes modais realizados no Brasil.

1.2.2 Coletar custos operacionais

As tarefas desenvolvidas para a execução desta atividade foram as seguintes:

Compilação de custos operacionais do transporte hidroviário

PROCESSO TRANSPORTE:

Com o objetivo de particularizar a simulação do custo dos serviços de transporte hidroviário em cada uma das hidrovias selecionadas, foram utilizadas para a carga do modelo as seguintes fontes de dados:

- ✓ Dados recolhidos nas visitas técnicas efetuadas na Fase I.
- ✓ Dados recolhidos do projeto de operação do transporte de etanol no Tietê.

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

- ✓ Informações extraídas de estudos técnicos analisados tais como a “Proposta de Eliminação dos Gargalos nas Eclusas da Hidrovia Tietê-Paraná”³, ou o de “Análise energética na logística do transporte fluvial do etanol na Hidrovia Tietê-Paraná”⁴, ...

As atividades desenvolvidas foram as seguintes:

- Revisão dos valores dos parâmetros utilizados na formulação do modelo na Fase II:
 - o Velocidade da corrente nos trechos analisados.
 - o Tempos de passagem pelas eclusas (tempos de manobra, espera e eclusagem).
 - o Outros pontos que requerem desmembramentos e tempo estimado de realização desta operação.
 - o Estimativa da produtividade anual de empurradores e barcas a partir dos dados de operação fornecidos pelos operadores (levando em consideração períodos de manutenção e tempos de espera por sazonalidade do transporte e condições de operação da hidrovia em períodos de seca).
 - o Revisão dos valores de vidas econômicas, valor residual e custos de manutenção das embarcações.
 - o Estimativa das produtividades anuais dos tripulantes para os casos de estudo (levando em consideração tempos de espera em função das condições de operação dos tráfegos analisados).
 - o Revisão dos valores definidos, na formulação do modelo, para os parâmetros de consumo de combustíveis e lubrificantes.
 - o Revisão dos valores definidos na formulação do modelo para a remuneração dos membros das tripulações e preços de combustíveis e lubrificantes.
 - o Revisão dos valores definidos para os parâmetros de avaliação de custos de seguros e gastos gerais.
- Avaliação dos valores das variáveis de entrada (inputs) do modelo para os tráfegos analisados e elaboração de base de dados com valores de referência para o modelo:
 - o Produtividade das instalações portuárias de origem e destino para os tráfegos analisados.
 - o Horas de parada noturna (identificando diferenças por estações anuais).
 - o Velocidade dos comboios carregados para os tráfegos analisados (estimativa do aumento de velocidade sem carga).
 - o Estimativa do custo de capital dos empurradores em função de sua potência assim como do custo das barcas em função dos dados disponíveis sobre suas dimensões e características.

³ 61ª Reunião Comitê Técnico Sindasp. http://www.mar.mil.br/cftp/apresentacoes/61_reuniao_comite_tecnico_sindasp.pdf

⁴ 24º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore.
<http://www.ipen.org.br/downloads/sobena/>

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- o Identificação dos tipos de comboios utilizados para os casos de estudo e elaboração de base de referência para o modelo com tipologia de embarcações e comboios em operação mais frequentemente utilizados em cada uma das hidrovias.
- o Identificação da tripulação em serviço utilizada pelos operadores em cada um dos casos de estudo.

Compilação de custos operacionais dos modais alternativos e complementares (rodoviário e ferroviário)

- Identificação de índices por tonelada-km para o transporte por rodovia e ferrovia obtidos em estudos realizados no Brasil.

1.2.3 Levantar demandas

Durante a formulação do modelo, foram avaliados os tráfegos de transporte hidroviário de carga, por tipo de carga e trajeto, a partir da base estatística da ANTAQ.

A estimativa de movimentação em cada um dos portos foi realizada a partir dos tráfegos origem - destino. Estas estimativas devem ser contrastadas com as estatísticas dos gestores portuários.

As estimativas de demanda para cenários futuros foram obtidas a partir dos cenários definidos pelo Plano Nacional de Integração Hidroviária - PNIH, que apresenta estimativas de demanda potencial para os horizontes temporais 2015, 2020, 2025 e 2030.

1.2.4 Realizar simulações

Uma vez compiladas as informações requeridas nesta fase, foi realizada a particularização do modelo para cada uma das duas hidrovias analisadas.

A partir da construção das duas versões do modelo, uma para cada hidrovia selecionada, foi analisada o comportamento do sistema de custos hidroviário e a distribuição estimada de custos em cada hidrovia.

Estas análises permitiram identificar os parâmetros do modelo que apresentam maior incidência sobre os resultados (análise de sensibilidade dos resultados do modelo perante variações nos valores dos parâmetros).

Entre as análises de sensibilidade efetuadas estão:

- Avaliação da sensibilidade do custo frente à distância do trajeto hidroviário e as condições de navegabilidade da hidrovia.
- Análise de sensibilidade e otimização sobre a velocidade do comboio hidroviário.
- Sensibilidade dos resultados de custo perante variações nas infraestruturas e equipamentos dos portos.

Está também incluída nesta atividade a análise comparativa dos custos de transporte hidroviário, estimados a partir do modelo, com os custos de transporte dos modais alternativos rodoviário e ferroviário.

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

1.2.5 Avaliação econômica do impacto de intervenções

O objetivo desta tarefa é a avaliação do impacto sobre os custos de transporte hidroviário da execução de projetos de melhora sobre as infraestruturas que utiliza.

Com este propósito, foram realizadas diferentes simulações para determinar o impacto da eliminação de obstáculos que implicam na necessidade de efetuar desmembramentos e o impacto de projetos de aumento da capacidade e produtividade das instalações portuárias.

2 COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE INFRAESTRUTURAS

2.1 PROCESSO PORTUÁRIO

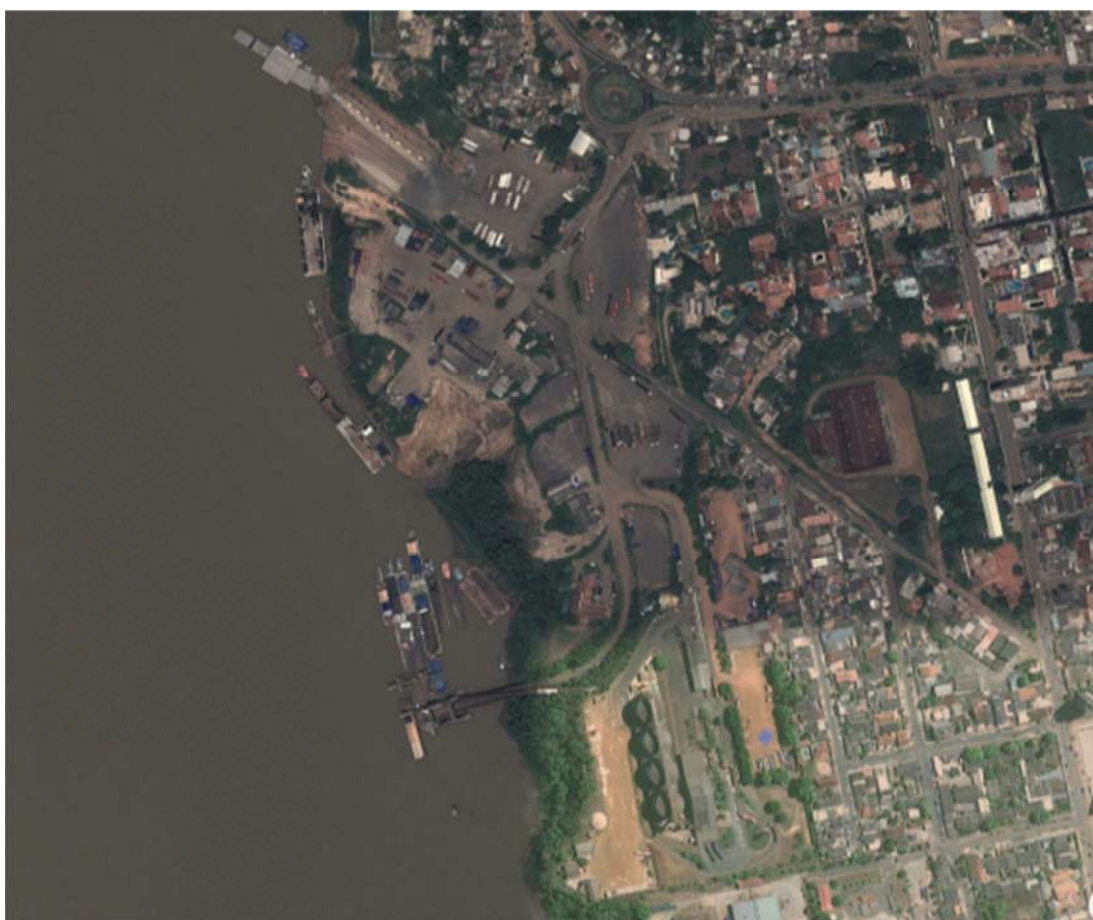
Nos seguintes capítulos são analisadas as principais características dos portos (cargas movimentadas, produtividades, acessos, infraestruturas de atracação, equipamentos...) com o objetivo de definir corretamente os custos do processo portuário no transporte hidroviário, para os efeitos do emprego da ferramenta de avaliação de custos para os casos de estudo.

2.1.1 HIDROVIA DO MADEIRA: Porto de Porto Velho

O porto organizado de Porto Velho está localizado na região Norte do Brasil, na margem direita do rio Madeira (afluente do rio Amazonas), integrado na área urbana da cidade de Porto Velho.

É administrado pelo Estado de Rondônia, por delegação do Governo Federal, através da Sociedade de Portos e Hidrovias do Estado de Rondônia (SOPH).

Figura 5. Vista aérea das instalações do Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Google Earth

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 6. Vista geral da cidade e o porto de Porto Velho



Fonte: Administração do porto, Sociedade de Portos e Hidrovias do Estado de Rondônia (SOPH).

As principais cargas que são transportadas por esta hidrovia são: soja, milho, fertilizantes, cimento, carne, combustíveis, alimentos perecíveis e não perecíveis, contêineres, veículos e carga geral.

As informações contidas neste parágrafo procedem das seguintes fontes:

- Plano Diretor do Porto de Porto Velho, elaborado em Fevereiro de 2014 pela Secretaria Especial de Portos da Presidência da República- SEP/PR em associação com LabTrans/UFSC
- Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Porto Velho – PDZ, de outubro de 2012.
- Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Hidrovia do rio Madeira – EVTEA.
- Informações fornecidas pela Administração Hidroviária (Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental – AHIMOC).
- Dados recolhidos nas visitas técnicas efetuadas pela equipe do projeto durante a Fase I.

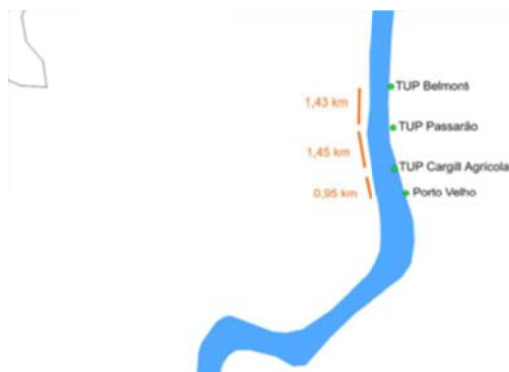
O porto realiza, principalmente, operações de embarque de soja a granel em embarcações com destino ao Terminal da Hermosa (grupo AMAGGI) em Itacoatiara e a movimentação de carga com origem e destino na Zona Franca de Manaus.

Segundo o indicado no Plano Diretor do Porto de Porto Velho, o complexo Portuário de Porto Velho compreende, além do porto público no qual se encontra o Terminal da Hermosa, os terminais de uso privativo da Cargill, Passarão e Belmont, localizados a jusante do mesmo.

O terminal da Cargill é um terminal graneleiro no qual se embarca soja e milho com destino à Santarém, enquanto que os terminais de Passarão e Belmont estão autorizados pelo Ministério dos Transportes e ANTAQ para a empresa J. F. de Oliveira Comércio e Navegação. As cargas movimentadas nestes terminais são fundamentalmente contêineres e semirreboques.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 7. Localização dos terminais do complexo portuário de Porto Velho



Fonte: Plano Diretor do Porto de Porto Velho

2.1.1.1 Cargas Movimentadas

A importância da via fluvial do Madeira tem crescido em função do aumento do movimento entre os portos de Porto Velho e Manaus e Itacoatiara, com produtos destinados à exportação, procedentes das regiões oeste e noroeste de Mato Grosso e, na direção oposta, com produtos transportados para abastecer os estados do Amazonas, Rondônia e Mato Grosso.

Conforme as estatísticas de movimentação do **Porto Organizado** (SOPH), em 2013 foram movimentadas 3.437.000 t das quais 90% corresponde à mercadoria embarcada (3.088.000 t) e 10% a mercadoria desembarcada no porto (349.000 t).

O 94% da mercadoria embarcada no porto é granel agrícola embarcado no terminal graneleiro situado no âmbito do porto em uma área arrendada pela empresa Hermasa (1.923.000 t de soja e 976.000 t de milho são os dados registrados pela administração portuária em 2013). Estes tráfegos têm como destino pela hidrovia o terminal de Itacoatiara onde são transbordados a navios para a exportação.

Tabela 2. Carga embarcada e desembarcada no Porto Organizado de Porto Velho. Toneladas anuais.

Produtos	2011		2012		2013	
	Desem.	Embar.	Desem.	Embar.	Desem.	Embar.
Soja em grão	-	1.649.024	-	1.964.844	-	1.922.620
Milho	324	551.650	-	503.493	-	976.449
Semirreboque	175.860	83.081	21.847	48.361	65.375	101.348
Açúcar	-	41.398	1.124	38.059	1.955	54.916
Cimento	-	-	341.059	1.887	93.716	-
Reatores, caldeiras	-	-	301.925	2.325	119.866	945
Maq. E Apar. Eletro	-	-	386	2	44.685	431

Fonte: Administração do porto, Sociedade de Portos e Hidrovias do Estado de Rondônia (SOPH).

Para estes tráfegos são somados os de granéis agrícolas movimentados no terminal privado **TUP da Cargill**, localizado junto ao porto público para totalizar a grande maioria dos tráfegos registrados pela ANTAQ com origem em Porto Velho. As mercadorias movimentadas no TUP têm seu destino no porto de Santarém, onde são transbordados por navios marítimos para a exportação.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

A movimentação da TUP da Cargill no Porto de Porto Velho no ano de 2013, com destino ao porto de Santarém, segundo as informações fornecidas pela empresa Bertolini (operador logístico contratado por essa multinacional) alcançou cerca de 1.500.000 t.

Os tráfegos dos terminais da Cargill (730.000 t de soja e 760.000 t de milho em 2013) e os dos **TUP de Passarão e Belmont** (que segundo os registros da ANTAQ movimentaram 220.000t e 66.000t embarcadas em 2013) não estão incluídos na tabela anterior.

Tabela 3. Carga embarcada nos TUP de Belmont, Passarão e Cargill- Toneladas anuais.

TUP e Tipo de Mercadoria	2012	2013
TUP BELMONT		
Cargas Diversas	118.643	66.194
TUP PASSARÃO		
Automóveis	911	8.007
Caminhão	28.924	25.760
Reatores, caldeiras, máquinas	540	722
Semirreboque baú	181.979	178.031
Veíc. Terrestres, partes e acessórios	5.841	8.069
TUP CARGILL		
Milho	422.744	763.403
Soja	756.565	731.137

Fonte: Elaboração própria a partir dos registros estatísticos da ANTAQ.

Tabela 4. Carga embarcada em Manaus com destino aos TUP de Belmont, Passarão. Toneladas anuais⁵.

TUP e Tipo de Mercadoria	2012	2013
Automóveis	1.680	323
Caminhão	6.637	5.715
Cargas diversas	3.253	2.599
Reatores, caldeiras, máquinas	779	335
Semirreboque baú	57.507	62.874
Veíc. Terrestres, partes e acessórios	2.307	2.522

Fonte: Elaboração própria a partir dos registros estatísticos da ANTAQ.

2.1.1.2 Acessos Viários e Ferroviários

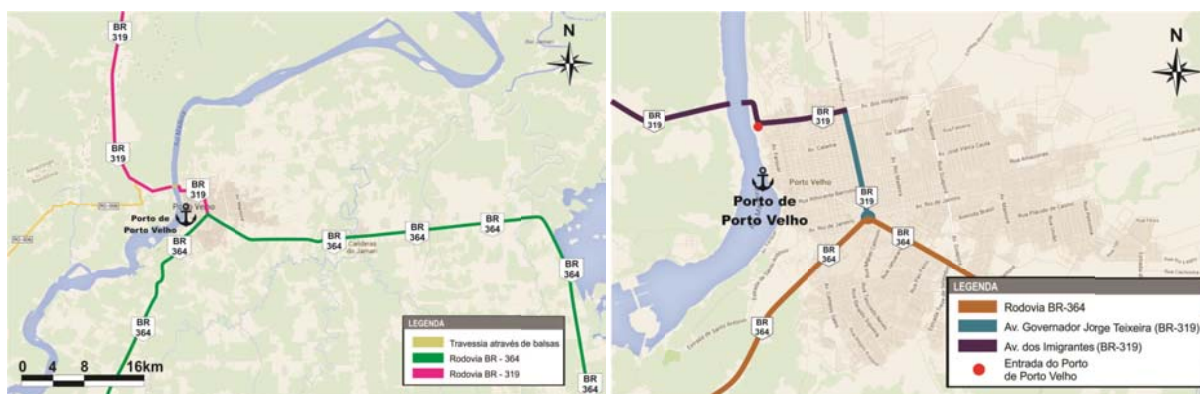
O acesso terrestre ao **Porto Organizado de Porto Velho** é realizado através de duas rodovias que ligam entre si:

⁵ Para a avaliação destes tráfegos foi considerado que as estatísticas da ANTAQ neste trajeto são as que correspondem ao operador J F DE OLIVEIRA NAVEGACAO LTDA, dado que são também as que reúnem o tráfego com origem nos TUP de Belmont e Passarão.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Rodovia BR-364, que liga a cidade de Porto Velho a Cuiabá, e dali ao resto do país no sentido norte-sul. Seu estado de conservação é regular. Nela predominam trechos pavimentados de pista simples, mas nas imediações da cidade de Porto Velho está duplicada.
- Rodovia BR-319, que liga a cidade de Porto Velho a Manaus. Seu estado de conservação é precário, devido à intensidade das chuvas na região. No trecho que atravessa a cidade de Porto Velho está pavimentada e duplicada.

Figura 8. Acessos viários ao Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Plano Diretor do Porto de Porto Velho

Os acessos por rodovia ao porto estão integrados na zona urbana da cidade, motivo pelo qual não resulta de aplicação à atribuição do custo de capital ou de manutenção dos mesmos à atividade do porto.

As vias de circulação interna do porto são faixas pavimentadas, equipadas com guias (bermas) e canais para a drenagem das águas pluviais, que permitem o acesso aos cais, armazéns, pátios, escritórios e outras instalações de apoio.

Figura 9. Vias de circulação interna Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Plano Diretor do Porto de Porto Velho

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

O **Terminal da Cargill** está localizado junto ao porto público e suas vias de acesso se encontram igualmente integradas à zona urbana da cidade,

Figura 10. Vista aérea do TUP de Cargill em Porto Velho



Fonte: Google Earth

Em relação aos **TUP de Passarão e Belmont**, suas instalações se encontram localizadas nas margens da rodovia Porto Velho - Belmont e não contam com acessos rodoviários de uso exclusivo.

Atualmente não há acessos ferroviários ao complexo portuário de Porto Velho.

2.1.1.3 Infraestruturas de Atracação

O **Porto Organizado de Porto Velho** conta com áreas de atracação, nos seguintes terminais especializados:

- **Terminal de grânéis sólidos:** Dispõe de um cais flutuante, de uso múltiplo, de 25 metros de largura por 110 metros de comprimento, com uma superfície total de 2.703,03 m², que conta com uma ponte metálica de 113,5 metros de comprimento e um berço com carregador de grânéis no qual tem prioridade de atracação as balsas graneleiras.

As operações que são realizadas nesta zona são:

- o Carga e descarga de contêineres
- o Carga e descarga de caminhões
- o Carga e descarga de carga não unitizada
- o Carga de barcaças com granel sólido
- o Descarga de barcaças com fertilizantes.
- **Terminal Ro-Ro:** Dispõe de duas rampas Ro-Ro de concreto dotadas de estruturas metálicas de tipo “Charriot” que dão acesso ao pátio.
- **Terminal de carga geral:** Dispõe de um pátio de guindastes com três guindastes para o transporte da carga diretamente das balsas para o pátio.

O **TUP da Cargill** dispõe de um cais flutuante de 10 metros de largura por 100 metros de comprimento dotado de uma passarela de acesso de 60 metros de comprimento e um carregador de grânéis agrícolas.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Os **terminais da Passarão e Belmont** são terminais com rampas Ro-Ro de concreto, dotadas de estruturas metálicas do tipo *Charriot*, que dão acesso ao pátio.

Figura 11. Vista aérea dos TUP de Passarão e Belmont em Porto Velho



Fonte: Google Earth

2.1.1.4 Equipamentos para Carga e Descarga

Para realizar as operações de carga e descarga, o **Porto Organizado de Porto Velho** dispõe dos seguintes equipamentos, cuja descrição e características aparecem no Plano Diretor do porto e foram confirmadas na visita técnica efetuada pela equipe do projeto na Fase I:

- Equipamentos de cais:
 - o Três guindastes com capacidade de 3 toneladas a 24 metros e de 1,8 toneladas a 40 metros, situadas no pátio de guindastes.

Figura 12. Imagem de guindastes do Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Plano Diretor do porto de Porto Velho

- o Duas rampas “*Charriot*” situadas na área de atracação de rampas Ro-Ro.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 13. Rampas “Charriot” do Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Elaboração própria

- o Um carregador de granéis situado no cais flutuante.

Figura 14. Carregador de granéis do Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Elaboração própria

- o Um guindaste móvel (MHC) para movimentação de fertilizantes, situado no pátio de guindastes.

Figura 15. Guindaste móvel do Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Plano Diretor do porto de Porto Velho

- Equipamentos de pátio, pertencentes à Sociedade de Portos e Hidrovias do Estado de Rondônia (SOPH)

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- o Um carregador “New Holland” W160 (2,5 m³) e um carregador de rodas *Caterpillar* 09.30 (2,5 m³)

Figura 16. Carregador do Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: SOPH

- o Um trator “Skider”
- o Duas empilhadeiras elevadoras (7 toneladas), duas empilhadeiras elevadoras (4,5 toneladas) e uma empilhadeira elevadora (5 toneladas)

Figura 17. Empilhadeiras elevadoras no Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Elaboração própria

Os TUP Passarão e Belmont contam também com rampas metálicas tipo “*Charriot*” e o primeiro deles com uma empilhadeira elevadora tipo “*toploader*”.

Figura 18. Empilhadeira elevadora no TUP Passarão



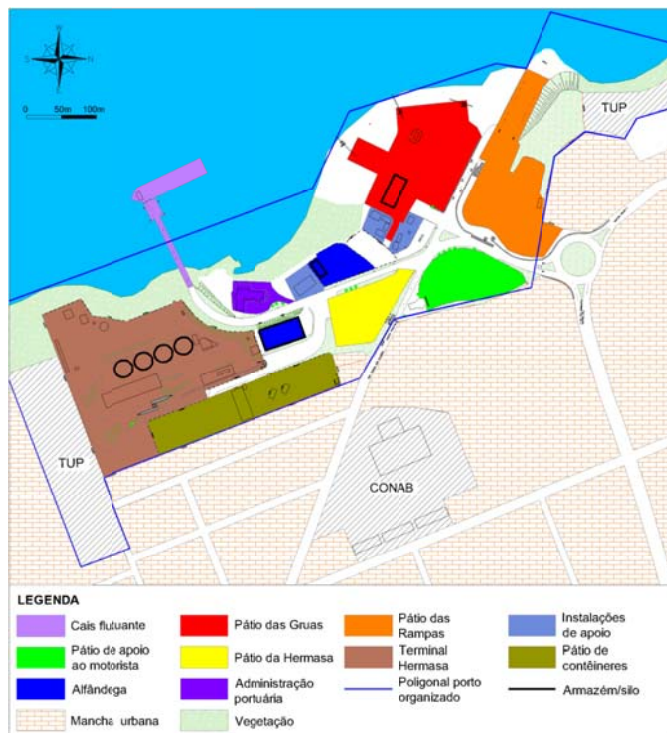
Fonte: Plano Diretor do porto de Porto Velho

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

2.1.1.5 Instalações de Armazenamento

A distribuição das áreas de armazenamento do **Porto Público de Porto Velho** (armazéns e pátios) pode ser observada no plano de zoneamento.

Figura 19. Zoneamento do Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Plano Diretor do porto de Porto Velho

O Porto Público de Porto Velho dispõe das seguintes infraestruturas de armazenagem:

- Três armazéns para carga geral: Um de 900 m² situado no pátio de guindastes e dois em regime de aduanas (de 265 e 1.800 m², respectivamente).

Figura 20. Imagens dos armazéns do Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Administração do porto, Sociedade de Portos e Hidrovias do Estado de Rondônia (SOPH) e Plano Diretor

- Cinco pátios descobertos:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

O Pavimentados:

- ✓ Pátio de rampas de 17.721 m² para o estacionamento de caminhões e reboques destinados a embarcar na modalidade "Ro-Ro caboclo".
- ✓ Pátio de guindastes de 20.242 m² para o estacionamento de caminhões cuja carga está destinada para o transbordo, mediante a utilização de dois guindastes.

Figura 21. Imagem do pátio dos guindastes do Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Plano Diretor do porto de Porto Velho

- ✓ Pátio de apoio ao motorista de 11.701 m².
 - ✓ Pátio da Hermasa de 7.214 m² para o estacionamento de caminhões com destino ao terminal Hermasa
- O Não pavimentados:
- ✓ Pátio de contêineres de 14.500 m² com três galpões de apoio.
 - Instalações Hermasa: O Porto Organizado de Porto Velho possui uma superfície de 40.000 m² que está arrendada desde 1996 para a empresa Hermasa Navegação da Amazônia S.A. (mediante um contrato com vigência de 20 anos), dentro da qual se encontram as instalações para o recebimento e pesagem dos caminhões (entre as quais está o mencionado "pátio de Hermasa" de 7.214 m² para o estacionamento de caminhões), as instalações para a descarga dos mesmos (três tombadores) e quatro silos verticais para granel sólido com uma capacidade de 10.000 toneladas cada um.

Figura 22. Tombadores da Hermasa em Porto Velho



Fonte: Elaboração própria

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

A carga é transportada ao cais flutuante por meio de correias transportadoras, propriedade do arrendatário. A extensão total das referidas correias transportadoras foi estimada em aproximadamente 500 m.

A dimensão das superfícies pavimentadas em pátios e vias de circulação nesta área se estima em 20.000 m².

Figura 23. Imagem aérea do Terminal da Hermasa e do Cais Flutuante do Porto Organizado de Porto Velho



Fonte: Plano Diretor do Porto de Porto Velho

O Porto Organizado de Porto Velho conta, também, com uma série de instalações que correspondem à : fornecimento de eletricidade (toda a rede é subterrânea), abastecimento de água (rede subterrânea), combate a incêndios, sistema de drenagem e esgoto e sistema de comunicações.

Os **TUP de Passarão e Belmont**, situados fora do porto público e operados, como já indicado, pela empresa J. F. de Oliveira Comércio e Navegação têm as seguintes instalações de armazenamento:

- **TUP Passarão:** Dispõe de dois pátios descobertos pavimentados de 8.500 m² e 10.000 m² respectivamente, um edifício administrativo de aproximadamente 600 m² e de um armazém coberto de 3.000 m².

Figura 24. Prédio Administrativo do TUP Passarão em Porto Velho.



Fonte: Plano Diretor do Porto de Porto Velho

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 25. Armazém do TUP Passarão em Porto Velho



Fonte: Google Earth, Streetview

- TUP **Belmont**: Dispõe de dois pátios descobertos pavimentados de 2.500 m² e 6.500 m² e um armazém coberto de 1.000 m².

2.1.1.6 Produtividades

Terminal Graneleiro da Hermasa:

As instalações de recebimento e descarga de caminhões têm uma produtividade média de 250 caminhões dia, com capacidade média de 43 t cada. O que se traduz em uma carga de quase 11.000 toneladas por dia.

Em relação à produtividade das instalações de carga sobre as embarcações (carregador de navio) segundo as informações fornecidas pelo operador nas visitas técnicas é de 1.000t/h. No entanto, o tempo necessário de manobra de atracação das embarcações reduz a capacidade máxima de embarque a 18.000t/dia (750 t/h).

No Plano Diretor do porto a referência sobre a produtividade média de carga da instalação da Hermasa é de 730 t/h, o que não difere substancialmente das informações fornecidas pelo operador nas visitas técnicas.

Terminal Graneleiro Privado da Cargill:

Segundo as informações fornecidas pelo operador BERTOLINI, a capacidade de carga do terminal é de cerca de 5000 t/dia, o que permite o carregamento de duas balsas diárias com uma capacidade de 2.500t no terminal privado da Cargill.

Terminal Ro-Ro-Porto Organizado de Porto Velho:

No Plano Diretor do porto é indicado que a quantidade média movimentada por atracação, segundo os registros do porto, é de 1.097 t/embarcação e o tempo médio de operação (por atracação) é de 50,9 h. As barcas utilizadas nestes serviços têm capacidade para 1.700 t e podem transportar 35 semirreboques baús. Estas barcas têm dimensões de 80 x 21 m.

A produtividade associada a estes valores é de 21,5 t/h. Esta avaliação é muito baixa e não é realista para carga Ro-Ro, o que indica que as embarcações permanecem atracadas por longo tempo, sem estar operando de modo contínuo.

O tempo médio para descarregar uma embarcação com 35 semirreboques baús e carregá-la com outros 35 estacionados no pátio pode ser estimado em 6 horas. A produtividade estimada no Plano Diretor do

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

porto considera um tempo aproximado para esta operação de 10 h, com o qual considerando a operação simultânea de ambas as rampas permitiria movimentar ao redor de 440 t/h para a carga ou descarga.

Terminais de Passarão e Belmont:

Contam com uma única rampa Ro-Ro com a qual, a produtividade estimada para os mesmos é de 220 t/h.

2.1.1.7 Pessoal

Terminais de graneis agrícolas

Segundo o Plano Diretor do Porto Público de Porto Velho, o quadro de funcionários está constituído por 78 trabalhadores e será complementado brevemente com outras 11 pessoas.

O salário médio destes funcionários segundo as informações apresentadas no Plano Diretor se estima em R\$ 4.000,00 (cifra que se considera já incluir todos os custos trabalhistas para o empregador).

Por outro lado, na visita técnica efetuada durante a Fase I do estudo foram observados dados sobre o pessoal que trabalha nos terminais graneleiros da Hermasa e Cargill.

- **Terminal da Hermasa:** O quadro de funcionários é de 225 pessoas, incluindo o pessoal de administração e gerência além do pessoal operacional.
- **Terminal da Cargill:** O quadro de funcionários é de 100 trabalhadores incluindo pessoal operacional e administrativo.

Terminais Ro-Ro

A partir das estimativas de movimentação e produtividades dos terminais Ro-Ro foram consideradas as necessidades de pessoal para a estiva, desestiva, tarefas de apoio e vigilância de acordo com a seguinte estrutura:

- 1 Coordenador do processo de carga e descarga.
- 2 Organizadores de operações, um na rampa Ro-Ro e outro no pátio de armazenamento de semirreboques.
- 3 operadores de caminhões tratores.
- 2 supervisores de recebimento e entrega da mercadoria no pátio de armazenamento.
- 1 supervisor das operações de carga e descarga em cais.
- 4 pessoas destinadas a trabalhos de vigilância e segurança.

Tendo em vista os períodos de operação dos referidos terminais, é considerada necessária a realização de dois turnos nos terminais do Porto Público e Passarão, pelo que cada um destes terminais necessitará um total de 26 trabalhadores dedicados a trabalhos operacionais. Se, além disso, se considera 9 pessoas destinadas a trabalhos de administração, marketing e direção do terminal, o total do pessoal que é estimado necessário em cada um destes terminais Ro-Ro é de 35 trabalhadores. Para o TUP Belmont se considera para efeitos do estudo de casos que o pessoal necessário para a operação somente requer um turno de trabalho e que este mesmo pessoal desenvolveria as tarefas administrativas, estimando-se um total de 13 pessoas para a operação do mesmo.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

2.1.1.8 Desenvolvimentos futuros previstos no Porto

De acordo com as informações reunidas no Plano Diretor do porto de Porto Velho, especificamente no capítulo 5, **projeções de demanda**, as projeções de demanda para o Complexo Portuário de Porto Velho são apresentadas na seguinte tabela:

Tabela 5. Previsões de movimentação no Complexo Portuário de Porto Velho

Ano	FORMA DE APRESENTAÇÃO DA MERCADORIA (TONELADAS)				
	Granel sólido	Carga Geral (Ro-Ro)	Contêineres	Carga Geral	TOTAL
2015	5.139.929	403.324	181.954	277.385	6.002.592
2020	6.698.182	419.513	304.662	305.898	7.728.255
2025	8.544.300	429.520	408.098	352.521	9.734.439
2030	10.670.937	436.782	546.651	402.281	12.056.651

Fonte: Plano Diretor do Porto de Porto Velho

Estas previsões incluem todo o complexo portuário de Porto Velho, ou seja, tanto o porto organizado como os TUP da Cargill, TUP Belmont e TUP Passarão.

Em relação à origem/destino das mercadorias movimentadas, no citado Plano Diretor se observa que o granel sólido (soja, milho e fertilizantes) é transportado entre os portos de Itacoatiara e Porto Velho (através do porto organizado) e entre Santarém e o TUP Cargill.

Por outro lado, a carga Ro-Ro tem como origem/destino os complexos portuários de Manaus e Porto Velho.

Em relação à **ampliação das infraestruturas** atuais, o Plano Diretor, mediante a comparação das previsões de movimentação e a capacidade das infraestruturas existentes, prevê as seguintes ações:

- Ano 2015:
 - o Pavimentação do pátio de contêineres.
 - o Instalação de tomadas “reefers” e ampliação da subestação elétrica.
 - o Melhora da rampa Ro-Ro e da operação com as “Charriots”.
 - o Construção de “Long-Boom” (R\$ 640.000).
 - o Contenção de taludes.
 - o Dragagem do rio Madeira.
 - o Construção ETC Bertolini (R\$ 2.000.000).
- Ano 2016:
 - o Construção TUP Grupo Amaggi (pertencente à Hermasa, R\$ 80.000.000)
- Ano 2020:
 - o Construção da ferrovia ferronorte
 - o Construção da ferrovia de integração centro oeste
- Ano 2023:

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

O Instalação do segundo cais flutuante

As intervenções citadas constam do Plano Diretor que, entretanto, não apresenta estimativas de valor para alguns dos investimentos previstos.

Figura 26. Localização e acessos do Novo Complexo Portuário projetado para Porto Velho



Fonte: Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental – EVTEA da Hidrovia do Madeira

2.1.2 HIDROVIA DO MADEIRA- Terminal de Itacoatiara

O terminal graneleiro de Itacoatiara está localizado na margem esquerda do rio Amazonas, sendo administrado pela empresa Hermasa Navegação da Amazônia S/A.

Trata-se de um terminal de recebimento de carga de grãos agrícolas procedentes dos estados de Mato Grosso e Rondônia e que são transportados em embarcações pela hidrovia do Madeira desde o porto de Porto Velho. O terminal opera descarregando o grão para os armazéns ou transbordando-o diretamente desde as embarcações para os navios que o transportarão até os mercados da Europa ou Ásia.

Figura 27. Imagem aérea do terminal de Itacoatiara



Fonte: Ministério dos Transportes

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

2.1.2.1 Cargas Movimentadas

Os tráfegos registrados pela ANTAQ com origem em Porto Velho e destino a Itacoatiara são os seguintes.

Tabela 6. Tráfego entre Porto Velho e Itacoatiara 2011-2013 (toneladas anuais).

Etiquetas de fila	2011	2012	2013
MILHO	649.195	557.608	910.601
SOJA	1.374.084	1.962.992	1.915.452
Total	2.023.279	2.520.600	2.826.053

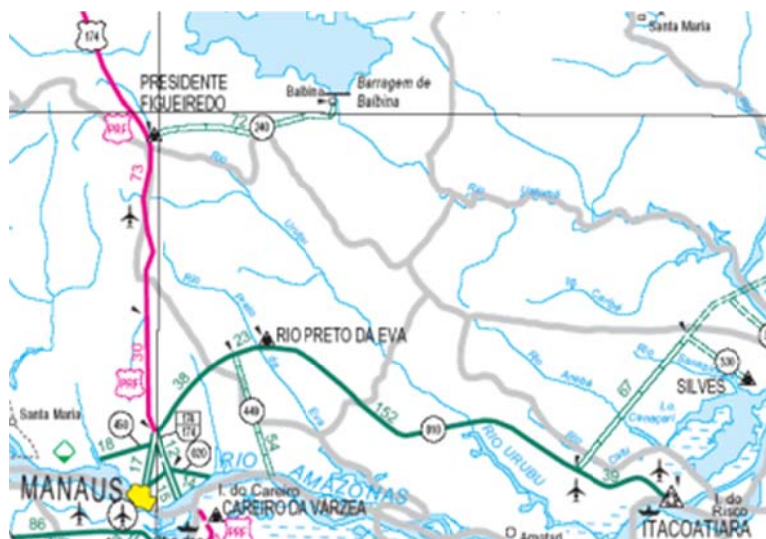
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANTAQ - SISTEMA DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS

Estes tráfegos, apesar de apresentarem alguma discrepância com os registrados como embarcados em Porto Velho, são bastante similares.

2.1.2.2 Acessos Viários e Ferroviários

O acesso ao terminal é feito através da rodovia estatal AM-010, na altura do KM 265, que se liga também à rodovia que dá acesso ao Aeroporto de Itacoatiara, como é mostrado na figura seguinte:

Figura 28. Acessos viários ao terminal de Itacoatiara



Fonte: Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental – EVTEA da Hidrovia do Madeira

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 29. Vista aérea dos acessos rodoviários ao terminal de Itacoatiara



Fonte: Google Earth

O referido acesso é realizado através de uma rodovia asfaltada, que se liga com a rodovia AM-010, de aproximadamente 1,5 quilômetros de extensão.

2.1.2.3 Infraestruturas de Atracação

O terminal de Itacoatiara conta com as seguintes infraestruturas de atracação:

- Terminal Flutuante (2.232,00 m²) com passarela metálica de cerca de 125 m de extensão.
- 1 Berço com cerca de 70 m de extensão para atracação de navios.
- 1 Berço com cerca de 70 m de extensão para atracação de barcaças.

Figura 30. Imagem do cais flutuante do terminal de Itacoatiara



Fonte: Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental – EVTEA da Hidrovia do Madeira

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

2.1.2.4 Equipamentos para Carga e Descarga

Os equipamentos utilizados para a movimentação de grãos são:

- “Barge-unloader” ou descarregador de barcas.
- “Shiploader” ou carregador de navios Siwertell.

As características dos equipamentos existentes são expostas na tabela seguinte:

Tabela 7. Descrição de equipamentos de carga e descarga do terminal de Itacoatiara.

Descrição, Tipo e Marca	Capacidade Nominal	Alcance	Quantidade
Barge-unloader- Descarregador de barcas “SIWERTELL”	1.500 t/h	20 m	1
Shiploader carregador de navios “SIWERTELL”	1.500 t/h	25 m	1
Shiploader carregador de navios “TECNOMOAGEIRA”	1.500 t/h	25 m	1
Elevadores e correias transportadoras “Kepler Weber”	1.500 t/h		2

Fonte: Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental – EVTEA da Hidrovia do Madeira.

Figura 31. Operação de descarga de barcaça graneleira no terminal de Itacoatiara



Fonte: Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental – EVTEA

Para o traslado dos grãos para os armazéns e destes para os navios, o terminal dispõe de um sistema de correias transportadoras, com uma extensão aproximada de 1.300 m.

2.1.2.5 Instalações de Armazenamento

O terminal de Itacoatiara tem uma capacidade de armazenamento estática instalada de 295.000 toneladas, distribuídas em três armazéns com as seguintes características:

- 1 Armazém (com estrutura de concreto e cobertura metálica) com 200 m de comprimento e 45 m de largura, com uma profundidade de 5 m abaixo do solo (onde está a correia transportadora

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

subterrânea) e 20 m de altura sobre o solo, que corresponde à capacidade de armazenamento estático de 95 mil toneladas, ocupando uma área de 9.000,00 m².

- 2 Armazéns com uma estrutura similar, mas com 17 metros de profundidade "V" abaixo do piso e 20 m de altura sobre o solo, com uma capacidade de armazenamento estático de 100 mil toneladas cada um (9.000,00 m²).

O Terminal possui, ainda, para o armazenamento de óleos, 9 tanques com capacidade de 23 toneladas cada um (1.952,99 m²). Os tanques são de estrutura metálica com placas de aço.

Figura 32. Imagem de Armazéns de grãos e tanques de óleo de soja



Fonte: Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental – EVTEA da Hidrovia do Madeira

Figura 33. Imagem Aérea do Terminal de Itacoatiara



Fonte: ANTAQ

2.1.2.6 Produtividades

A produtividade média do terminal de Itacoatiara para a movimentação da mercadoria é de 1.500 toneladas/hora, segundo as informações fornecidas pela Hermasa na visita técnica realizada nas instalações de Porto Velho.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

2.1.2.7 Pessoal

As informações fornecidas pelo operador na visita técnica nas instalações de Porto Velho permitem estimar o pessoal no terminal de Itacoatiara em aproximadamente 300 pessoas (o terminal de Itacoatiara movimenta anualmente o volume de grãos agrícolas com origem em Porto Velho mais a carga e descarga das embarcações o que requer mais pessoal que a descarga de caminhões).

2.1.2.8 Desenvolvidos Futuros Previstos no Porto

Em relação à movimentação portuária prevista para Itacoatiara, as informações disponíveis são as mesmas referentes ao Plano Diretor de Porto Velho uma vez que o granel sólido que se origina no terminal da Hermosa têm como destino o porto de Itacoatiara para seu posterior transbordo e exportação. Por conseguinte, as previsões de movimentação para o referido porto coincidem com as de Porto Velho no que diz respeito ao desembarque de granel sólido (soja e milho).

Por conseguinte, em função da inexistência de dados mais precisos, poderia ser considerado que a movimentação prevista em Itacoatiara é o dobro (desembarcado + embarcado) que a prevista em Porto Velho para o tráfego de grãos sólidos movimentados no Terminal da Hermosa. Isso porque em Itacoatiara se realiza o transbordo do grão das barcas (desembarque) e o embarque nos navios de longo curso.

Além do referido tráfego, está prevista a importação de fertilizantes com destino a Porto Velho, os quais sofrem transbordo em Itacoatiara para posteriormente seguir em barcas até Porto Velho. Por conseguinte, e de igual modo, a movimentação prevista para o terminal de Itacoatiara será equivalente ao dobro do tráfego previsto de fertilizantes movimentado pela Hermosa em Porto Velho.

Por outro lado, referente à **ampliação das infraestruturas** existentes, as únicas informações disponíveis indicam que se pretende realizar a ampliação das áreas de ancoragem do terminal, mediante a instalação de bóias para atracação e uma balsa guindaste de 61 m de comprimento por 22 m de largura para movimentação de carga. Com a referida ampliação, a estimativa da capacidade de movimentação anual de carga é de 5 milhões de toneladas.

2.1.3 HIDROVIA DO MADEIRA. Complexo portuário de Manaus

O Porto Público Organizado de Manaus está localizado na margem esquerda do rio Negro (afluente do rio Amazonas), na cidade de Manaus, capital do estado de Amazonas.

É administrado pela Sociedade de Navegação, Portos e Vias Navegáveis do Estado do Amazonas (SNPH), por delegação do Estado do Amazonas.

Figura 34. Foto aérea do Porto de Manaus



Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Fonte: Google Earth

Além do porto público há numerosas instalações localizadas ao longo da margem esquerda do Rio Negro destinadas a atividades portuárias, sendo um grande complexo portuário e naval.

Figura 35. Complexo portuário de Manaus



Fonte: Plano Diretor do Porto de Manaus

As informações contidas nos parágrafos seguintes procedem das seguintes fontes:

- Plano Diretor do Porto de Manaus, elaborado pela SEP/PR em associação com LabTrans/UFSC em Abril de 2013
- Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Hidrovia do rio Madeira –EVTEA.
- Informações fornecidas pela Administração Hidroviária (Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental – AHIMOC).

As estatísticas do Porto Público demonstram que a carga movimentada no mesmo é mínima desde o ano de 2009. A grande maioria da movimentação de mercadorias é registrada nos 12 Terminais de Uso Privado – TUP que se integram ao complexo e que são especializados em diferentes tráfegos:

- Chibatão (especializado em contêineres), Super Terminais (especializado em contêineres), Cimento Vencemos (cimento e seus inputs a granel) e Ocrim (trigo a granel) que movimentam cargas de longo curso e cabotagem.
- Os demais, Chibatão II, Navecunha, Moss, Ibepar Manaus (Transporte Bertolini), JF Oliveira, RONAV, REMAM, Sanave e Carinhoso são especializados no sistema Ro-Ro caboclo. Esta modalidade combina os modais rodoviário e hidroviário e tem especial importância em Manaus ao permitir a ligação entre os mercados finais e a Zona Franca, assim como entre os mercados produtores de alimentos ou matérias-primas e a Zona Industrial.

Dentre estes terminais serão analisados para o estudo de casos aqueles que movimentam cargas com origem ou destino em Porto Velho: ETC RONAV, TUP Chibatão II e TUP JF Oliveira.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 36. Terminais RONAV, Chibatão II E J.F. Oliveira em Manaus



Fonte: Google Earth

2.1.3.1 Cargas Movimentadas

A movimentação anual nestes terminais de Manaus identificados a partir dos dados registrados no Sistema de Informações Gerenciais de ANTAQ são os seguintes:

Tabela 8. Mercadorias embarcadas e desembarcadas nos TUP Chibatão II e J.F. Oliveira de Manaus (t)

Trajetos e Operador	2012	2013
Manaus-Belém (J.F. Oliveira e Chibatão II)	402.989	416.201
Belém-Manaus (J.F. Oliveira e Chibatão II)	546.158	544.201
Porto Velho – Manaus (J.F. Oliveira e Chibatão II)	336.838	286.783
Manaus - Porto Velho (J.F. Oliveira e Chibatão II)	74.175	76.381

Fonte: Elaboração própria a partir dos registros estatísticos da ANTAQ.

Tabela 9. Mercadorias embarcadas e desembarcadas no TUP RONAV⁶. (t).

Trajetos	2012	2013
Manaus-Porto Velho	21.846	65.735
Porto Velho-Manaus	48.360	101.349

Fonte: Elaboração própria a partir dos registros estatísticos da ANTAQ.

⁶ Considerando que neste TUP são movimentadas as cargas transportadas em semirreboques com origem e destino no Porto Público de Porto Velho.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

2.1.3.2 Acessos Viários e Ferroviários

O Complexo Portuário de Manaus não tem acesso ferroviário e as rodovias que dão acesso ao mesmo não apresentam as adequadas condições para atender o tráfego de caminhões de carga, fundamentalmente por problemas de manutenção, além do que apresentam um elevado grau de saturação.

Os acessos ao complexo portuário partem das principais rodovias de conexão da cidade de Manaus:

- O acesso Norte compreende a continuação da BR-174 (em sua maioria pista simples) e da AM-010 (Manaus-Itacoatiara), que se transformam em uma única via (Av. Torquato Tapajós) antes de entrar na cidade. É o acesso mais afetado pelo trânsito urbano.
- O acesso Oeste tem seu início na saída da ponte sobre o Rio Negro, fim da AM-070, na Rua da Estanave.
- O acesso Leste do porto começa no final da BR-319 (Manaus-Humaitá-Porto Velho). O estado de manutenção da BR-319 não permite considerar transitável um trecho de 410 km entre Humaitá e Manaus, dos 870 km desta rodovia. Por outro lado, para chegar da BR-319 até Manaus é necessário fazer um trajeto em ferry de 12 km para cruzar o rio Amazonas (próximo ao encontro das águas do Rio Solimões e do Rio Negro).

Dada à situação atual das ligações rodoviárias de Manaus, pode-se dizer que a ligação do porto com o interior do país é constituída unicamente pelas hidrovias.

No caso de Manaus os acessos pela rodovia aos terminais portuários são fundamentais pela existência e proximidade da Zona Industrial, principal origem e destino das cargas movimentadas nas instalações portuárias.

Figura 37. Acessos rodoviários ao porto de Manaus



Fonte: Plano Diretor do Porto de Manaus

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

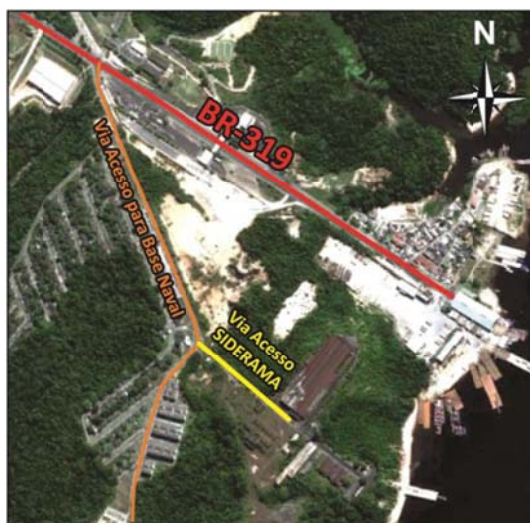
Figura 38. Detalhe dos acessos rodoviários oeste e leste ao porto de Manaus



Fonte: Plano Diretor do Porto de Manaus

O acesso aos três terminais **TUP Chibatão II**, **TUP J.F. Oliveira** e **ETC RONAV** é realizado através da rodovia BR-174 (continuação da BR-319 depois de cruzar o rio Amazonas). Esta é uma via de duas faixas por sentido que se encontra em bom estado para o tráfego de mercadorias. Os terminais não dispõem de acessos rodoviários exclusivos para a conexão com a rede rodoviária.

Figura 39. Acessos rodoviários aos ETC RONAV, TUP Chibatão II e TUP J.F. Oliveira.



Fonte: Plano Diretor do Porto de Manaus

2.1.3.3 Infraestruturas de Atracação

A profundidade do rio Negro na zona de Manaus varia muito ao longo do ano em função da época seca ou de cheias na bacia amazônica, assim tanto o Porto Público como os principais terminais utilizam cais flutuantes para a atracação de embarcações ao longo de todo o ano.

O Porto Público de Manaus dispõe das seguintes instalações:

- Dois cais fixos: O cais Paredão, de 289 metros, e a plataforma Malcher, de 293 metros, cujo uso é realizado durante a época de cheias. A superfície total é de 77.660 m².
- Dois cais flutuantes (superfície total de 17.763 m²):

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- o O cais de Torres, de 363,2 metros de comprimento e 19,2 metros de largura. Tem uma plataforma principal de 263,2 metros e duas balsas de 50 metros cada uma, mais uma extensão de 100 metros.
- o O cais Roadway, de 253 metros de comprimento e 24 metros de largura, com duas pontes de acesso de 52 metros de comprimento por 7 metros de largura. Tem 24 posições de atracação para embarcações regionais.

Figura 40. Cais Roadway – Porto Público de Manaus



Fonte: Plano Mestre de Porto Manaus

Figura 41. Cais das Torres – Porto Público de Manaus



Fonte: Plano Mestre de Porto Manaus

No que diz respeito aos terminais nos quais se movimenta o tráfego Ro-Ro, com origem / destino Porto Velho, isso é os terminais da RONA, Chibatão II e J.F. Oliveira, as mesmas contam com a seguinte infraestrutura:

O **ETC RONA** dispõe de uma rampa Ro-Ro para a carga e descarga dos caminhões com uma largura de aproximadamente 5 metros e um comprimento de 20 metros.

Os **TUP de Chibatão II e J.F. Oliveira** pertencem ao mesmo grupo empresarial. Tal como se depreende das estatísticas de tráfego e é indicado no Plano Diretor, o TUP de Chibatão II é utilizado majoritariamente para embarques enquanto que J.F. Oliveira é empregado para o desembarque da mercadoria. A

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

infraestrutura disponível consiste em uma rampa Ro-Ro para o embarque e outra para o desembarque, com 10 metros de largura cada uma.

2.1.3.4 Equipamentos para Carga e Descarga

Os equipamentos do **Porto Público de Manaus** são os que se seguem:

- Três empilhadeiras tipo *Reach Stacker* de 45 toneladas, com capacidade para empilhar contêineres de 20' e 40' até sete unidades.
- Empilhadeiras de 37 toneladas, com capacidade de empilhar até quatro contêineres.
- Uma empilhadeira de 25 toneladas, para empilhar contêineres de 20' até três alturas.
- Uma empilhadeira de 13 toneladas.
- Duas empilhadeiras de 7 toneladas.
- Quarenta empilhadeiras com capacidade de 2,5 a 7 toneladas, propriedade de operadores portuários e à disposição da operação do porto.
- Um guindaste sobre rodas de 50 toneladas.
- Um guindaste sobre rodas de 15 toneladas.
- Um guindaste elétrico sobre trilho de 3,2 toneladas (desativado).
- Dois empurradores de 1.680 HP.

O **EPC RONAV** conta com o seguinte equipamento:

- 1 rampa metálica tipo "*Charriot*".
- 3 Caminhões tratores.
- 3 Plataformas.
- 1 Balança rodoviária.

Das informações disponíveis para os **TUP de Chibatão II e J.F. Oliveira**, é identificado que cada um dos terminais conta com os seguinte equipamentos:

- 1 rampa metálica tipo "*Charriot*".
- 3 Caminhões tratores.
- 3 Plataformas.
- 1 *Top Loader/Reach stacker*.
- 1 Empilhadeira de garfo de 10 t.
- 1 Balança rodoviária.

2.1.3.5 Instalações de Armazenamento

O **Porto Organizado de Manaus** conta com:

- Nove armazéns para carga geral, com uma superfície total de 17.562 m²
- Um pátio de contêineres, a plataforma *Malcher*, com uma superfície de 21.406 m²

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- O Paredão, que é uma área de 18.747 m², em desnível e de uso estacional (de acordo com o nível do rio)

As instalações de armazenamento e administrativas com que conta o **EPC RONAV** são as seguintes:

- Área administrativa de aproximadamente 200 m²
- Pátio de armazenamento sem pavimentar, de 8.500 m² aproximadamente
- Armazéns cobertos, com uma superfície aproximada de 500 m²
- Vias de circulação interna pavimentadas, com uma superfície total aproximada de 1.000 m²

O conjunto dos **TUP Chibatão II e J.F. Oliveira**, dispõe das seguintes instalações:

- Área administrativa de 550 m² aproximadamente
- Pátio de armazenamento pavimentado e vias de circulação interna com uma superfície total aproximada de 33.000 m²
- Armazéns cobertos, com uma superfície aproximada de 2.500 m²

2.1.3.6 Produtividades

No que diz respeito ao tráfego Ro-Ro, o Plano diretor de Porto Velho indica que a produtividade média por rampa é de 6 horas para a descarga e carregamento posterior de uma barcaça com 35 semirreboques, o que indica uma produtividade de 220 toneladas hora por rampa. Esta produtividade pode ser considerada também para os terminais que contam igualmente com uma rampa cada um e dimensões de pátios adequadas.

2.1.3.7 Pessoal

Devido a não se dispor de informações sobre o número de pessoas que atualmente trabalham em cada um dos terminais considerados (**ETC RONAV, TUP Chibatão II e TUP JF Oliveira**), foi realizada uma estimativa do pessoal necessário para a operação em cada um dos terminais, de acordo com as seguintes premissas:

- Considerou-se o seguinte pessoal operacional:
 - o 1 Coordenador do processo de carga e descarga.
 - o 2 Organizadores de operações, um na rampa ro-ro e outro no pátio de armazenamento de semirreboques.
 - o 3 operadores de caminhões tratores.
 - o 2 supervisores de recebimento e entrega da mercadoria no pátio de armazenamento.
 - o 1 supervisor das operações de carga e descarga no cais.
 - o 4 pessoas destinadas a trabalhos de vigilância e segurança.
- Levando em consideração os períodos operacionais dos referidos terminais, verificou-se ser necessário a realização de dois turnos, e, nessas condições chegou-se a uma estimativa de 26 trabalhadores dedicados a trabalhos operacionais.
- Além disso, foram consideradas 12 pessoas destinadas às áreas de administração, marketing e direção do terminal.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil. Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Por conseguinte, de acordo com estas considerações, o número de trabalhadores em cada um dos três terminais Ro-Ro avaliados pode ser estimado em 38 pessoas.

2.1.3.8 Desenvolvimentos Futuros Previstos no Porto

Em relação ao porto de Manaus, no Plano Diretor são estabelecidas as previsões de movimentação até o ano de 2030. Estas previsões incluem tanto o tráfego de navegação interior como o tráfego de cabotagem e internacional. Na tabela seguinte é apresentada a previsão total de movimentação assim como a previsão de tráfego Ro-Ro.

Tabela 10. Previsões de movimentação no complexo portuário de Manaus

Ano	Carga Geral Ro-Ro	MOVIMENTAÇÃO TOTAL ANUAL
2015	2.134.612	9.689.967
2020	2.729.900	12.966.459
2025	3.299.091	16.691.533
2030	3.807.545	20.891.515

Fonte: Plano Diretor do Porto de Manaus

Para o estudo de caso objeto de análise, o tráfego a ser analisado é o tráfego Ro-Ro que se prevê que ocorra entre os portos de Manaus e Porto Velho.

No Plano Diretor de Porto Velho são indicadas estas previsões.

No que se refere à possível **ampliação das infraestruturas** portuárias, embora o Plano Diretor proponha uma série de intervenções a serem realizadas (construção de novo terminal de contêineres, adequação das vias de acesso a TUP Super Terminais e Chibatão...) nenhuma delas está prevista para a movimentação de carga ro-ro de navegação interior.

Tabela 11. Previsões de movimentação de carga Ro-Ro entre Porto Velho e Manaus

Ano	Carga Geral Ro-Ro
2015	403.324
2020	419.513
2025	429.520
2030	436.782

Fonte: Plano Diretor do Porto de Porto Velho

2.1.4 HIDROVIA DO TIETÊ. Terminais de Pederneiras

Os terminais intermodais de Pederneiras constituem um ponto nodal que facilita o transporte e comercialização de grãos agrícolas (soja e milho) procedente do Mato Grosso. As mercadorias que são movimentadas nestes terminais têm como destino final o Porto de Santos para sua exportação principalmente aos mercados europeus e asiáticos.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 42. Sistema Logístico intermodal de Pederneiras. Hidroviã do Tietê.

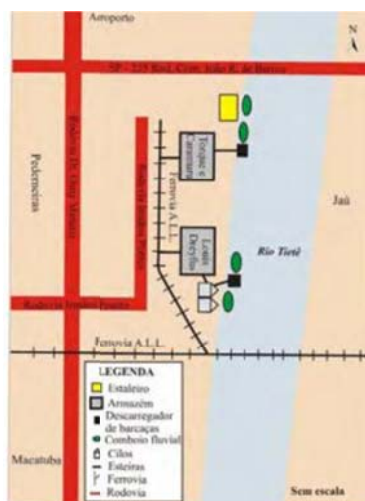


Fonte: Google Earth

O sistema logístico intermodal de Pederneiras possui dois terminais:

- Um pertencente ao grupo **Louis Dreyfus Commodities-LDC** (pertencia anteriormente ao Brasil Comercial Quintella Comercio e Exportação SA), com uma capacidade instalada para movimentar até 1.140.000 t/ano, segundo as informações fornecidas pelos representantes da Louis Dreyfus.
- Por outro lado o terminal da **Torque/Caramuru** conta com uma capacidade de movimentação de 1.200.000 t/ano, segundo as informações fornecidas pela AHRANA.

Figura 43. Esquema do Sistema Logístico Intermodal de Pederneiras



Fonte: http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96693/felipejunior_nf_me_prud.pdf?sequence=1

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Figura 44. Terminal da Torque/Caramuru em Pederneiras



Fonte: <http://www.caramuru.com/>

Figura 45. Terminal da LDC em Pederneiras



Fonte: Internet-Flickr.com

As informações em relação aos terminais de Pederneiras foram extraídas das seguintes fontes:

- Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Hidrovia dos rios Paraná – Tietê (EVTEA).
- Informações fornecidas pelas administrações hidroviárias (Administração Hidroviária do Paraná – AHARANA e Departamento Hidroviário – DH da Secretaria dos Transportes do Governo do Estado de São Paulo).
- Visita técnica às instalações do terminal do grupo Louis Dreyfus Commodities-LDC.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

2.1.4.1 Cargas Movimentadas

De acordo com as informações disponíveis, extraídas do Anuário Estatístico ANTAQ 2013, a partir de dados da Administração da Hidrovia do Paraná-Tietê- AHRANA e do Departamento Hidroviário de São Paulo - DH/SP, a movimentação nestes terminais foi de 1,6 M de toneladas no ano 2013.

Tabela 12. Movimentação nos terminais de Pederneiras

Produtos Origem / Destino	2012		2013		% Crescimento
	Toneladas	TKU	Toneladas	TKU	
S. SIMÃO (GO) - PEDERNEIRAS (SP)					
SOJA	910.535	579.492.640	821.173	522.266.028	-9,81%
MILHO	590.308	375.883.486	560.960	356.770.560	-4,97%
FARELO DE SOJA	341.147	216.969.236	261.571	168.903.156	-23,33%
TOTAL	1.841.990	1.172.345.362	1.643.704	1.047.939.744	-10,76%

Fonte: Anuário Estatístico ANTAQ 2013

Por outro lado, as estatísticas de tráfego do ramal ferroviário dos terminais de Pederneiras apresentam os seguintes dados:

Tabela 13. Movimentação nos acessos ferroviários dos terminais de Pederneiras

Pederneiras	Total Geral 2013
Caramuru Alimentos S/A	654.122
El Dorado Brasil Celulose S/A	113.432
Louis Dreyfus Commodities Brasil S/A	901.784
Total Geral	1.669.338

Fonte: Estatísticas de tráfego ferroviário. EPL

As diversas fontes de dados não apresentam exatamente os mesmos valores no entanto, as diferenças não são significativas. No estudo de casos serão empregados como dados base para a movimentação no terminal de Louis Dreyfus os dados obtidos nas estatísticas ferroviárias (que coincidem com os indicados pelo operador nas visitas técnicas).

2.1.4.2 Acessos Viários e Ferroviários

O sistema logístico intermodal de Pederneiras está localizado na margem esquerda do rio Tietê, no estado de São Paulo. Encontra-se aproximadamente a 5 km da confluência da rodovia SP-261 (Rodovia Osni Mateus) e de uma via não pavimentada (PDN 020) pela qual se acessa os terminais. A extensão do acesso rodoviário aos terminais das rodovias principais é de:

- Terminal LDC: Um primeiro trecho do acesso através de uma rodovia pavimentada de aproximadamente 4,5 km de extensão (de uso compartilhado para ambos os terminais) e um segundo trecho que é realizado através de uma via não pavimentada de 1 km de extensão.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Terminal da Caramuru: Um primeiro trecho do acesso através de uma rodovia pavimentada de 4,20 km de extensão (de uso compartilhado para ambos os terminais) e um segundo trecho que é realizado através de uma via não pavimentada de 2 km de extensão.

A ferrovia que presta serviço à área dos terminais é de 1,6 km, sendo que a concessionária América Latina Logística - Malha Paulista (ALLMP) delegou, mediante contrato, à MRS Logística o transporte ferroviário de cargas desde Pederneiras até o porto de Santos.

A extensão do acesso ferroviário de uso exclusivo e comum para o conjunto de terminais é de aproximadamente 3 km (a partir da ligação com a via principal).

2.1.4.3 Infraestruturas de Atracação

De acordo com as imagens áreas disponíveis dos dois terminais portuários localizados em Pederneiras e as informações reunidas na visita técnica, as infraestruturas de atracação existentes em cada um dos terminais são as que se seguem:

- Terminal Caramuru:
 - o 1 posto de atracação (cais flutuante) de 70 m de extensão.
 - o Ponte de acesso ao cais flutuante com 35 m de extensão.
- Terminal LDC:
 - o 1 posto de atracação através de um cais marginal de 120 m de extensão.

2.1.4.4 Equipamentos para Carga e Descarga

As instalações para a transferência da carga consistem em um grupo de sugadores em cada terminal que retiram os grãos das barcas.

Os grãos são transportados até os silos por um sistema de correias transportadoras e uma vez nos silos, seguem, novamente, mediante correias até as tremonhas que alimentam os vagões de trem que sairão com destino ao porto de Santos.

A extensão total aproximada das correias transportadoras é de 650 m no terminal **Caramuru** e de 250 m no Terminal **LDC**.

2.1.4.5 Instalações de Armazenamento

O terminal **LDC** de Pederneiras conta com uma capacidade estática de armazenamento de 14.000 toneladas com a seguinte distribuição:

- Dois silos de 4.500 t cada um, que traduzido a m^3 representa uma capacidade de $3.375 m^3$.
- Um armazém com capacidade de 5000 t ($3.750 m^3$).

O terminal **Caramuru** conta com as seguintes instalações de armazenamento:

- Dois armazéns para grãos de aproximadamente $4.500 m^2$ de superfície e um armazém com cerca de $4.950 m^2$. A capacidade estática total dos armazéns é de 45.000 t.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

2.1.4.6 Produtividades

As instalações para a transferência da carga no terminal da LDC em Pederneiras consistem em um grupo de 3 sugadores com um rendimento total de 400 toneladas / hora, segundo as informações coletadas na visita técnica.

2.1.4.7 Pessoal

No terminal de LDC em Pederneiras trabalham aproximadamente 60 pessoas, segundo as informações coletadas na visita técnica.

2.1.4.8 Desenvolvimento Futuros Previstos no Porto

O único investimento previsto, identificado durante a visita técnica ao terminal LDC, consiste na substituição dos equipamentos de aspiração em um futuro próximo, por outros com maior eficiência e menor consumo.

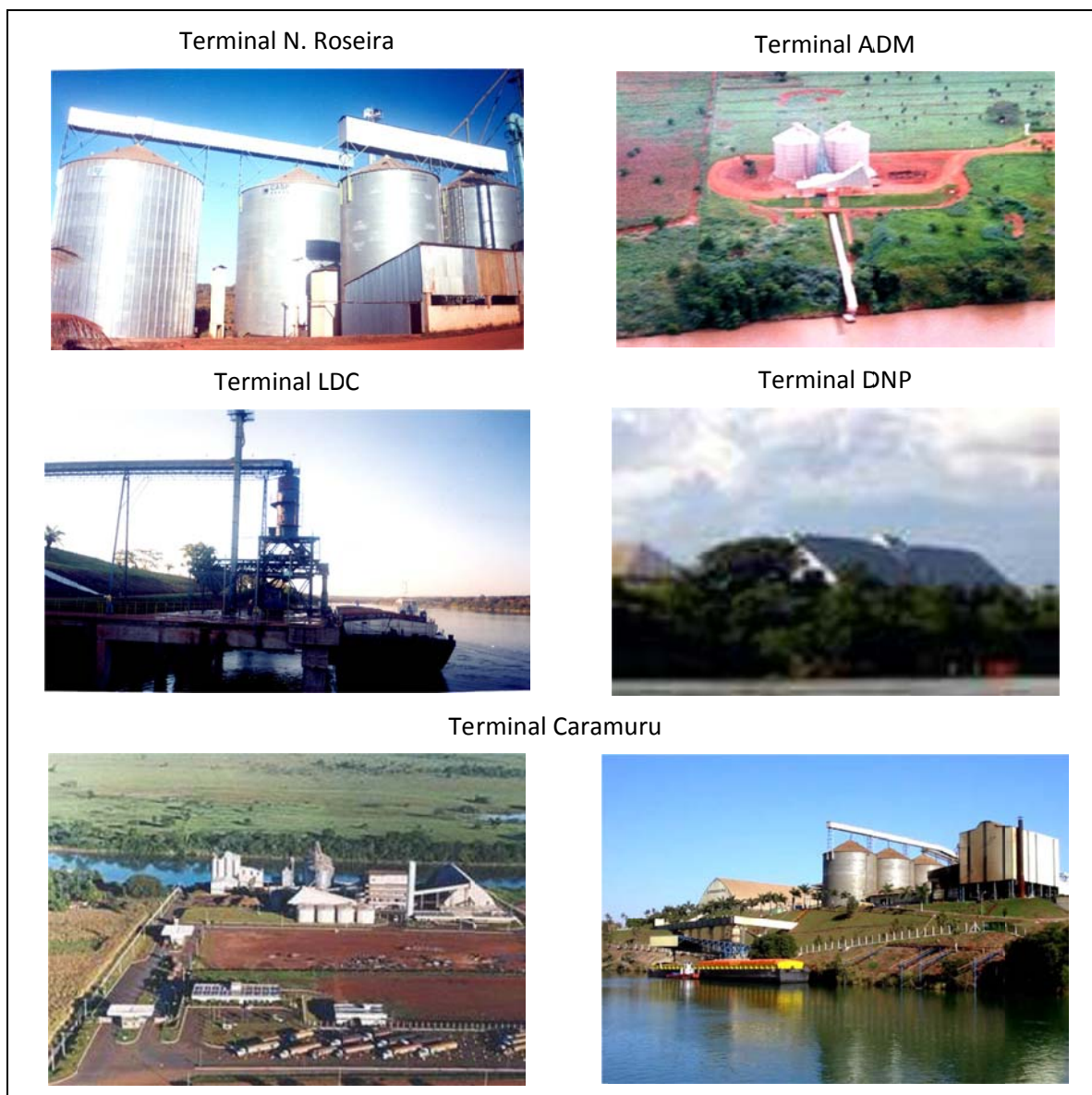
2.1.5 HIDROVIA DO TIETÊ. Complexo portuário de São Simão

O complexo portuário de São Simão, abrange 5 Terminais de Uso Privativo (TUP) localizados na margem direita do rio Paranaíba, no estado de Goiás:

- Terminal ADM
- Terminal Caramuru
- Terminal N. Roseira
- Terminal LDC
- Terminal DNP

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Figura 46. Imagens dos TUP do complexo portuário de São Simão



Fonte: Administração da Hidrovia do Paraná-Tietê- AHRANA

As informações apresentadas nas seções seguintes reúnem as principais características do complexo portuário, extraídas da consulta dos documentos abaixo:

- Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Hidrovia do rio Paraná – Tietê (EVTEA).
- Informações fornecidas pela Administração Hidroviária (Administração Hidroviária do Paraná – AHRANA).

2.1.5.1 Cargas Movimentadas

Segundo as informações disponíveis, extraídas do Anuário Estatístico da ANTAQ 2013 (elaboradas a partir de dados da Administração da Hidrovia do Paraná-Tietê- AHRANA e do Departamento Hidroviário de São

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Paulo - DH/SP), os principais produtos movimentados nestes terminais foram soja, milho, farelo de soja e açúcar, como se observa na tabela a seguir:

Tabela 14. Movimentação anual no complexo portuário de São Simão

Produtos Origem / Destino	2012		2013	
	Toneladas	TKU	Toneladas	TKU
Soja				
São Simão - Pederneiras	910.535	579.492.640	821.173	522.266.028
São Simão - Anhembí	57.144	43.200.860	247.727	187.281.612
São Simão - S.M. Serra	92.047	65.997.398	95.962	68.804.754
Milho				
São Simão - Pederneiras	590.308	375.883.486	560.960	356.770.560
São Simão - S.M. Serra	104.173	74.692.240	161.748	115.973.316
São Simão - Anhembí	107.729	81.442.757	234.103	176.981.868
Farelo de Soja				
São Simão - Pederneiras	341.147	216.969.236	261.571	168.903.156
São Simão - Anhembí	33.110	25.030.883	34.483	26.069.148
TOTAL	2.236.193	1.462.709.500	2.417.727	1.623.050.442

Fonte: Anuário Estatístico da ANTAQ 2013

Cabe destacar que no Terminal da Caramuru foi instalada uma unidade para fabricação de biodiesel e que sua movimentação não se inclui na estatística supracitada

2.1.5.2 Acessos Rodoviários e Ferrovíarios

O complexo portuário de São Simão é formado pelos 5 TUP anteriormente comentados, os quais se encontram muito próximos e o acesso terrestre se realiza através da mesma rodovia não pavimentada, partindo da rodovia BR-364.

A extensão do acesso rodoviário para cada um dos TUP é apresentado na seguinte tabela:

Tabela 15. Extensão dos acessos rodoviários aos terminais do complexo portuário de São Simão

Terminal Portuário	Extensão (km)
Terminal ADM	3,19
Terminal Caramuru	2,95
Terminal N. Roseira	2,00
Terminal LDC	1,68
Terminal DNP	2,34

Fonte: Elaboração própria a partir das imagens de Google Earth

O complexo portuário de São Simão não possui ligações ferroviárias.

2.1.5.3 Infraestruturas de Atracação

Com relação à atracação, cada TUP tem sua própria infraestrutura, com as seguintes características:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 16. Infraestruturas de atracação dos terminais do complexo portuário de São Simão

Terminal Portuário	Nº de postos de atracação	Profundidade (m)	Características da atracação
Terminal ADM	1	3,50	Talude natural (70 m de extensão), com ponte de acesso e cais flutuante de 5 m de extensão.
Terminal Caramuru	3	4,50	Plataforma pavimentada, ponte de acesso e cais flutuante de 70 m de extensão.
Terminal N. Roseira	2	4,00	Talude natural (70 m de extensão), com ponte de acesso e cais flutuante de 5 m de extensão.
Terminal LDC	2	4,00	Cais marginal de 75 m de extensão com quatro dolphins de amarração.
Terminal DNP	2	4,00	Cais marginal de 75 m de extensão, junto com um cais flutuante para apoio e reserva de 5 m de extensão.

Fonte: Administração da Hidrovia do Paraná – Ahrana / Google Earth

2.1.5.4 Equipamentos para Carga e Descarga

De acordo com as informações disponíveis para cada um dos TUP que compõem o complexo portuário de São Simão, o equipamento disponível em cada um deles se resume a seguir:

- Terminal ADM:
 - o Redler
 - o Elevador de canecas
 - o Correia transportadora com uma extensão aproximada de 250 m
- Terminal Caramuru:
 - o Redler
 - o Elevador de canecas
 - o Correia transportadora com uma extensão aproximada de 650 m
 - o Tubulações para granel líquido com uma extensão aproximada de 600 m
 - o Sugador
- Terminal N. Roseira:
 - o Redler
 - o Elevador de canecas
 - o Correia transportadora com uma extensão aproximada de 250 m
- Terminal LDC:
 - o Redler
 - o Elevador de canecas
 - o Correia transportadora com uma extensão aproximada de 450 m
 - o Tubulação para granel líquido
 - o Sugador
- Terminal DNP:
 - o Elevador de canecas

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- o Correia transportadora com uma extensão aproximada de 450 m
- o Tubos de distribuição
- o Carretas e vagões

2.1.5.5 Instalações de Armazenagem

Na tabela seguinte são apresentadas as instalações de armazenagem, áreas administrativas e superfícies de apoio para cada um dos TUP que fazem parte do complexo portuário de São Simão:

Tabela 17. Instalações de armazenagem dos terminais do complexo portuário de São Simão

Terminal Portuário	Área administrativa (m ²)	Área de apoio (m ²)	Área total (m ²)	Armazéns cobertos / silos (m ³)	Pátios (m ²)
Terminal ADM	250,00	-	21.300,00	10.000,00	-
Terminal Caramuru	2.000,00	1.500,00	68.500,00	50.000,00	-
Terminal N. Roseira	600,00	1.000,00	32.445,00	25.000,00	3.000,00
Terminal LDC	400,00	200,00	70.000,00	30.000,00	5.000,00
Terminal DNP	150,00	150,00	30.000,00	30.000,00	2.000,00

Fonte: Administração da Hidrovia do Paraná – Ahrana

2.1.5.6 Produtividades

As produtividades dos diversos Terminais que fazem parte do complexo portuário de São Simão são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 18. Produtividade nos terminais do complexo portuário de São Simão

Terminal Portuário	Produtividade (t/h)
Terminal ADM	400,00
Terminal Caramuru	700,00
Terminal N. Roseira	600,00
Terminal LDC	500,00
Terminal DNP	400,00

Fonte: Administração da Hidrovia do Paraná – Ahrana

Também, segundo os dados da Administração da Hidrovia do Paraná – AHRANA, o período de operação nestes terminais é somente diurno, o que limita a capacidade e horários de atendimento às embarcações.

2.1.5.7 Pessoal

Para os efeitos de carga do modelo com os dados para o estudo de caso, e em função de não se dispor de informações mais precisas, foi considerado que no terminal de LDC de São Simão o número de trabalhadores é o mesmo que no terminal de destino da carga em Pederneiras.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

2.1.6 HIDROVIA DO TIETÊ. Terminais fluviais do sistema de transporte de etanol

Os terminais fluviais que serão descritos a seguir (Anhembi e Araçatuba) estão integrados no projeto de criação do Sistema Logístico Multimodal de Transporte e Armazenamento de Etanol, de cuja construção e operação se encarrega a empresa Logum Logística S.A.

O projeto está sendo financiado pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) e está incluído no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). De acordo com a proposta contida no *site* oficial da Logum, é prevista a criação, no sudeste e centro-oeste do Brasil, de corredores de transporte dutoviário e hidroviário de etanol, que funcionarão em conjunto com o sistema de distribuição já existente nestas regiões.

O Sistema de Logística de Etanol atravessará 45 municípios, ligando as principais regiões produtoras de etanol nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul com o principal ponto de armazenamento e distribuição em Paulínia (SP). O etanol será transportado em caminhões cisterna das plantas produtoras até os terminais hidroviários. De Paulínia, através de uma ampla rede de dutos, o sistema se estenderá aos terminais em Barueri e Guarulhos, na Grande São Paulo e Duque de Caxias, no Rio de Janeiro e aos terminais marítimos na costa de São Paulo e Rio de Janeiro.

O sistema, uma vez finalizado o projeto, terá uma capacidade instalada para transportar até 21 milhões de m³ de etanol por ano.

O projeto se integrará no sistema hidroviário de transporte, utilizando barcas na bacia do Paraná-Tietê. Os comboios serão carregados nos terminais de Araçatuba, Aparecida do Taboado e Presidente Epitácio, e serão descarregados no terminal de Anhembi (SP). A partir deste ponto, o etanol será bombeado através de um duto de transporte de 131 quilômetros até o principal centro de armazenamento (hub) em Paulínia.

Figura 47. Esquema do transporte de etanol pela hidrovía Tietê-Paraná

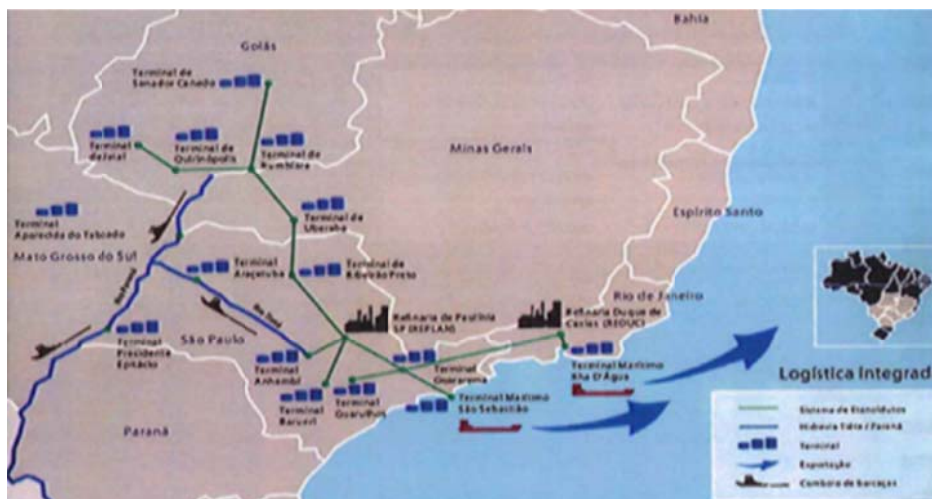


Fonte: Site da ANTAQ. Apresentação TRANSPETRO 2º Seminário de Portos e Vias Navegáveis. 22/09/2011

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Na apresentação “Análise energética na logística do transporte fluvial do etanol na hidrovia Tietê-Paraná”⁷ se analisa o transporte de etanol tomando como ponto de entrada na hidrovia o terminal de Aparecida de Taboado (MS) com um volume de armazenamento que alcançará os 20.000 m³ de etanol e um fluxo anual previsto de 2,4 milhões de m³. O ponto de destino na hidrovia será Anhembi (SP), que terá um tanque de 160.000 m³ de etanol e uma capacidade de fluxo anual de 9,3 milhões de m³.

Figura 48. Esquema da logística de transporte de etanol pela hidrovia Tietê-Paraná



Fonte: Secretaria de Logística e Transportes. Departamento Hidroviário DH/SP

Os dados mais atualizados, fornecidos pelo Departamento da Marinha Mercante do Ministério dos Transportes indicam que o volume anual transportado inicialmente será de 4 bilhões de litros.

Segundo a reportagem de 24 de janeiro de 2014 de O Liberal Regional, a unidade de Araçatuba terá capacidade para movimentar 2,5 bilhões de litros por ano. O terminal terá 8 tanques com uma capacidade de armazenamento de 40.000 m³ de etanol. Estima-se que em 2020 a capacidade operacional do terminal poderá chegar a 8,6 milhões de m³ de etanol, partindo de Araçatuba até o terminal de Anhembi (SP). O projeto inicial incluirá também uma estrutura para receber os caminhões, um heliporto e um cais flutuante.

Nas seções seguintes são reunidos os dados disponíveis sobre o projeto, estimando-se os valores necessários sobre as dimensões e equipamentos das instalações de cada um dos dois terminais que se integrarão ao sistema logístico hidroviário projetado para a fase inicial: Araçatuba (SP) e Anhembi (SP).

A documentação disponível no momento de redigir este relatório e a partir da qual se efetuaram as estimativas é a seguinte:

- Informações do Departamento da Marinha Mercante do Ministério dos Transportes, referente ao projeto da Transpetro para o transporte de etanol no rio Tietê.
- Informações obtidas do site da Transpetro.

⁷ 24º “Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore” realizado no Rio de Janeiro (15 a 19 de Outubro de 2012)

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Dados incluídos nas propostas do Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore.

2.1.6.1 Cargas Movimentadas

O tráfego inicial previsto é de 4 milhões de m³ ao ano (3.156.000 toneladas ao ano).

2.1.6.2 Acessos Viários e Ferroviários

Segundo as informações reunidas, o **Terminal de Anhembi** estará localizado nas proximidades do atual terminal intermodal da Torque-Caramuru, e seu acesso rodoviário se unirá com a Rodovia Samuel de Castro Neves (SP147).

A extensão do acesso rodoviário de ligação do novo terminal hidroviário de Anhembi é estimada em aproximadamente 1,5 km. Uma vez que não se dispõe de informações sobre a localização e características dos acessos ao terminal de **Araçatuba**, será considerado um mesmo valor para os mesmos.

Figura 49. Vista aérea do terminal intermodal de Anhembi da Torque e da área de localização do terminal da TRANSPETRO



Fonte: Apresentação TRANSPETRO

2.1.6.3 Infraestruturas de Atracação, Equipamentos de Carga e Descarga e Instalações de Armazenamento.

As únicas informações disponíveis no momento da redação deste relatório, em relação às infraestruturas projetadas é a maquete das instalações previstas no terminal do Anhembi em sua configuração final (ver figura 50), apresentada pela Transpetro.

A partir da referida imagem foram estimadas as infraestruturas de atracação assim como a capacidade da instalação com objetivo de obter valores de investimento compatíveis com a movimentação prevista.

Na tabela seguinte são apresentados os valores estimados sobre as dimensões e equipamentos das instalações de origem e destino na hidrovia.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 19. Instalações nos terminais de Anhembi e Araçatuba

Instalações	TUP ANHEMBI	TUP ARAÇATUBA
Infraestruturas de atracação ⁸	• 2 postos de atracação em um cais de aproximadamente 120 m de extensão.	• 2 postos de atracação em um cais de aproximadamente 120 m de extensão.
Equipamentos para carga e descarga	• 2 estações de bombeamento (uma por atracação) para a carga e descarga com uma produtividade de 1.900 m³/h⁹ (1.500 t/h)¹⁰. • Uma rede de dutos para a conexão entre os tanques de armazenamento e o cais, com uma extensão aproximada de 1.300 m.	• 2 estações de bombeamento (uma por atracação) para a carga e descarga com uma produtividade de 1.900 m³/h (1.500 t/h). • Uma rede de dutos para a conexão entre os tanques de armazenamento e o cais, com uma extensão aproximada de 1.300 m.
Instalações de armazenamento	• Tanques de armazenamento com capacidade total de 30.400 m³. • Edificação administrativa de 500 m². • Pavimentação e redes de circulação interiores: aproximadamente 10.000 m². • Rede de drenagem: 10.000 m². • Rede de abastecimento e saneamento de água: 500 m². • Rede elétrica: 500 m². • Rede de telefonia: 500 m².	• Uma balança rodoviária. • Tanques de armazenamento com capacidade total de 20.000 m³. • Edificação administrativa de 500 m². • Pavimentação e redes de circulação interiores: aproximadamente 10.000 m². • Rede de drenagem: 10.000 m². • Rede de abastecimento e saneamento de água: 500 m². • Rede elétrica: 500 m². • Rede de telefonia: 500 m².

Fonte: Elaboração própria

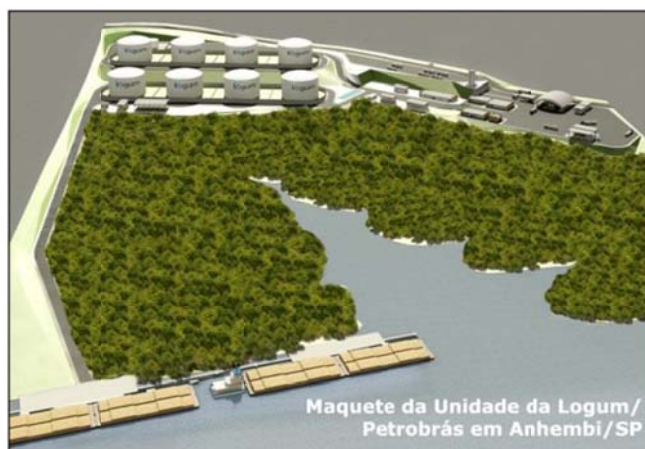
⁸ Para o referido cálculo foi empregado a teoria das filas para a determinação da taxa de ocupação do cais a partir dos valores operacionais do futuro porto (produtividades do equipamento projetado em horas diárias de atividade do mesmo), dá como resultado que são necessários dois postos de atracação para a movimentação prevista de 4,0 milhões de toneladas.

⁹ O valor da produtividade da instalação de bombeamento para carga ou descarga foi deduzido das informações recolhidas nas apresentações do projeto realizadas pela Transpetro nas quais se identifica que o tempo estimado de descarga de um comboio de 7.600 m³ é de quatro horas.

¹⁰ A densidade do etanol é de 789,00 kg/m³.

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Figura 50. Imagem da maquete da unidade da Logum Petrobrás em Anhembi (SP)



Fonte: Apresentação da TRANSPETRO

2.1.6.4 Pessoal

Uma vez que não se dispõe de informações em relação às necessidades do pessoal nas infraestruturas projetadas, foram estimadas as referidas necessidades de acordo com as seguintes hipóteses:

- Um coordenador de operações no cais
- Dois operários de cais.
- Um coordenador de operações no pátio de tanques.
- 4 técnicos no centro de controle.
- 2 operários na porta de entrada.
- 6 pessoas destinadas à segurança.

No total seriam 16 pessoas, para uma operação que se estima que requererá 2 turnos e portanto um total de 32 trabalhadores por terminal.

2.2 PROCESSO HIDROVIA

São descritos nesta seção as características gerais dos canais de navegação e os investimentos previstos para sua manutenção para os efeitos da identificação dos dados sobre as infraestruturas, necessários para a utilização da ferramenta de análise de custos de produção do transporte hidroviário no desenvolvimento dos casos de estudo.

2.2.1 HIDROVIA DO MADEIRA

No Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental - EVTEA do rio Madeira é descrito que esta é uma das principais vias de transporte empregadas pelos centros produtores de grão do Centro-Oeste do País e é também uma via de transporte e comunicação interior fundamental para a região amazônica, na qual os outros modais apresentam carências importantes.

O principal tráfego da hidrovia é, como foi dito, para atender a produção de grãos do oeste do Estado de Mato Grosso com destino à exportação.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Para os efeitos do estudo de casos o trecho de hidrovia a ser considerado corresponde com o Trecho I analisado no EVTEA, entre Itacoatiara (AM) e Porto Velho (RO).

Figura 51. Mapa multimodal da área de influencia da Hidrovia do Madeira



Fonte: Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental - EVTEA

2.2.1.1 Características Gerais do Canal de Navegação

O Madeira é um rio em corrente livre que não apresenta importantes obstáculos para a navegação.

Trata-se de um rio de águas rápidas, com velocidades de até 2,5 m/s ou 9 a 10 km/h.

É um rio de planície de fundo arenoso. Apresenta um elevado grau de deposição de areia e de erosão em suas margens. Seu leito é móvel apresentando variações importantes de um ano para outro no canal navegável. Estas circunstâncias condicionam o fato de que sejam necessárias permanentemente intervenções para seu controle com o fim de permitir a navegabilidade com segurança e sem restrições em qualquer período do ano.

Somente apresenta problemas de navegabilidade na época da seca na qual o nível do rio pode descer até 14 metros. Esta situação está de certo modo compensada devido à coincidência do período entre colheitas de soja com as épocas de seca ou vazante do rio. Nestas épocas, o transporte de grãos pela hidrovia é predominantemente de milho.

O período de águas altas está compreendido entre os meses de novembro e julho (com máximos entre março e maio) e o de águas baixas entre os meses de agosto e outubro.

O traçado do canal navegável definido de acordo com o estabelecido no EVTEA contempla como requisitos mínimos os seguintes:

- Comboio tipo 1:3:3:3: composto por um empurrador e nove barcas graneleiras, com dimensões totais de 210,0 x 33,0 x 3,0 m.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Parâmetros do canal de navegação: Largura = 75 m; raio de curvatura sem sobrelargura $R > 2.100$ m (sobrelargura = $L^2/2 \times R$, se $4xL \leq R \leq 10xL$) e Profundidade = 3,50 m.

No EVTEA são analisadas as passagens críticas que interferem na navegação identificando um total de 32 bancos de areia e 13 pedrais. Estes pontos críticos apresentam dificuldades para a navegação em períodos de águas baixas.

Os pontos que apresentam maiores restrições na navegação, tendo em vista os requisitos mínimos definidos, são os seguintes:

- Pedral São Miguel do Uruá – PK 362: Ponto crítico situado na passagem pela ilha Uruá, na qual o canal se estreita, reduzindo-se a largura para 50 m de base devido à existência de pedrais. Esta redução permite a passagem de um único comboio por vez, tendo prioridade o comboio que navega da montante para jusante (por estar carregado e ter menor manobrabilidade).

Ao longo de todo o trecho o projeto contemplado no EVTEA prevê o balizamento por boias, principalmente para auxílio na área de estreitamento do canal.

- Pedral dos Baianos – PK 635: Neste ponto crítico existem também pedrais próximos ao canal de navegação que estão balizados.

Para que neste trecho sejam garantidas as dimensões do canal de projeto requer-se realizar um derrocamento. A extensão do derrocamento é de aproximadamente 1.700 m, e o volume a ser derrocado da ordem de 2.000 m³.

- Pedral Capitari – PK 1.008: Este ponto crítico apresenta um elevado perigo para a navegação; no entanto devido à complexidade técnica e ambiental que apresenta a execução do derrocamento, o canal proposto no EVTEA passa neste trecho de 75 m de base para 60 m de base.

Neste trecho, da mesma forma que no Pedral São Miguel do Uruá, em períodos de águas baixas, é possível a passagem somente de um comboio por vez, tendo prioridade o que navega carregado, de montante para jusante.

No EVTEA se propõe que a intervenção neste trecho se efetue no futuro, quando devido ao aumento no volume de carga, este ponto crítico se torne um obstáculo importante para a navegação. A extensão do derrocamento é de aproximadamente 200 m e o volume a ser derrocado de cerca de 330 m³.

Durante os períodos de cheia não existem obstáculos à navegação que impeçam o emprego de comboios de até 20 balsas, com uma largura total de 55 m e um comprimento de 270 m.

Para os efeitos da aplicação da ferramenta de avaliação de custos do transporte hidroviário, não vai ser considerada a necessidade de efetuar desmembramentos em nenhum destes pontos críticos uma vez que se considera que os comboios empregados durante o período de águas baixas são menores (comboio tipo mínimo considerado de 9 balsas e 3 m de calado) e somente deve ser observado a prioridade de passagem pelos pontos mais críticos.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

2.2.1.2 Investimentos Previstos e Custos de Manutenção do Canal Navegável

Para garantir as condições de navegabilidade durante todo o ano, segundo os requisitos mínimos estabelecidos no EVTEA, este estudo apresenta a necessidade de implantar um programa de monitoramento e manutenção contínuo da hidrovía.

As diretrizes gerais definidas pelo Ministério para a contratação deste tipo de serviços estabelece que se efetue uma contratação plurianual para um período de longo prazo. O projeto avaliado no EVTEA contempla a contratação por um período de 10 anos por um valor total próximo aos 102 milhões de reais. Os valores anuais previstos estão reunidos no orçamento refletido na tabela seguinte.

Figura 52. Investimentos e custos de manutenção do canal de navegação avaliados no EVTEA do rio Madeira

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA E CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO													
SERVIÇOS DE MONITORAMENTO, DE IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SINALIZAÇÃO E BALIZAMENTO E DE DRAGAGEM PARA OBTENÇÃO E MANUTENÇÃO DO CALADO OPERACIONAL DA HIDROVIA DO RIO MADEIRA													
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	ANO 1		ANO 2		ANO 3		ANO 4		ANO 5	
				Quantidade	Preço Total (R\$)	Quantidade	Preço Total (R\$)	Quantidade	Preço Total (R\$)	Quantidade	Preço Total (R\$)	Quantidade	Preço Total (R\$)
1	Mobilização da Draga	unid.	646.659,18	1	646.659,18		-		-		-		-
2	Instalação do Canteiro de Obras	ano	271.165,47	1	271.165,47		-		-		-		-
3	Manutenção do Canteiro	mês	296.983,36	4	1.187.933,44	3	890.950,08	3	890.950,08	3	890.950,08	3	890.950,08
4	Batimetria e Topografia para acompanhamento da execução	m3	181.592,23	4	726.368,92	4	726.368,92	4	726.368,92	4	726.368,92	4	726.368,92
5	Serviço de Dragagem	km	9,69	1.085.619,08	10.519.648,89	800.000	7.752.000,00	800.000	7.752.000,00	800.000	7.752.000,00	800.000	7.752.000,00
6	Desmobilização da Draga	unid.	646.659,18		-		-		-		-		-
7	Implantação de Sinalização Náutica	unid.	1.755.760,08	1	1.755.760,08		-		-		-		-
8	Manutenção de Sinalização Náutica	unid.	89.292,79		-	1	89.292,79	1	89.292,79	1	89.292,79	1	89.292,79
Totais Anuais				15.107.535,98		9.458.611,79		9.458.611,79		9.458.611,79		9.458.611,79	
Percentuais de Execução Orçamentária				14,81265%		9,27399%		9,27399%		9,27399%		9,27399%	
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	ANO 6		ANO 7		ANO 8		ANO 9		ANO 10	
				Quantidade	Preço Total (R\$)	Quantidade	Preço Total (R\$)	Quantidade	Preço Total (R\$)	Quantidade	Preço Total (R\$)	Quantidade	Preço Total (R\$)
1	Mobilização da Draga	unid.	646.659,18		-		-		-		-		-
2	Instalação do Canteiro de Obras	ano	271.165,47		-		-		-		-		-
3	Manutenção do Canteiro	mês	296.983,36	3	890.950,08	3	890.950,08	3	890.950,08	3	890.950,08	3	890.950,08
4	Batimetria e Topografia para acompanhamento da execução	m3	181.592,23	4	726.368,92	4	726.368,92	4	726.368,92	4	726.368,92	4	726.368,92
5	Serviço de Dragagem	km	9,69	800.000	7.752.000,00	800.000	7.752.000,00	800.000	7.752.000,00	800.000	7.752.000,00	800.000	7.752.000,00
6	Desmobilização da Draga	unid.	646.659,18		-		-		-		-		-
7	Implantação de Sinalização Náutica	unid.	1.755.760,08		-		-		-		-	1	1.755.760,08
8	Manutenção de Sinalização Náutica	unid.	89.292,79	1	89.292,79	1	89.292,79	1	89.292,79	1	89.292,79	1	89.292,79
Totais Anuais				9.458.611,79		9.458.611,79		9.458.611,79		9.458.611,79		11.214.371,87	
Percentuais de Execução Orçamentária				9,27399%		9,27399%		9,27399%		9,27399%		10,99547%	
												Total (10 anos): R\$	101.990.802,17

Fonte: Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental - EVTEA

2.2.2 HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ

O sistema hidroviário do Tietê-Paraná é composto por 14 hidrovias distribuídas pelas bacias hidrográficas dos rios Grande, Paraná, Paranaíba, Paranapanema e Tietê. O sistema tem atualmente 2,4 mil quilômetros navegáveis, destes, cerca de 1.650 km são navegáveis regularmente, dos quais 554 quilômetros se encontram no rio Tietê.

A hidrovía Tietê-Paraná é uma das principais hidrovias em funcionamento. Liga os cinco principais estados produtores de grãos (Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Paraná), cana de açúcar e derivados, contando com 30 terminais intermodais integrando um sistema de transporte hidro-rodoviar-ferroviário.

No trecho de hidrovía do rio Tietê existem 6 aproveitamentos hidroelétricos: UHE Três Irmãos, UHE Nova Avanhandava, UHE Promissão, UHE Ibitinga, UHE Bariri e UHE Barra Bonita, com uma potência instalada total de cerca de 1,8 GW e um desnível médio de 26 m. Todas estas UHEs estão equipadas com eclusas, possibilitando a navegação ao longo do rio.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

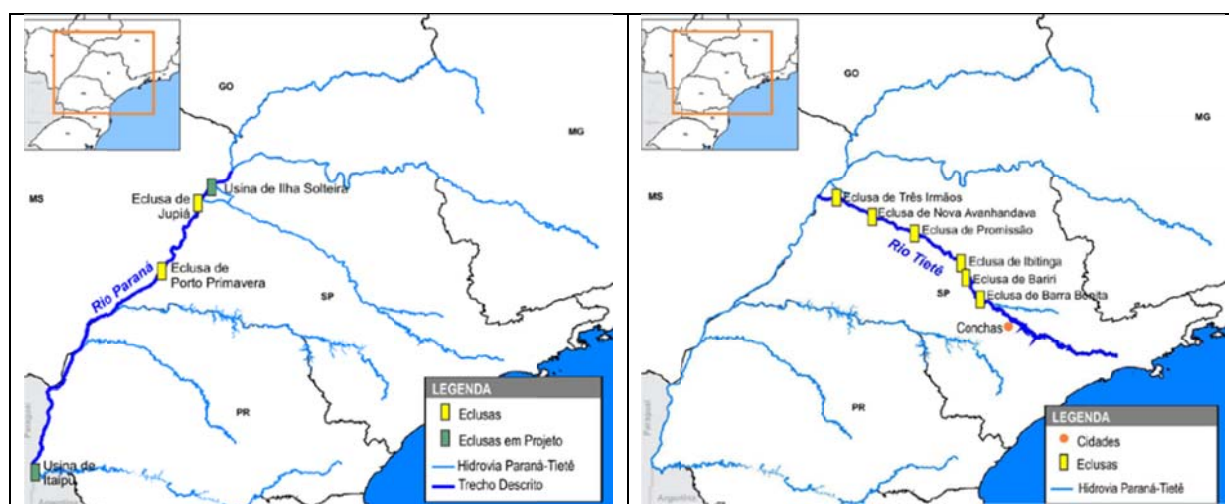
De acordo aos estudos realizados pelo Departamento Hidroviário – DH da Secretaria dos Transportes do Governo do Estado de São Paulo e pela Administração Hidroviária do Paraná – AHARANA, a capacidade atual da hidrovia Tietê-Paraná é de 12.000.000 de toneladas anuais.

Espera-se que esta capacidade aumente até 19.000.000 de toneladas depois da execução de obras de melhora nos acessos às eclusas.

As mercadorias que são transportadas neste sistema são principalmente produtos agrícolas. No Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental - EVTEA Hidrovia Tietê-Paraná, realizados pelo Departamento de Vias Navegáveis – DH, pode-se observar que existe um potencial para aumentar os tráfegos de outras mercadorias tais como etanol, madeira e celulose.

Os principais terminais para a exportação de produtos agrícolas são: São Simão (GO) – operando como terminal de cargas, e Pederneiras (SP), Anhembi (SP) e S.M. da Serra (SP), como terminais de descarga. A maior parte das mercadorias transportadas pela hidrovia são exportadas pelo Porto de Santos.

Figura 53. Esquema da Hidrovia Tietê-Paraná



Fonte: DH/SP e AHRANA

2.2.2.1 Características Gerais do Canal de Navegação

Como se observa na figura seguinte, na hidrovia existem trechos que permitem movimento de comboios com uma, duas, quatro e seis chatas dependendo, fundamentalmente, da largura do canal de navegação.

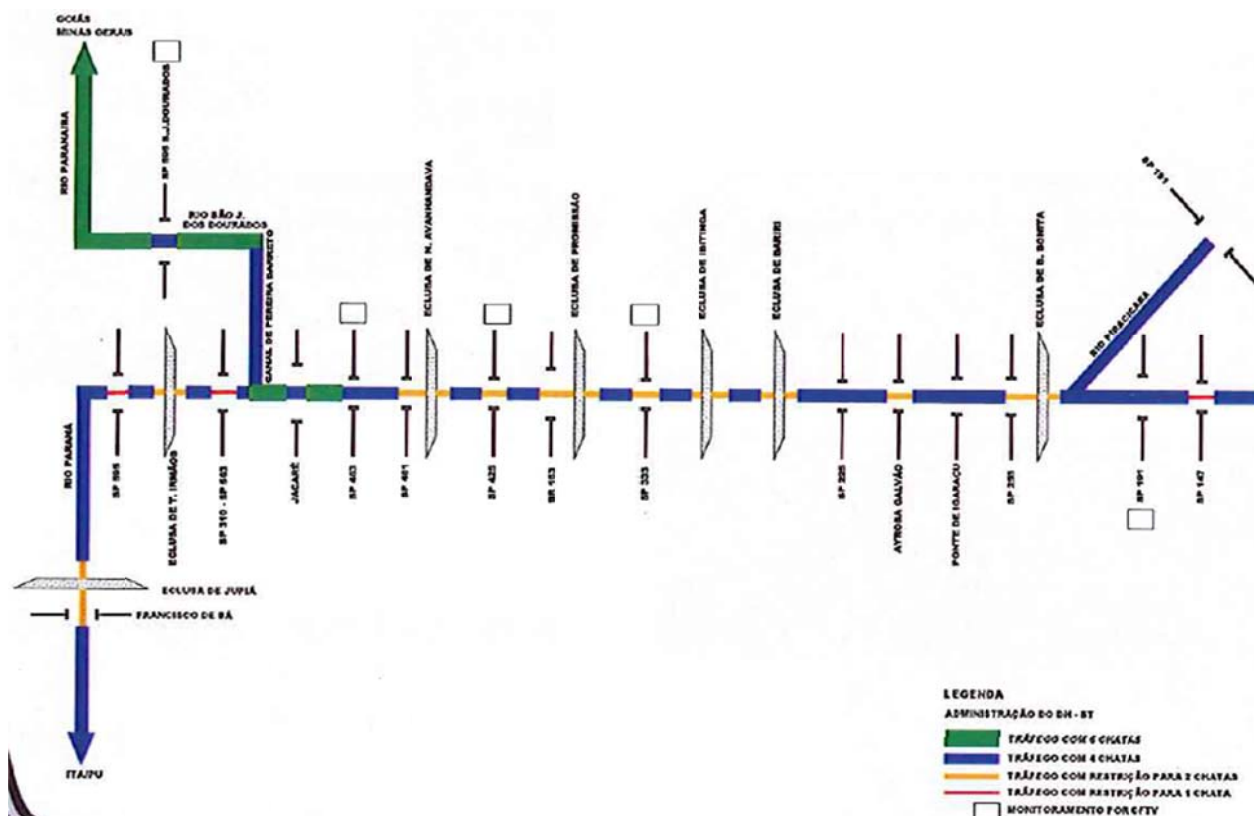
Para os efeitos dos estudos de casos que serão realizados, o trecho de hidrovia a considerar é o que une São Simão e Anhembi.

O comboio tipo utilizado neste trecho é de quatro barcaças, “Comboio Duplo Tietê, 2x2” e um empurrador com um calado de 2,7 m. A capacidade de carga de este comboio é de 6.000 toneladas (1.500 cada barcaça).

Estes comboios devem ser desmembrados ao passar pelas eclusas, dado que somente permitem duas barcaças em linha. O desmembramento também é necessário ao passar sob algumas pontes rodoviárias. A figura seguinte apresenta as restrições existentes:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 54. Esquema das restrições de navegação na Hidrovia Tietê-Paraná



Fonte: DH/SP e AHRANA

Segundo as informações obtidas junto aos operadores, os tempos de operação das eclusas são relativamente curtos (aproximadamente de 20 minutos). No entanto, a necessidade de desmembrar e recompor os comboios para a passagem pelas mesmas e por algumas das pontes que cruzam a hidrovia resulta em uma operação pouco eficiente (o tempo médio de passagem total por uma eclusa desde o momento em que se produz o desmembramento, até a recomposição do comboio é de três horas).

Segundo o Plano Hidroviário Estratégico 2013 - PHE, na hidrovia se distinguem 4 trechos, nos quais podem ser identificadas restrições à navegação:

- Trecho 01: São Simão - Pereira Barreto: não é identificada nenhuma restrição à navegação interior para os comboios tipo utilizados.
- Trecho 02: Três Lagoas - Pereira Barreto: A navegação interior é possível em boas condições devido às barragens de Três Irmãos e Jupia. As eclusas da UHE Três Irmãos têm dimensões de 12 m x 142 m, projetadas para a passagem do comboio 1x2.
- Trecho 03: Pereira Barreto a Anhembi: Este trecho apresenta também boas condições de navegação.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Existe um trecho crítico de 5 km a jusante da UHE Nova Avanhandava, onde há rocha e bancos de areia que restringem a passagem de embarcações com calado de mais de 2,5 m. Neste trecho o PHE prevê intervenções para eliminar esta restrição.

As cinco barragens neste trecho (UHEs Nova Avanhandava, Promissão, Ibitinga, Bariri e Barra Bonita), contam com eclusas 12m x 142m projetadas para a passagem de “Comboios Tipo Tietê simples 1x2”.

Neste trajeto, também é necessário atravessar 4 pontes, com uma passagem máxima de 2 chatas. Os tempos de passagem estimados para o desmembramento de comboios 2x2 para a passagem de cada um deles é o seguinte (ordenados de montante para jusante do rio):

- o Ponte FEPASA: 2 horas
- o Ponte Ferrão Rodovia SP 333: 2 horas
- o Ponte Barbosa SP 425: 3 horas

- Trecho 04: Anhembi - Salto

A ponte da rodovia SP-147 em Anhembi requer o desmembramento dos comboios. O tempo de passagem estimado por esta ponte é de: 2 horas

Em Tietê e Porto Feliz, existem 4 pontes e uma passarela que impedem a passagem dos comboios comerciais, sendo necessária a reconstrução das mesmas.

Existem problemas de estreitamentos, fundos rochosos e sinuosidades desde o final do reservatório da UHE Barra Bonita até a cidade de Salto (250 km de extensão e um desnível de 50 m).

Existe uma previsão de construir 4 barragens com eclusas em Anhembi, Laranjal, Tietê e Porto Feliz, o que permitiria prolongar o trecho navegável da hidrovia.

Adicionalmente, a hidrovia Tietê Paraná apresenta problemas de navegabilidade na época da seca, como consequência do uso de água para a geração de energia.

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

2.2.2.2 Investimentos Previstos e Custos de Manutenção do Canal Navegável

O programa de melhoras para a hidrovía do rio Tietê inclui, entre os seus projetos, a ampliação de vãos e proteção de pilares de pontes, a ampliação e retificação de canais e obras vinculadas às eclusas.

A lista de obras contemplada na Hidrovía Tietê-Paraná é exposta na tabela seguinte:

Tabela 20. Obras previstas na Hidrovía do rio Tietê.

Detalhe	Descrição	Início-Término	Custo Estimado (R\$)
Ponte da SP 255 (BR 153): Proteção dos pilares do vão de navegação	Implantação de dolphins de gravidade para proteção contra colisão nos pilares laterais da rota de navegação	15/06/2010 31/03/2012	9.940.000,00
Ponte da SP 333: Ampliação do vão	Ampliação do vão de navegação com remoção de pilares e substituição dos tabuleiros de concreto da ponte por estrutura metálica.	14/12/2010 02/06/2012	28.800.000,00
Ponte SP 425 (município Barbosa): Ampliação do vão de navegação	Ampliação do vão da ponte da SP-425. A obra permitirá a passagem de comboios com quatro chatas sem a necessidade de desmembramento.	14/12/2010 31/12/2013	35.530.000,00
Canal de Igarapu - Escavação subaquática de altos fundos	Derrocamento para a remoção de pontos altos no canal de Igarapu do Tietê entre o km 52,5 e a eclusa de Barra Bonita – Reservatório de Bariri.	01/08/2011 28/02/2013	2.970.000,00
Canal de Anhembi - Projeto de dragagem de manutenção	Dragagem de sedimentos para desassoreamento do canal de navegação no trecho do km 74 ao 89 do reservatório de Barra Bonita	09/05/2011 08/11/2012	1.190.000,00
Ponte da BR 153 e Iguaraçu do Tietê - Proteção dos pilares do vão de navegação	Reforço e adequação da proteção existente para operação com comboios com quatro chatas.	01/07/2012 31/12/2013	14.100.000,00
Projeto para a Implantação de Barragem e Eclusa em Santa Maria da Serra	A implantação da barragem permitirá a ampliação da navegação em 55 km pelo rio Piracicaba, do município de Santa Maria da Serra até o distrito de Ártemis possibilitando, ainda, sua integração à ferrovia no município de Piracicaba.	01/08/2012 31/03/2014	17.500.000,00
Canal de Botucatu (Km 61 a 72) e Conchas (Km 89 a 110)	As obras visam melhorar a geometria da rota e garantir profundidade mínima de 3 m o ano todo.	01/05/2013 31/03/2014	3.000.000,00
Canal a jusante de Nova Avanhandava	Derrocamento para ampliação do canal de navegação a jusante da eclusa em trecho de 10 km.	01/05/2013 31/01/2014	3.000.000,00
Ponte da SP 191 - Nova ponte sobre o Rio Piracicaba	Construção de nova ponte sobre o rio Piracicaba, em substituição a existente, com gabarito compatível com comboios com quatro chatas.	01/03/2014 30/06/2015	45.500.000,00

Fonte: DH/SP e AHRANA

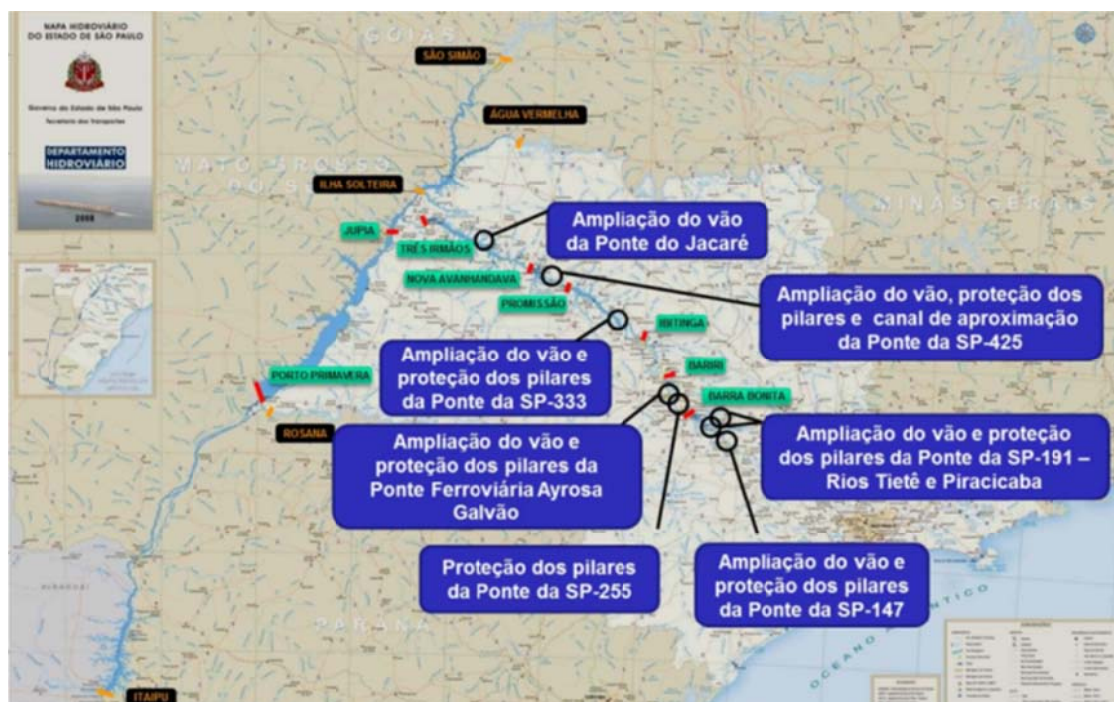
Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 55. Imagem das intervenções previstas para a ampliação de vãos em pontes.



Fonte: DH/SP e AHRANA

Figura 56. Intervenções previstas em pontes na Hidrovia Tietê



Fonte: DH/SP e AHRANA

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 57. Intervenções previstas em canais na Hidrovia Tietê



Fonte: DH/SP e AHRANA

Na tabela seguinte são mostradas as intervenções físicas vinculadas à extensão da navegação até Salto segundo as propostas contidas no Plano Hidroviário Estratégico 2013 para o rio Tietê.

Tabela 21. Investimentos futuros previstos para à extensão da navegação na Hidrovia do Rio Tietê

Projeto	Problema	Estimativa de Custo (R\$)
Construção de 4 barragens com sistemas de eclusas (Anhembi, Laranjal, Tietê e Porto Feliz) e 2.700.000 m³ de dragagens + derrocamentos	Problemas de assoreamentos, pedrais, estreitamentos e altas sinuosidades do final do reservatório da UHE Barra Bonita até Salto, com desnível de 50 m e 250 km de extensão.	2.700.000.000
Reconstrução de pontes em Tietê e Porto Feliz	4 Pontes e 1 passarela que impedem a passagem de comboios comerciais em Tietê e Porto Feliz.	90.000.000

Fonte: PHE 2013

2.3 PROCESSO ECLUSA

As eclusas no Brasil são bens públicos cuja titularidade, no caso das eclusas da hidrovia do Tietê, corresponde ao estado de São Paulo. As empresas concessionárias das plantas hidroelétricas são as responsáveis pela operação e manutenção das eclusas que, por sua vez, são supervisionadas pela administração hidroviária correspondente, no caso do Tietê, ao Departamento Hidroviário da Secretaria dos Transportes do Governo do Estado de São Paulo – DH/SP.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Nas seções seguintes, são analisadas as principais características das eclusas da hidrovia do Tietê (extensão e características dos canais de acesso, infraestruturas e equipamentos associados às eclusas, custos de capital associados às infraestruturas e instalações, custos de operação e manutenção das eclusas, número de eclusagens anuais, etc.) com o objetivo de definir corretamente os custos do processo eclusa no transporte hidroviário.

Na hidrovia Paraná-Tietê há 11 barragens 10 das quais contam com eclusas. A barragem de Ilha Solteira não oferece nenhum sistema de transposição de nível, de forma que, para vencer tal desnível, é necessário que as embarcações utilizem o Canal de Pereira Barreto, que comunica o reservatório da represa Ilha Solteira no rio Paraná com o de Três Irmãos, e permite a navegação entre os rios Paraná e Tietê.

O trecho de hidrovia a ser considerado para os estudos de caso é o trecho entre os terminais portuários de São Simão e Anhembi. Por este motivo, as eclusas que serão analisadas são as que se encontram no curso do Tietê uma vez que se tenha atravessado o Canal de Pereira Barreto.

Figura 58. Mapa esquemático da hidrovia Paraná-Tietê



Fonte: AHRANA e DH/SP

As primeiras quatro eclusas instaladas no sistema (Barra Bonita - 1973, Bariri -1968, Ibitinga 1986 e Promissão 1986) foram projetadas seguindo o mesmo modelo desenhado para o rio Tennessee. As dimensões destes primeiros projetos foram de 140 m de comprimento, 12 m de largura, 3 m de profundidade e de 24 a 25 m de desnível, para dimensões máximas de comboios de até 137 m de comprimento, 11 m de largura e calado máximo de 2,5m (comboio tipo Tietê).

A barragem de Nova Avanhandava (1991) tem um desnível maior (30 m) e por isto o sistema de transposição conta com duas eclusas enlaçadas por um canal intermediário.

A operação das eclusas está a cargo da empresa AES Tietê, controlada pela AES Brasil, que é a concessionária das plantas hidroelétricas e a responsável pela sua manutenção. A operação é realizada de

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

forma ininterrupta durante as 24 horas do dia seguindo as “Normas de tráfego nas eclusas da hidrovia Tietê – Paraná e seus canais”, publicadas na *web* da Secretaria de Logística e Transportes do Governo do Estado de São Paulo.

O operador da eclusa é o responsável por dar a autorização de passagem ou a ordem de bloqueio aos usuários, assim como pelo controle operacional e administrativo da eclusa.

A manutenção preventiva das eclusas é realizada bianualmente, e para isto, a cada dois anos a hidrovia é paralisada durante um período de um mês. Todo o trabalho é supervisionado pela Marinha do Brasil e pelo DH/SP. Ambos são responsáveis pela gestão do fluxo de tráfego no rio e pela comunicação aos usuários dos períodos de parada devido as operações de manutenção.

Conforme as informações obtidas nas visitas técnicas efetuadas pela equipe do projeto, o custo do manutenção bianual de uma eclusa oscila entre 1,7 e 3 milhões de reais, e pressupõe, aproximadamente, 90% do custo total do funcionamento das eclusas, frente aos 10% que pressupõem as operações de exploração.

Figura 59. Imagem da entrada de um comboio na eclusa de Ibitinga



Fonte: <http://www.folhadeibitinga.com.br/>

Os processos de enchimento e esvaziamento das eclusas são realizados por gravidade, ou seja, não requerem motores de bombeamento. O enchimento/esvaziamento da eclusa é produzido mediante um circuito subterrâneo que conecta a parte alta da barragem com a eclusa e esta com a parte baixa da barragem. Para cada operação de eclusagem é necessária uma média de 50.000 m³ de água.

A operação é supervisionada a partir de uma sala de operações localizada na parte alta da eclusa, na qual o operador controla todas as manobras de embarcações através de um circuito fechado de televisão.

A AES conta com um sistema automatizado de controle que permite a operação de forma remota de todas as suas eclusas. O sistema dispõe de câmeras de alta definição estrategicamente posicionadas nas eclusas e de elementos de controle que garantem que o processo de eclusagem seja realizado com segurança em cada uma das suas etapas. Também conta com um plano integrado de ação de emergências.

Nas tabelas seguintes são resumidos os dados básicos sobre dimensões das eclusas, os tráfegos anuais em 2013 e as estimativas no futuro para o período 2014-2017.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 22. Características das eclusas na hidrovia do Tietê

BARRAGEM/ ECLUSA	OPERADORA	DIMENSÕES			DESNÍVEL	COMBOIO TIPO
		COMPRIMENTO	LARGURA	CALADO		
Barra Bonita	AES Tietê/ CESP	142	12	2,5-4,0	24,0-13,50	137 m x 11 m
Bariri	AES Tietê/ CESP	142	12	3,50-4,0	23,5-22,5	137 m x 11 m
Ibitinga	AES Tietê/ CESP	142	12	3-7,30	20,0- 23,3	137 m x 11 m
Promissão	AES Tietê/ CESP	142	12	2,5-4,0	27,5	137 m x 11 m
Nova Avanhandava	AES Tietê/ CESP	142 (duas câmaras)	12	4,50-9,50	11,5-16,50	137 m x 11 m

Fonte: Elaboração própria

Tabela 23. Número de eclusagens anuais nas eclusas da hidrovia do Tietê

ECLUSA	2013	Estimativa Futura 2017
Barra Bonita	1.987	3.510
Bariri	9.266	14.850
Ibitinga	4.946	8.370
Promissão	4.946	8.370
Nova Avanhandava	9.893	16.740

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Proposta de Eliminação dos Gargalos nas Eclusas da Hidrovia Tietê-Paraná ¹¹

Nas seções seguintes são analisadas as particularidades de cada uma das eclusas da hidrovia, identificando-se os valores a serem utilizados para as variáveis e parâmetros do modelo.

2.3.1 HIDROVIA DO TIETÊ. Eclusas de NOVA AVANHANDAVA

As eclusas da represa de Nova Avanhandava estão localizadas nas proximidades das cidades de Birigui e Buritama, (a 175 km da desembocadura). Sua construção foi iniciada em 1979 e concluída em 1991.

Características:

- 2 eclusas em cascata, de 142 m x 12 m x 2,7 m cada uma, interconectadas por um canal intermediário de 646,6 m de comprimento x 59m de largura.
- Canal Intermediário, desenhado para o cruzamento de comboios tipo Tietê, com um molhe de atracação de 145 m de comprimento.
- Pontos de espera localizados a 2.500 m, tanto da eclusa Superior como da Inferior.

¹¹ http://www.mar.mil.br/cftp/apresentacoes/61_reuniao_comite_tecnico_sindasp.pdf

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Figura 60. Imagens da Eclusa de Nova Avanhandava no Tietê



Fonte: AHRANA e DH/SP



Fonte: Google Earth

Segundo as informações apresentadas na 61ª Reunião do Comitê Técnico Sindasp (Marinha Mercante do Brasil), em Novembro de 2013:

- O tempo médio de eclusagem é de 5,77 horas por comboio.
- A eficiência de capacidade da eclusa é de 35%.
- A ocupação da capacidade atual é de 110%, gerando tempos médios de fila de 13,21 horas por comboio.
- A capacidade atual da eclusa é de 8.361 milhões t/ano (4.181 milhões t/ano subindo o rio) ou 4,16 comboios /dia.
- Atualmente está proibida a presença simultânea de dois comboios no canal intermediário por sua alta exposição ao vento, o que pressupõe uma importante restrição operacional, já que só pode passar um comboio através do sistema de eclusas de Nova Avanhandava a cada vez.

Figura 61. Imagem de dois comboios em cruzamento no canal intermediário entre as duas eclusas de Nova Avanhandava



Fonte: Relatório “Proposta de Eliminação dos Gargalos nas Eclusas da Hidrovia Tietê-Paraná”, 61ª_reuniao_comite_tecnico_sindasp (Marinha Mercante do Brasil).

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Segundo dados de 2013 do Departamento Hidroviário da Secretaria de Estado de Logística e Transportes, o índice de disponibilidade da eclusa de Nova Avanhandava é de 99,81%, (sendo o valor mínimo anual aceitável de 95%).

O valor de capital estimado para este sistema de eclusas, para os efeitos de sua aplicação na análise de casos (avaliado a custo de reposição) é de 290 MR\$ (o cálculo destas estimativas está exposto no Relatório II), considerando-se que o custo adicional do canal é de cerca de 20% deste valor.

O custo bianual aproximado de manutenção deste sistema de eclusas eleva-se a 3 milhões.

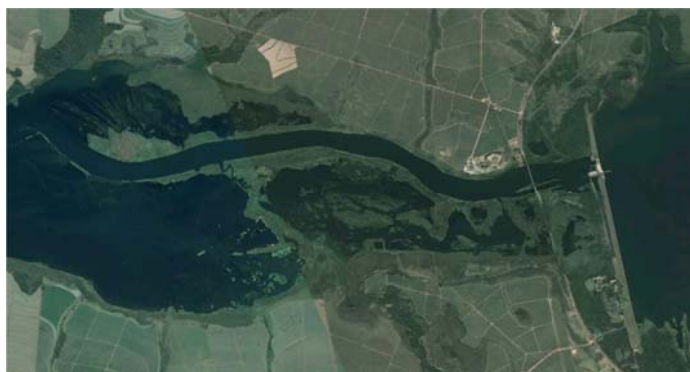
Quanto às necessidades de pessoal para a operação do sistema de eclusas, estima-se que é necessário, no mínimo, um operador para a coordenação do processo em três turnos de trabalho. Isto resulta em uma necessidade de pessoal de três trabalhadores.

2.3.2 HIDROVIA DO TIETÊ. Eclusa de PROMISSÃO

A eclusa da represa de Mário Lopes Leão, também conhecida como Promissão, está localizada no estado de São Paulo, próxima às cidades de Promissão e Avanhandava, no km 237 da hidrovia do Tietê (a partir da foz do rio). Sua construção foi iniciada em 1966 e concluída em 1975.

A obra civil de construção desta eclusa requereu a construção de um canal de navegação a jusante da instalação.

Figura 62. Imagem aérea da Eclusa de Promissão e do canal de navegação



Fonte: Google Earth

O tempo médio de eclusagem desta instalação é de 4 horas por comboio.

Segundo dados de 2013 do Departamento Hidroviário da Secretaria de Estado de Logística e Transportes, o índice de disponibilidade da eclusa de Promissão é de 99,94%, (sendo o valor mínimo anual aceitável de 95%).

O valor de capital estimado para esta eclusa, para efeitos de sua aplicação na análise de casos (avaliado a custo de reposição) é de 145 MR\$, considerando-se que o custo adicional do canal é de cerca de 20% deste valor.

O custo de manutenção bianual eleva-se a ,aproximadamente, MR\$ 2,31.

O pessoal de operação mínimo necessário é estimado em uma pessoa em três turnos diários.

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

Figura 63. Imagens da Eclusa de Promissão



Fonte: AHRANA e DH/SP

Fonte: Google Earth

2.3.3 HIDROVIA DO TIETÊ. Eclusa de IBITINGA

A eclusa da represa de Ibitinga está localizada entre os municípios de Borborema e Lacanga, no km 345 da hidrovia do Tietê (a partir da foz do rio). Sua construção foi iniciada em 1963 e concluída em 1969.

O tempo médio de eclusagem nesta instalação é de 4 horas por comboio.

Na falta de avaliações mais precisas, o valor de capital estimado para esta eclusa, para efeitos de sua aplicação na análise de casos (avaliado a custo de reposição) é de 145 MR\$ (o cálculo destas estimativas está exposto no Relatório II), considerando-se que o custo adicional do canal de acesso é de cerca de 5% deste valor.

Sua manutenção bianual tem um custo aproximado de 2,6 milhões de reais.

O pessoal mínimo necessário para a operação é estimado em uma pessoa em três turnos diários.

Figura 64. Imagens da Eclusa de Ibitinga no Tietê



Fonte: AHRANA e DH/SP

Fonte: Google Earth

Segundo dados de 2013 do Departamento Hidroviário da Secretaria de Estado de Logística e Transportes, o índice de disponibilidade da eclusa de Ibitinga é de 99,73%.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

2.3.4 HIDROVIA DO TIETÊ. Eclusa de BARIRI

A eclusa da represa Álvaro de Souza Lima ou Bariri está localizada entre os municípios de Bariri e Boracéia, no km 416 (a partir da desembocadura do rio).

Sua construção foi iniciada em 1957 e concluída em 1969.

O tempo médio de eclusagem nesta instalação é de 5 horas por comboio.

Na falta de avaliações mais precisas, o valor de capital estimado para esta eclusa, para efeitos de sua aplicação na análise de casos (avaliado a custo de reposição) é de 145 MR\$ (o cálculo destas estimativas está exposto no Relatório II), considerando-se que o custo adicional do canal de acesso é de cerca de 10% deste valor.

O custo de manutenção bianual desta eclusa eleva-se, aproximadamente, a 2 milhões de reais.

O pessoal mínimo necessário para a operação é estimado em uma pessoa em três turnos diários.

Figura 65. Imagem aérea da Eclusa de Bariri e do canal de navegação



Fonte: Google Earth

Figura 66. Imagens da Eclusa de Bariri no Tietê



Fonte: AHRANA e DH/SP



Fonte: Google Earth

2.3.5 HIDROVIA DO TIETÊ. Eclusa de BARRA BONITA

A eclusa da represa de Barra Bonita está localizada no km 480 da hidrovia do Tietê, (a partir da desembocadura do rio), a 3 km do centro da cidade de Barra Bonita.

Sua construção foi iniciada em 1957 e concluída em 1964.

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

O tempo médio declusagem é de 5 horas por comboio.

O custo de manutenção bianual desta eclusa eleva-se, aproximadamente, a 1,7 milhões de reais.

Na falta de avaliações mais precisas, o valor de capital estimado para esta eclusa, para efeitos de sua aplicação na análise de casos (avaliado a custo de reposição) é de 145 MR\$. A construção desta eclusa não exigiu a construção de canais de acesso.

Figura 67. Imagens da Eclusa de Barra Bonita no Tietê



Fonte: AHRANA e DH/SP

Fonte: Google Earth

Segundo dados de 2013 do Departamento Hidroviário da Secretaria de Estado de Logística e Transportes, o índice de disponibilidade da eclusa de Barra Bonita é de 99,96%.

3 COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÕES SOBRE OPERAÇÃO DOS SERVIÇOS NO PROCESSO TRANSPORTE

3.1 HIDROVIA DO MADEIRA: PROCESSO TRANSPORTE

São reunidos nesta seção os dados obtidos na consulta aos registros da ANTAQ e informações fornecidas pelo Departamento da Marinha Mercante com referência à frota de embarcações e seu custo de aquisição. Estes valores serão empregados nos parâmetros e variáveis que serão introduzidos no modelo para o estudo de casos.

Consultada a base de dados da ANTAQ sobre a tipologia das embarcações empregadas na hidrovia, os resultados obtidos são os seguintes.

- O total de embarcações registradas na Região Hidrográfica Amazônica é de 1.177 (levando em conta os registros completos na base de dados da ANTAQ).
- O número de empurradores desta região é de 423 e sua idade média é de 18 anos.
- O número de barcas registradas é de 754 e sua idade média é de 13 anos.

Na tabela seguinte são mostrados, agrupados em função da faixa de potência, os empurradores registrados.

Tabela 24. Número de empurradores conforme sua potência, na Região Hidrográfica Amazônica.

Potência	Número de Empurradores	%
BHP <200	27	6%
200<BHP<500	184	43%
500<BHP<1000	153	36%
1000<BHP<1500	37	9%
1500<BHP<2000	9	2%
BHP>2000	13	3%

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados da ANTAQ

A tabela seguinte apresenta a separação das barcas segundo o tipo de carga que transporta, assim como o valor médio das suas dimensões principais.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 25. Número de barcas segundo o tipo de carga, na Região Hidrográfica Amazônica.

Tipo de Carga	Número de Barcas	Comprimento	Largura	Calado	TPB
CARGA GERAL	342	59,20 m	14,37 m	2,28 m	1.414 t
DERIVADO DE PETRÓLEO	11	60,18 m	13,81 m	2,79 m	1.670 t
LÍQUIDO A GRANEL	208	55,53 m	13,032 m	2,41 m	1.532 t
SÓLIDO A GRANEL	172	64,34 m	19,36 m	3,81 m	2.654 t
RO-RO	21	77,68 m	19,76 m	2,18 m	1.697 t

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados da ANTAQ

Com relação ao **valor de aquisição dos empurradores e barcas**, dispõe-se de informações fornecidas pelo Departamento da Marinha Mercante (Secretaria de Fomento para Ações de Transportes – SFAT, do Ministério dos Transportes) elaborada a partir dos preços das embarcações financiadas pelo Fundo da Marinha Mercante.

Figura 68. Valores das embarcações de referência do FMM

EMBARCAÇÃO	TIPO	VALOR (R\$ MI)	DATA DE REFERENCIA	VALOR (R\$ MI) CORRIGIDOS IGP-M
BARCAÇAS GRANELEIRAS	Acoplável 1570 TPB	2,10	-	-
	Box 2000 TPB	2,13	-	-
	Racked 1850 TPB	2,13	-	-
	Box 2481 TPB	3,16	-	-
	Racked 2365 TPB	3,16	-	-
	Box 2800 TPB	2,93	-	-
	Racked 2700 TPB	2,91	-	-
	Box 2900 TPB	3,00	-	-
	Racked 2750 TPB	3,16	-	-
BARCAÇAS MINERALEIRAS	Box 3000 TPB	2,97	-	-
	Box 2000 TPB	2,30	-	-
	Box 3000 TPB	3,00	-	-
	Box 5880 TPB	3,80	dez-07	5,54
	Racked 5720 TPB	5,43	dez-07	7,92
BARCAÇAS GRANEL LÍQUIDO	Acoplável 5460 TPB	3,80	dez-07	5,54
	Tanque 1000 M³	1,51	mar-06	2,45
	Tanque 1500 M³	1,84	mar-06	2,98
	Tanque 5000 M³	16,10	dez-12	17,25
	Tanque 9000 M³	20,95	set-07	31,64
BARCAÇAS CARGA GERAL	Petroleira 2500 M³	2,27	set-07	3,43
	3000 TPB	4,00	-	-
	3300 TPB	5,03	dez-12	5,39
	2100 M³	4,40	dez-12	4,72
	Balsa 20x40 500 t	2,60	dez-12	2,79
	12000 TPB c/ guindaste	55,50	-	-
EMPURRADORES	17000 TPB c/ guindaste	23,85	-	-
	1200 BHP	8,60	-	-
	1500 BHP	7,80	-	-
	2400 BHP	8,00	-	-
	1800 BHP	10,50	-	-
	3000 BHP	14,10	jul-12	15,58
	3200 BHP	12,20	dez-11	14,09
	4000 BHP	18,00	-	-
	4500 BHP	16,44	-	-
	5000 BHP	21,03	jan-10	28,25
	6000 BHP	30,07	-	-
	6400 BHP	31,03	-	-

Fonte: Departamento da Marinha Mercante

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Nas seções seguintes são apresentados os dados obtidos nos documentos técnicos analisados (Plano Mestre do Porto de Porto Velho, Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Hidrovia do rio Madeira –EVTEA) dados da Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental – AHIMOC e dados obtidos nas visitas técnicas efetuadas pela equipe do projeto durante a Fase I; relativos aos parâmetros e variáveis que serão empregados no modelo para o estudo de casos.

3.1.1 Granel Sólido Agrícola no rio Madeira

Os granéis agrícolas que circulam pelo rio Madeira na atualidade são os transportados pela Hermasa Navegação da Amazônia, empresa do grupo brasileiro André Maggi, assim como a maior parte do volume exportado pela Cargill-Bertolini pelo Norte.

Características das Embarcações

Segundo as informações obtidas nas visitas técnicas efetuadas às instalações do porto de Porto Velho e as informações obtidas no Estudo de Viabilidade Econômica e Ambiental do rio Madeira - EVTEA, as embarcações empregadas atualmente pelas empresas operadoras são as seguintes:

Empurradores:

- A Hermasa conta com uma frota de 19 empurradores com potências de 1.500 HP, 2.600 HP e 4.000 HP. Também dispõe de empurradores 750 HP que utiliza para as manobras de formação e desmembramento dos comboios nos portos.
- Bertolini (operador que transporta os granéis da Cargill) dispõe de 15 empurradores com potência variando entre 2.500 HP e 3.500 HP.

Barcaças:

- A Hermasa dispõe de uma frota de 87 barcaças com capacidade máxima para 2.000 toneladas e dimensões de 10,5 m de largura por 60 m de comprimento.
- A frota da Bertolini é de cerca de 100 barcaças com uma capacidade de 2.500 t de capacidade cada uma e dimensões de 12 m de largura por 62 m de comprimento.

Figura 69. Imagem de comboio graneleiro no Madeira



Fonte: Departamento da Marinha Mercante

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**Comboio tipo**

Ao longo do ano, em função do nível das águas do rio, os comboios utilizados têm diferentes tamanhos, com o objetivo de atender as diferentes condições de navegabilidade.

Estas condições são monitoradas na Régua de Porto Velho, onde são realizadas duas medições diárias, cujos resultados condicionam a organização da operação com os seguintes critérios obtidos no EVTEA:

- Régua abaixo de 9,0 metros – comboio de 9 balsas graneleiras;
- Régua acima de 9,0 metros – comboio de 16 balsas;
- Régua acima de 10,0 metros – comboio de 20 balsas.

Além destas composições, também são empregados comboios de 12 balsas.

Os carregamentos destes comboios variam também desde as 2.000 toneladas por balsa, durante os períodos de cheias a 950 t na estiagem. Os calados das balsas carregadas variam nestas diferentes situações em função da carga entre 3,6 m e 1,8 m.

Em 2013, o período em que a medição esteve abaixo de 9,0 metros foi de aproximadamente quatro meses e meio (desde 16 de junho até 2 de novembro). Esteve entre 9 e 10 metros durante menos de 15 dia (em junho, julho e novembro) e esteve acima de 10 metros durante o resto do ano (aproximadamente durante sete meses).

Em função da composição, os operadores empregam empurradores com diferentes potências. Assim, os empurradores de maior potência (4.000 HP e 5.000 HP são empregados nos comboios de 16 e 20 balsas, os de 2.600 nos de 12 balsas, e os de 1.500 nos comboios de 9 ou 6 balsas).

Consumos de combustível

Os valores indicados pelos operadores oscilam entre os 110 e os 200 litros por hora por motor, em função dos motores do empurrador utilizados e do tipo de combustível (Diesel ou óleo pesado, mais barato, mas com menor rendimento). Os motores podem empregar ambos, uma vez que a opção de uso depende do custo, já que o preço do diesel é controlado pelo governo e pago em real e o óleo pesado é em dólar, comprado no mercado externo.

Tripulações

No que se refere à tripulação, a Marinha estabelece o horário de funcionamento da navegação assim como o tamanho da tripulação, que pode variar de 9 a 13 pessoas que trabalham em turnos de 6 h por 6 de descanso, passando 40 dias embarcados e 10 de folga.

Segundo a HERMASA seu pessoal têm a maior remuneração do mercado, sendo que piloto, chefe de máquinas e o capitão podem chegar a receber 20 salários anuais (programa de participação nos lucros), além de plano de saúde.

Características operacionais do Trajeto

Os comboios realizam sempre a viagem de retorno sem carga.

O operador mantém, nos portos de origem e de destino, um número de barcas que lhe permite reduzir o tempo de espera das composições para a carga.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Segundo dados da ANTAQ referentes a 2012, obtidos no Plano Mestre de Porto Velho, a carga média de soja e milho embarcados no porto, em embarcações da navegação interior, foi de 1.811 t/barcaça.

No período de cheia do rio, de novembro a julho, o lote médio foi de 1.927 t/barcaça, enquanto que na vazante, foi de 1.318 t/barcaça.

A velocidade de navegação e os tempos de viagem variam também em função da época do ano. No trajeto Porto Velho-Itacoatiara, os valores indicados pelo operador são os seguintes:

- Tempo na cheia, 9 dias (3 descendo e 6 subindo). Se for incluído o tempo de carga e descarga, o tempo total é de 12 dias.
- Tempo na seca, 12 dias, incluindo a carga e descarga.
- A Velocidade dos comboios indicada por Hermasa é de 5 a 6 nós subindo o rio e de 10 a 12 descendo. A velocidade média da corrente do rio é de 7 nós (na cheia deste ano chegou a 9).
- As velocidades indicadas por Bertolini: Carregado descendo a média é de 7 nós e subindo de 2 a 3 nós.

Os valores indicados no EVTEA sobre os tempos de viagem são similares (Tempo na cheia de 60 horas carregado e 130 horas subindo o rio. Na seca 92 horas carregado e 100 horas subindo o rio).

A Marinha restringe a navegação noturna nos períodos em que a profundidade do rio é inferior a 4 metros (normalmente setembro e outubro). A navegação é permitida durante 24h se a profundidade do rio for maior que 4 metros.

Custos de manutenção e financiamento da frota

- Custo de manutenção: para uma frota de 87 balsas e 19 empurradores é em torno de R\$ 11 milhões ao ano, cerca de R\$ 300 a R\$ 500 mil por empurrador.
- O financiamento no caso da Hermasa está sendo feito através do Banco da Amazônia S.A., BASA que oferece taxa de 3,5% ao ano, com prazo de amortização que varia entre 15 e 19 anos (condições melhores do que as oferecidas pelo FMM, segundo a HERMASA).

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

3.1.2 Ro-Ro no rio Madeira

Com relação à operação dos serviços de Ro-Ro entre Porto Velho e Manaus, as informações disponíveis são escassas.

As empresas que operam o tráfego Ro-Ro entre Porto Velho e Manaus são a RONAV e a J.F. Oliveira.

Características das Embarcações

As embarcações utilizadas, segundo o que é indicado no Plano Mestre de Porto de Porto Velho, têm as seguintes características:

- As barcas têm dimensões de 21 m de largura por 80 m de comprimento.
- Os registros de carga média por barca no porto são de 1.097 toneladas por barca.
- A capacidade máxima por barca é de 1.700 toneladas.
- Podem transportar um máximo de 35 semirreboques baús.
- Os comboios habituais são formados por um empurrador e uma ou duas barcas.

Os empurradores utilizados por essas empresas são estimados como tendo uma potência de cerca de 1.500 HP, dada a carga média dos comboios empregados na operação de Ro-Ro.

Figura 70. Imagem de comboio de transporte Ro-Ro na Região Hidrográfica do Amazonas



Fonte: ANTAQ

Características operacionais do Trajeto

O habitual nesta modalidade de transporte é que o retorno seja realizado com carga.

Com relação aos tempos de viagem entre Porto Velho e Manaus, na falta de outras informações, serão empregados no estudo de casos velocidades equivalentes às identificadas para os comboios graneleiros.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

3.2 HIDROVIA DO TIETÊ: PROCESSO TRANSPORTE

As informações fornecidas pela DH/SP apresentam os seguintes resultados sobre a tipologia das embarcações empregadas no Tietê:

Figura 71. Embarcações registradas na hidrovía do Tietê

EMPRESA	EMPURRADORES			BARCAÇAS		
	Qtde	Potência	Potência Total	Qtde	Tonelagem	Tonelagem Total
	un.	Hp	Hp	un.	t	t
LOUIS DREYFUS	9	920	8.280	26	1.170/1.500	35.700
TNPM	6	800/940	5.500	24	1.500/1.628	36.384
EGTM	3	800/920	2.680	29	1500/1.628	45.292
PBV	2	920	1.840	15	3.128	23.396
SARTCO	9	460/1.104	7.768	46	274/750	21.832
RAIZEN	5	210/500	1.700	22	350/460	9.020
AREALVA	24	250/600	7.400	20	650	13.000
TOTAIS	58	210/1.104	35.168	182	274/1.500	184.624

Fonte: DH/SP

3.2.1 Granel Sólido Agrícola na Hidrovía Tietê-Paraná

O estudo de casos sobre o Granel Sólido na Hidrovía do Tietê consistirá na simulação com o modelo dos custos de produção do transporte entre os terminais de São Simão e Pederneiras da empresa Luís Dreyfus Commodities- LDC.

Os dados sobre os quais é analisado o caso de estudo e é efetuada a análise de sensibilidade com o modelo para o Processo Transporte foram obtidos na visita técnica efetuada na Fase I pela equipe de projeto às instalações do terminal de Pederneiras.

Características das embarcações

- Empurraadores: A empresa conta com 4 empurraadores com 2 motores de 450 HP (uma potência total de 900 HP por empurraador) e 5 empurraadores com 2 motores 470 HP (uma potência total de 960 HP por empurraador).
- Barcaças: dispõem de 16 barcaças com uma capacidade máxima de carga de 1.150 t por barcaça e 16 barcaças com uma capacidade de 1.450 t.
- Utiliza habitualmente comboios tipo “Doble Tietê” 2x2 com uma capacidade total de carga de 5.880 t ou 4.600 t, em função dos empurraadores e barcaças de que dispõe.

Características operacionais

- Os comboios realizam sempre a viagem de retorno sem carga.
- O ciclo de operação é habitualmente de 8 dias com velocidades médias de 12 km/h sem carga (Pederneiras-São Simão) e de 10 km/h carregado (São Simão-Pederneiras).
- O tempo médio estimado para a passagem pelas eclusas é de quatro horas.
- O consumo médio de combustível por viagem é de 18.500 litros de diesel.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- A tripulação é formada por 9 pessoas com as seguintes funções¹²: 1 capitão fluvial, 1 piloto fluvial, 1 contramestre fluvial, 1 condutor maquinista motorista fluvial, 3 marinheiros fluviais, 1 supervisor maquinista – motorista fluvial (chefe de máquina) e 1 cozinheiro.

Figura 72. Imagem de comboio tipo doble Tietê navegando pela hidrovía



Fonte: DH/SP

3.2.2 Granel Líquido na Hidrovia Tietê-Paraná

Os dados disponíveis com relação à operação de transporte de etanol entre os terminais da TRANSPETRO localizados em Araçatuba e Anhembi, fornecidos pelo Departamento de Marinha Mercante do Ministério dos Transportes são os seguintes:

Características das embarcações

- A frota de empurradores será formada por 20 embarcações com dois motores de 600 HP (potência total empurradores 1.200 HP). O valor unitário estimado por empurrador é de U\$ 2.540.049,83 = R\$ 4.591.394,07¹³.
- O número total de barcaças previsto é de 80. Suas dimensões são 11mx59,5m e sua capacidade de carga de 1.425 t. O valor unitário estimado por barcaça é de U\$ 2.440.666,99 = R\$ 4.411.749,65¹⁴.

Características operacionais

- Os comboios realizarão a viagem de retorno Anhembi- Araçatuba, sem carga.
- A tripulação será formada por 10 pessoas.

Para as demais variáveis e parâmetros de operação serão considerados, na falta de informações adicionais, os valores adotados na simulação de granel agrícola nesta hidrovia.

¹² NORMAN 13/2003- <http://www.mar.mil.br/agcfrio/arquiv/n13cap2.pdf>

¹³ 1 US\$ = R\$ 1,7287 em 20/06/2010

¹⁴ 1 US\$ = R\$ 1,7287 em 20/06/2010

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 73. Modelos dos comboios para o transporte de etanol



Fonte: Apresentação TRANSPETRO

4 COMPILAÇÃO DE VALORES DE TRÁFEGO PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS DE DEMANDA

4.1 SITUAÇÃO ATUAL E METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DA DEMANDA ESPERADA

O modelo de custos elaborado dispõe de uma base de dados estatísticos de tráfego anual de carga. Esta base inclui os tráfegos anuais para os trajetos e grupos de mercadorias para os quais existem registros oficiais no ano 2013.

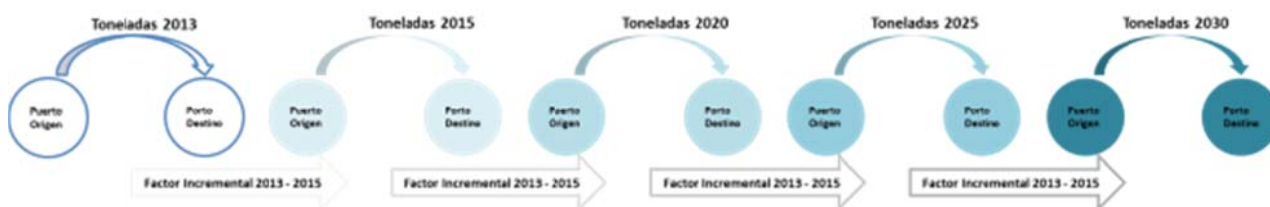
Estes dados estatísticos são empregados no modelo para o cálculo das Bases de Divisão do Processo Hidrovia, cuja base é formada pelas toneladas x quilômetro produzidas na rede hidroviária, e para o Processo Portuário onde a Base de Divisão é caracterizada pelas toneladas movimentadas em cada um dos terminais de origem e destino dos trajetos analisados.

A fonte de dados para esta base estatística é o documento *Indicadores do Transporte de Cargas* do relatório de publicação anual *Transporte de Cargas nas Hidrovias Brasileiras*, elaborado pela ANTAQ.

O banco de dados vem caracterizado pelo “Tipo de Carga”, “Porto de Origem”, “Porto de Destino”, “Trajeto” e “Toneladas” por relação identificada.

A partir da fonte foram identificados 52 trajetos nos quais, na maioria, se transporta somente um grupo de mercadorias. O esquema seguinte mostra a projeção da demanda para um determinado trajeto e grupo de mercadorias nos horizontes de previsão empregados pelos instrumentos de planejamento nacionais.

Figura 74. Esquema da evolução da demanda por trajeto e tipo de carga



Fonte: Elaboração Própria.

A partir dos tráfegos atuais (dados registrados em 2013) foram aplicadas as taxas de crescimento denominadas “Fatores Incrementais”, e foram calculados por Bacias e por Tipo de Carga, para a estimativa da evolução de tráfegos em cada um dos horizontes temporários definidos e cada uma das relações.

Como será detalhado no título seguinte, os referidos Fatores Incrementais foram estimados a partir das previsões descritas no *Plano Nacional de Integração Hidroviária (PNIH)*, elaborado pela ANTAQ. Estes fatores apresentam diferenças nos distintos horizontes temporais.

4.2 OBTENÇÃO DOS FATORES INCREMENTAIS

A estimativa dos fluxos de demanda esperados para as hidrovias excede o escopo deste estudo, motivo pelo qual para o cálculo dos Fatores Incrementais foram aplicados as taxas de crescimento da demanda nas hidrovias brasileiras apresentadas nos relatórios técnicos do *Plano Nacional de Integração Hidroviária (PNIH)*, elaborado pela ANTAQ.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Nestes relatórios apresentam-se, para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030, as demandas estimadas por natureza de produto para as Bacias Amazônica, Paraná – Tietê e Tocantins – Araguaia.

As análises efetuadas pelo PNIH tinham como objetivo conhecer, para estas bacias, a oferta e demanda de cada segmento representativo de produção de cargas, com o objetivo de oferecer ao mercado possibilidades reais de investimento. Estas análises buscam ter maior compreensão das regiões produtivas brasileiras com relação às movimentações de carga, especialmente no setor da navegação interior. Assim, para cada uma das bacias, no PNIH foram identificados os produtos mais relevantes e se realizou a análise de fluxos atuais e potenciais em cada hidrovia.

As estimativas calculadas no PNIH apresentam a evolução da demanda de transporte de mercadorias por tipo de produto. Com o objetivo de estimar os Fatores Incrementais para os grupos de mercadorias analisados no modelo foram efetuadas as seguintes agregações:

Tabela 26. Equivalência entre natureza dos produtos e o tipo de carga

Natureza dos Produtos	Tipo de Carga
Soja em grão	Granel Sólido Agrícola
Trigo em grão e outros cereais	
Milho em grão	
Minerais metálicos não ferrosos	Granel Sólido não Agrícola
Minério de ferro	
Gusa e ferroligas	
Minérios e metais	
Derivados de ferro	
Carvão Mineral	
Minerais não metálicos	
Manganês	
Petróleo e gás natural	
Produtos químicos inorgânicos	Granel Líquido
Gasóilcool	
Outros produtos do refino de petróleo e coque	
Gasolina automotiva	
Gás liquefeito de petróleo	
Óleos	
Produtos da exploração florestal e da silvicultura	Carga Geral
Outros produtos e serviços da lavoura	
Semiacabados, laminados planos, longos e tubos de aço	
Açúcar	
Adubos e fertilizantes	
Papel e celulose	
Carnes	
Máquinas e Equipamentos	
Café	
Produtos cerâmicos	
Sal	
Têxteis e calçados	
Produtos químicos inorgânicos	
Animais Vivos	
Cimento	

Fonte: Elaboração Própria a partir do Plano Nacional de Integração Hidroviária.

Para projetar as relações atuais de tráfego Ro – Ro foi considerada a evolução prevista para a Carga Geral no PNIH.

A seguir são detalhados e descritos os Fatores Incrementais para cada uma das Bacias analisadas no PNIH. Como nota geral, cabe destacar a evolução pouco harmônica da demanda. Este fato se explica pelo aumento descontínuo da capacidade das hidrovias e dos portos existentes e a abertura de novos portos. A evolução da demanda de tráfego pelas hidrovias não se deve somente a um crescimento gradual e

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

tendencial esperado para o transporte de cargas, impulsionado pelo crescimento econômico e pelas políticas em favor de uma matriz de transporte mais equilibrada, em que o transporte hidroviário gozaria de um amplo apoio por parte das instituições públicas. Está também condicionado pela entrada em operação de novas instalações que permitiriam derivar parte do tráfego existente de outros modais de transporte, especialmente o transporte por rodovia.

Bacia Amazônica

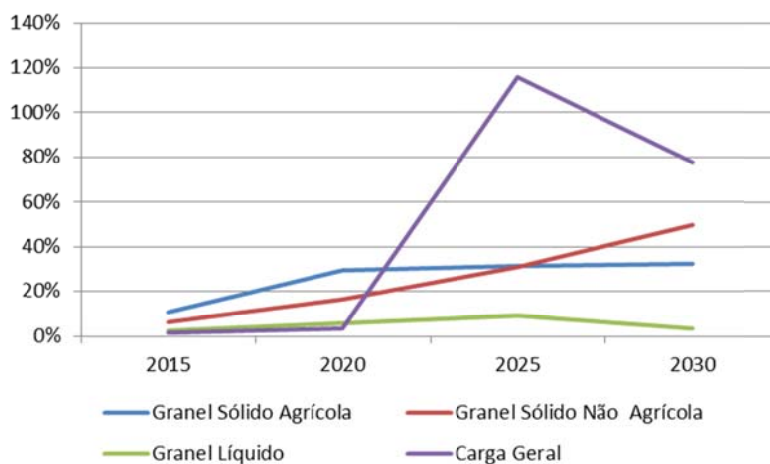
A Bacia Amazônica apresenta fortes crescimentos da demanda, especialmente nos tipos de carga “Granel Sólido Agrícola e não Agrícola”, no horizonte temporário de previsões.

Tabela 27. Taxas de crescimento da demanda de transporte hidroviário por grupo de mercadorias na Bacia Amazônica

Tipo de Carga	2015	2020	2025	2030
Granel Sólido Agrícola	10,88%	29,45%	31,58%	32,63%
Granel Sólido Não Agrícola	6,36%	16,67%	31,01%	49,63%
Granel Líquido	2,31%	5,88%	9,23%	3,55%
Carga Geral	1,31%	3,32%	116,00%	77,82%

Fonte: Elaboração Própria a partir das estimativas do Plano Nacional de Integração Hidroviária.

Figura 75. Fatores Incrementais da demanda de transporte de carga na Bacia Amazônica



Fonte: Elaboração Própria a partir das estimativas do Plano Nacional de Integração Hidroviária.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Bacia Paraná – Tietê

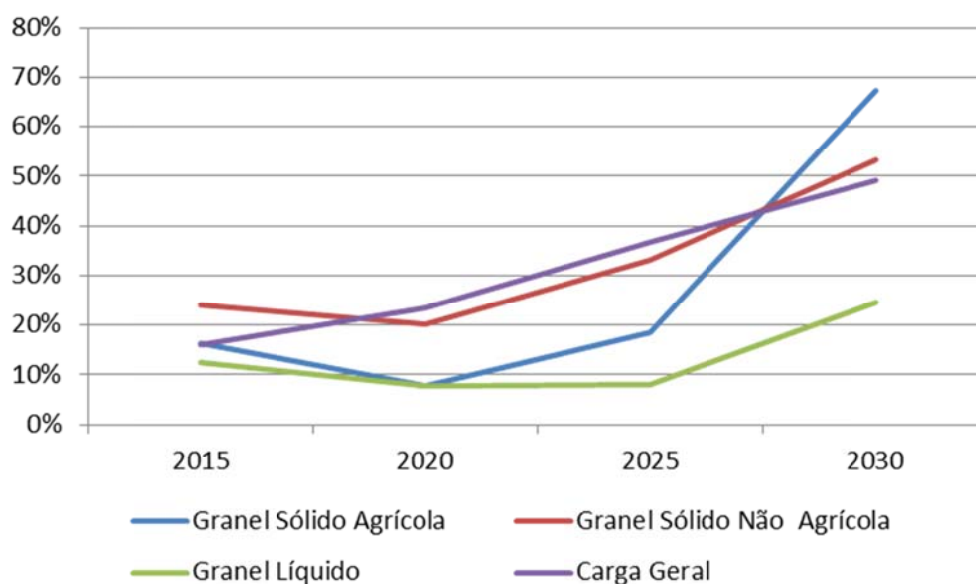
A Bacia Paraná – Tietê apresenta crescimentos mais graduais que as outras duas Bacias analisadas no PNIH, além de um crescimento mais homogêneo entre os diferentes tipos de carga.

Tabela 28. Taxas de crescimento da demanda de transporte hidroviário por grupo de mercadorias na Bacia Paraná-Tietê

Tipo de Carga	2015	2020	2025	2030
Granel Sólido Agrícola	16,21%	7,70%	18,40%	67,31%
Granel Sólido Não Agrícola	24,14%	20,15%	33,17%	53,30%
Granel Líquido	12,32%	7,82%	8,16%	24,66%
Carga Geral	15,98%	23,53%	36,70%	49,26%

Fonte: Elaboração Própria a partir das estimativas do Plano Nacional de Integração Hidroviária.

Figura 76. Fatores Incrementais da demanda de transporte de carga na Bacia Paraná – Tietê



Fonte: Elaboração Própria a partir das estimativas do Plano Nacional de Integração Hidroviária.

BACIA TOCANTINS – ARAGUAIA

A previsão de demanda na Bacia Tocantins – Araguaia apresenta oscilações muito diferenciadas. Como foi comentado no começo deste título este fato poderia ser devido ao funcionamento do serviço de novos portos ou novas intervenções na rede hidroviária, como por exemplo, as intervenções do Pedral do Lourenço ou a colocação em funcionamento efetiva da Eclusa do Tucuruí.

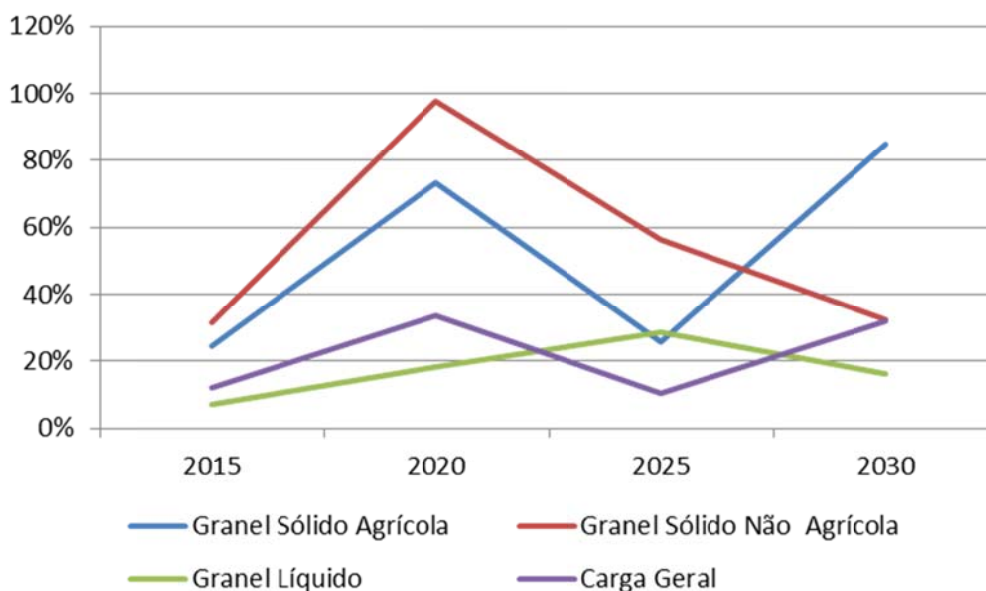
Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 29. Taxas de crescimento da demanda de transporte hidroviário por grupo de mercadorias na Bacia Tocantins - Araguaia

Tipo de Carga	2015	2020	2025	2030
Granel Sólido Agrícola	24,60%	73,28%	25,55%	84,94%
Granel Sólido Não Agrícola	31,36%	97,77%	56,30%	32,18%
Granel Líquido	6,96%	18,31%	28,48%	16,28%
Carga Geral	12,21%	33,38%	10,42%	31,90%

Fonte: Elaboração Própria a partir das estimativas do Plano Nacional de Integração Hidroviária.

Figura 77. Fatores Incrementais da demanda de transporte de carga Bacia Tocantins – Araguaia



Fonte: Elaboração Própria a partir das estimativas do Plano Nacional de Integração Hidroviária.

A tabela seguinte mostra a estimativa das projeções da demanda a partir dos dados de tráfego atuais e da aplicação dos Fatores Incrementais estimados nesta seção.

Estas projeções estarão disponíveis no modelo para sua aplicação em caso de não se dispor de dados particulares sobre os tráfegos que se deseje analisar.

Para a modelagem do tráfego em uma relação não definida no banco de dados incluído no modelo, a formulação do mesmo permite incluir uma nova relação (e/ou um novo grupo de mercadorias para uma relação na qual não existam tráfegos no cenário base) e a entrada, na planilha de inputs, dos tráfegos estimados para cada cenário.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 30. Demanda atual e previsão nas relações introduzidas no modelo.

Tipo de Carga	Porto Origem	Porto Destino	Ton. 2013	Ton. 2015	Ton. 2020	Ton. 2025	Ton. 2030
Granel Sólido Não Agrícola	Coari	Manaus	1.628.451	1.732.016	2.020.666	2.647.286	3.961.117
Granel Líquido	Manaus	Manaus	254.764	260.650	275.965	301.446	312.132
Granel Líquido	Belém	Altamira	94.659	96.846	102.536	112.004	115.975
Granel Líquido*	Macapá	Macapá	348.844	356.903	377.874	412.765	427.398
Granel Líquido*	Manaus	Itacoatiara	76.132	77.891	82.468	90.082	93.276
Ro-Ro	Santarém	Belém	28.166	28.536	29.482	63.682	113.237
Ro-Ro	Belém	Santarém	91.830	93.036	96.120	207.622	369.188
Granel Sólido Agrícola	Porto Velho Hermasa	Itacoatiara	2.795.221	3.099.214	4.011.809	5.278.766	7.001.472
Granel Sólido Agrícola	Porto Velho	Santarém	740.155	820.650	1.062.299	1.397.780	1.853.941
Granel Sólido Agrícola	Porto Velho	Manaus	239	265	343	451	599
Granel Sólido Agrícola**	Manaus	Santarém	254.923	282.647	365.875	481.421	638.531
Ro-Ro	Belém	Manaus	937.318	949.626	981.108	2.119.216	3.768.338
Ro-Ro	Manaus	Belém	693.407	702.512	725.802	1.567.749	2.787.733
Ro-Ro	Porto Velho	Manaus	173.086	175.359	181.172	391.336	695.865
Ro-Ro	Manaus	Porto Velho	128.609	130.298	134.617	290.777	517.052
Ro-Ro	Belém	Santana	103.982	105.347	108.840	235.097	418.043
Ro-Ro**	Belém	Porto Velho	52.387	53.075	54.834	118.444	210.614
Ro-Ro	Santana	Belém	44.110	44.689	46.171	99.730	177.337
Granel Líquido	Belém	Santana	76.543	78.311	82.913	90.568	93.779
Granel Líquido	Manaus	Belém	242.827	248.437	263.035	287.322	297.507
Granel Líquido	Macapá	Belém	20.822	21.303	22.555	24.637	25.511
Granel Líquido	Belém	Manaus	29.914	30.605	32.403	35.395	36.650
Carga Geral	Belém	Manaus	82.327	83.408	86.173	186.136	330.983
Carga Geral	Manaus	Belém	4.974	5.039	5.206	11.246	19.997
Granel Sólido Agrícola	Porto Velho	Porto Velho	4.894	5.426	7.024	9.242	12.258
Granel Sólido Agrícola*	Porto Velho	Salvaterra	3.597	3.988	5.163	6.793	9.010
Granel Líquido	Manaus	Porto Velho	316.717	324.034	343.074	374.751	388.036
Granel Líquido	Coari	Porto Velho	49.345	50.485	53.451	58.387	60.457
Granel Líquido*	Porto Velho	Manaus	16.650	17.035	18.036	19.701	20.399
Granel Sólido Não Agrícola	Eclusadas Tietê	Eclusadas Tietê	1.148.779	1.426.121	1.713.528	2.281.946	3.498.217
Granel Sólido Não Agrícola	Guaira	Santa Terezinha	166.960	207.268	241.810	316.797	474.022
Granel Sólido Não Agrícola	Presidente Epitácio	Panorama	348.409	432.523	519.690	692.083	1.060.961
Carga Geral	Floresta	Us. Diamante	470.582	545.793	674.230	921.647	1.375.671
Carga Geral	Term. São Miguel	Us. Diamante	84.286	97.757	120.761	165.076	246.397
Carga Geral	Term. Ribeirão Bonito	Us. Diamante	171.088	198.432	245.128	335.080	500.148
Carga Geral**	Fazenda São Joaquim	Us. Pioneros	218.585	253.521	313.179	428.104	638.998
Carga Geral	Term. Barreiro	Us. Diamante	41.601	48.250	59.604	81.477	121.614
Granel Sólido Agrícola	São Simão	Pederneiras	1.647.704	1.914.785	2.062.210	2.441.554	4.084.968
Granel Sólido Agrícola	São Simão	Anhembi	516.313	600.004	646.200	765.068	1.280.037
Granel Sólido Agrícola	São Simão	Santa Maria da Serra	257.710	299.483	322.541	381.873	638.911
Carga Geral	Anhembi	Três Lagoas	462.348	536.243	662.433	905.521	1.351.600
Granel Sólido Não Agrícola	Mundo Novo	Terra Roxa	47.300	58.719	70.553	93.957	144.036
Granel Sólido Não Agrícola*	Mundo Novo	Guaíra	151.752	188.388	226.355	301.442	462.109
Granel Sólido Não Agrícola	São Pedro	Rosana	255.987	317.788	381.832	508.495	779.522
Granel Líquido	Belém	Barcarena	55.311	56.589	59.914	65.446	67.766
Granel Líquido	Belém	Salvaterra	29.210	29.885	31.641	34.562	35.788
Granel Líquido	Belém	Belém	18.999	19.438	20.580	22.480	23.277
Granel Líquido	Barcarena	Itaituba	32.551	33.303	35.260	38.516	39.881
Granel Líquido*	Maju	Belém	71.903	73.564	77.887	85.078	88.094
Granel Líquido	Tailândia	Belém	122.341	125.167	132.522	144.758	149.890
Granel Líquido	Acará	Belém	26.852	27.472	29.087	31.772	32.899

* Tráfego em 2012 / ** Tráfego em 2011.

Fonte: Elaboração Própria a partir das estimativas do PHE 2013

5 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASOS E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Esta parte do estudo tem por objeto aplicar a ferramenta de simulação de custos a um número de exemplos concretos de transporte hidroviário com os seguintes objetivos:

- Calibrar a ferramenta e determinar os valores dos parâmetros chave da modelagem.
- Ilustrar o processo de utilização da ferramenta, incluída a descrição da racionalidade necessária para a obtenção de resultados coerentes.
- Obter os resultados concretos de custo unitário do transporte hidroviário que permitam uma comparação com os correspondentes a outros modais de transporte.
- Ilustrar as possibilidades que o modelo oferece em termos de análise e avaliação da eficiência do sistema de transporte hidroviário, e descrever tais análises e as conclusões que permite articular.

O estudo de casos é estabelecido a partir de cenários operacionais específicos de operadores concretos, pelo qual os resultados do modelo incluem o caso correspondente ao modelo de gestão e procedimentos aplicados pela companhia em questão.

Com essa particularidade os resultados apresentados não podem ser utilizados para comparações genéricas em relação a outros modais e limitam-se a oferecer material para estudo comparativo entre operadores.

5.1 ESTUDO DE CASO E APLICAÇÃO DO MODELO À HIDROVIA DO RIO MADEIRA

5.1.1 GRANÉIS SÓLIDOS AGRÍCOLAS NO RIO MADEIRA

O tráfego analisado foi o transporte de soja e milho realizado pela companhia HERMASA, entre os terminais portuários de Porto Velho e Itacoatiara.

Os parâmetros operacionais nos quais se baseou o cálculo de custos são os seguintes:

- 3 milhões de toneladas anuais de produtos agrícolas destinados à exportação (soja e milho), de Porto Velho a Itacoatiara, numa distância de 1.116 km.
- A frota da companhia inclui 19 empurradores (com potências de 1.500 HP, 2.600 HP, e 4.000 HP) e 87 balsas (com 60m de comprimento, 10,5m de largura e capacidade de carga máxima de 2.000 t).
- O transporte é realizado em comboios de 40.000 t com 20 barcaças em temporada de chuvas (novembro-julho) e empurradores de 4.000 HP. Em temporada seca (agosto-outubro), os comboios são de 9.000 t, 9 barcaças e empurradores de 1.500 HP. Também são realizados transportes com comboios intermediários de 24.000 t com 12 barcaças e empurradores de 2.600 HP.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- A companhia informou que as viagens em temporada de chuvas têm uma duração de 3 dias em sentido descendente, 6 dias em sentido ascendente, mais 3 dias em operações de carga e descarga, o qual faz com que cada rotação tenha uma duração de cerca de 12 dias. Na temporada seca, a duração total é também de 12 dias¹⁵, incluídos os processos de carga e descarga.
- De acordo com a Marinha, as tripulações são compostas por 9 a 13 pessoas embarcadas. O serviço é organizado em turnos de 6 horas seguidas de 6 de descanso, e o número habitual de tripulantes em serviço é de 7 (1 oficial e 6 tripulantes).
- Os comboios navegam 24 horas por dia, salvo nos períodos em que a profundidade está abaixo de 4 m (normalmente setembro e outubro).
- A capacidade do processo de carga em Porto Velho é de 1.000 t por hora e 18.000 t por dia, com um número médio de 11.000 t por dia. No porto de Itacoatiara a capacidade máxima de descarga é de 1.500 t por hora¹⁶.

5.1.1.1 Parâmetros da Modelagem, Variáveis Chave e Formulação Aplicável

O transporte descrito foi modelado na ferramenta, para tanto o valor de alguns parâmetros foi incorporado a partir de bases de informações públicas e das informações coletadas nas visitas técnicas. Em determinados casos, nos quais não foi possível dispor de medições reais, foi necessário adotar hipóteses específicas e simular o comportamento de variáveis adicionais ou intermédias.

A seguir é feita a descrição dos parâmetros e variáveis mais relevantes (chave) e que influenciam mais os resultados do modelo.

Todas as variáveis e parâmetros com incidência sobre o tempo de viagem são particularmente relevantes, já que este último constitui um fator primordial no cálculo do custo final. Por tal motivo, analisou-se com especial detalhe sua formulação.

Do mesmo modo, os valores de capital dos ativos e suas capacidades ou produtividades também são determinantes, bem como a correlação entre ambas as variáveis.

5.1.1.1.1 Velocidade da Corrente

A velocidade da corrente em um leito livre pode ser estimada mediante a Fórmula de Manning:

$$V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$$

Onde:

- V: velocidade da corrente (metros por segundo)
- R: raio médio hidráulico (seção do leito dividida pelo perímetro molhado)
- S: declividade do canal (em m por m)

¹⁵ O tempo a mais, relativo ao transporte, em função da velocidade é compensado pela redução do tempo de carga e descarga

¹⁶ Números relativos às instalações existentes atualmente

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- n : coeficiente de rugosidade ou de Manning (com valores em função das características do leito)

Os resultados da aplicação desta fórmula utilizando valores verossímeis dos parâmetros para o Rio Madeira apontam que a velocidade média da corrente poderia variar em um intervalo entre 4 e 7 km/h, em função das condições hídricas. Consequentemente, as velocidades médias de referência da corrente utilizadas na modelagem foram:

- Temporada de chuvas. Velocidade média da corrente: 7 km/h
- Temporada seca. Velocidade média corrente: 4 km/h

5.1.1.1.2 Velocidade do Comboio e Potência do Empurrador

Algumas das variáveis chave relativas ao deslocamento de um corpo móvel em um fluido podem ser descritas mediante as seguintes leis da física e da mecânica de fluidos:

- A força de resistência ao avanço é linearmente proporcional à seção transversal e ao quadrado da velocidade.
- A potência consumida no movimento é igual à força exercida no avanço multiplicada pela velocidade.
- Por conseguinte, a potência necessária do empurrador é linearmente proporcional ao cubo da velocidade do comboio.

Ainda que um empurrador tenha certa capacidade de variação da potência desenvolvida em função da velocidade de giro do motor, entende-se que este é desenhado para otimizar seu funcionamento a um certo regime correspondente à sua potência nominal. Por isso, considerou-se que o empurrador operará sempre no referido regime de forma constante, resultando a velocidade do comboio naquela para cuja força de resistência ao avanço equilibre a potência disponível. Nos cenários base ou de referência do modelo estimou-se que a velocidade de giro que otimiza o funcionamento do motor é produzida a 75% de utilização da sua potência máxima.

Na modelagem foram selecionados valores de referência para a velocidade do comboio carregado a partir de valores tecnicamente razoáveis, ajustados em função dos tempos de viagem reais indicados pelo operador, e após considerar o efeito da corrente. Por este motivo considerou-se na temporada seca uma velocidade do comboio inferior ao da temporada de chuvas.

Consequentemente, os valores utilizados no cenário base ou de referência foram os seguintes:

- Temporada de chuvas. Empurrador de 4.000 HP com comboio carregado com 40.000 t e 20 barças: 11 km/h.
- Temporada seca. Empurrador de 1.500 HP com comboio carregado com 9.000 t e 9 barças: 9 km/h.

5.1.1.1.3 Incremento da Velocidade sem Carga

O calado das barças sem carga é substancialmente menor do que quando estão carregadas. Por isso, quando o comboio navega sem carga, a seção de resistência ao avanço diminui de forma considerável e, consequentemente, também a força de resistência. Partindo da premissa de que o empurrador opera sempre em potência constante, isso produz um certo incremento da velocidade.

A magnitude do referido incremento da velocidade somente poderia ser estabelecida de forma precisa mediante uma simulação que incorporasse a totalidade de fatores relativos à dinâmica de fluidos e rendimentos não lineares do motor e da hélice. No entanto, a aplicação das leis da mecânica

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

anteriormente aludidas, e que relacionam velocidade, resistência e potência, pode fornecer uma aproximação teórica.

Com base nisto, conclui-se que a velocidade é proporcional à inversa da raiz cúbica da seção. Na tabela a seguir indicam-se alguns valores indicativos:

Tabela 31. Variação da velocidade em função do calado da embarcação

Redução do calado	Incremento da velocidade (potência constante)
10%	4%
20%	8%
30%	13%
40%	19%
50%	26%
60%	36%

Não obstante os valores mencionados na tabela anterior, considera-se que a velocidade do comboio nunca poderia ser incrementada acima do limite físico de velocidade correspondente ao desenho da hélice e sua velocidade de giro.

Por outro lado, o efeito do incremento será maior na temporada de chuvas que na seca, já que nesta última a variação do calado é proporcionalmente menor (as restrições de calado na seca restringem a carga máxima das barcasas nesta temporada).

Consequentemente, os valores utilizados nos cenários base ou de referência foram os seguintes:

- Incremento da velocidade sem carga em temporada de chuvas: 35%
- Incremento da velocidade sem carga em temporada seca: 15%

5.1.1.1.4 Utilização da Frota

A partir dos parâmetros do tráfego considerado (3 milhões de toneladas anuais), a frota disponível (87 barcasas e 19 empurradores), a duração das viagens (12 dias no total para cada rotação, incluídas carga e descarga), e estabelecidas algumas hipóteses operacionais (4 empurradores dedicados a reserva e manobras nos portos, e carga do comboio médio equivalente a 60% da capacidade máxima), obtêm-se os seguintes indicadores de utilização da frota:

- Para os empurradores, 2.400 horas de utilização anual.
- Para as barcasas, 5.000 horas de utilização anual.

Os referidos resultados apontam para uma possível subutilização dos empurradores, que pode ser devido ao fato da referida frota realizar outros tráfegos além dos analisados. Frente à falta de informações mais precisas, estima-se que a utilização da frota deve estar dentro de um intervalo considerado economicamente razoável (entre 50% e 70%). Em qualquer caso, uma análise de sensibilidade permitiria avaliar a variação do custo em diferentes cenários de utilização da frota.

Consequentemente, os valores utilizados no cenário de referência foram os seguintes:

- Utilização dos empurradores: 5.000 horas/ano
- Utilização das barcasas: 5.000 horas/ano

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil. Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Estes valores são inferiores aos indicados no Relatório de Fase II. É recomendação deste estudo o emprego de tais valores em detrimento dos habitualmente utilizados em outros estudos, de acordo com os argumentos expostos. Porém, seria aconselhável uma aferição dos dados de campo para a validação desta redomendação.

5.1.1.2 Resultados do Cenário Base: Granéis Sólidos Agrícolas no Rio Madeira

5.1.1.2.1 Temporada de Chuvas: Granéis Sólidos Agrícolas no Rio Madeira

Na tabela a seguir detalham-se as variáveis e parâmetros utilizados na modelagem do cenário base ou de referência em temporada de chuvas:

Tabela 32. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de cheia.

	VARIÁVEIS e PARÂMETROS TEMPORADA DE CHUVAS	Unidades	Valores no modelo de referência
Trajeto	Distância	km	1.116
	Velocidade da corrente	km/h	7
	Número de eclusas	un	0
	Outros desmembramentos	un	0
Caracterização da operação	Produtividade do porto de origem	t/h	1.000
	Produtividade do porto de destino	t/h	1.500
	Carga no retorno	lógica	Não
	Horas de parada noturna	h	0
	Velocidade do comboio carregado	km/h	11
	Incremento da velocidade sem carga	%	35%
Empurrador	Valor de capital	MR\$	18,00
	Potência	HP	4.000
	Produtividade anual	h	5.000
	Utilização do motor (potência utilizada sobre máxima)	%	75%
Barcaças	Valor de capital	MR\$	2,15
	Capacidade de carga	t	2.000
	Número de barcaças	un	20
	Produtividade anual	h	5.000
Tripulação	Oficiais	un	1
	Tripulantes	un	6
	Produtividade anual	horas/ano	1.600
Combustíveis e lubrificantes	Preço do combustível	R\$/l	2,203
	Consumo de combustível	l/(h*HP)	0,20
	Preço do lubrificante	R\$/l	5,160
	Consumo de lubrificante	l/(h*HP)	0,0004
Porto origem	Movimentação anual no porto	Mt	2,795
	Tráfego anual nos acessos terrestres	Mt	2,795
	Valor de capital dos acessos terrestres	MR\$	0,000
	Valor de capital dos acessos hidroviários	MR\$	0,000
	Valor de capital das infraestruturas de atracação	MR\$	23,082
	Valor de capital dos equipamentos de carga e descarga	MR\$	10,788
	Valor de capital das instalações de armazenamento	MR\$	37,036
Porto destino	Movimentação anual no porto	Mt	2,795
	Tráfego anual nos acessos terrestres	Mt	2,795
	Valor de capital dos acessos terrestres	MR\$	1,050
	Valor de capital dos acessos hidroviários	MR\$	0,000
	Valor de capital das infraestruturas de atracação	MR\$	9,046
	Valor de capital dos equipamentos de carga e descarga	MR\$	17,037
	Valor de capital das instalações de armazenamento	MR\$	10,583

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Nas tabelas seguintes apresentam-se os resultados de custo total, bem como de cada um dos processos, da aplicação de modelo.

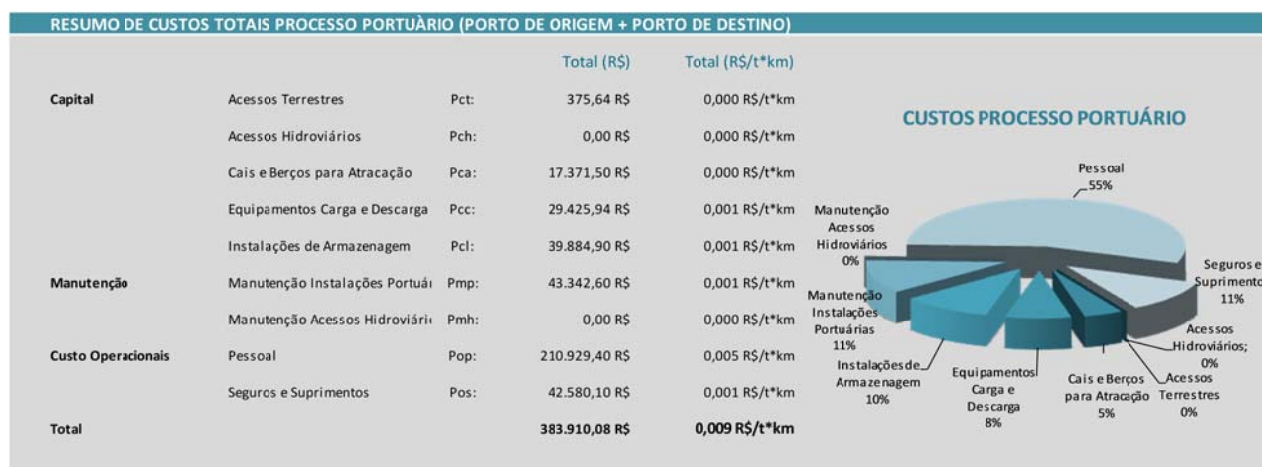
Figura 78. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos totais por processos na temporada de chuvas



Figura 79. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Transporte na temporada de chuvas

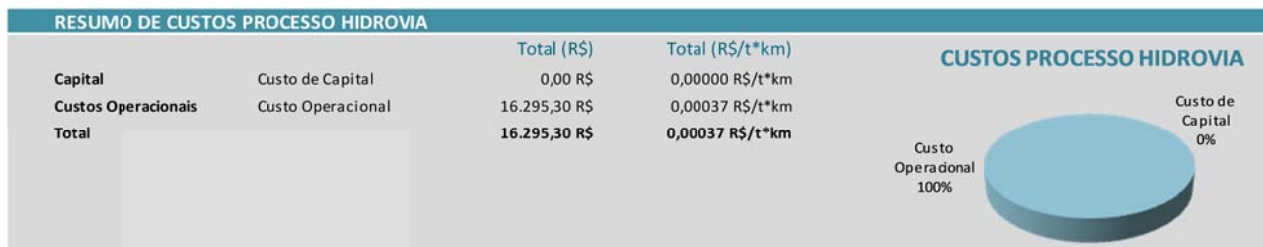


Figura 80. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Portuário na temporada de chuvas



Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 81. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada de chuvas



5.1.1.2.2 Temporada Seca

Com relação ao cenário na temporada seca, a modelagem foi feita com os mesmos parâmetros da temporada de chuvas, com exceção das seguintes variações:

Tabela 33. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de seca

VARIÁVEIS e PARÂMETROS TEMPORADA SECA	Unidades	Valores no modelo de referência
Velocidade da corrente	km/h	4
Velocidade do comboio carregado	Km/h	9
Incremento da velocidade sem carga	%	15%
Valor de capital do empurrador	MR\$	8
Potência do empurrador	HP	1.500
Capacidade de carga (útil) barcaças	t	1.000
Número de barcaças	un	9

Nas tabelas seguintes são apresentados os resultados do custo total, bem como de cada um dos processos:

Figura 82. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos totais por processos na temporada seca



Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 83. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Transporte na temporada seca



Figura 84. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Portuário na temporada seca

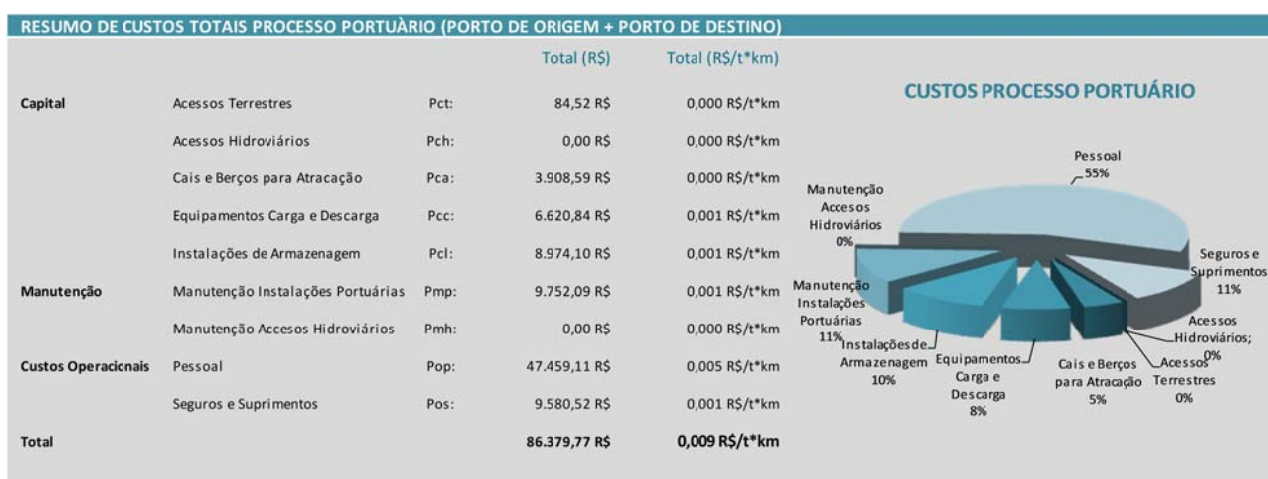
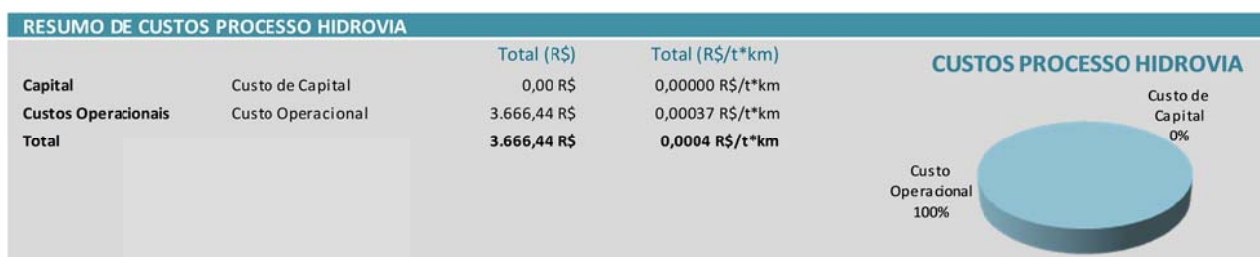


Figura 85. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada seca



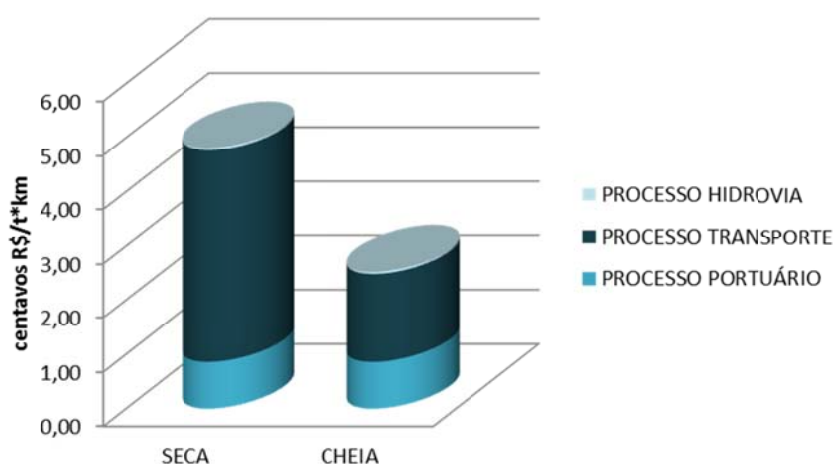
5.1.1.2.3 Comparação dos Cenários Seca-Cheia

A análise dos resultados anteriores permite identificar a elevada sensibilidade do custo em relação à variação do cenário, seca ou cheia, que influencia na dimensão dos comboios hidroviários. O custo

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

unitário pode duplicar na temporada seca em função da redução da capacidade de transporte de 40.000 t para 10.000 t por comboio. Cabe destacar, também, que estas diferenças ocorrem ainda que um dos parâmetros chave no cálculo do custo, o tempo total de viagem, é essencialmente o mesmo em ambos cenários (embora o tempo de carga e descarga nos portos seja inferior devido à menor tonelage por comboio, a diminuição da velocidade da corrente, que ocorre durante a seca, influencia ainda mais o tempo de viagem, aumentando-o, de forma que o tempo total permanece essencialmente o mesmo).

Figura 86. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Comparação dos custos unitários por processos, entre época seca e de chuvas



No que se refere à distribuição do custo total entre os diferentes processos, observa-se a forte preponderância do Processo Transporte, o qual atinge dois terços do custo total na temporada de chuvas, e quase 85% na temporada seca. O custo unitário do Processo Portuário é constante em todos os casos, por estar vinculado exclusivamente à produtividade dos equipamentos de carga e descarga. O modelo não diferencia na sua formulação o custo do Processo Hidrovia nas temporadas seca e de chuva, de modo que este também é constante em todos os casos.

No gráfico a seguir analisa-se em detalhe o Processo de Transporte, sua divisão nos diferentes itens de custo, bem como a sensibilidade de cada um deles ao cenário operacional (temporada de chuvas ou seca).

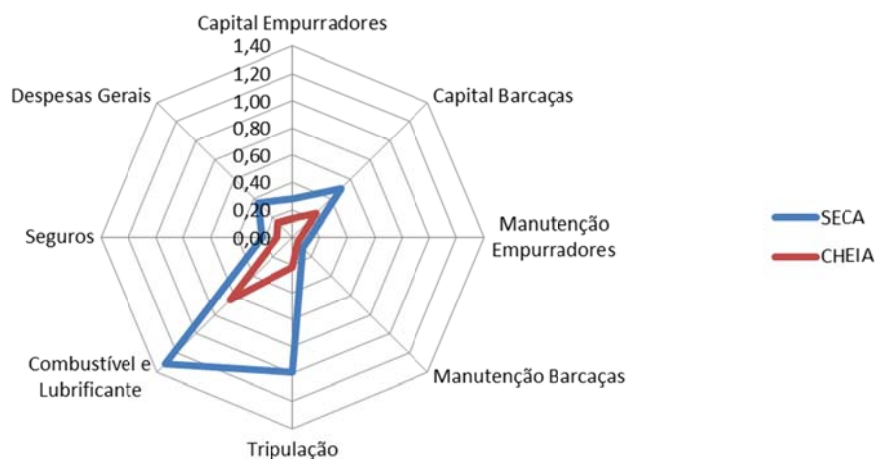
No referido gráfico observa-se que, no cenário base ou de referência (temporada de chuvas) o item preponderante é o consumo de combustível e lubrificantes, representando um pouco mais de um terço sobre o total. Na temporada seca este item tem um peso relativo um pouco inferior, porém continua sendo o mais importante.

A referida circunstância explica-se pelo fato de que o custo da tripulação na temporada seca aumenta (chega a representar mais de 25% do total na seca e em torno de 13% na época de chuvas). Isto é natural, dado que a produtividade unitária diminui muito ao ser necessária a mesma tripulação para transportar um carregamento muito menor.

Do mesmo modo, também aumenta de forma importante o custo relativo do capital dos empurradores, dada a menor eficiência no emprego dos referidos ativos na temporada seca.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 87. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Comparação dos custos unitários do Processo Transporte nos cenários de cheia e seca (centavos R\$/t*km).



No que diz respeito à diferença de custo entre os cenários (R\$ 0,0163 por tonelada*km em temporada de chuvas e R\$ 0,0391 em seca) pode-se considerar que tem um caráter estrutural associado a fatores de sazonalidade inerentes ao tráfego em questão. Ou seja, os números expostos devem ser entendidos no contexto do tráfego total anual transportado e da proporção transportada em cada caso.

Levando em conta que a temporada seca geralmente ocorre entre os meses de agosto e outubro, as condições correspondentes são prevaletentes somente em aproximadamente 25% do tempo. Isso permite fazer uma ponderação entre ambos os cenários, buscando calcular o custo anual total para a totalidade do tráfego, bem como os números de custo unitário.

Seguindo o raciocínio anterior, se durante 25% do tempo (duração da temporada seca) a capacidade de transporte se reduz até aproximadamente um quarto (proporção entre os tamanhos dos comboios em cada situação), pode-se concluir que, do tráfego total considerado, somente 6% ou 7% desse tráfego é transportado durante a temporada seca¹⁷. Calculando a média entre os respectivos custos unitários em cada cenário com a proporção indicada, pode-se concluir que o custo unitário médio para o tráfego anual total está em torno dos R\$ 0,018 por tonelada-quilômetro. Deste modo, o valor do custo médio pode ser calculado uma vez conhecidas informações sobre as características da operação.

5.1.1.3 Análise de Sensibilidade do Custo

Nas seções seguintes é analisada a sensibilidade do custo para algumas das variáveis e parâmetros chave da modelagem. A referida análise tem dois objetivos fundamentais:

- Ilustrar as possibilidades oferecidas pela ferramenta em termos de analisar diferentes cenários operacionais, podendo dar cobertura a possíveis situações em que a aplicação do modelo deva ser feita com informações parciais ou não completas sobre os detalhes da operação.

¹⁷ Resultado de: $0,25 * 0,25 = 0,0625$

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Conhecer a eficiência dos processos e sua sensibilidade em cada cenário, fornecendo conclusões e rateios úteis frente ao planejamento das infraestruturas e serviços hidroviários.

5.1.1.3.1 Utilização da Frota

O grau de utilização da frota (empurradores e barcas) disponível para a realização do tráfego analisado constitui um parâmetro que reflete a eficiência com que são utilizados os ativos na operação do serviço. O parâmetro, que no modelo é registrado em horas de operação por ano, constitui uma variável relevante e cuja influência nos resultados do custo final deve ser conhecida e entendida no momento de aplicar o modelo.

Buscando obter um resultado mais preciso do custo, seria necessário conhecer com detalhes a operação do conjunto da frota do operador (inventário, atribuição a cada serviço e rotações específicas de cada embarcação). Como isto nem sempre é possível, é necessário recorrer a estimativas de utilização ou indicativos que o usuário do modelo conheça de antemão para que seja possível estabelecer o erro potencial com o qual se irá trabalhar. Este é o objetivo da presente análise de sensibilidade.

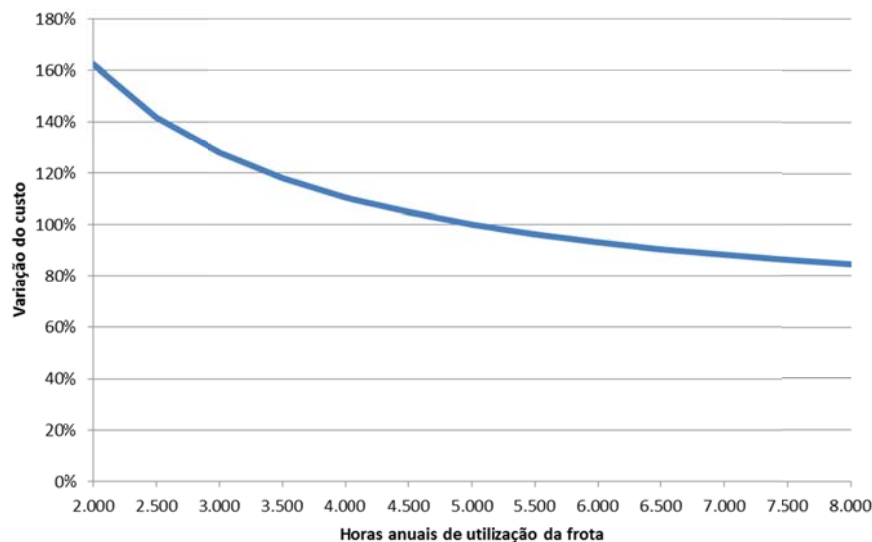
A análise de sensibilidade foi realizada para o cenário de referência (temporada de chuvas), com os correspondentes valores de parâmetros e variáveis. O referido cenário de referência contemplava um número de utilização da frota de 5.000 horas anuais, igual para empurradores e barcas, e que foi escolhido por considerar-se uma aproximação ao que seria um número economicamente razoável do ponto de vista do operador¹⁸.

No gráfico a seguir pode-se verificar a variação do custo total do Processo Transporte com diferentes hipóteses de utilização anual da frota com relação ao referido cenário de referência (5.000 horas), ao longo de uma variação desde 2.000 a 8.000 horas anuais.

¹⁸ 5.000 horas por ano representam um grau de utilização de 57%, o que é um valor verossímil para empresas de transporte com uma rotação praticamente constante das suas frotas.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 88. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo do Processo Transporte (R\$) com relação à utilização anual da frota



Como se pode observar, o impacto sobre o custo total é muito maior para valores de utilização menores que as do cenário de referência que para valores superiores. Assim sendo, enquanto o custo total do Processo de Transporte é reduzido em 20% para um número de utilização anual de 8.000 horas (número que pode ser considerado um limite técnico, já que existem dúvidas sobre se pode ser atingido na prática), se a utilização fosse reduzida até as 2.000 horas anuais, o custo aumentaria 60%. Consequentemente, e tendo em vista a utilização prática do modelo e a obtenção de resultados mais confiáveis, seria importante conhecer os números reais de utilização da frota, particularmente se estes são reduzidos.

Na tabela a seguir pode-se verificar a sensibilidade de cada item de custo do Processo Transporte com relação ao cenário de referência.

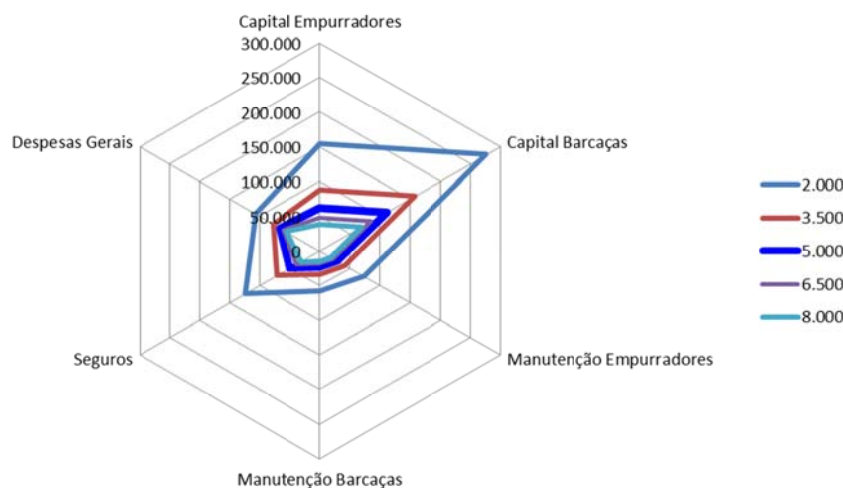
Tabela 34. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade do custo do Processo Transporte com relação à utilização da frota

Grau de utilização da frota (h/ano)	Custo de capital dos empurrares (R\$)	Custo de capital das balsas (R\$)	Custo de manutenção dos empurrares(R\$)	Custo de manutenção das balsas (R\$)	Gastos gerais (R\$)
2.000	154.374	276.587	73.125	58.229	107.137
3.500	88.214	158.050	41.786	33.274	77.727
5.000	61.750	110.635	29.250	23.292	65.963
6.500	47.500	85.104	22.500	17.917	59.629
8.000	38.594	69.147	18.281	14.557	55.670

Como é de se esperar, os itens de custo vinculados à utilização dos ativos de frota apresentam uma sensibilidade à utilização, sendo eles o custo de capital e de manutenção de empurrares e barcas. Também nota-se uma variação do item de gastos gerais, por ser calculado de forma linear a partir do conjunto de custos operacionais. (Os custos fixos do Processo Transporte com relação aos graus de utilização da frota são os custos da Tripulação e os de consumos de Combustível e Lubrificante).

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 89. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de Sensibilidade do Custo do Processo Transporte com relação à utilização da frota (R\$)



Dos seis itens de custo que apresentam sensibilidade à utilização da frota, todos seguem uma proporção linear com relação ao referido parâmetro, salvo a de despesas gerais. A explicação está em que a influência dos demais itens sem sensibilidade à utilização da frota (combustível e tripulação, cujo cálculo foi formulado para o serviço analisado) atenua a variação de despesas gerais.

5.1.1.3.2 Velocidade do Comboio

A velocidade do comboio constitui um parâmetro chave para os custos do Processo Transporte, já que tem uma incidência direta no tempo de viagem.

A velocidade do comboio é otimizada pelo operador levando em conta a variação dos custos associados, bem como dos demais componentes operacionais, como, por exemplo, o custo ou o valor de oportunidade de maior utilização dos ativos em função do dimensionamento da sua frota com relação aos volumes a transportar. Neste sentido, não é possível determinar, a priori e de forma teórica, qual seria a velocidade ótima, já que esta variará em função do conjunto de circunstâncias do modelo de gestão do operador.

No entanto, considerou-se relevante realizar uma análise de sensibilidade do custo à velocidade do comboio com o fim de ilustrar as possibilidades que o modelo de custos e a ferramenta oferecem na hora de modelar cenários operacionais em função do referido parâmetro.

Como indicado, há uma certa margem para que o empurrador navegue a uma velocidade ligeiramente maior ou menor, em função do regime de giro de seu motor, cuja variação tem duplo impacto:

- Ao mudar a velocidade de giro do motor varia a potência gerada pelo mesmo. Dado que se estimou que o consumo específico é constante, as variações de potência terão associadas uma mudança do consumo de combustível.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Ao mudar a potência gerada pelo motor do empurrador varia a velocidade do comboio, com o que mudam também o tempo de viagem e os custos de operação vinculados a ele (os custos de utilização de ativos e gastos de pessoal).

Neste sentido, consideram-se pequenas variações da velocidade com relação ao cenário de referência (o correspondente à temporada de chuvas), calculando as mudanças de consumo correspondentes (de acordo com as relações matemáticas descritas na seção 5.1.1.1.2 na qual é analisada a relação entre velocidade do comboio e potência do empurrador) ¹⁹ as referidas variações na potência gerada pelo motor foram modeladas mudando a porcentagem da potência de regime sobre a máxima, que no caso dos cenários de referência foi de 75%.

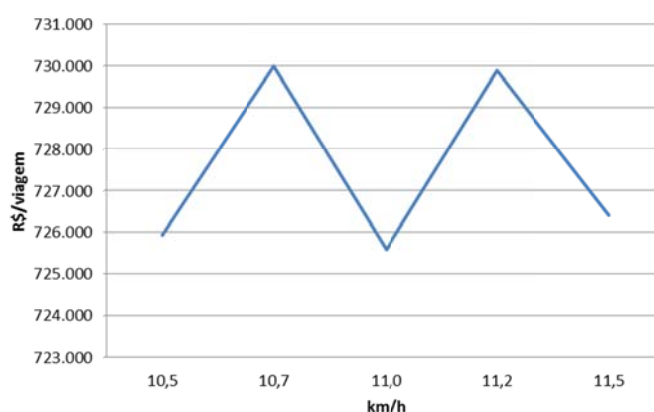
Aplicando a referida formulação, os cenários de sensibilidade foram modelados com valores próximos ao cenário de referência com os parâmetros apresentados na tabela seguinte:

Tabela 35. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade da variação na potência do motor utilizada

Potência motor utilizada (% relação à máxima)	Variação velocidade relação cenário de referência	Velocidade comboio (km/h)	Variação consumo combustível relação cenário de referência
65%	-4,66%	10,5	-13,33%
70%	-2,27%	10,7	-6,67%
75%	0,00%	11,0	0,00%
80%	+2,17%	11,2	+6,67%
85%	+4,26%	11,5	+13,33%

Utilizando estes valores de base calculou-se a variação do custo total do Processo Transporte, que é apresentada no gráfico seguinte:

Figura 90. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo do Processo Transporte à velocidade do comboio



¹⁹ Como indicado na seção, a potência necessária varia proporcionalmente ao cubo da velocidade.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

No referido gráfico observa-se que a velocidade com que foi modelado o cenário de referência (11 km/h) proporciona um mínimo de custo relativo para o intervalo imediato, ainda que demonstre que com outras velocidades também poderiam ser obtidas economias adicionais (o gráfico apresenta um valor mínimo relativo mas não é possível afirmar que este seja o menor valor para o custo considerando também outras velocidades, tanto maiores quanto menores).

É importante levar em conta que a forma do gráfico é o resultado das hipóteses consideradas, e que sua relevância depende das características específicas da operação. Neste caso, a modelagem dos cenários alternativos foi feita mantendo a mesma utilização de frota (5.000 horas anuais). Um incremento da velocidade dos comboios e uma redução dos tempos de viagem supõe que a frota possa fazer mais viagens durante essas 5.000 horas, mas esta hipótese somente seria realista caso existissem potenciais tráfegos adicionais a realizar com essa mesma frota. Se este não for o caso, o valor de oportunidade de poder produzir mais capacidade de transporte com a mesma frota seria nulo, o qual exigiria que na modelagem dos cenários se mantivessem fixos os custos vinculados à utilização da frota. Nesse caso, a curva de custo em função da velocidade e seu ponto mínimo (velocidade ótima) seriam diferentes, já que a potencial economia de velocidade seria menor.

O aumento no custo de consumo de combustível foi avaliado no modelo a partir das relações matemáticas descritas na seção 5.1.1.1.2. No modelo as variações necessárias na velocidade e na potência requerida da navegação foram introduzidas a partir de cálculo externo seguindo as regras da física já mencionadas (variação na potência de acordo com a velocidade ao cubo).

O modelo parte do princípio de que os motores funcionam a uma velocidade de regime equivalente a aproximadamente 75% da potência máxima. Na análise de sensibilidade varia-se essa porcentagem, simulando graus de utilização da potência entre 65% e 85% e calculam-se as novas velocidades, como a raiz cúbica da variação na potência (considerando 75% como a situação de base). Ao assim modificar a potência efetiva entregue pelo motor, muda também o consumo de forma linear (já que o modelo utiliza a hipótese de que o consumo específico é constante e o valor do parâmetro empregado é de 0.02 litros/hora*HP, equivalente ao utilizado no modelo do PHE).

Na tabela a seguir podem ser observados os resultados distribuídos por itens de custo do Processo Transporte.

Tabela 36. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade do custo do Processo Transporte à velocidade do comboio

VELOCIDADE COMBOIO (km/h)	10,5	10,7	11,0	11,2	11,5
Custo de capital dos empurradores (R\$)	65.203	63.753	61.750	60.517	58.801
Custo de capital das chatas (R\$)	116.822	114.223	110.635	108.426	105.352
Custo de manutenção dos empurradores (R\$)	30.886	30.199	29.250	28.666	27.853
Custo de manutenção das chatas (R\$)	24.594	24.047	23.292	22.826	22.179
Custo da tripulação (R\$)	102.966	100.676	97.513	95.565	92.856
Custo de combustível (R\$)	267.128	279.552	287.632	298.952	306.132
Custo de seguros (R\$)	52.334	51.170	49.562	48.573	47.196
Custo com despesas gerais (R\$)	65.993	66.362	65.963	66.352	66.037
CUSTO TOTAL DO PROCESSO TRANSPORTE (R\$)	725.926	729.981	725.597	729.876	726.407
CUSTO UNITÁRIO DO PROCESSO TRANSPORTE (R\$/t*km)	0,0163	0,0164	0,0163	0,0164	0,0163

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Como se pode observar, o incremento na velocidade tem como consequência o aumento no custo do consumo de combustível, enquanto os demais custos diminuem²⁰.

Verifica-se, no entanto, que o custo total praticamente não apresenta variação no intervalo de velocidades analisado.

5.1.1.3.3 Distância

A análise de sensibilidade do custo com relação à distância somente tem um sentido prático real na medida em que existam diferentes pares origem-destino com diferentes distâncias de viagem ao longo do mesmo trecho de hidrovia. Como este não é o caso do tráfego Porto Velho-Itacoatiara, a análise de sensibilidade à distância tem somente um sentido teórico²¹. Não obstante, considera-se que o referido exercício pode apresentar conclusões relevantes frente ao planejamento das infraestruturas e serviços de transporte ao longo da hidrovia do Madeira-Amazonas.

Em particular, e do ponto de vista do planejamento, parece ser relevante identificar como variam os custos, tanto totais quanto unitários, para diferentes percursos ao longo da hidrovia em estudo. Isso permitiria avaliar, por exemplo, a competitividade relativa do transporte hidroviário frente a outros modais em função da distância. Ou seja, a partir de que momento a economia de transportar uma carga por hidrovia em um trecho parcial de percurso (custo dos processos Transporte e Hidrovia frente ao custo alternativo por outros modais) se justifica tendo em vista os custos associados à transferência de modal para a hidrovia (custo do Processo Portuário).

Utilizando como cenário de referência os resultados correspondentes à temporada de chuvas e com a distância real entre os portos de Porto Velho e Itacoatiara (1.116 km), foram calculados os custos correspondentes a outras distâncias, para avaliar seu efeito sobre o resultado.

Tabela 37. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade dos custos totais à distância (R\$).

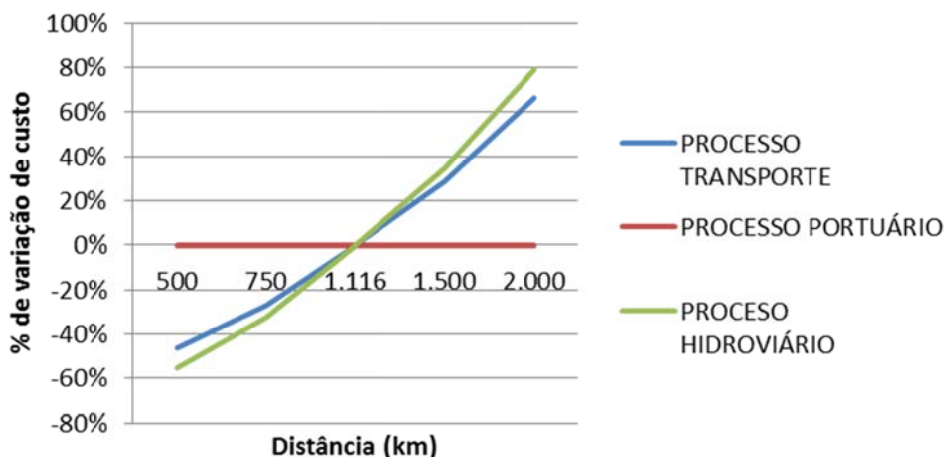
DISTÂNCIA (km)	CUSTO PROCESSO TRANSPORTE (R\$)	CUSTO PROCESSO PORTUÁRIO (R\$)	CUSTO PROCESSO HIDROVIÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
500	390.450	383.910	7.301	781.661
750	526.467	383.910	10.951	921.329
1.116	725.597	383.910	16.295	1.125.802
1.500	934.519	383.910	21.902	1.340.331
2.000	1.206.553	383.910	29.203	1.619.666

²⁰ Os gastos gerais variam proporcionalmente à soma dos custos operacionais em consequência da sua formulação.

²¹ Não existem outros portos nas proximidades do Porto Velho e Itacoatiara nem o percurso entre ambos que possam resultar em alternativas funcionalmente viáveis para os tráfegos em questão.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 91. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo total (R\$) à distância



A análise da tabela e da figura anteriores permite avaliar as economias de distância²² para cada um dos processos. Em um extremo, e como já tinha sido mencionado, o custo do processo portuário é constante, independentemente da distância, fazendo com que seu peso relativo diminua muito com a distância. No outro extremo, o custo do Processo Hidrovia segue uma proporção direta com a distância.

O Processo Transporte varia segundo uma proporção relativamente linear, ainda que se manifeste um grau de economia de escala com relação à distância. Isso ocorre em consequência do custo associado aos tempos de espera de empurradores e barcas no porto, os quais, de acordo com a metodologia aplicada para a formulação do modelo, foram incluídos no Processo Transporte. Em termos do custo total pode-se observar maior sensibilidade em função da distância, consequência da variação do peso relativo dos custos portuários.

Desses valores pode-se aferir que para uma distância inferior a 500 km o custo do processo portuário alcança um valor similar à soma dos custos dos processos transporte e hidrovia. Ainda que seja necessário dispor dos números de custo correspondentes a outros modais para avaliar a competitividade relativa do transporte hidroviário, estima-se que abaixo da referida distância seria difícil manter a correspondente vantagem competitiva no Madeira-Amazonas (para uma distância inferior a 500 km, o custo de transferência da carga para a hidrovia é maior que a metade dos custos totais. Por tanto, neste caso dificilmente a transferência será rentável frente a alternativa de transporte rodoviário desde a origem até o destino)²³.

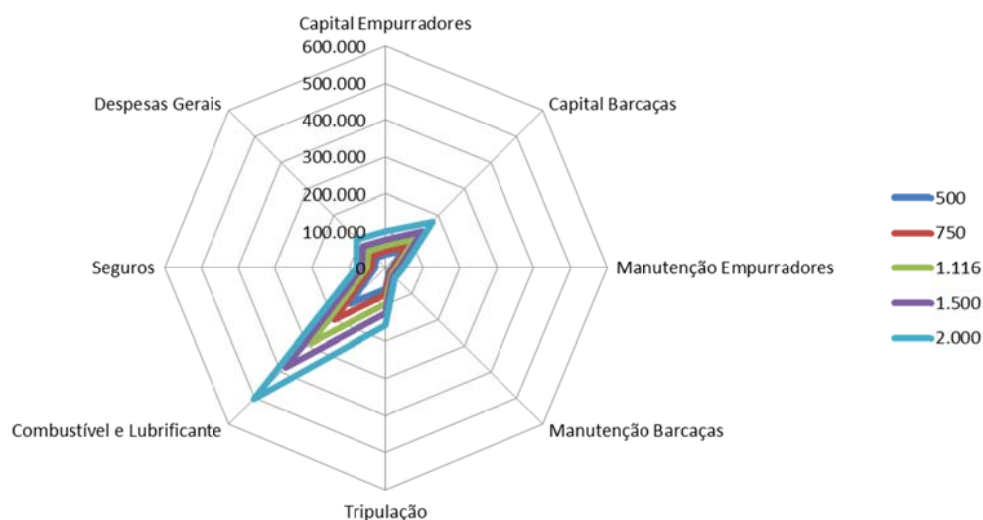
Com relação à divisão dos custos do Processo Transporte, no gráfico seguinte observa-se uma sensibilidade relativamente homogênea com relação aos diferentes itens que o compõe.

²² Trasladando o conceito de economia de escala à distância pode-se indicar que apresentam economias de distância aquelas situações nas quais para distâncias maiores o custo unitário (R\$/ t*km) é menor. Ou seja, apresentam economias de distância aquelas situações nas quais o incremento de custos é proporcionalmente menor em relação ao incremento na distância.

²³ A margem da vantagem competitiva a favor do modal hidroviário pode variar substancialmente em outras hidrovias com diferentes valores de capital que incluíssem, por exemplo, eclusas, dragagens estruturais ou canais.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 92. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade do custo do Processo Transporte com relação à distância (R\$)



No que se refere aos custos unitários, na tabela seguinte podem ser observados mais claramente os efeitos da distância nos diferentes processos e no total. Cabe destacar a participação do custo do Processo Hidrovia, consistente com o fato de que os rios Madeira e Amazonas apenas contam com investimentos estruturais necessários para garantir a navegabilidade dos navios de longo curso²⁴.

Tabela 38. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade dos custos unitários (centavos R\$/t*km) à distância

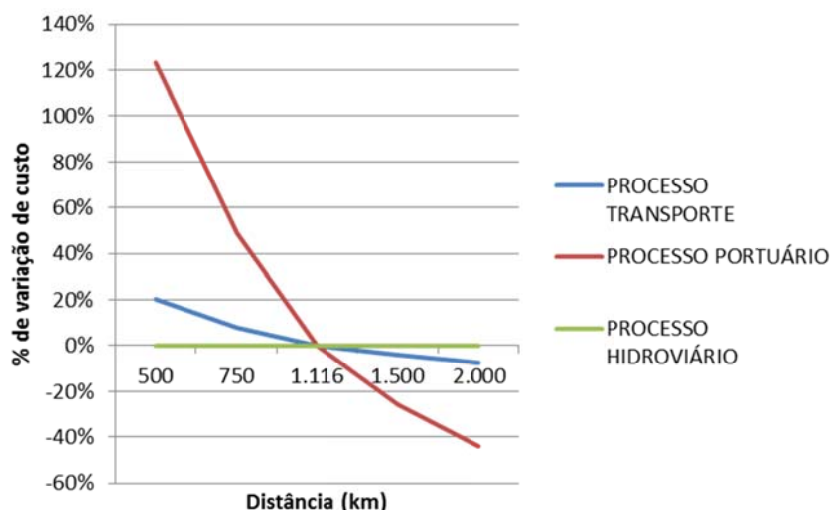
Distância (km)	CUSTO PROCESSO TRANSPORTE (centavos R\$/t*km)	CUSTO PROCESSO PORTUÁRIO (centavos R\$/t*km)	CUSTO PROCESSO HIDROVIÁRIO (centavos R\$/t*km)	CUSTO TOTAL (centavos R\$/t*km)
500	1,952	1,920	0,037	3,909
750	1,755	1,280	0,037	3,072
1.116	1,625	0,860	0,037	2,522
1.500	1,558	0,640	0,037	2,234
2.000	1,508	0,480	0,037	2,025

²⁴ No caso do comboio fluvial esta parcela do custo pode ser considerado apenas marginal.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

No gráfico seguinte verifica-se como evoluem as economias de distância. Em particular, observa-se uma tendência segundo a qual para distâncias acima dos 2.000 km o custo do Processo Transporte poderia aproximar-se a um mínimo assintótico no entorno dos R\$ 0,015 R\$ por tonelada-quilômetro.

Figura 93. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo unitário (R\$/t*km) à distância



5.1.1.3.4 Produtividade Portuária

A capacidade instalada nos portos tem incidência no custo, não somente do Processo Portuário, mas também no Processo Transporte, já que diferentes produtividades nos processos de carga e descarga incidem nos tempos de espera em porto das embarcações.

A instalação de equipamentos de carga e descarga com maior capacidade de processamento nos portos implica um custo mais elevado do Processo Portuário, ainda que seja de se esperar também que diminua o custo do Processo Transporte ao encurtar os tempos de viagem totais. O balanço entre os efeitos em cada caso concreto dará a resposta sobre a capacidade de processamento que otimiza o custo total do transporte hidroviário em seu conjunto.

Com o fim de ilustrar a forma como podem ser modelados estudos de sensibilidade do custo ao equipamento portuário, realizou-se um exercício teórico com base no cenário do transporte de grãos pelo Rio Madeira em temporada de chuvas. Deve-se destacar que este exercício foi feito de uma perspectiva totalmente hipotética, já que não se levou em conta o grau de utilização ou possível falta de capacidade dos equipamentos existentes.

Com relação ao cenário em questão, foram considerados 3 cenários hipotéticos com diferentes instalações de carga e descarga nos portos de Porto Velho e Itacoatiara para avaliar a sensibilidade do custo:

- Duplicação da capacidade de processamento no Porto de Porto Velho (mantém-se constante os demais).

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Duplicação da capacidade de processamento no porto de Itacoatiara (mantém-se constante os demais).
- Duplicação das capacidades de processamento em ambos os portos, Porto Velho e Itacoatiara (mantém-se constante os demais).

A modelagem de cada um destes três cenários alternativos foi feito da seguinte forma:

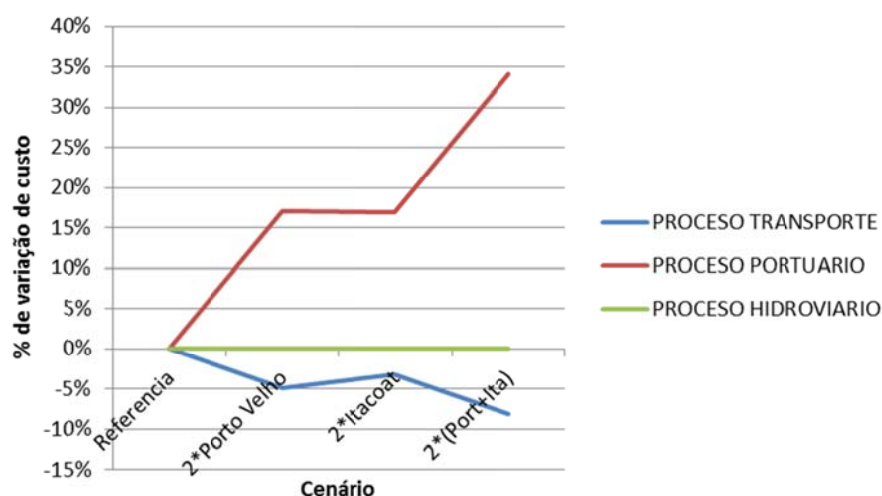
- Duplicaram-se as produtividades de processamento de cada porto, bem como os valores de capital correspondentes (equipamentos de carga e descarga).
- Com o fim de estimar o impacto que os referidos incrementos de produtividade teriam sobre os custos de manutenção do porto, pessoal e fornecimentos, estes itens foram incrementados com um fator de proporção igual ao incremento da anualidade de amortização de capital do conjunto do porto resultante de seu maior valor de capital.

Na tabela e gráfico a seguir apresentam-se os resultados correspondentes.

Tabela 39. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade dos Custos Totais à capacidade de carga dos portos (R\$)

Simulações	CUSTO PROCESSO TRANSPORTE (R\$)	CUSTO PROCESSO PORTUÁRIO (R\$)	CUSTO PROCESSO HIDROVIÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Referência	725.597	383.910	81.694	1.191.200
2*Porto Velho	690.072	449.670	81.694	1.221.435
2*Itacoatiara	701.913	448.850	81.694	1.232.458
2*(Porto Velho +Itacoatiara)	666.389	514.746	81.694	1.262.828

Figura 94. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo (R\$) ao equipamento portuário



Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Como se pode observar, nos cenários considerados, o incremento de custo do Processo Portuário (linha vermelha) não chega a compensar com a diminuição do custo de Processo Transporte (linha azul), pelo que se poderia concluir que as capacidades de processamento em ambos os portos são otimizadas do ponto de vista do equilíbrio dos diferentes processos. Nesta circunstância, qualquer investimento em produtividade de processamento adicional nos portos deveria ser justificado unicamente por uma consideração do equilíbrio entre capacidade e demanda.

5.1.1.3.5 Investimentos na Hidrovia

A consecução de certas condições de navegabilidade da hidrovia pode implicar a necessidade de intervenções e projetos que assegurem os calados, largura e traçados necessários para otimizar as condições do transporte. Em certas ocasiões, as referidas condições ocorrem de forma natural nos grandes rios, mas em leitos mais limitados o montante dos investimentos a realizar pode ser importante.

É de se esperar que qualquer investimento em uma hidrovia tenha por objeto melhorar suas condições de navegabilidade, ou ainda incrementar sua capacidade eliminando possíveis gargalos. Entre as primeiras poderiam constar projetos de construção de novas pontes sobre a hidrovia que evitem a necessidade de realizar desmembramentos dos comboios, os quais representam um custo adicional no transporte em virtude do tempo necessário para realizar as manobras (no rio Madeira não existem pontes que apresentem restrições de passagem). Outros investimentos de melhora poderiam incluir dragagens estruturais ou derrocamentos que evitem restrições de passagem em condições de calado restringido.

Qualquer melhora de uma hidrovia pode ser susceptível de ser modelada utilizando o modelo de custos. Por um lado é indispensável avaliar os investimentos necessários e por outro lado é necessário avaliar o impacto da melhora correspondente sobre as condições de navegação, seja através de uma economia nos tempos de viagem, ou ainda da eficiência do transporte por utilizar comboios com maior capacidade de carga. O balanço entre ambos os efeitos, mediante a comparação dos resultados de saída do modelo, permitirá avaliar o balanço entre investimento e benefício. Mais ainda, e a partir da extrapolação dos resultados das economias para o conjunto dos tráfegos da hidrovia, poderia se desenvolver cálculos de avaliação de investimentos, como o Valor Atual Líquido ou a Taxa Interna de Retorno.

5.1.1.4 Conclusões

À luz dos resultados do modelo de custos, pode-se considerar o transporte de grãos agrícolas pelo Rio Madeira uma operação altamente eficiente. Das análises destacam-se os seguintes aspectos:

- Trata-se de uma hidrovia larga e caudalosa, com poucas restrições de calado durante uma temporada seca relativamente curta (apenas três meses). Isso permite uma operação de transporte altamente eficiente com comboios de até 40.000 toneladas.
- Com as hipóteses operacionais adotadas, os custos unitários, por tonelada-quilômetro em temporada de chuvas situam-se abaixo dos 3 centavos, enquanto que em temporada seca o custo sobe até mais de 6 centavos. Ponderando os tráfegos em cada época do ano, o custo médio estaria no entorno dos 3 centavos.
- O custo mais importante é o correspondente ao Processo Transporte, o qual representa praticamente dois terços do total em temporada de chuvas, e até quase 85% em temporada seca. Quase a totalidade do custo restante é o correspondente à operação portuária, sendo o custo da hidrovia praticamente marginal. Este último explica-se pela escassa magnitude dos

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

investimentos estruturais ou de manutenção necessários para garantir as condições de navegação praticamente sem restrições.

- Detectou-se uma elevada sensibilidade do custo nas hipóteses de utilização da frota (empurradores e barcas). Como este aspecto está muito vinculado ao modelo de operação e gestão dos ativos pelo operador, e as informações disponíveis com relação ao mesmo são incompletas, poderia haver desvios entre os resultados obtidos e a realidade.
- A análise parece indicar que a eficiência da operação otimiza-se para uma velocidade do comboio em temporada de chuvas de cerca de 11km/h. Não obstante, poderiam existir benefícios de eficiência marginais com velocidades ligeiramente mais altas, na medida em que se pudesse desenvolver tráfegos adicionais com a mesma frota. Ou seja, na medida em que o dimensionamento da capacidade da frota possa estar próximo do seu limite de produção para atender a demanda existente, o aumento da velocidade poderia, ao menos de forma temporária, minimizar possíveis necessidades de capacidade de transporte adicional.
- Para o trajeto analisado entre Porto Velho e Itacoatiara, os custos unitários (por tonelada-quilômetro) dos processos Transporte e Portuário situam-se ligeiramente abaixo dos 2 centavos e 1 centavo respectivamente. Analisando a variação de ambos com relação à distância e às condições estruturais da hidrovia do Rio Madeira, estima-se que os custos de ambos os processos se igualariam para distâncias de viagem próximas a 400 km, com números próximos aos 2 centavos em ambos os casos. Os referidos números, colocados no contexto de uma comparação intermodal, podem dar uma ideia sobre a margem competitiva do transporte hidroviário, levando em conta que este último deve incorporar os custos das transferências intermodais adicionais do modal terrestre (rodovia ou ferrovia).
- A distribuição de custos nos portos de Porto Velho e Itacoatiara identifica o item de custos de pessoal como o mais importante, com mais de 55% do total. O referido número, que é muito elevado, pode sugerir a conveniência de realizar uma análise micro de cada instalação portuária em particular, com o fim de estabelecer um benchmark que permita otimizar os parâmetros de exploração. Levando em conta o desenvolvimento socioeconômico no Brasil e as tendências econômicas associadas, seria de se esperar que os processos produtivos evoluíssem para um maior investimento em meios tecnológicos em detrimento da atual intensidade de uso da mão de obra. Isso teria um reflexo no balanço de custos que é refletido no modelo.
- A análise de sensibilidade desenvolvida sobre a produtividade dos processos portuários (no referente aos equipamentos de carga e descarga) parece indicar que não seriam obtidas eficiências adicionais incrementando a capacidade de processamento em nenhum dos dois portos considerados. Em linha com o indicado no item anterior, isto parece ser consequência do forte incremento dos recursos humanos necessários para gerir a nova capacidade.
- Dada a magnitude hidrológica (fluxo, calados e largura) do Rio Madeira, os custos associados ao Processo Hidroviário são marginais. Esta circunstância torna desnecessários investimentos significativos na hidrovia, anulando as possibilidades de obter eventuais eficiências adicionais no processo logístico global.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**5.1.2 RO-RO NO RIO MADEIRA**

O tráfego Ro-Ro anual entre Porto Velho e Manaus registrado nas estatísticas de ANTAQ é de 530.000 toneladas no ano de 2013.

Este tráfego utiliza tanto as rampas do porto público, nas quais a empresa RONAV presta serviço com origem ou destino em seu terminal privativo em Manaus; como os terminais privativos da Passarão e Belmont (situados à jusante do porto público de Porto Velho) nos quais presta serviço o operador J.F. Oliveira, com origem ou destino em seu terminal privativo em Manaus.

Os operadores utilizam comboios formados por uma ou duas barcas e um empurrador, com uma capacidade máxima de 35 semirreboques baú por barcaça.

Nas seções correspondentes à análise das informações coletadas sobre os portos e a operação dos serviços, é apresentada uma descrição detalhada das instalações e equipamentos que utilizam os operadores de Ro-Ro no trajeto analisado. Sobre os dados para os que não se dispõe de informações confiáveis, foram efetuadas estimativas para a utilização do modelo.

O tráfego Ro-Ro opera habitualmente com os comboios carregados em ambos os sentidos, com o que o modelo avalia os custos em cada sentido de maneira diferenciada, designando os custos da viagem de retorno a outro carregamento (que deverá ser modelada novamente selecionando os portos de origem e destino para considerar o sentido inverso).

5.1.2.1 Resultados do Cenário Base ou de Referência**5.1.2.1.1 Temporada de Chuva. Trajeto Porto Velho-Manaus**

As variações dos parâmetros da modelagem com relação ao cenário de granéis, são consequência das diferentes circunstâncias operacionais e características dos comboios.

Com relação à velocidade média da corrente estimada, que no caso de granéis era de 7 km/h, é no caso de Ro-Ro de 5 km/h, a diferença é devida ao fato de que o trajeto até Manaus envolve um trecho em contracorrente pelo Amazonas, reduzindo a velocidade média total.

Na tabela seguinte, são detalhadas as variáveis e parâmetros chave utilizados na modelagem do cenário de referência em temporada de chuvas:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 40. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de Cheia

	VARIÁVEIS E PARÂMETROS	Unidades	Modelagem Referência
Trajeto	Distância	km	1.225
	Velocidade da corrente	km/h	5
	Número de eclusas	un	0
	Outros desmembramentos	un	0
Operação rota	Produtividade do porto de origem	t/h	880
	Produtividade do porto de destino	t/h	660
	Carga no retorno	lógica	Sim
	Horas de parada noturna	h	0
	Velocidade do comboio carregado	km/h	11
Empurrador	Valor de capital	MR\$	8,00
	Potência	HP	1.500
	Produtividade anual	h	5.000
Barcaças	Valor de capital	MR\$	1,16
	Capacidade de carga	t	1.100
	Número de barcaças	un	2
	Produtividade anual	H	5.000
Tripulação	Oficiais	un	1
	Tripulantes	un	6
	Produtividade anual	horas/ano	1.600
Combustíveis e lubrificantes	Preço do combustível	R\$/l	2,203
	Consumo de combustível	l/(h*HP)	0,20
	Preço do lubrificante	R\$/l	5,160
	Consumo de lubrificante	l/(h*HP)	0,0004
Porto origem	Movimentação anual no porto	Mt	0,53
	Tráfego anual nos acessos terrestres	Mt	0,53
	Valor de capital dos acessos terrestres	MR\$	0,000
	Valor de capital dos acessos hidroviários	MR\$	0,000
	Valor de capital das infraestruturas de atracação	MR\$	3,045
	Valor de capital dos equipamentos de carga e descarga	MR\$	2,530
	Valor de capital das instalações de armazenamento	MR\$	96,974
Porto destino	Movimentação anual no porto	Mt	1,491
	Tráfego anual nos acessos terrestres	Mt	1,491
	Valor de capital dos acessos terrestres	MR\$	0,000
	Valor de capital dos acessos hidroviários	MR\$	0,000
	Valor de capital das infraestruturas de atracação	MR\$	1,522
	Valor de capital dos equipamentos de carga e descarga	MR\$	2,080
	Valor de capital das instalações de armazenamento	MR\$	69,762

Nas Figuras seguintes, são apresentados os resultados de custo total, assim como de cada um dos processos, da aplicação de modelo.

Figura 95. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos totais por processos na temporada de chuvas



Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 96. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Transporte, na temporada de chuvas

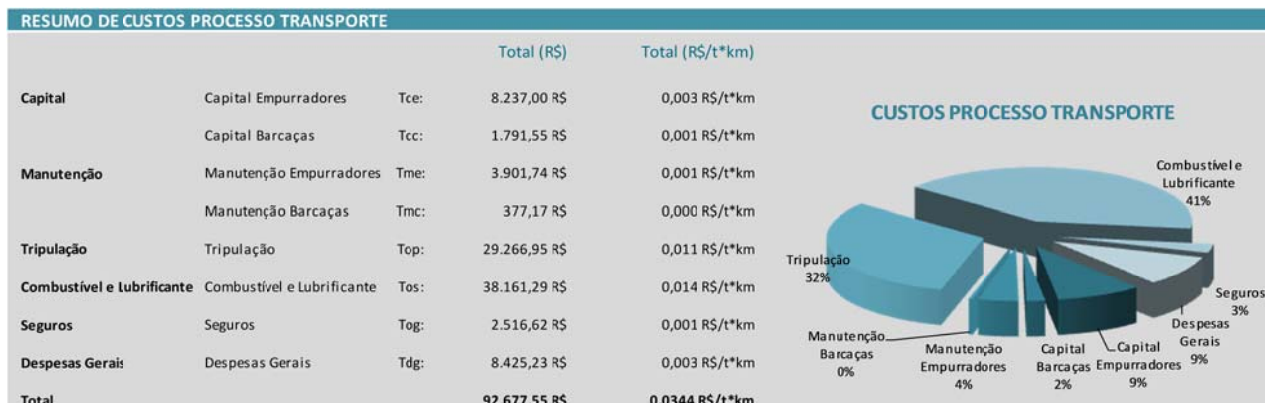
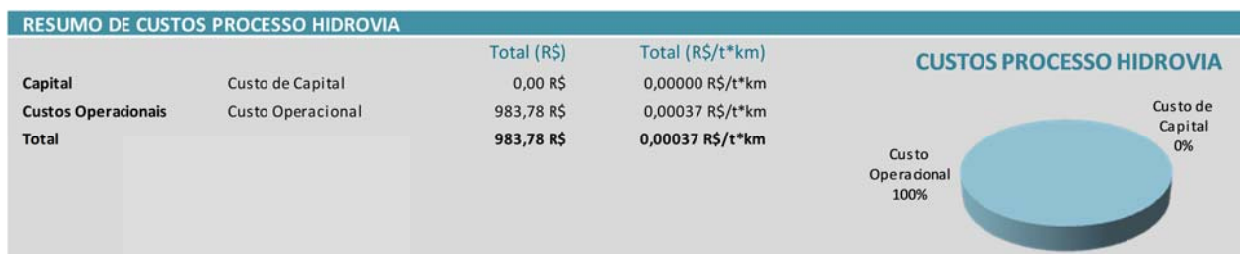


Figura 97. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Portuário, na temporada de chuvas



Figura 98. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada de chuvas



5.1.2.1.2 Temporada Seca. Trajeto Porto Velho-Manaus

Com relação ao cenário em temporada seca, e para o tráfego Ro Ro, o único parâmetro que muda é a velocidade da corrente, já que as demais variáveis operacionais (capacidade de carga, configuração do

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

comboio e velocidade do mesmo) não variam, dado que o comboio possui dimensões e calado substancialmente menores que no caso de granéis. Portanto, a modelagem em temporada seca foi realizada com os mesmos parâmetros que na temporada de chuva, a exceção da seguinte variação:

Tabela 41. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de seca

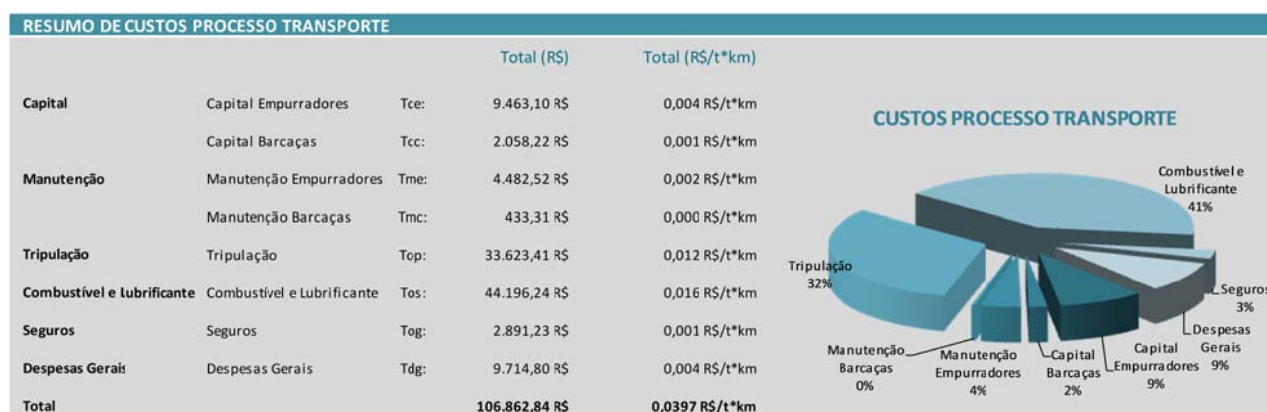
VARIÁVEIS E PARÂMETROS TEMPORADA SECA	Unidades	Modelagem Referência
Velocidade corrente	km/h	3

Nas Figuras seguintes, são apresentados os resultados de custo total, assim como de cada um dos processos:

Figura 99. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos totais por processos na temporada seca



Figura 100. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Transporte na temporada seca

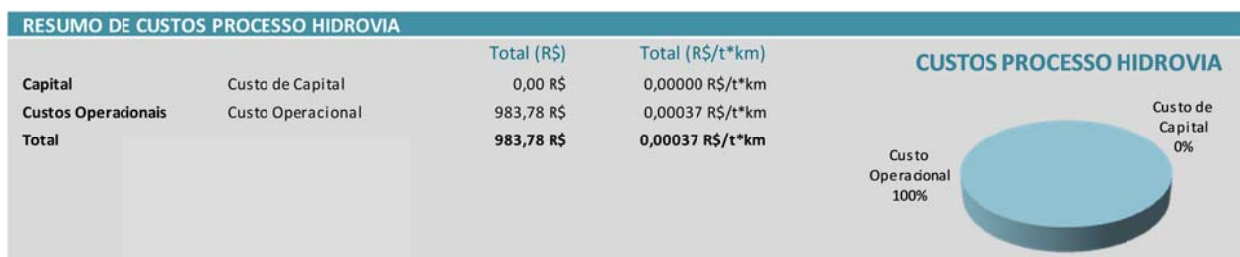


Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 101. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Portuário na temporada seca

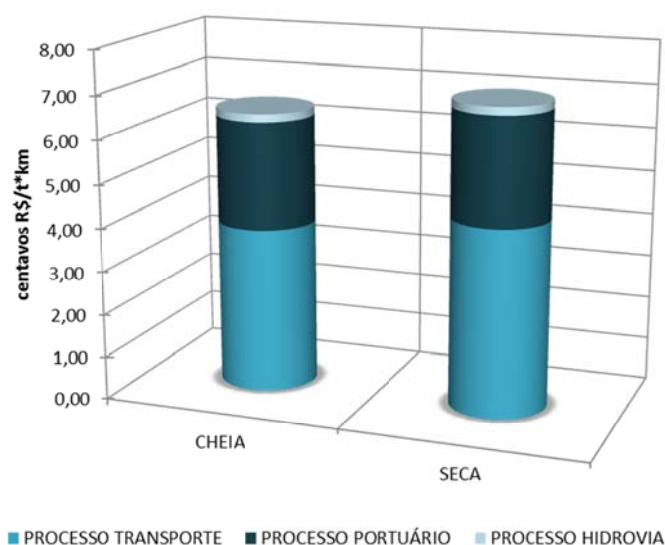


Figura 102. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada seca



5.1.2.1.3 Comparação dos Cenários de Seca e de Chuva. Trajeto Porto Velho-Manaus

Figura 103. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Comparação dos custos unitários totais nas temporadas seca e de chuvas

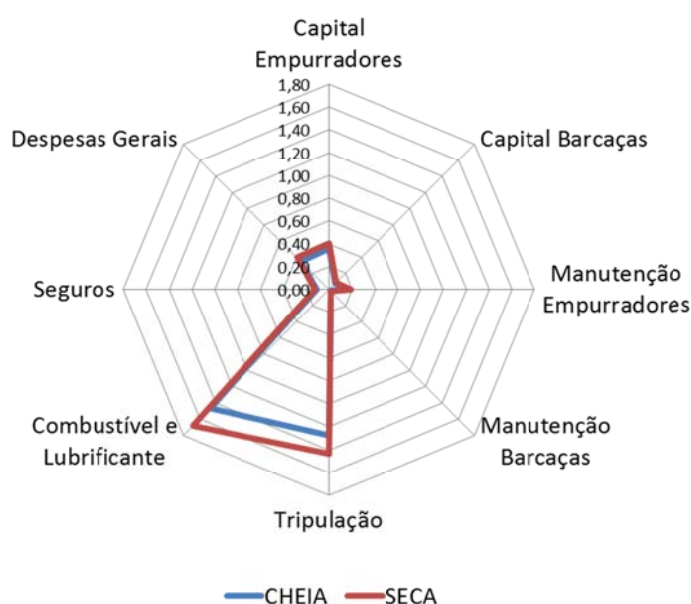


Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

No que diz respeito à distribuição do custo total entre os distintos processos, é interessante notar um maior peso relativo do Processo Portuário que no caso de graneis, com uma porcentagem entre 35% e 38% em função da temporada, para o tráfego Ro-Ro. Isto pode ser considerado como uma particularidade inerente às características do carregamento e às produtividades dos sistemas de carga e descarga, geralmente mais baixas que no caso de graneis.

No gráfico seguinte, é analisado em detalhe o Processo de Transporte, assim como a sensibilidade de cada um dos itens de custo ao cenário operacional (temporada de chuvas ou seca).

Figura 104. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Comparação dos custos unitários no Processo Transporte nas temporadas seca e de chuvas (centavos R\$/t*km)



O gráfico expõe o já indicado sobre a pequena sensibilidade do custo do Processo Transporte à temporada do ano no que diz respeito às chuvas. A diferença existente, que segue uma proporção relativamente linear em relação ao tempo de viagem, concentra-se nos dois itens quantitativamente mais importantes (tripulação e combustível).

5.1.2.1.4 Trajeto de Retorno: Manaus-Porto Velho

A diferença entre o transporte de graneis, em que cada comboio transporta um carregamento em uma única direção e sobre o qual repercutem os custos da rotação completa (ida e volta), e o tráfego Ro-Ro se prende ao fato de que este último é um tráfego bidirecional, pelo que os custos de cada trajeto se avaliam separadamente para cada um dos dois sentidos.

A análise realizada até este ponto corresponde ao trajeto Porto Velho-Manaus, o qual foi modelado com os parâmetros correspondentes, incluídas velocidades de corrente de 5 e 3 km/h em temporada de chuva e seca respectivamente. Para o caso da viagem de retorno, Manaus-Porto Velho, o sentido da corrente é

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

o oposto, pelo que a modelagem foi realizada com os valores -5km/h e -3km/h. Utilizando os referidos parâmetros, os custos correspondentes à viagem de volta seriam os refletidos nas tabelas seguintes:

Tabela 42. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Resumo dos custos totais por processos no trajeto de retorno.

TRAJETO RETORNO: MANAUS-PORTO VELHO					
		Temporada de chuva		Temporada seca	
Processo	Velocidade corrente (km/)	-5		-3	
	RESULTADOS	TOTAL (R\$)	centavos R\$/t*km	TOTAL (R\$)	centavos R\$/t*km
Processo Transporte	Capital dos empurradores	22.716	0,84	17.543	0,65
	Capital das chatas	4.941	0,18	3.816	0,14
	Manutenção dos empurradores	10.760	0,40	8.310	0,31
	Manutenção das chatas	1.040	0,04	803	0,03
	Tripulação	80.711	2,99	62.333	2,31
	Combustível	103.641	3,85	78.183	2,90
	Seguros	6.940	0,26	5.360	0,20
	Despesas gerais	23.075	0,86	17.635	0,65
	TOTAL PROCESSO TRANSPORTE	253.824	9,42	193.984	7,20
Processo Portuário	Capital de acessos terrestres	0	0,00	0	0,00
	Capital de acessos hidroviários	0	0,00	0	0,00
	Capital de atracação	496	0,02	496	0,02
	Capital de equipamentos de carga	1.357	0,05	1.357	0,05
	Capital de armazéns	31.709	1,18	31.709	1,18
	Manutenção do porto	9.247	0,34	9.247	0,34
	Manutenção da dragagem	0	0,00	0	0,00
	Pessoal	22.691	0,84	22.691	0,84
	Suprimentos	1.216	0,05	1.216	0,05
	TOTAL PROCESSO PORTUÁRIO	66.716	2,48	66.716	2,48
Processo Hidrovia	Capital da hidrovia	3.948	0,15	3.948	0,15
	Operação da hidrovia	984	0,04	984	0,04
	TOTAL PROCESSO HIDROVIA	4.932	0,18	4.932	0,18
TOTAL		325.471	12,08	265.632	9,86

Tabela 43. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Comparação dos custos unitários nos trajetos de ida e retorno (centavos R\$/t)

	Processo Transporte	Processo Eclusa	Processo Portuário	Processo Hidrovia	TOTAL
Porto Velho-Manaus (Cheia)	3,82	0,00	2,48	0,18	6,48
Manaus-Porto Velho (Cheia)	9,42	0,00	2,48	0,18	12,08
Porto Velho-Manaus (seca)	4,34	0,00	2,48	0,18	7,00
Manaus-Porto Velho (seca)	7,20	0,00	2,48	0,18	9,86

Os valores anteriores evidenciam a elevada sensibilidade do custo ao sentido da viagem, o qual se duplica em temporada de chuva. A diferença entre a velocidade em ambos os sentidos é menor em temporada seca que em temporada de chuva, devido a menor velocidade da corrente.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

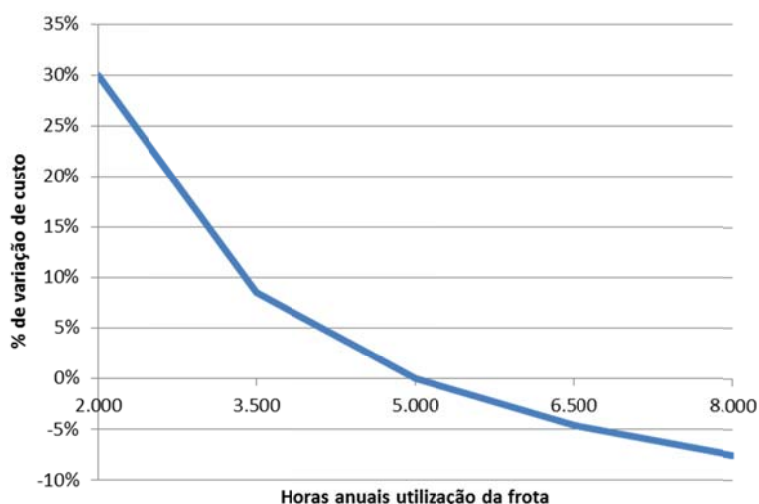
5.1.2.2 Análise de Sensibilidade do Custo

Nas seções seguintes, é analisada a sensibilidade do custo a algumas das variáveis e parâmetros chave da modelagem. Todos os cálculos e análise apresentados nessas seções utilizam como referência o cenário correspondente ao trajeto de Porto Velho até Manaus em temporada de chuva.

5.1.2.2.1 Utilização da Frota

Na figura seguinte se pode verificar a variação do custo total do Processo Transporte com diferentes hipóteses de utilização anual da frota com relação ao mencionado cenário de referência (5.000 horas):

Figura 105. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira - Sensibilidade do custo total (R\$) do Processo Transporte com relação à utilização anual da frota



Como se pode ver, o impacto sobre o custo total é maior para valores de utilização menores que as do cenário de referência que para valores superiores. Assim, enquanto o custo total do Processo Transporte apenas se reduz em 8% para um valor de utilização anual das 8.000 horas, se a utilização é reduzida até as 2.000 horas anuais, o custo aumenta ao redor de 32%. Em consequência, e em face à utilização prática do modelo e a obtenção de resultados precisos, seria muito importante conhecer os valores reais e precisos de utilização da frota, particularmente se estes são reduzidos. Contudo, e na medida em que o tráfego Ro-Ro, devido às características dos produtos transportados, não sofre o impacto da sazonalidade, como no caso de transporte de grãos agrícolas, seria razoável esperar valores de utilização anual da frota mais elevados.

Na tabela que se segue pode-se observar a sensibilidade de cada item de custo do Processo Transporte com relação ao cenário de referência:

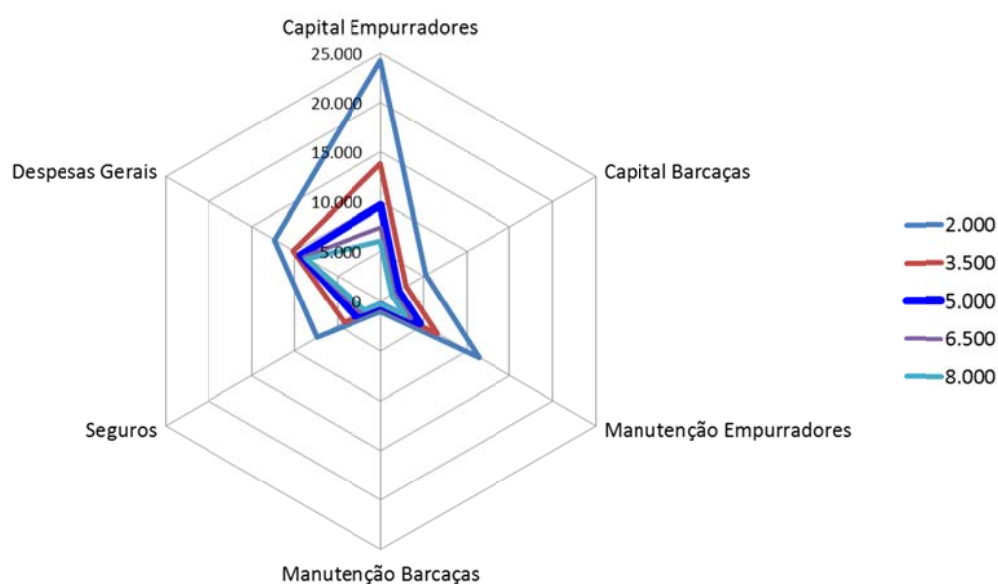
Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 44. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira - Análise da sensibilidade dos custos à utilização da frota (R\$/viagem)

Horas utilização anual	Custo capital empuradores	Custo capital chatas	Custo manutenção empuradores	Custo manutenção chatas	Custo seguros	Custo despesas gerais
2.000	24.181	5.259	11.454	1.107	7.388	12.320
3.500	13.818	3.005	6.545	633	4.222	10.203
5.000	9.673	2.104	4.582	443	2.955	9.357
6.500	7.440	1.618	3.524	341	2.273	8.901
8.000	6.045	1.315	2.864	277	1.847	8.616

Como é de esperar, apenas os itens de custo vinculados à utilização dos ativos de frota (custo de capital, manutenção e seguro de empuradores e barcaças) apresentam uma sensibilidade à utilização. Também apresenta uma variação o item de despesas gerais, por ser calculado no modelo de forma linear a partir do conjunto de custos operacionais.

Figura 106. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Sensibilidade do custo (R\$/viagem) à utilização da frota (horas anuais)

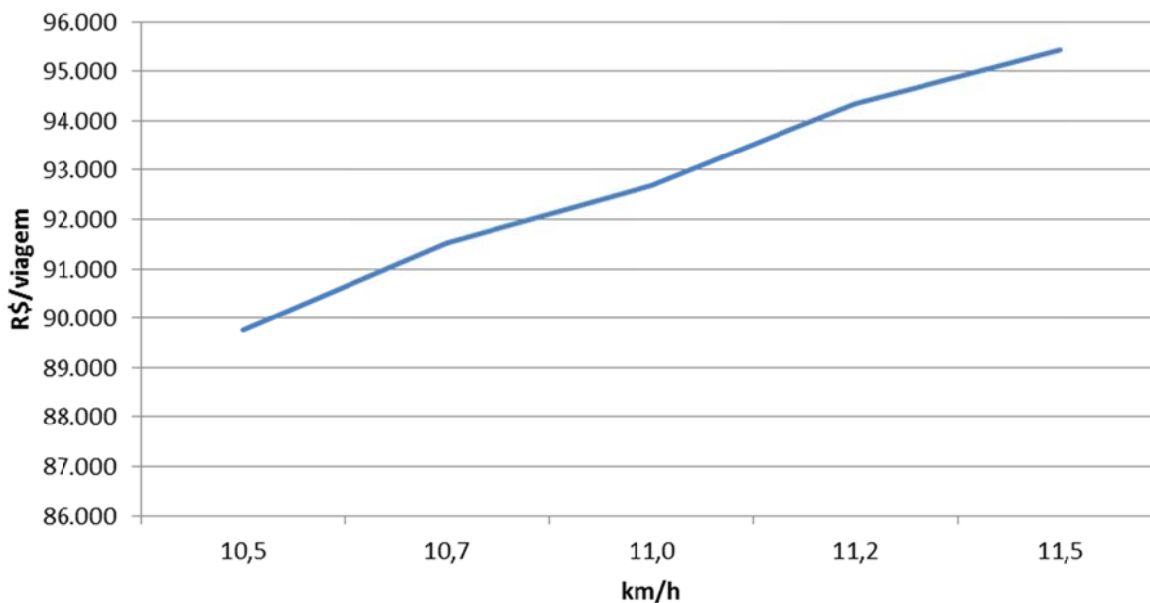


5.1.2.2.2 Velocidade do Comboio

De acordo com as considerações descritas na seção relativa a grãos agrícolas, e aplicando uma formulação análoga, os resultados obtidos da modelagem dos cenários de sensibilidade à velocidade do comboio para o Processo Transporte aparecem refletidos na figura seguinte:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 107. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira - Sensibilidade do Custo Total (R\$) do Processo Transporte à velocidade do comboio



No gráfico se pode observar que o custo total do Processo Transporte aumenta com velocidades maiores, o que significa que as economias conseguidas com uma viagem mais rápida e eficiente em termos de utilização de ativos e gastos de pessoal, não compensam o gasto adicional de combustível.

Ainda que o cenário descrito parece sugerir que velocidades mais baixas produziram economias ainda maiores, apenas mediante considerar o conjunto de detalhes específicos da operação, como são a utilização efetiva da frota por parte do operador ou o custo de oportunidade das embarcações, seria possível definir qual seria a velocidade ideal.

Na tabela seguinte são apresentados os resultados separados por item de custo do Processo Transporte:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 45. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Análise da sensibilidade dos custos do Processo Transporte à velocidade do comboio

VELOCIDADE COMBOIO (km/h)	10,5	10,7	11,0	11,2	11,5
Custo de capital dos empurradores (R\$)	9.916	9.817	9.673	9.580	9.444
Custo de capital das chatas (R\$)	2.157	2.135	2.104	2.084	2.054
Custo de manutenção dos empurradores (R\$)	4.697	4.650	4.582	4.538	4.474
Custo de manutenção das chatas (R\$)	454	449	443	439	432
Custo da tripulação (R\$)	35.231	34.879	34.368	34.037	33.556
Custo de combustível (R\$)	35.269	37.499	39.443	41.560	43.381
Custo de seguros (R\$)	3.029	2.999	2.955	2.927	2.885
Custo com despesas gerais (R\$)	9.075	9.243	9.357	9.516	9.623
CUSTO TOTAL DO PROCESSO TRANSPORTE (R\$)	99.827	101.671	102.923	104.680	105.849
CUSTO UNITÁRIO DO PROCESSO TRANSPORTE (R\$/t*km)	3,70	3,77	3,82	3,88	3,93

5.1.2.2.3 Distância

De acordo com as mesmas considerações expostas no cenário de granéis, e utilizando como cenário de referência a temporada de chuva e a distância real entre Porto Velho e Manaus (1.225 km), foram calculados os custos correspondente a outras distâncias hipotéticas, inferiores e superiores, para valorar seu efeito sobre o resultado.

Tabela 46. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade dos custos totais à distância (R\$)

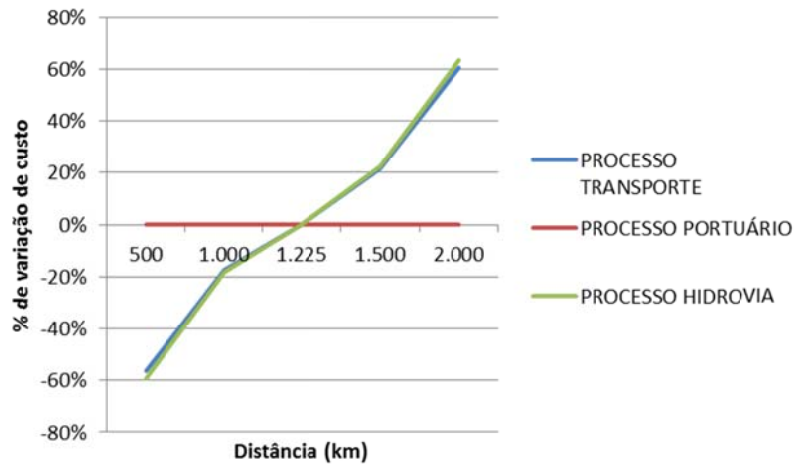
Distância (km)	PROCESSO TRANSPORTE	PROCESSO PORTUÁRIO	PROCESSO HIDROVIA	CUSTO TOTAL
500	40.324	64.174	402	104.900
1.000	76.430	64.174	803	141.407
1.225	92.678	64.174	984	157.835
1.500	112.536	64.174	1.205	177.914
2.000	148.641	64.174	1.606	214.421

Enquanto o custo do Processo Portuário é constante independentemente da distância, e o do Processo Hidrovia segue uma proporcionalidade direta com a distância, o Processo Transporte varia segundo uma proporção relativamente linear, ainda que mostre uma pequena economia de distância (para distâncias maiores o custo unitário é menor). Em termos de custo total há uma economia de distância relativamente forte, como consequência do considerável peso dos custos portuários.

Por outro lado, os resultados indicam que para uma distância inferior a 750 km o custo do Processo Portuário alcançaria um valor similar à soma dos Processos Transporte e Hidrovia. Tendo isso em vista, para distâncias menores a 750 km, é difícil que a alternativa com transbordo ao modal hidroviário resulte competitiva.

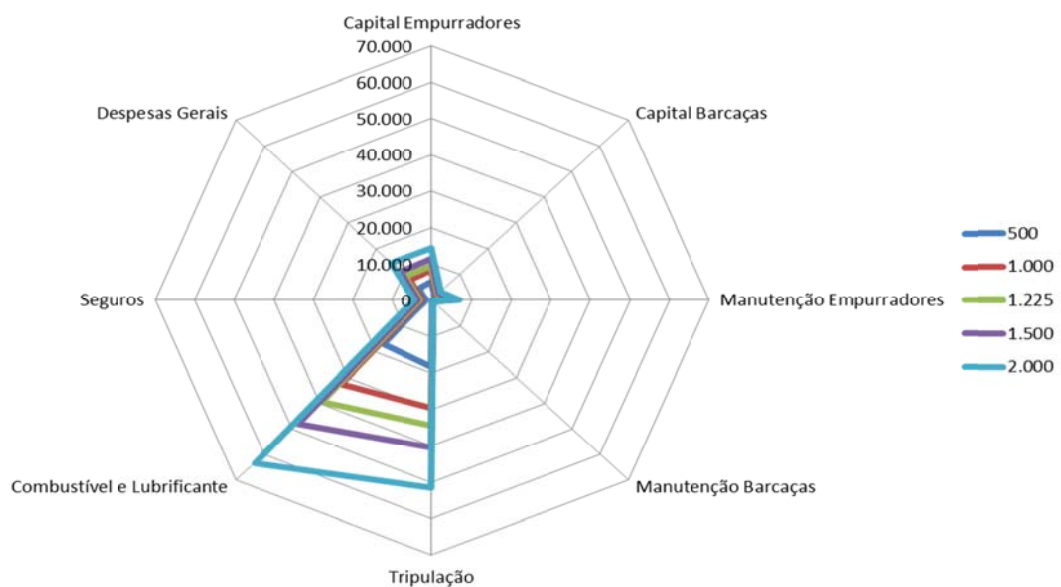
Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 108. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Análise de sensibilidade e do custo total (R\$) à distância



Com relação aos custos do Processo Transporte, se observa uma sensibilidade relativamente homogênea em relação aos diferentes itens.

Figura 109. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira-Sensibilidade dos custos do Processo Transporte(R\$) à distância



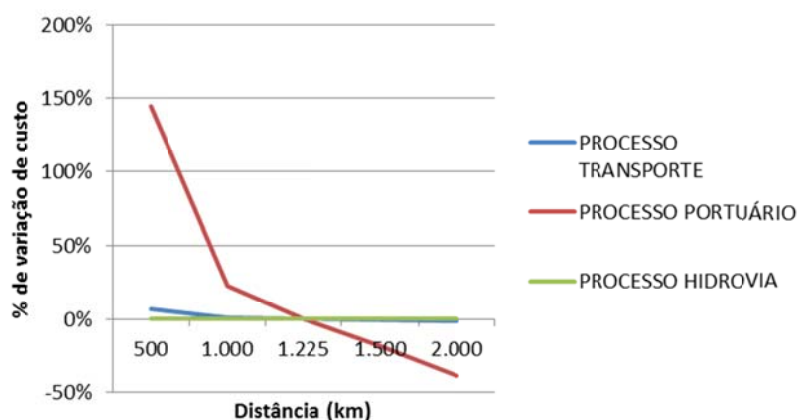
Na tabela e gráfico seguintes, é possível observar os efeitos de variações na distância sobre os custos unitários dos diferentes processos. Como no caso do transporte de grãos, o custo do Processo Hidrovia é proporcionalmente pouco significativo.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 47. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Análise da sensibilidade dos custos unitários à distância (centavos R\$/t*km)

Distância (km)	PROCESSO TRANSPORTE	PROCESSO PORTUÁRIO	PROCESSO HIDROVIA	CUSTO TOTAL
500	4,597	6,065	0,180	10,842
1.000	3,940	3,033	0,180	7,152
1.225	3,819	2,476	0,180	6,475
1.500	3,721	2,022	0,180	5,922
2.000	3,611	1,516	0,180	5,307

Figura 110. Transporte Ro-Ro na Hidrovia do Madeira: Análise da sensibilidade do custo unitário à distância (R\$/t*km)



5.1.2.3 Conclusões

O transporte Ro-Ro pelo rio Madeira se caracteriza pelos seguintes aspectos:

- Dado que é um transporte no qual existem cargas de retorno, os custos variam radicalmente entre as duas direções da viagem, chegando até quase duplicar para o sentido Manaus-Porto Velho em temporada de chuva.
- Supondo uma utilização de 100% da capacidade de transporte, os custos unitários variam entre os 6 e os 12 centavos por tonelada quilômetro, dependendo da direção e da temporada. Tirando a média de ambas as direções, o custo em temporada seca (aproximadamente 8 centavos) é inferior ao correspondente à temporada de chuva (aproximadamente 9), como consequência do efeito das diferentes velocidades da corrente.
- A hidrovia apresenta também neste caso vantagens em relação aos modos terrestres, especialmente na região Amazônica, onde a rede de transporte terrestre existente é deficiente e os custos associados a seu desenvolvimento e manutenção são elevados.
- Para a viagem Porto Velho-Manaus, o custo mais importante é o correspondente ao Processo Transporte, o qual representa ao redor de 60-65% do total em ambas as temporadas (de chuva e seca), enquanto o correspondente à operação portuária está em torno de 30-35%. Contudo, ao

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

analisar as viagens em sentido contrário (Manaus-Porto Velho) o peso do Processo Transporte aumenta significativamente.

- O custo do Processo Hidrovia é relativamente marginal dado ao pequeno valor dos investimentos estruturais, ou de manutenção necessários.
- A sensibilidade do custo à hipótese de utilização da frota (empurradores e barcas) deveria ser colocada no contexto das características da operação, planejamento de serviços e rotação de ativos por parte do operador. O impacto sobre o custo total é maior para menores valores de utilização da frota. Pelos resultados obtidos na análise, esta situação de pequena utilização da frota é pouco provável, dado que, é de se esperar que o tráfego Ro-Ro seja menos vulnerável à sazonalidade que o transporte de grãos agrícolas. Desta forma pode-se prever que os valores de utilização da frota sejam também mais elevados²⁵.
- A análise parece indicar que a eficiência da operação aumenta para velocidades do comboio mais baixas que as consideradas, como consequência do menor consumo de combustível. Ainda que a referida análise não considere os custos de oportunidade associados a diferentes valores de utilização da frota, seria preciso confirmar os demais componentes da operação, incluídos os aspectos técnicos de eficiência dos motores, com a finalidade de confirmar esta conclusão.
- Analisando as cifras de custo unitário dos processos Transporte e Portuário em função da distância, se estima que os custos de ambos os processos se igualariam a distâncias de viagem no entorno dos 750 km, com cifras próximas aos 3,5 centavos em ambos os casos. Os referidos valores, postos no contexto de uma comparação intermodal, poderiam dar uma ideia sobre a margem competitiva do transporte hidroviário.
- Nos portos de Porto Velho e Manaus o item de capital das instalações de armazenamento é identificado como o mais importante, seguido do item de pessoal. Tal fato pode sugerir a conveniência de realizar uma análise micro de cada instalação portuária em particular, com o fim de estabelecer um benchmark que permitisse aperfeiçoar os parâmetros de exploração.

5.2 ESTUDO DE CASO E APLICAÇÃO DO MODELO À HIDROVIA TIETÊ-PARANÁ

5.2.1 GRANÉIS SÓLIDOS AGRÍCOLAS NO RIO TIETÊ

5.2.1.1 Resultados do Cenário Base - Granéis Sólidos Agrícolas no Rio Tietê

Na tabela a seguir são detalhadas as variáveis e parâmetros utilizados na modelagem do cenário base ou de referência em temporada de chuvas:

²⁵ A análise efetuada à respeito da sensibilidade do custo à hipótese de utilização da frota baseou-se em informações teóricas e sua aplicabilidade depende das possibilidades do operador de otimizar a alocação das embarcações nos trajetos e serviços que opera. São, portanto necessários dados precisos sobre operadores particulares para obter conclusões ajustadas à realidade.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 48. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de cheia

	VARIÁVEIS e PARÂMETROS	Unidades	Valores no modelo de referência
	TEMPORADA DE CHUVAS		
Trajeto	Distância	km	636
	Velocidade da corrente	km/h	-2,0
	Número de eclusas	un	4, uma delas dupla
	Tempo médio no processo de eclusagem	h	0,7
	Outros desmembramentos	un	2
	Tempo médio nos desmembramentos	h	3
Caracterização da operação	Produtividade do porto de origem	t/h	500
	Produtividade do porto de destino	t/h	400
	Carga no retorno	lógica	No
	Horas de parada noturna	h	0
	Velocidade do comboio carregado	km/h	11,0
	Incremento da velocidade sem carga	%	15%
Empurrador	Valor de capital	MR\$	5.000
	Potência	HP	900
	Produtividade anual	h	5.000
	Utilização do motor (potência utilizada sobre máxima)	%	75%
Barcaças	Valor de capital	MR\$	1.670
	Capacidade de carga	t	1.450
	Número de barcaças	un	4
	Produtividade anual	h	5.000
Tripulação	Oficiais	un	1
	Tripulantes	un	5
	Produtividade anual	horas/ano	1.600
Combustíveis e lubrificantes	Preço do combustível	R\$/l	2,203
	Consumo de combustível	l/(h*HP)	0,200
	Preço do lubrificante	R\$/l	5,160
	Consumo de lubrificante	l/(h*HP)	0,0004
Porto origem	Movimentação anual no porto	Mt	0,902
	Tráfego anual nos acessos terrestres	Mt	0,902
	Valor de capital dos acessos terrestres	MR\$	4,872
	Valor de capital dos acessos hidroviários	MR\$	0
	Valor de capital das infraestruturas de atracação	MR\$	8,580
	Valor de capital dos equipamentos de carga e descarga	MR\$	4,164
	Valor de capital das instalações de armazenamento	MR\$	28,288
Porto destino	Movimentação anual no porto	Mt	0,902
	Tráfego anual nos acessos terrestres	Mt	1,669
	Valor de capital dos acessos terrestres	MR\$	48,050
	Valor de capital dos acessos hidroviários	MR\$	0
	Valor de capital das infraestruturas de atracação	MR\$	13,728
	Valor de capital dos equipamentos de carga e descarga	MR\$	6,133
	Valor de capital das instalações de armazenamento	MR\$	27,023

Nas figuras seguintes são apresentados os resultados do custo total, bem como de cada um dos processos da aplicação do modelo.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

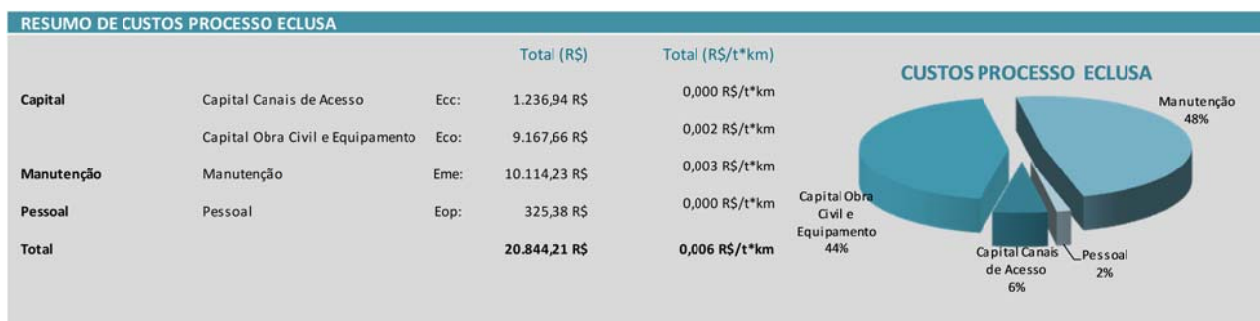
Figura 111. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos totais por processos na temporada de chuvas



Figura 112. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Transporte na temporada de chuvas



Figura 113. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Eclusa na temporada de chuvas



Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 114. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná: Resumo dos custos do Processo Portuário na temporada de chuvas

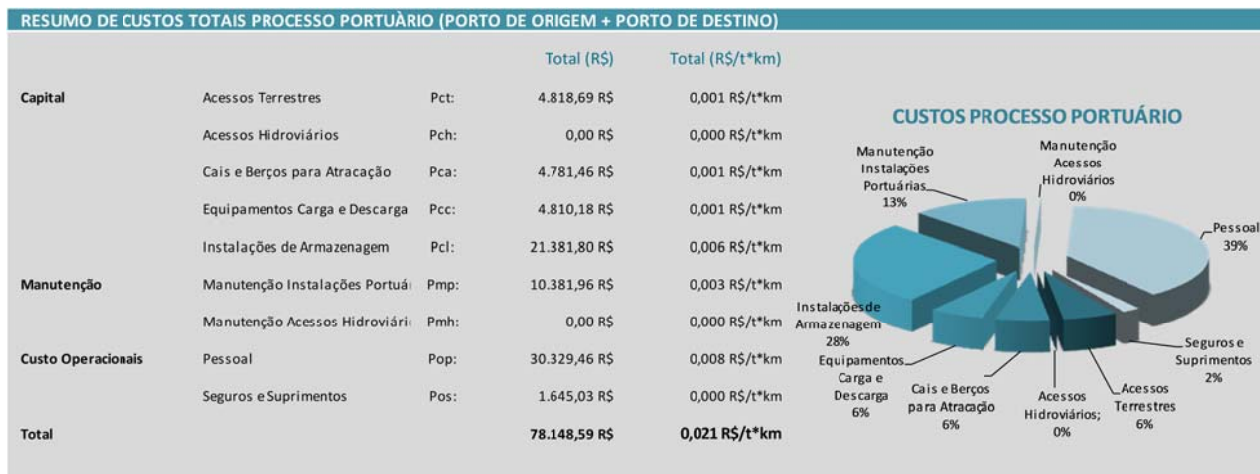
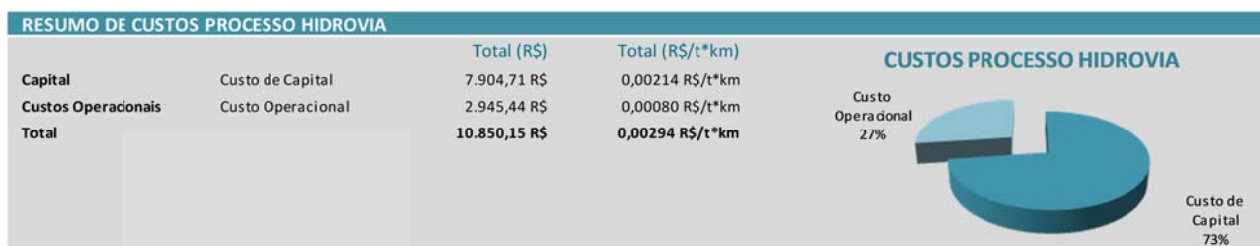


Figura 115. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada de chuvas



5.2.1.2 Análise de Sensibilidade do Custo

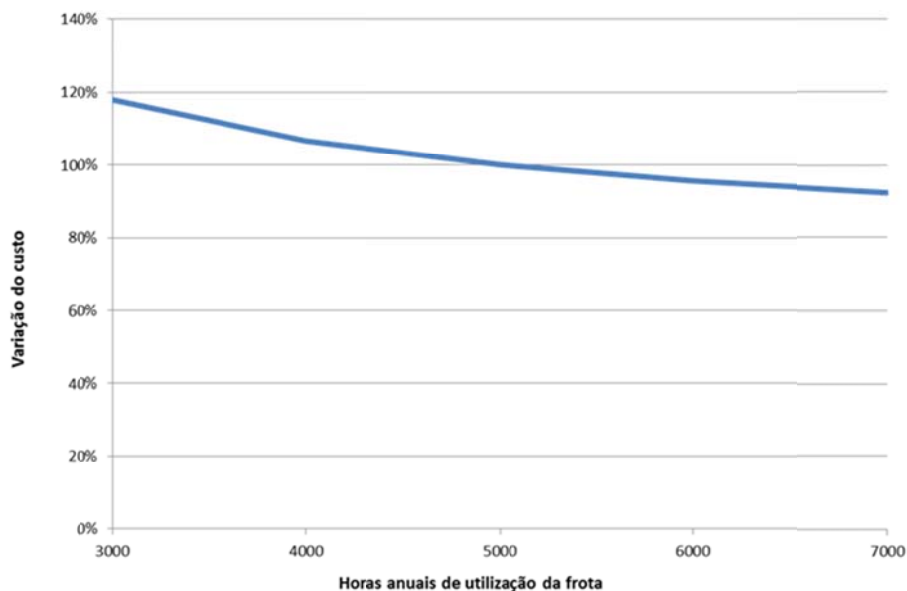
Nas seções seguintes, são apresentados os resultados das análises de sensibilidade do custo a algumas das variáveis e parâmetros chave da modelagem. Todos os cálculos e análises utilizam como referência o cenário correspondente ao trajeto de São Simão até Pederneiras em temporada de chuva.

5.2.1.2.1 Utilização da Frota

No gráfico seguinte se pode observar a variação do custo total do Processo Transporte com diferentes hipóteses de utilização anual da frota com relação ao mencionado cenário de referência (5.000 horas):

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 116. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná: Sensibilidade do custo do Processo Transporte (R\$) com relação à utilização anual da frota



Como pode-se verificar, o impacto sobre o custo total é maior para valores de utilização menores que as do cenário de referência do que para valores superiores. Assim, enquanto o custo total do Processo Transporte apenas se reduz em 8% para um valor de utilização anual das 7.000 horas, se a utilização é reduzida até as 3.000 horas anuais, o custo aumentaria ao redor de 18%.

Na tabela apresentada a seguir se pode observar a sensibilidade de cada item do custo do Processo Transporte com relação ao cenário de referência:

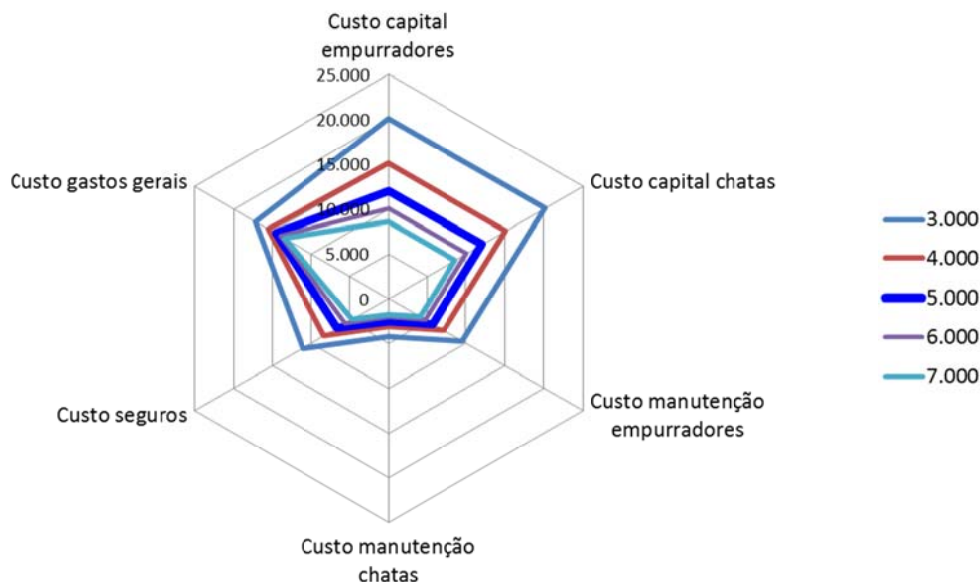
Tabela 49. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte à utilização anual da frota (R\$/viagem)

Horas de utilização anual	Custo de capital dos empurraadores	Custo de capital das chatas	Custo de manutenção dos empurraadores	Custo de manutenção das chatas	Custo de seguros	Custo de despesas gerais
3.000	20.075	20.115	9.509	4.235	11.106	17.176
4.000	15.056	15.086	7.132	3.176	8.330	15.550
5.000	12.489	12.513	5.915	2.634	6.909	14.975
6.000	10.037	10.057	4.754	2.117	5.553	13.924
7.000	8.603	8.621	4.075	1.815	4.760	13.459

Apenas os itens de custo vinculados à utilização dos ativos de frota (custo de capital, manutenção e seguro de empurraadores e barcas) apresentam uma sensibilidade à utilização. Também apresenta uma variação o item de despesas gerais, por ser calculado de forma linear a partir do conjunto de custos operacionais.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 117. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte (R\$/viagem) à utilização anual da frota (horas anuais)



De maneira similar ao que foi descrito no caso do rio Madeira, dos seis itens de custo que apresentam sensibilidade à utilização da frota²⁶, todos seguem uma proporção linear com relação ao referido parâmetro, salvo o de despesas gerais²⁷.

5.2.1.2.2 Velocidade do Comboio

De acordo com as considerações descritas na seção relativa a graneis agrícolas no rio Madeira e aplicando uma formulação análoga, a variação na velocidade tem dois principais impactos:

- Ao mudar a velocidade de giro do motor varia-se a potência gerada pelo mesmo. Dado que o consumo específico aproximado é constante, as variações de potência terão associadas mudanças do consumo de combustível.
- Ao mudar a potência gerada pelo motor do empurrador, por sua vez, varia-se a velocidade do comboio, com o qual mudam também o tempo de viagem e os custos de operação vinculados à utilização de ativos e gastos de pessoal.

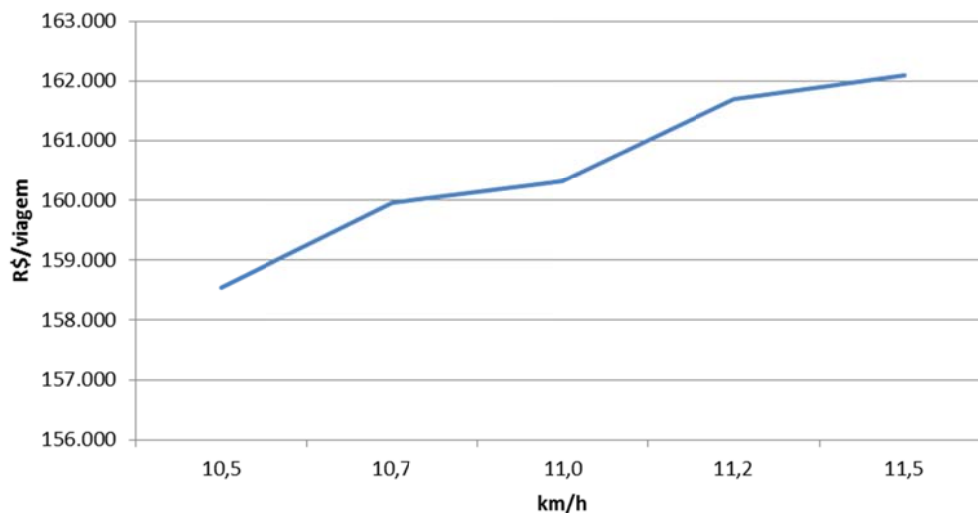
Os resultados obtidos da modelagem dos cenários de sensibilidade à velocidade do comboio para o Processo Transporte aparecem refletidos no gráfico seguinte:

²⁶ Os custos do Processo Transporte fixos em relação a diferentes graus de utilização da frota são os custos da Tripulação e os de consumo de Combustível e Lubrificante.

²⁷ A explicação da não linearidade da variação das despesas gerais consiste precisamente na influência dos itens sem sensibilidade à utilização da frota já mencionados anteriormente (combustível e tripulação).

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 118. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade do custo total do Processo Transporte (R\$) à velocidade do comboio



No gráfico se pode observar que o custo total do Processo Transporte aumenta com velocidades maiores, o que implica que as economias conseguidas com uma viagem mais rápida e eficiente em termos de utilização de ativos e gastos de pessoal, não compensam o gasto adicional de combustível.

Ainda que o cenário descrito possa sugerir que velocidades mais baixas produziram economias ainda maiores, é necessário considerar o conjunto de detalhes específicos da operação para definir qual seria a velocidade ideal.

Na tabela seguinte são apresentados os resultados detalhados por item de custo do Processo Transporte:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 50. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte à velocidade do comboio

VELOCIDADE COMBOIO (km/h)	10,5	10,7	11,0	11,2	11,5
Custo de capital de empurraadores (R\$)	12.864	12.709	12.488	12.348	12.149
Custo de capital de chatas (R\$)	12.889	12.734	12.513	12.373	12.173
Custo de manutenção de empurraadores (R\$)	6.093	6.020	5.915	5.849	5.755
Custo de manutenção de chatas (R\$)	2.714	2.681	2.634	2.605	2.563
Tripulação (R\$)	63.682	62.915	61.823	61.131	60.143
Combustível (R\$)	49.244	48.512	47.469	46.809	45.866
Custo de seguros (R\$)	7.117	7.031	6.909	6.832	6.721
Custo de despesas gerais (R\$)	15.460	15.260	14.975	14.795	14.537
CUSTO TOTAL PROCESSO TRANSPORTE (R\$)	170.063	167.862	164.727	162.741	159.905
CUSTO UNITÁRIO PROCESSO TRANSPORTE (centavos R\$/t*KM)	4,61	4,55	4,47	4,41	4,33

5.2.1.2.3 Distância

De acordo com as mesmas considerações expostas no cenário de graneis no rio Madeira, e utilizando como cenário de referência a temporada de chuva e a distância real entre São Simão e Pederneiras (636 km), foram calculados os custos correspondente à distância entre São Simão e Anhembi (756 km) para valorar seu efeito sobre o resultado.

Tabela 51. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos totais à distância (R\$)

Distância (km)	PROCESSO ECLUSA	PROCESSO TRANSPORTE	PROCESSO PORTUÁRIO	PROCESSO HIDROVIA	CUSTO TOTAL
636	20.844	164.727	78.149	10.850	270.158
756	20.844	179.683	78.149	12.897	291.555

O custo do Processo Portuário é constante independentemente da distância. O do Processo Hidrovia segue uma proporcionalidade direta com a distância e o do Processo Transporte mostra uma pequena economia de distância²⁸.

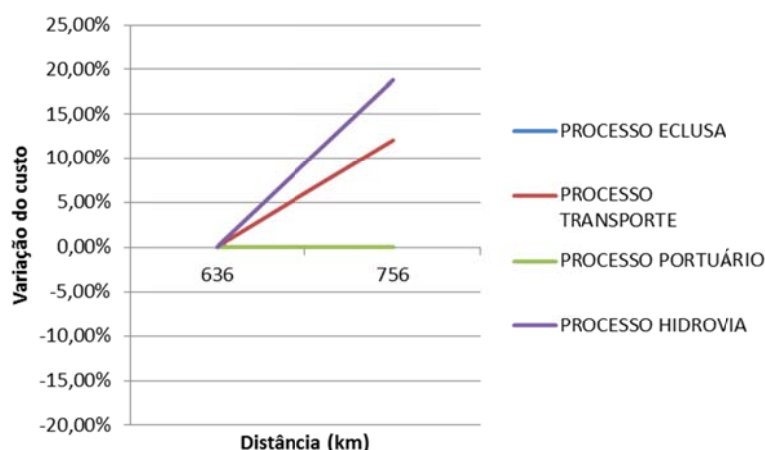
Em termos de custo total há uma economia de distância relativamente forte, como consequência do considerável peso dos custos portuários.

²⁸ O incremento de custos é proporcionalmente menor em relação ao incremento na distância.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

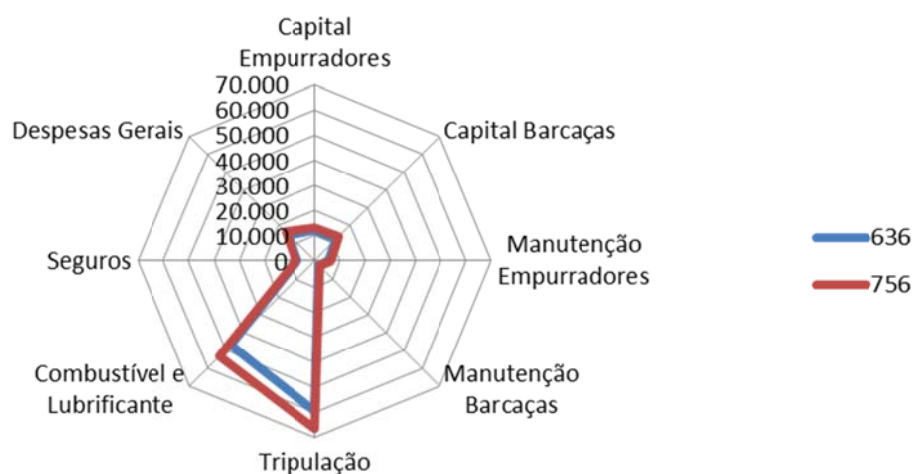
Os resultados indicam que para uma distância inferior aos 750 km o custo do processo portuário alcançaria um valor similar ao dos Processos Transporte e Hidrovia. Tal como foi explicado nos estudos de casos do Madeira, para distâncias menores que 750 km o custo do transbordo supera a soma dos custos de transporte mais o de disponibilidade do canal de navegação, de modo que dificilmente o transporte hidroviário seria competitivo.

Figura 119. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade do custo total (R\$) à distância



Com relação aos custos do Processo Transporte, se observa uma sensibilidade relativamente homogênea em relação com os diferentes itens.

Figura 120. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte (R\$) à distância



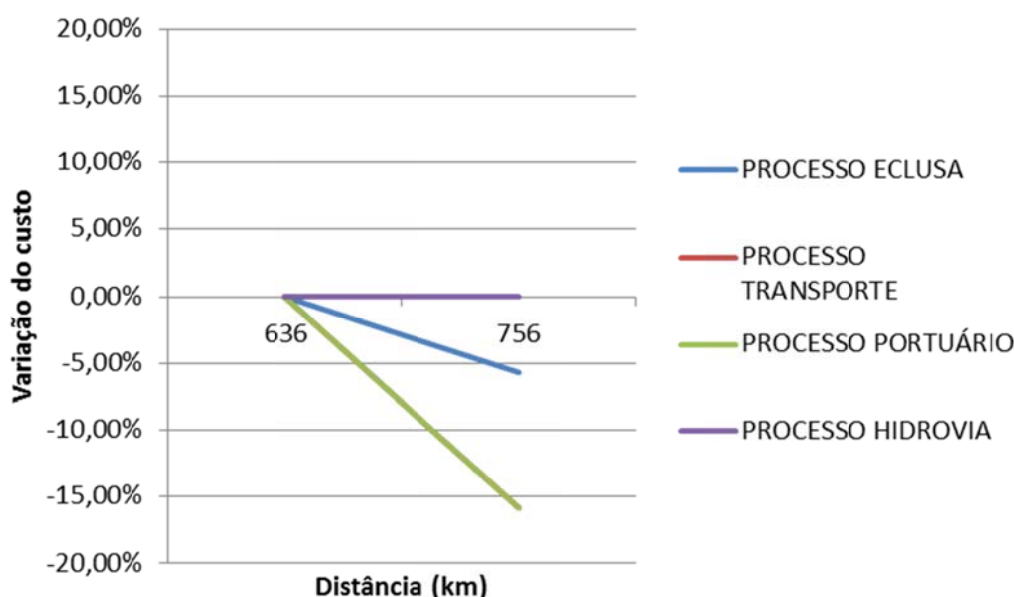
Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Na tabela e gráfico seguintes, é possível observar os efeitos de variações da distância nos diferentes processos em termos de custos unitários. O custo do Processo Hidrovia é proporcionalmente pouco significativo.

Tabela 52. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos unitários à distância (centavos R\$/t*km)

Distância (km)	PROCESSO TRANSPORTE	PROCESSO ECLUSA	PROCESSO PORTUÁRIO	PROCESSO HIDROVIA	CUSTO TOTAL
636	4,47	0,57	2,12	0,29	7,44
756	4,10	0,48	1,78	0,29	6,65

Figura 121. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná: Análise de sensibilidade do Custo Unitário à distância (R\$/t*km)



5.2.1.2.4 Tempo nas eclusas e nos desmembramentos do comboio

O tempo de eclusagem e o tempo nos desmembramentos do comboio incidem diretamente no custo total do Processo Transporte, já que na formulação do modelo todos os custos variam dependendo do tempo total do serviço.

- Os custos da tripulação e de consumo de combustível e lubrificante são calculados em função do tempo de serviço.
- Os custos de seguros são calculados em função dos custos de capital e as despesas gerais como porcentagem do total dos custos de operação.
- Para os custos associados a disponibilidade e manutenção dos ativos (custos de capital e de manutenção de empurradores e barcas) o tempo do serviço é a base de divisão.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Na formulação do modelo os valores atribuídos para o tempo médio de espera nas operações de eclusagem foram 0,7 h (42 minutos) e de 3 h para o tempo médio de desmembramento. Estes valores foram calculados a partir dos dados obtidos nas visitas técnicas realizadas.

No trajeto São Simão – Pederneiras é necessária a transposição de quatro eclusas, uma delas dupla. Nas quatro eclusas é necessário o desmembramento dos comboios. Além dos desmembramentos necessários para travessia das eclusas são necessários dois desmembramentos adicionais para a passagem por pontes.

O tempo total estimado pelo modelo para os desmembramentos mais o tempo total estimado para a transposição das eclusas é aproximadamente 30% do tempo total do serviço.

Dado a importância do tempo total destas operações na Hidrovia do Tietê, se analisa nesta seção o efeito de reduções nos tempos médios destas operações sobre o custo total do Processo Transporte. A análise é feita simulando-se, a partir do modelo, variações nos valores médios dos correspondentes parâmetros.

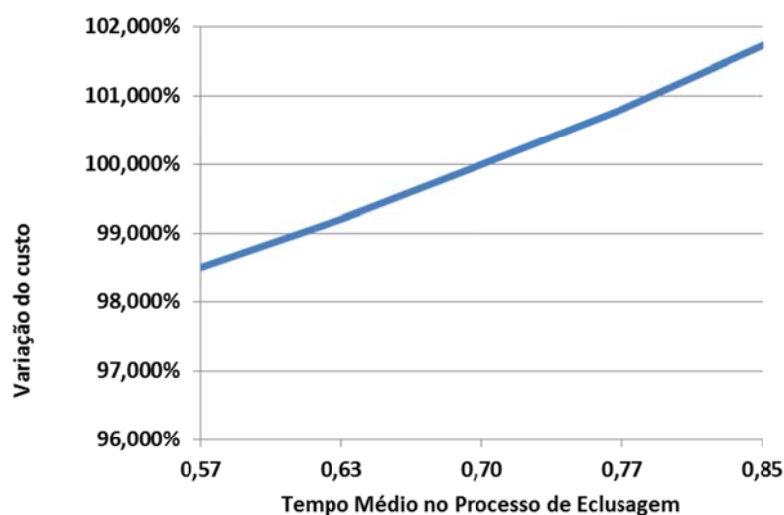
Resultam pouco realistas valores com diferenças grandes em relação ao utilizado na formulação, de 0,7 horas, para o tempo de eclusagem. Por isso, foram analisadas as variações em um intervalo de 20% com relação a esse valor, sendo obtidos os seguintes resultados.

Tabela 53. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte ao tempo médio no processo de eclusagem

TEMPO MÉDIO NOS DESMEMBRAMENTOS (h)	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84
Tempo Ida (h)	123,32	124,22	125,27	126,32	127,52
Tempo Total no Serviço (h)	193,28	195,08	197,18	199,28	201,68
Custo de capital de empuradores (R\$)	12.241	12.355	12.488	12.621	12.773
Custo de capital de chatas (R\$)	12.266	12.380	12.513	12.646	12.799
Custo de manutenção de empuradores (R\$)	5.798	5.852	5.915	5.978	6.050
Custo de manutenção de chatas (R\$)	2.582	2.606	2.634	2.662	2.694
Tripulação (R\$)	60.600	61.164	61.823	62.481	63.234
Combustível (R\$)	47.258	47.355	47.469	47.583	47.714
Custo de seguros (R\$)	6.773	6.836	6.909	6.983	7.067
Custo de despesas gerais (R\$)	14.752	14.855	14.975	15.096	15.233
CUSTO TOTAL PROCESSO TRANSPORTE (R\$)	162.269	163.404	164.727	166.051	167.564
CUSTO UNITÁRIO PROCESSO TRANSPORTE (centavos R\$/t*KM)	4,40	4,43	4,47	4,50	4,54

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 122. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná: Sensibilidade do custo do Processo Transporte (R\$) com relação ao tempo médio no processo de eclusagem



As variações nos tempos de eclusagem e desmembramento têm um efeito linear sobre todos os itens de custo do Processo Transporte. Uma redução de 10% no tempo de eclusagem tem efeito sobre o custo total do Processo Transporte de aproximadamente 0,80%, sendo os itens de consumo de combustível e tripulação os que apresentam maior sensibilidade.

Já as variações no tempo de desmembramento, avaliadas num intervalo de 30% em relação ao valor de referência (3 horas), são maiores. Sendo assim são maiores também as diferenças nos custos de cada um dos itens do Processo Transporte.

Tabela 54. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte ao tempo médio nos desmembramentos

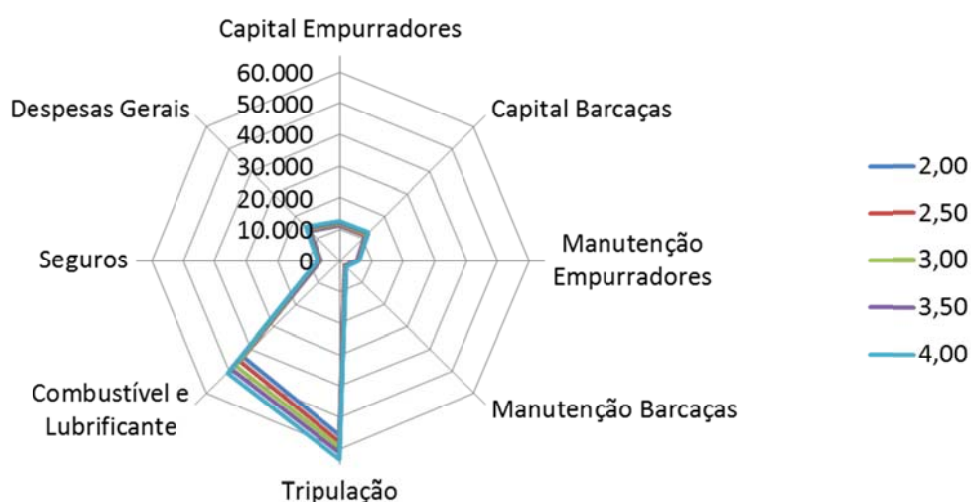
TEMPO MÉDIO NOS DESMEMBRAMENTOS (h)	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
Tempo Ida (h)	119,23	122,27	125,27	128,70	131,27
Tempo Total no Serviço (h)	185,18	191,18	197,18	203,18	209,18
Custo de capital de empurradores (R\$)	11.728	12.108	12.488	12.868	13.248
Custo de capital de chatas (R\$)	11.751	12.132	12.513	12.894	13.275
Custo de manutenção de empurradores (R\$)	5.555	5.735	5.915	6.095	6.275
Custo de manutenção de chatas (R\$)	2.474	2.554	2.634	2.714	2.795
Tripulação (R\$)	58.060	59.942	61.823	63.704	65.585
Combustível (R\$)	43.878	45.674	47.469	49.265	51.061
Custo de seguros (R\$)	6.489	6.699	6.909	7.119	7.330
Custo de despesas gerais (R\$)	13.994	14.484	14.975	15.466	15.957
CUSTO TOTAL PROCESSO TRANSPORTE (R\$)	153.930	159.329	164.727	170.126	175.525
CUSTO UNITÁRIO PROCESSO TRANSPORTE (centavos R\$/t*KM)	4,17	4,32	4,47	4,61	4,76

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Uma redução de 10% no tempo médio nos desmembramentos tem um efeito no custo total do Processo Transporte de 2%.

No gráfico a seguir é apresentada a sensibilidade de cada um dos itens de custo do Processo Transporte.

Figura 123. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte(R\$) por tempo médio nos desmembramentos



Os itens que apresentam maior sensibilidade são, como foi indicado, o consumo de combustível e lubrificante e os custos da tripulação.

Estes resultados com respeito a redução no custo unitário estimado pelo modelo, associado a redução do tempo de viagem, podem ser utilizados para a avaliação econômica de projetos que permitam tal redução.

5.2.1.2.5 Temporada Seca

A variação de vazão entre a época de chuvas e a época seca, traduz-se em uma restrição de calado na época seca. Para simular este efeito, adotou-se reduzir a carga transportada por barcaça com os resultados seguintes:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 124. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte(R\$) ao percentual de carga das barcaças.

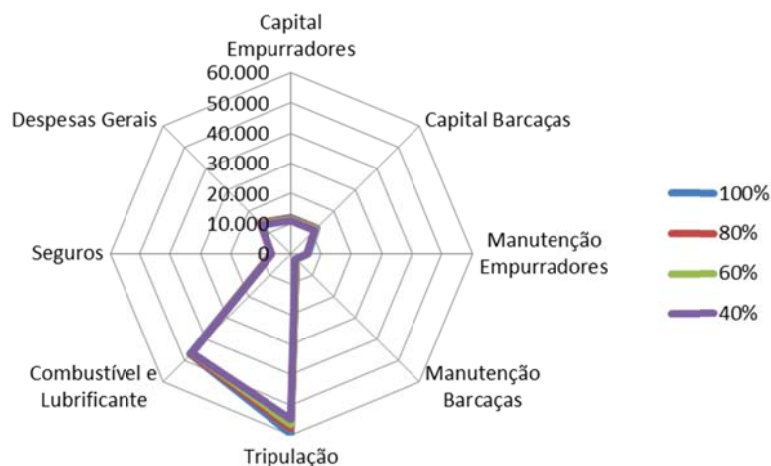


Tabela 55. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade do custo total do Processo Transporte ao percentual de carga das barcaças

Carga por barcaça (t)	Capital Empurradores	Capital Barcaças	Manutenção Empurradores	Manutenção Barcaças	Tripulação	Combustível e Lubrificante	Seguros	Despesas Gerais	CUSTO TOTAL PROCESSO TRANSPORTE (R\$)
1.425 (100%)	12.488	12.513	5.915	2.634	61.823	47.469	6.909	14.975	164.727
1.140 (80%)	11.714	11.738	5.549	2.471	57.991	46.806	6.481	14.275	157.025
855 (60%)	11.384	11.406	5.392	2.401	56.355	46.523	6.298	13.976	153.735
570 (40%)	11.053	11.075	5.236	2.332	54.718	46.240	6.115	13.677	150.445

5.2.1.2.6 Produtividade Portuária

Com o fim de ilustrar a forma como podem ser modelados estudos de sensibilidade do custo ao equipamento portuário, realiza-se também neste caso um exercício teórico de avaliação do impacto sobre os custos de incrementos na capacidade instalada nos portos.

Neste caso consideraram-se 3 cenários hipotéticos com variações nas instalações de carga e descarga nos portos de São Simão e Pederneiras para avaliar a sensibilidade do custo:

- Duplicação da capacidade de processamento no Porto de São Simão (mantém-se constante os demais).
- Duplicação da capacidade de processamento no porto de Pederneiras (mantém-se constante os demais).
- Duplicação das capacidades de processamento em ambos os portos, São Simão e Pederneiras (mantém-se constante os demais parâmetros).

A modelagem de cada um destes três cenários alternativos é feita da seguinte forma:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Duplicam-se as produtividades de processamento de cada porto, bem como os valores de capital correspondentes (equipamentos de carga e descarga).
- Com o fim de estimar o impacto que os referidos incrementos de produtividade têm sobre os custos de manutenção do porto, pessoal e fornecimentos, estes itens são incrementados com um fator de proporção igual ao incremento da anualidade de amortização de capital do conjunto do porto resultante de seu maior valor de capital.

Na tabela e gráfico a seguir apresentam-se os resultados correspondentes.

Tabela 56. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos totais à capacidade de carga dos portos (R\$)

Simulações	PROCESSO TRANSPORTE	PROCESSO ECLUSA	PROCESSO PORTUÁRIO	PROCESSO HIDROVIA	CUSTO TOTAL
Referência	164.727	20.844	78.149	10.850	274.570
2* São Simão	156.659	20.844	83.293	10.850	271.646
2*Pederneiras	155.746	20.844	83.507	10.850	270.947
2*(São Simão +Pederneiras)	152.090	20.844	88.651	10.850	272.435

Figura 125. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos totais (R\$) à capacidade de carga dos portos



Nos cenários considerados, o incremento de custo do Processo Portuário (linha verde) não chega a compensar com a diminuição do custo de Processo Transporte (linha azul), pelo que se pode concluir também neste caso que as capacidades de processamento em ambos os portos são otimizadas do ponto de vista do equilíbrio dos diferentes processos.

5.2.1.3 Conclusões

Das análises de sensibilidade do custo do transporte de granéis sólidos agrícolas pelo rio Tietê, obtêm-se as seguintes conclusões:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- O custo mais importante é o que corresponde ao Processo Transporte, que representa praticamente 60% do custo total em temporada de chuvas, sendo o item seguinte o correspondente ao custo do Processo Portuário, com quase 30%. A existência de eclusas no percurso representa um custo de quase 8%, enquanto que o custo do Processo Hidrovia é de 4%. Em comparação com o rio Madeira, em que os custos da infraestrutura hidroviária eram marginais, no rio Tietê fica evidenciado como o crescente investimento em elementos infraestruturais (canais, dragagens, eclusas) contribui para o custo.
- Dentro do Processo Transporte, os itens mais importantes são o consumo de combustível e o custo da tripulação, cada um dos quais representa em torno de um terço do total.
- Dentro do Processo Portuário, o item mais importante é o custo de pessoal, com quase 40%, seguido dos custos de capital das instalações de armazenamento, com quase 30%.
- Com as hipóteses operacionais adotadas, os custos unitários, por tonelada-quilômetro em temporada de chuvas situam-se ligeiramente acima dos 7 centavos, cifra significativamente mais elevada do que no rio Madeira.
- Com relação à temporada de operação (chuvas/seca), a sensibilidade do custo vem associada à diferente capacidade de carga dos comboios, como consequência das potenciais restrições dos calados, o que impõe uma forte queda de eficiência para o Processo Transporte. Assim, uma restrição de carga de 20% implica um aumento do custo total (os quatro processos) de 15%, enquanto que uma restrição de 60% pressupõe a quase duplicação do custo.
- A sensibilidade do custo à hipótese de utilização da frota (empurradores e barcas) é relativamente moderada, em comparação com o caso do rio Madeira. Assim, um aumento da utilização da frota de 40% só implica uma redução do custo total (nos quatro processos) de cerca de 5%.
- A análise parece indicar que a eficiência da operação é otimizada para velocidades inferiores aos 11 km/h de referência. Não obstante, e dado que as diferenças são pequenas (baixa sensibilidade do custo à velocidade), a análise se mostra pouco concludente, razão pela qual só seria possível a otimização da variável com um estudo detalhado da operação real.
- Foi analisada a sensibilidade do custo à distância mediante a comparação do trajeto de referência (São Simão-Pederneiras, com 636 km) com a alternativa (São Simão-Anhembi, com 756 km). A comparação de ambas as opções indica que na segunda alternativa (com uma distância superior em torno de 19%) o custo unitário (os quatro processos) diminui em cerca de 9%, o que resulta em uma economia de distância significativa.
- A sensibilidade do custo ao tempo médio de transposição das eclusas e ao tempo médio necessário para os desmembramentos do comboio é relativamente importante sendo o efeito linear. Reduzir o tempo médio de passagem pelas eclusas em 10% implica uma redução do custo do Processo Transporte de 0,8%, e uma redução de 10% no tempo médio nos desmembramentos tem um efeito no custo total do Processo Transporte de 2%. Estes resultados podem ser utilizados para a avaliação econômica de projetos que permitam essa redução.
- A análise de sensibilidade desenvolvida sobre a produtividade dos processos portuários (no que se refere aos equipamentos de carga e descarga) parece indicar que não seriam conseguidas eficiências adicionais aumentando a capacidade de movimentação em nenhum dos dois portos.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

5.2.2 GRANÉIS LÍQUIDOS NO RIO TIETÊ

5.2.2.1 Resultados do Cenário Base: Granéis Líquidos no Rio Tietê

Na tabela a seguir detalham-se as variáveis e parâmetros utilizados na modelagem do cenário base ou de referência em temporada de chuvas para o trajeto Araçatuba-Anhembi:

Tabela 57. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Valores das variáveis e parâmetros de modelagem no cenário de Cheia

	VARIÁVEIS e PARÂMETROS	Unidades	Valores no modelo de referência
	TEMPORADA DE CHUVAS		
Trajeto	Distância	km	480
	Velocidade da corrente	km/h	-2
	Número de eclusas	un	5 uma delas dupla
	Tempo médio no processo de eclusagem	h	0,7
	Outros desmembramentos	un	3
	Tempo médio nos desmembramentos	h	3
Caracterização da operação	Produtividade do porto de origem	t/h	1500
	Produtividade do porto de destino	t/h	1500
	Carga no retorno	lógica	Não
	Horas de parada noturna	h	0
	Velocidade do comboio carregado	km/h	11
	Incremento da velocidade sem carga	%	0
Empurrador	Valor de capital	MR\$	6
	Potência	HP	1200
	Produtividade anual	h	5.000
	Utilização do motor (potência utilizada sobre máxima)	%	75
Barcaças	Valor de capital	MR\$	5,8
	Capacidade de carga	t	1.425
	Número de barcaças	un	4
	Produtividade anual	h	5.000
Tripulação	Oficiais	un	1
	Tripulantes	un	5
	Produtividade anual	horas/ano	1.600
Combustíveis e lubrificantes	Preço do combustível	R\$/l	2
	Consumo de combustível	l/(h*HP)	0
	Preço do lubrificante	R\$/l	5
	Consumo de lubrificante	l/(h*HP)	0
Porto origem	Movimentação anual no porto	Mt	3,156
	Tráfego anual nos acessos terrestres	Mt	3,156
	Valor de capital dos acessos terrestres	MR\$	4,35
	Valor de capital dos acessos hidroviários	MR\$	0
	Valor de capital das infraestruturas de atracação	MR\$	13,728
	Valor de capital dos equipamentos de carga e descarga	MR\$	1,51
	Valor de capital das instalações de armazenamento	MR\$	33,636
Porto destino	Movimentação anual no porto	Mt	3,156
	Tráfego anual nos acessos terrestres	Mt	0
	Valor de capital dos acessos terrestres	MR\$	4,35
	Valor de capital dos acessos hidroviários	MR\$	0
	Valor de capital das infraestruturas de atracação	MR\$	13,728
	Valor de capital dos equipamentos de carga e descarga	MR\$	1,51
	Valor de capital das instalações de armazenamento	MR\$	41,956

Nas tabelas seguintes apresentam-se os resultados do custo total, bem como de cada um dos processos da aplicação do modelo.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

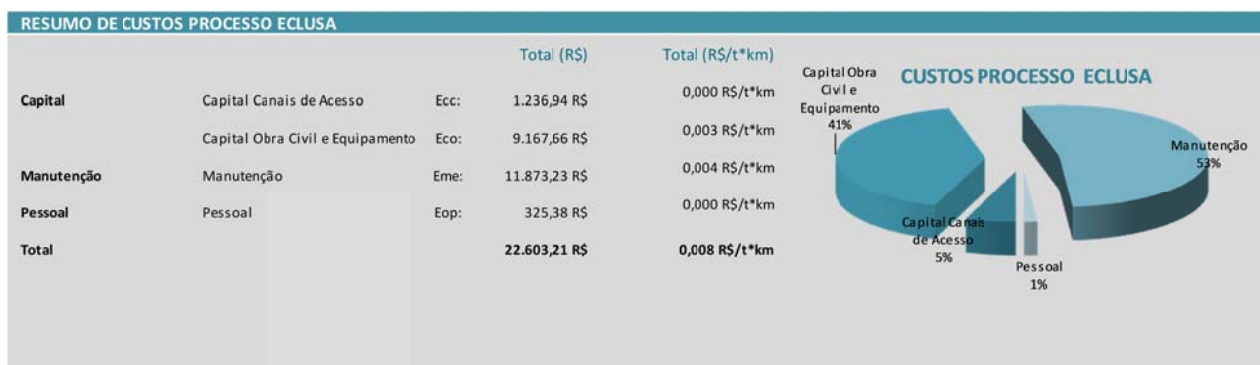
Figura 126. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos totais por processos na temporada de chuvas



Figura 127. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Transporte, na temporada de chuvas



Figura 128. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Eclusa na temporada de chuvas



Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 129. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Portuário na temporada de chuvas

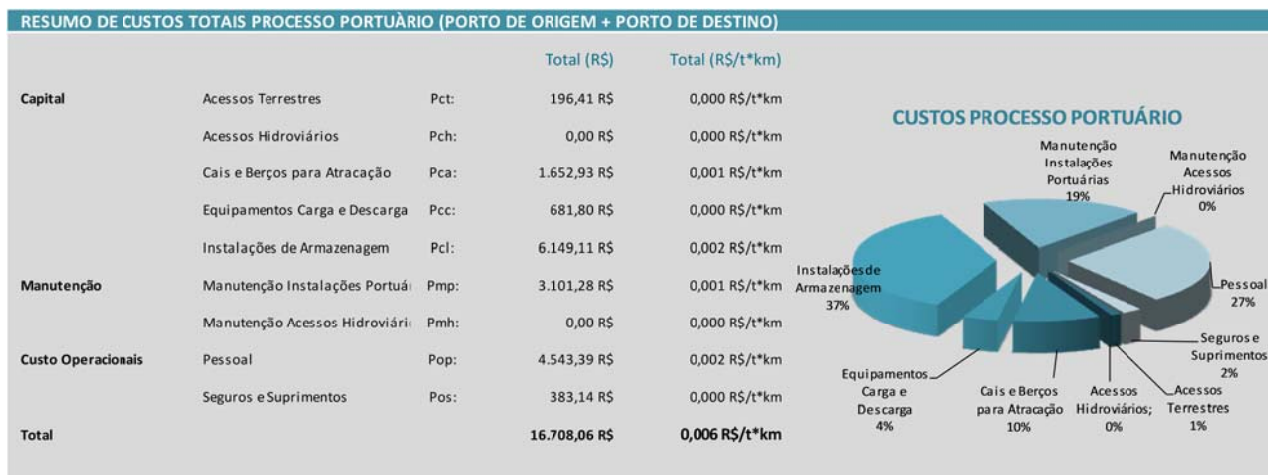


Figura 130. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Resumo dos custos do Processo Hidrovia na temporada de chuvas



5.2.2.2 Análise de sensibilidade do Custo

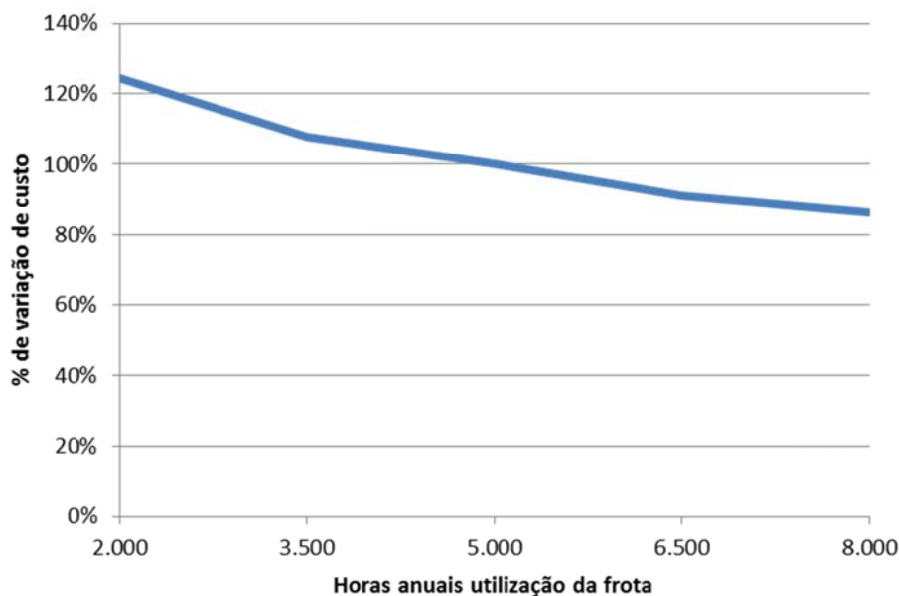
Nas seções seguintes apresentam-se os resultados das análises de sensibilidade do custo a algumas das variáveis e parâmetros chave da modelagem. Todos os cálculos e análise utilizam como referência o cenário correspondente ao trajeto de São Simão até Pederneiras em temporada de chuva.

5.2.2.2.1 Utilização da Frota

No gráfico seguinte se pode observar a variação do custo total do Processo Transporte com diferentes hipóteses de utilização anual da frota com relação ao mencionado cenário de referência (5.000 horas):

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 131. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade do custo total do Processo Transporte (R\$) à utilização anual da frota



Da mesma forma que no caso anterior, o impacto sobre o custo total é maior para valores de utilização menores que as do cenário de referência que para valores superiores. Assim, enquanto o custo total do Processo Transporte apenas se reduz em 14% para um valor de utilização anual das 7.000 horas, se a utilização é reduzida até 3.000 horas anuais, o custo aumentaria ao redor de 25%. Em consequência, e em face à utilização prática do modelo e a obtenção de resultados mais próximos à realidade, seria muito importante conhecer os valores reais e precisos de utilização da frota.

Na tabela a seguir se pode observar a sensibilidade de cada item do custo do Processo Transporte com relação ao cenário de referência:

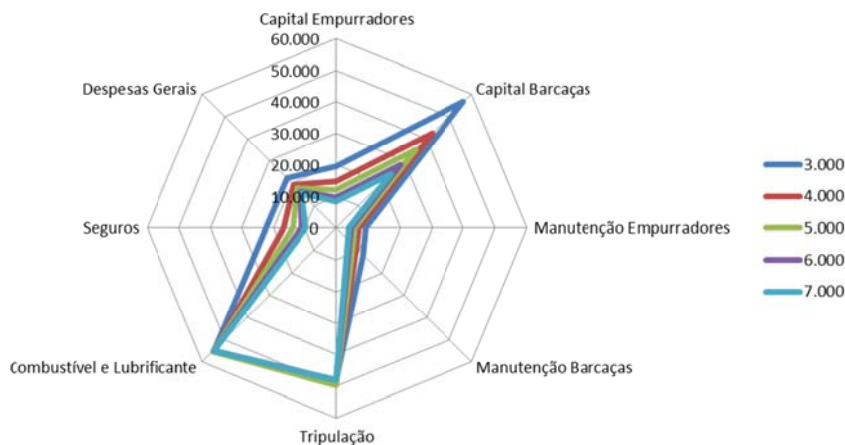
Tabela 58. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte à utilização da frota (R\$/viagem)

Horas de utilização anual	Custo de capital dos empurraadores	Custo de capital das chatas	Custo de manutenção dos empurraadores	Custo de manutenção das chatas	Custo de seguros	Custo de despesas gerais
3.000	19.499	56.546	9.236	11.905	22.475	22.287
4.000	14.624	42.410	6.927	8.928	16.856	19.295
5.000	12.684	36.784	6.008	7.744	14.620	18.605
6.000	9.749	28.273	4.618	5.952	11.237	16.304
7.000	8.357	24.234	3.958	5.102	9.632	15.449

Além dos custos vinculados à utilização de ativos da frota, também apresenta uma variação o item de despesas gerais. Os custos da Tripulação e os custos de consumos de Combustível e Lubrificante (não apresentados na tabela 56) são fixos com diferentes graus de utilização da frota.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

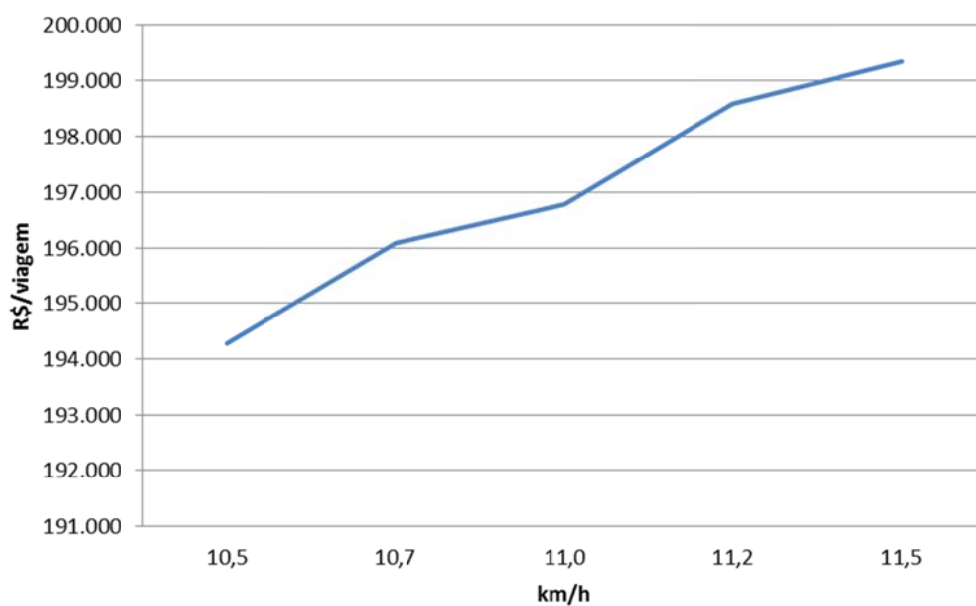
Figura 132. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade do custo (R\$/viagem) à utilização da frota (horas anuais)



5.2.2.2.2 Velocidade do Comboio

De acordo com as considerações descritas na seção relativa a grãos agrícolas no rio Madeira, e aplicando uma formulação análoga neste caso, os resultados obtidos da modelagem dos cenários de sensibilidade à velocidade do comboio para o Processo Transporte aparecem refletidos no gráfico seguinte:

Figura 133. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade do Custo Total do Processo Transporte (R\$) à velocidade do comboio



Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

No gráfico observa-se que o custo total do Processo Transporte aumenta com velocidades maiores, o que implica que as economias conseguidas com uma viagem mais rápida e eficiente em termos de utilização de ativos e gastos de pessoal, não compensam o gasto adicional de combustível.

O cenário descrito parece sugerir que velocidades mais baixas produziram economias ainda maiores. Para a definição da velocidade ideal é necessário considerar o conjunto de detalhes específicos da operação, como a utilização efetiva da frota por parte do operador ou o custo de oportunidade das embarcações.

Na tabela seguinte são apresentados os resultados separados por item de custo do Processo Transporte:

Tabela 59. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte à velocidade do comboio

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO CUSTO DO PROCESSO TRANSPORTE À VELOCIDADE DO COMBOIO					
VELOCIDADE DO COMBOIO (km/h)	10,5	10,7	11,0	11,2	11,5
Custo de capital dos empurraadores (R\$)	13.024	12.884	12.684	12.558	12.377
Custo de capital das chatas (R\$)	37.771	37.364	36.784	36.417	35.893
Custo de manutenção dos empurraadores (R\$)	6.169	6.103	6.008	5.948	5.863
Custo de manutenção das chatas (R\$)	7.952	7.866	7.744	7.667	7.556
Tripulação (R\$)	53.732	53.153	52.328	51.806	51.060
Combustível (R\$)	57.667	56.930	55.881	55.216	54.267
Custo de seguros (R\$)	15.012	14.851	14.620	14.474	14.266
Custo de despesas gerais (R\$)	19.133	18.915	18.605	18.409	18.128
CUSTO TOTAL PROCESSO TRANSPORTE (R\$)	210.460	208.065	204.655	202.495	199.410
CUSTO UNITÁRIO PROCESSO TRANSPORTE (centavos R\$/t*km)	7,69	7,60	7,48	7,40	7,29

5.2.2.2.3 Distância

De acordo com as mesmas considerações expostas no cenário de granéis, e utilizando como cenário de referência a temporada de chuva e a distância real entre Araçatuba e Anhembi (480 km), foram calculados os custos correspondentes à distância entre Aparecida do Taboado e Anhembi (584 km) para avaliar seu efeito sobre o resultado.

Tabela 60. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos totais à distância (R\$)

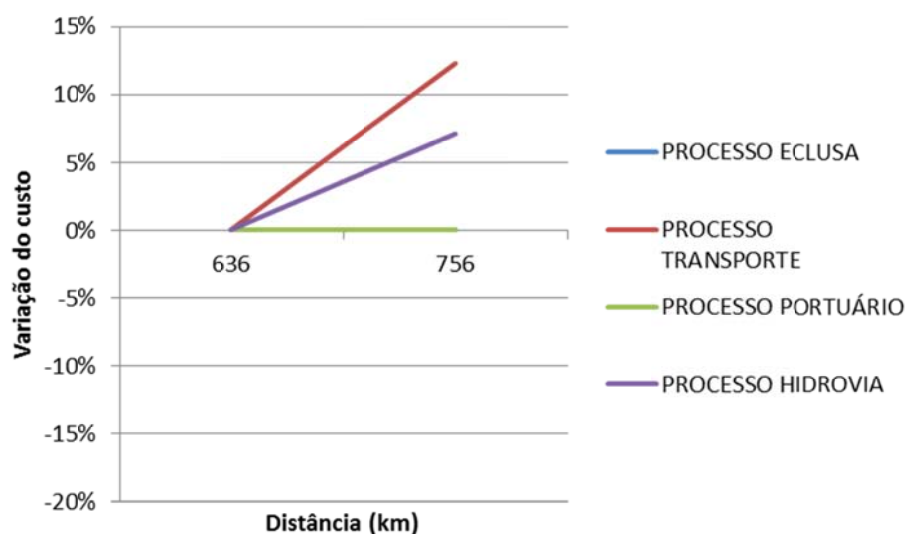
Distância (km)	PROCESSO ECLUSA	PROCESSO TRANSPORTE	PROCESSO PORTUÁRIO	PROCESSO HIDROVIA	CUSTO TOTAL
480	22.603	204.655	16.708	6.665	250.632
584	22.603	228.847	16.708	7.139	275.298

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Enquanto o custo do Processo Portuário é constante independentemente da distância, e o do Processo Hidrovia segue uma proporcionalidade direta com a distância, o Processo Transporte varia segundo uma proporção relativamente linear, ainda que mostre uma pequena economia de distância²⁹.

O custo total mostra uma economia de distância relativamente forte, como consequência do considerável peso dos custos portuários.

Figura 134. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade do custo total (R\$) à distância

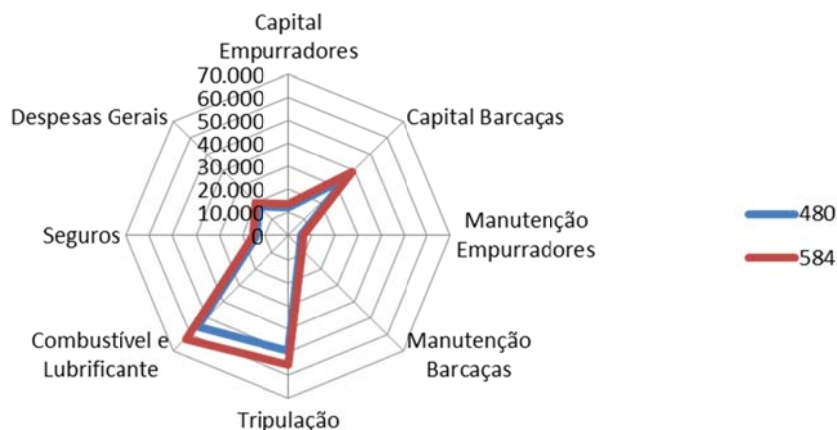


Com relação aos custos do Processo Transporte, se observa uma sensibilidade relativamente homogênea em relação com os diferentes itens.

²⁹ O incremento de custos é proporcionalmente menor que o incremento na distância.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 135. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte (R\$) à distância

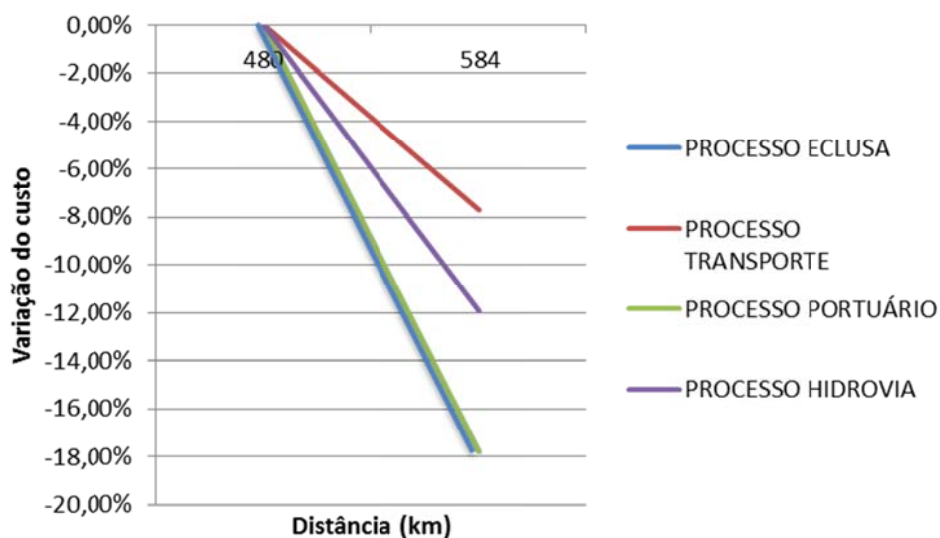


Na tabela e gráfico seguintes, é possível observar os efeitos das diferentes distâncias nos custos de cada um dos processos, em termos de custos unitários.

Tabela 61. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos unitários à distância (centavos R\$/t*km)

Distância (km)	PROCESSO TRANSPORTE	PROCESSO ECLUSA	PROCESSO PORTUÁRIO	PROCESSO HIDROVIA	CUSTO TOTAL
480	7,48	0,83	0,61	0,24	9,16
584	6,87	0,68	0,50	0,21	8,27

Figura 136. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos unitários à distância (R\$/t*km)



Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

5.2.2.2.4 Tempo nas eclusas e nos desmembramentos do comboio

Tal como indicado no estudo de casos para graneis agrícolas, o tempo de eclusagem e o tempo nos desmembramentos do comboio incidem sobre todos os itens de custo do Processo Transporte.

Na formulação do modelo os valores que se atribuíram a estes parâmetros, de acordo com o obtidos nas visitas técnicas, foram 0,7 h (42 minutos) para o tempo médio de espera nas operações de eclusagem e 3h para o tempo médio de desmembramento.

No trajeto Araçatuba – Anhembi é necessária a transposição de cinco eclusas, sendo uma dupla, nas quais é necessário o desmembramento dos comboios. Ademais são necessários três desmembramentos adicionais para a passagem por pontes. O tempo total estimado pelo modelo para os desmembramentos mais o tempo total estimado para a transposição das eclusas representa neste trajeto aproximadamente 44% do tempo total do serviço.

Devido à importância destas operações no tempo total, foram analisados os efeitos de variações nos seus tempos médios. Tal análise foram feitas a partir de simulações de variações nos valores médios de referência dos parâmetros no modelo.

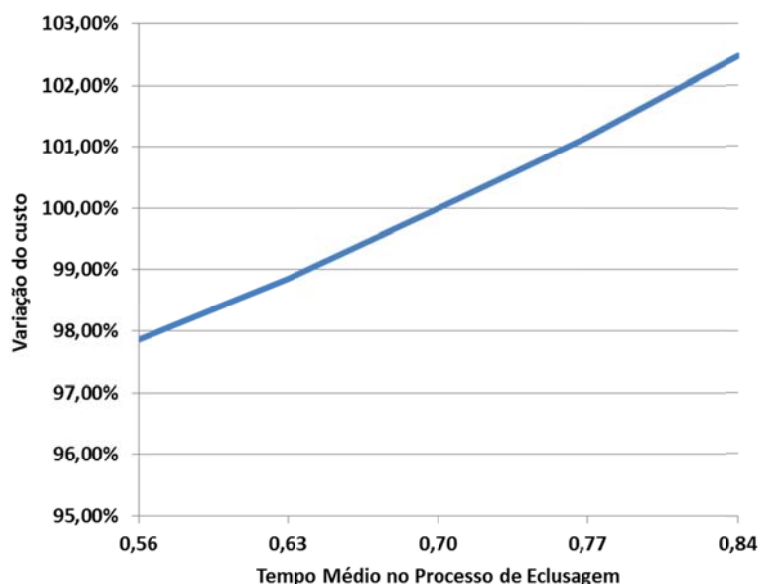
Para o tempo médio no processo de eclusagem foram analisados valores em um intervalo de 20% em relação ao tempo de referência (0,7 horas), com os seguintes resultados.

Tabela 62. Graneis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte por tempo médio no Processo de Eclusagem

TEMPO MÉDIO NOS DESMEMBRAMENTOS (h)	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84
Tempo Ida (h)	95,19	96,27	97,53	98,79	100,23
Tempo Total no Serviço (h)	162,22	164,38	166,90	169,42	172,30
Custo de capital de empurraadores (R\$)	12.329	12.493	12.684	12.876	13.095
Custo de capital de chatas (R\$)	35.753	36.229	36.784	37.340	37.974
Custo de manutenção de empurraadores (R\$)	5.840	5.918	6.008	6.099	6.203
Custo de manutenção de chatas (R\$)	7.527	7.627	7.744	7.861	7.995
Tripulação (R\$)	50.861	51.538	52.328	53.118	54.021
Combustível (R\$)	55.542	55.698	55.881	56.063	56.271
Custo de seguros (R\$)	14.210	14.399	14.620	14.841	15.093
Custo de despesas gerais (R\$)	18.206	18.390	18.605	18.820	19.065
CUSTO TOTAL PROCESSO TRANSPORTE (R\$)	200.268	202.293	204.655	207.018	209.718
CUSTO UNITÁRIO PROCESSO TRANSPORTE (centavos R\$/t*KM)	5,43	5,48	5,55	5,61	5,69

Figura 137. Graneis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná: Sensibilidade do custo do Processo Transporte (R\$) com relação ao tempo médio no processo de eclusagem

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.



Uma redução de 10% no tempo de esclusagem tem um efeito sobre o custo total do Processo Transporte de 1,15%.

Com respeito às variações no tempo de desmembramento, o intervalo avaliado é de 30% com respeito ao valor do parâmetro na situação de referência (3 horas).

Tabela 63. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte ao tempo médio nos desmembramentos

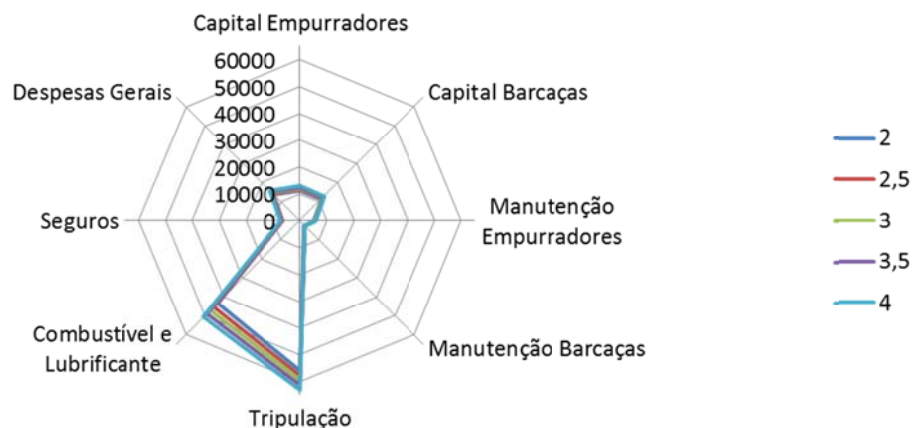
TEMPO MÉDIO NOS DESMEMBRAMENTOS (h)	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
Tempo Ida (h)	89,53	93,53	97,53	101,53	105,53
Tempo Total no Serviço (h)	150,90	158,90	166,90	174,90	182,90
Custo de capital de empurraadores (R\$)	11.468	12.076	12.684	13.292	13.900
Custo de capital de chatas (R\$)	33.258	35.021	36.784	38.547	40.311
Custo de manutenção de empurraadores (R\$)	5.432	5.720	6.008	6.296	6.584
Custo de manutenção de chatas (R\$)	7.002	7.373	7.744	8.115	8.486
Tripulação (R\$)	47.312	49.820	52.328	54.837	57.345
Combustível (R\$)	49.496	52.689	55.881	59.073	62.265
Custo de seguros (R\$)	13.219	13.919	14.620	15.321	16.022
Custo de despesas gerais (R\$)	16.719	17.662	18.605	19.548	20.491
CUSTO TOTAL PROCESSO TRANSPORTE (R\$)	183.906	194.280	204.655	215.030	225.405
CUSTO UNITÁRIO PROCESSO TRANSPORTE (centavos R\$/t*KM)	4,99	5,27	5,55	5,83	6,11

Uma redução de 10% no tempo médio nos desmembramentos tem um efeito de 3% no custo total do Processo Transporte.

No gráfico a seguir é apresentada a sensibilidade de cada um dos itens de custo do Processo Transporte.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 138. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte(R\$) ao tempo médio nos desmembramentos



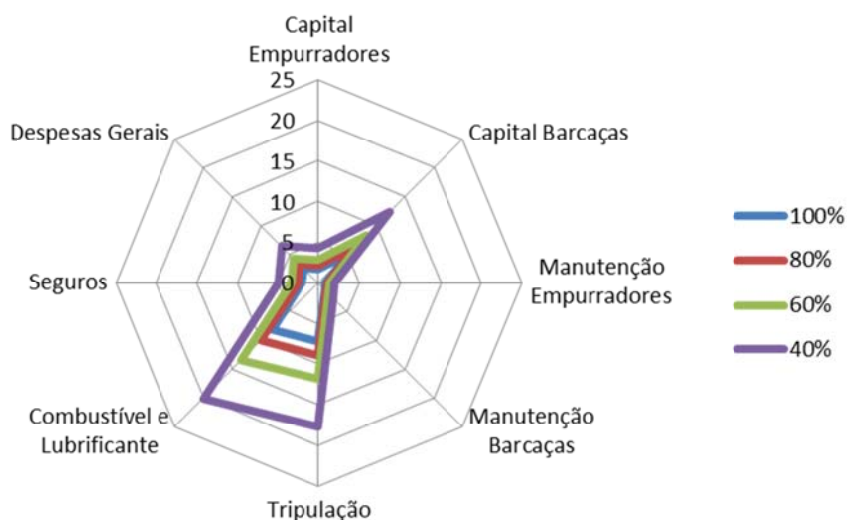
Os itens que apresentam maior sensibilidade são, como foi indicado, os de consumo de combustível e lubrificante e os custos da tripulação.

Estes resultados podem ser utilizados para a avaliação econômica de projetos que permitam tal redução.

5.2.2.2.5 Temporada Seca

A variação de vazão entre a época de chuvas e a época seca, traduz-se em uma restrição de calado na época seca, razão pela qual o custo dos diferentes processos será afetado. Para simular este efeito, optou-se por reduzir a carga transportada por barcaça (com menos carga, menor calado).

Figura 139. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Sensibilidade dos custos do Processo Transporte (centavos R\$/viagem) ao percentual de carga das barcaças



Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 64. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos do Processo Transporte ao percentual de carga das barcaças

Carga por barça (t)	Capital Empurradores	Capital Barcaças	Manutenção Empurradores	Manutenção Barcaças	Tripulação	Combustível e Lubrificante	Seguros	Despesas Gerais	CUSTO TOTAL PROCESSO TRANSPORTE (R\$)
1.425 (100%)	12.684	36.784	6.008	7.744	52.328	55.881	14.620	18.605	204.655
1.140 (80%)	11.930	34.598	5.651	7.284	49.218	55.163	13.751	17.760	195.355
855 (60%)	11.815	34.263	5.596	7.213	48.742	55.053	13.618	17.630	193.930
570 (40%)	11.699	33.928	5.542	7.143	48.265	54.943	13.485	17.500	192.505

5.2.2.2.6 Produtividade Portuária

Com o fim de ilustrar a forma como podem ser modelados estudos de sensibilidade do custo ao equipamento hidroviário, realiza-se também neste caso um exercício teórico considerando-se 3 cenários hipotéticos com variações nas instalações de carga e descarga nos portos:

- Duplicação da capacidade de movimentação no Porto de Araçatuba (mantém-se constante os demais).
- Duplicação da capacidade de movimentação no porto de Anhembi (mantém-se constante os demais).
- Duplicação das capacidades de movimentação em ambos os portos, Araçatuba e Anhembi (mantém-se constante os demais parâmetros).

A modelagem de cada um destes três cenários alternativos é feito da seguinte forma:

- Duplicam-se as produtividades de movimentação de cada porto, bem como os valores de capital correspondentes (equipamentos de carga e descarga).
- Com o fim de estimar o impacto que os referidos incrementos de produtividade têm sobre os custos de manutenção do porto, pessoal e suprimentos, estes itens são incrementados com um fator de proporção igual ao incremento da anualidade de amortização de capital do conjunto do porto resultante de seu maior valor de capital.

Na tabela a seguir apresentam-se os resultados correspondentes.

Tabela 65. Granéis líquidos na Hidrovia Tietê-Paraná - Análise de sensibilidade dos custos totais à capacidade de carga dos portos

Simulações	PROCESSO TRANSPORTE	PROCESSO ECLUSA	PROCESSO PORTUÁRIO	PROCESSO HIDROVIA	CUSTO TOTAL
Referência	204.655	22.603	16.708	6.665	250.632
2*Araçatuba	194.999	22.603	17.364	6.665	241.631
2*Anhembi	194.999	22.603	17.364	6.665	241.631
2*(Araçatuba + Anhembi)	193.217	22.603	18.020	6.665	240.505

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Como pode-se observar, nos cenários considerados, o incremento de custo do Processo Portuário não chega a compensar com a diminuição do custo de Processo Transporte, pelo que se pode concluir que as capacidades de movimentação em ambos os portos são otimizadas do ponto de vista do equilíbrio dos diferentes processos.

5.2.2.3 Conclusões

As análises de sensibilidade do custo do transporte de etanol pelo rio Tietê apresentam as seguintes conclusões:

- O custo mais importante é o que corresponde ao Processo Transporte, que representa mais de 80% do custo total em temporada de chuvas. Tal proporção, consideravelmente mais elevada do que no caso dos grãos agrícolas, é explicada pelo valor mais elevado do custo de capital das barcas necessárias para o transporte de etanol, assim como pelo peso relativamente baixo do Processo Portuário, dada à elevada produtividade e à mecanização dos terminais correspondentes.
- A elevada produtividade conseguida no Processo Portuário chega ao extremo de que o custo correspondente seja inclusive inferior ao do Processo Eclusa. O custo do Processo Hidrovia é relativamente marginal, com menos de 3%.
- Dentro do Processo Transporte, os parâmetros mais importantes são o consumo de combustível e o custo da tripulação, com um pouco mais de uma quarta parte do total, em cada caso, seguidas pelo já abordado valor de capital das barcas.
- Dentro do Processo Portuário, o item mais importante é o capital das instalações de armazenamento, com mais de um terço sobre o total, seguido do pessoal, com um pouco mais de uma quarta parte.
- Com as hipóteses operacionais adotadas, os custos unitários, por tonelada-quilômetro em temporada de chuvas situam-se próximos aos 9 centavos, valor ligeiramente mais elevado do que no caso dos grãos agrícolas.
- Com relação à temporada de operação (chuvas/seca), a sensibilidade do custo vem associada com a diferente capacidade de carga dos comboios, como consequência das potenciais restrições dos calados, o que impõe uma queda muito forte de eficiência para o Processo Transporte. Assim, uma restrição de carga de 20% implica um aumento do custo total superior a 21%, o que pressupõe uma sensibilidade ainda mais perceptível do que no caso dos grãos.
- A sensibilidade do custo à hipótese de utilização da frota (empurradores e barcas) é moderada, embora superior ao caso dos grãos. Assim, um aumento da utilização da frota de 40% implica uma redução do custo total (nos quatro processos) em torno de 11%.
- A análise parece indicar que a eficiência da operação é otimizada para velocidades inferiores aos 11 km/h de referência. Não obstante, e dado que as diferenças são pequenas (baixa sensibilidade do custo à velocidade), a análise se mostra pouco concludente, razão pela qual só seria possível a otimização da variável com um estudo detalhado da operação real.
- Foi analisada a sensibilidade do custo à distância mediante a comparação do trajeto de referência (Araçatuba-Anhembi, com 480 km) com a alternativa (Aparecida-Anhembi, com 584 km). A comparação de ambas as opções indica que na segunda alternativa (com uma distância superior

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

em torno de 22%) o custo unitário total (dos quatro processos) diminui em cerca de 9%, o que resulta em uma apreciável economia de distância³⁰.

- A sensibilidade do custo em relação ao tempo médio de transposição das eclusas e ao tempo médio nos desmembramentos é relativamente importante sendo o efeito linear. Uma redução no tempo médio de passagem pelas eclusas de 10% implica uma redução do custo do Processo Transporte de 1,5% no trajeto analisado e uma redução de 10% no tempo médio nos desmembramentos tem um efeito no custo total do Processo Transporte de 3%. Estes resultados podem ser utilizados para a avaliação econômica de projetos que permitam tal redução.
- A análise de sensibilidade desenvolvida sobre a produtividade dos processos portuários (no que se refere aos equipamentos de carga e descarga) parece indicar que os custos correspondentes ao reforço das instalações não seriam compensados pelas eficiências adicionais associadas a tempos de movimentação mais curtos.

5.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS

O objeto do presente capítulo é ilustrar o modo como pode ser utilizado o modelo de custos e sua ferramenta para realizar avaliações econômico-financeiras de projetos de investimento em hidrovias.

Em essência, qualquer projeto de investimento terá duas dimensões vinculadas:

- Uma componente econômica, que inclui valores de investimento inicial, gasto operacional, ou ambos.
- Incrementos de capacidade ou eficiência no sistema.

Qualquer processo de avaliação deve partir da premissa do conhecimento e quantificação precisa de ambas as dimensões, econômica e funcional, as quais podem ser consideradas variáveis de partida exógenas ao modelo.

A partir de tais premissas é possível utilizar a ferramenta de custos para realizar uma modelagem alternativa com relação ao cenário de referência de acordo com o seguinte esquema:

- Sobre o cenário de referência incorporam-se as mudanças quantitativas dos parâmetros de entrada, de acordo com as características do projeto (dimensão econômica e dimensão funcional).
- A comparação dos resultados de custo assim obtidos com os correspondentes ao cenário de referência permitirão avaliar a viabilidade do projeto.

Por sua vez, cabe fazer uma avaliação dos resultados de diferentes formas:

- Em primeiro lugar, uma comparação dos custos unitários (por tonelada transportada) do total dos quatro processos, o que proporciona um primeiro indicador de avaliação sobre a potencial melhora da eficiência global do sistema. Assim, uma diminuição dos custos unitários com o projeto em comparação com o cenário de referência apontaria que o projeto é viável. Não obstante, é possível que a diminuição não seja homogênea em todas as situações operacionais

³⁰ O incremento de custos é proporcionalmente menor que o incremento na distância.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

(como, por exemplo, em temporada seca ou de chuvas), o que tornaria necessário calcular a média dos resultados obtidos considerando os diferentes tráfegos.

- Uma segunda análise deveria incorporar o custo de oportunidade da atribuição de recursos necessários para realizar o investimento inicial. Isso pode ser realizado mediante qualquer das técnicas sobre avaliação de projetos, como o período de devolução do investimento, o Valor Atual Líquido, ou a Taxa Interna de Retorno. É preciso destacar que, nestes casos, seria necessário considerar os custos de investimento inicial ou gasto inicial como fluxos de caixa negativos, enquanto que os fluxos de caixa positivos seriam somente as economias em termos de operação (com o fim de evitar a dupla contabilização dos custos do projeto). Os valores assim calculados a partir dos tráfegos totais e o período de avaliação econômica mais adequado (geralmente similar à vida econômica do investimento a realizar) dariam uma ideia sobre a viabilidade estrutural do projeto, ou ainda permitiriam compará-lo à alternativas de investimento diferentes.

5.3.1 Modelagem de Exemplos

Com o fim de ilustrar a metodologia descrita, nesta seção desenvolveu-se a avaliação econômica de dois possíveis projetos de investimento hipotéticos, desenvolvidos a partir de aspectos conhecidos da hidrovia do Rio Madeira, e utilizando como referência o tráfego de grãos agrícolas entre Porto Velho e Itacoatiara. Cabe indicar, não obstante, que os cenários hipotéticos modelados em caso algum representam um diagnóstico da funcionalidade da hidrovia ou identificam os investimentos mais adequados, mas ilustram como poderia ser utilizado o modelo de custos e sua ferramenta para avaliar tais projetos.

Assim, consideraram-se os seguintes possíveis projetos de melhora da Hidrovia do Rio Madeira:

- Cenário A: investimento de MR\$ 2 em sistemas de balizamento e gestão do tráfego nos pontos nos quais pode haver gargalos, com o fim de melhorar a regularidade da navegação. Além disso, considerou-se uma alocação de recursos de MR\$ 1 anuais adicionais, com o objetivo de manter os sistemas em questão, além de manter a limpeza do leito de objetos flutuantes que dificultam a navegação. Estimou-se que os referidos investimentos teriam como consequência um aumento da velocidade média dos comboios de 5% em função da melhor regularidade da navegação, sem o incremento do consumo de combustível, e em ambas as estações (de chuvas e seca).
- Cenário B: considerou-se um investimento inicial de MR\$ 15 em derrocamentos em pontos em que a navegação se vê dificultada por restrições de calado, particularmente na temporada seca. Do mesmo modo, contemplaram-se dragagens de manutenção regular, com um orçamento de MR\$ 10 anuais. Estimou-se que os referidos investimentos permitiriam que na temporada seca possam navegar os mesmos comboios máximos que na temporada de chuvas (20 barcas), e sem restrições de carga máxima em decorrência da redução da profundidade do rio.
- Cenário A + B: combinação dos dois projetos descritos anteriormente.

Aplicando a metodologia descrita no capítulo anterior, foram obtidos os seguintes resultados da avaliação de projetos frente ao cenário de referência:

Tabela 66. Grãos sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira - Variação de custos unitários com relação à situação de referência (R\$/t para todos os processos)

	Cenário A	Cenário B	Cenário A + B
Temporada de chuvas	-3,04%	6,22%	3,19%
Temporada seca	-4,51%	-52,14%	-53,94%

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

À vista dos resultados do Cenário A destaca-se que os custos unitários caem de forma rápida, mas significativa em ambas as temporadas, do qual se pode concluir, sem mais análise, que os investimentos contemplados seriam viáveis.

No caso dos Cenários B e A+B, já que, ainda que os custos na temporada seca caiam de forma drástica (já que permitem a navegação de comboios muito maiores e mais eficientes), na temporada de chuvas sobem. Isto se deve ao fato de que os custos adicionais do Processo Hidrovia têm repercussões também sobre os tráfegos na temporada de chuvas, enquanto os benefícios funcionais adicionais não os compensam. Em consequência disso, a avaliação dos Cenários B e A+B deve ser realizada levando em conta a economia total do conjunto dos tráfegos anuais.

Fazendo uma avaliação com base no Valor Atual Líquido e a Taxa Interna de Retorno para esses dois cenários, e supondo um tráfego anual total de 3 Mt, 15% do qual é transportado na temporada seca³¹, obtêm-se os seguintes resultados:

Tabela 67. Granéis sólidos agrícolas na Hidrovia do Madeira - Avaliação de VAN e TIR na comparação de cenários (20 anos, taxa atualização 6%, tráfego total 3 Mt/ano, 450.000 t na temporada seca)

	Cenário B	Cenário A + B
VAN	-8,26 MR\$	13,84 MR\$
TIR	-2,88%	15,30%

Os resultados da tabela anterior indicam que o Cenário A+B é viável por apresentar um VAN positivo e uma TIR acima da taxa de atualização considerada.

No entanto, o Cenário B não atinge o limite de rentabilidade mínimo para assegurar a viabilidade do projeto (VAN e TIR negativas). De fato, a viabilidade do Cenário B apresenta elevada sensibilidade ao volume de tráfego na temporada seca, já que seus benefícios funcionais concentram-se exclusivamente no referido período. Fazendo uma análise de sensibilidade, conclui-se que o Cenário B seria viável somente com um volume de tráfego na temporada seca superior a 483.000 t.

5.3.2 Conclusões

- A utilização do modelo permite simular e avaliar o impacto de projetos de investimento no sistema hidroviário de acordo com duas metodologias diferentes:
 - o A comparação dos custos unitários (4 processos) entre as situações com e sem projeto.
 - o A obtenção de fluxos monetários nas situações com e sem projeto, que permitem estimar indicadores como o período de pagamento do investimento, o valor atual líquido ou a taxa de retorno.

³¹ Ainda que a temporada seca dure aproximadamente 3 meses por ano, o referido período coincide aproximadamente com o período entre colheitas.

6 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE HIDROVIÁRIO E AS ALTERNATIVAS RODOVIÁRIA E/OU FERROVIÁRIA

Nesta seção são apresentados os resultados da comparação entre os custos de transporte de um carregamento de soja com origem no estado de Mato Grosso para exportação considerando as seguintes alternativas:

- ALTERNATIVA I: Saída pelo porto de Santos (SP) ou Paranaguá (PR) utilizando transporte por rodovia.
- ALTERNATIVA II: Saída por um porto marítimo do norte do país utilizando a rede hidroviária. Em particular utilizando a hidrovia do Madeira e o porto de Itacoatiara (AM), com capacidade para o transbordo da carga que chega em comboios hidroviários a navios marítimos com destino aos mercados de exportação.
- ALTERNATIVA III: Saída pelo porto de Santos (SP) utilizando transporte hidroviário e a conexão ferroviária entre a hidrovia do Tietê e este porto.

Esta comparação foi realizada a partir dos custos estimados pelo modelo desenvolvido, aplicado para os casos de estudo das hidrovias do Madeira e do Tietê para o transporte de grãos agrícolas.

No que se refere aos custos de transporte terrestre, a avaliação é realizada a partir das estimativas atualizadas dos custos unitários de transporte por rodovia e ferrovia, resultado de estudos realizados no Brasil.

Com este fim, realizou-se uma análise dos resultados de estudos de custos de transporte desenvolvidos no país, com o fim de extrair informações que possam ser de utilidade para o estudo comparativo dos custos de transporte hidroviário e das alternativas rodoviária e/ou ferroviária.

Os estudos consultados enumeram-se a seguir:

- Situação atual da hidrovia Tietê-Paraná. ANTAQ. (<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/palestras/palestrajulho2012.pdf>).
- Transporte Fluvial. Dergo, Valec, Ahitar/MT.2002 (<http://www.guialog.com.br/ARTIGO383.htm>)
- Sistema de Informações de Fretes (Sifreca). 2004 (<http://www.sbiagro.org.br/pdf/revista/rbiagro-v1n1-artigo4.pdf>).
- Hidrovias no Brasil: Perspectiva histórica, custos e institucionalidade. IPEA.2014
http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2714/1/TD_1931.pdf
- N.C.B.G.Schneider, "Hidrovias Interiores: Um Modal Econômica e Ambientalmente Viável". 2000
- Multimodalidade e as Hidrovias no Brasil. CNT/FENAVEGA. 2009.
(<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/palestras/forumhidrovias2009/painel3/marcossoarescntfena-vega.pdf>).
- Plano Hidroviário Estratégico 2013 – PHE.
- Logística de Carga no Brasil. The World Bank Sustainable Development Department. Latin America and the Caribbean Region. 2011
(<http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1323121030855/JorgeRebelo.pdf?resourceurlname=JorgeRebelo.pdf>)
- External Costs of Transport in Europe. Update Study for 2008. (http://ecocalc-test.ecotransit.org/CE_Delft_4215_External_Costs_of_Transport_in_Europe_def.pdf)

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Modelo de Otimização Logística Multimodal de Transporte para Exportação do Farelo de Soja do Sudoeste Goiano (<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/conj/conj16/artigo03.pdf>)
- Manual da Simulação dos Custos de Transporte e Transbordo de Cargas. EPL, outubro de 2014.

Os dados apresentados nestes relatórios permitem estabelecer valores médios para a comparação apesar de mostrar custos unitários um pouco diferentes entre eles. Entre os fatores que influenciam nestas diferenças está a consideração dos valores de custo sob duas perspectivas distintas, a do custo de produção do transporte ou da avaliação dos fretes (preços pagos pelos usuários).

Na tabela a seguir apresentam-se os valores de referência obtidos em cada um desses estudos.

Tabela 68 Comparação dos custos médios de transporte por modais³².

DESCRIÇÃO	RODOVIÁRIO	FERROVIÁRIO	HIDROVIÁRIO	FONTE
Custos de Frete	0,120 R\$ /t-km	0,08 R\$ /t-km	0,04 R\$ /t-km	ANTAQ. 2012
	0,1131 R\$ /t-km	0,0590 R\$ /t-km	0,0388 R\$ /t-km	Sifreca. 2004
	0,110 R\$ /t-km	0,095 R\$ /t-km	0,045 R\$ /t-km	World Bank. 2011
	0,034 U\$/t-km	0,021 U\$/t-km	0,012 U\$/t-km	Dergo, Valec, Ahitar/MT. 2002
	0,084 U\$/t-km	0,064 U\$/t-km	0,025 U\$/t-km	Schneider.2000
Custo Operação	0,056 R\$ /t-km	0,016 R\$ /t-km	0,009 R\$ /t-km	Dergo, Valec, Ahitar/MT. Guia Logística 2002
	0,216 R\$/t-km	0,038 R\$/t-km	0,049 R\$/t-km	World Bank. 2011
Custos Socioambientais	0,0320 U\$/t-km	0,074 U\$/t-km	0,0023 U\$/t-km	Dergo, Valec, Ahitar/MT. 2002
	0,069 R\$/t-km	0,019 R\$/t-km	0,022 R\$/t-km	External Costs of Transport in Europe ³³ . 2008

O Plano Hidroviário Estratégico 2013 – PHE apresenta uma comparação dos custos para o transporte de granéis em caminhões, trens e comboios hidroviários 2x2 (a estimativa do custo de transporte hidroviário levou em conta a passagem por 4 eclusas para todas as distâncias avaliadas) em função das distâncias percorridas:

Tabela 69. Custos de transporte por modais para distintas distâncias

km	Rodoviário (R\$/t)	Ferrovário (R\$/t)	Hidroviário (R\$/t)
100	49,46	13	5,04
250	73,42	25,5	9,5
500	113,36	43	16,94
1000	193,23	72	31,81
2000	353,31	120	61,56

Fonte: Plano Hidroviário Estratégico 2013 - PHE

Na tabela a seguir apresenta-se a variação de valores obtida do estudo do PHE em R\$ por tonelada-km.

³² As linhas grifadas apresentam valores de referencia em U\$.

³³ Para a conversão de € a R\$ aplicou-se a taxa de câmbio correspondente ao ano em que foi realizado o estudo, 2008 (2,67 € por R\$).
<http://www.ecb.europa.eu/stats/exchange/eurofxref/html/eurofxref-graph-brl.en.html>

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 70. Custo médio de transporte nos distintos modais em R\$ por tonelada-quilômetro

km	Rodoviário (R\$/t-km)	Ferroviário (R\$/t-km)	Hidroviário (R\$/t-km)
100	0,495	0,130	0,050
250	0,294	0,102	0,038
500	0,227	0,086	0,034
1.000	0,193	0,072	0,032
2.000	0,177	0,060	0,031
Média	0,203	0,071	0,032

Fonte: Elaboração própria

De uma forma geral, estes dados indicam que o custo hidroviário para granéis agrícolas é a metade do custo ferroviário e cerca de 1/4 do custo rodoviário.

Por outro lado, o Manual da Simulação dos Custos de Transporte e Transbordo de Cargas (EPL, 2014) estima os custos de transporte e de transbordo para todos os modais de transporte. Na tabela a seguir apresentam-se os principais resultados extraídos do estudo e que são empregados como referência na comparação das alternativas neste trabalho.

Tabela 71. Comparação de custos de transporte e transbordo por modais

TRANSPORTE		
	Rodoviário (6X2-BitremAgr)	Ferroviário (ALLMP)
Preço por TKU (junho/2014)	0,12 R\$/t-km	0,0687 R\$/t-km
Velocidade comercial	45 km/h	---
TRANSBORDO		
	Rodovia-Hidrovia	Hidrovia-Ferrovia
Custo de transbordo por tonelada	8,06 R\$/t	10,06 R\$/t
Capacidade de transbordo por hora	367 t/h	340 t/h

Fonte: Manual da Simulação dos Custos de Transporte e Transbordo de Cargas. EPL. 2014

Algumas considerações iniciais:

- As alternativas que incluem o transporte hidroviário requerem também empregar o transporte por rodovia em uma primeira etapa e o transbordo da carga nos portos hidroviários de origem.
- Na comparação não são avaliados o custo e o tempo de carga nos terminais rodoviários de origem nem a descarga no porto de saída para exportação.
- O transbordo no porto de destino da hidrovia somente requer ser avaliado na comparação quando este não ocorre no porto no qual a carga é embarcada em navios marítimos para exportação, requerendo um segundo transbordo a um modal terrestre. Este é o caso na Alternativa III, na qual ocorre um transbordo da carga da hidrovia à ferrovia.
- A fim de realizar uma comparação em termos homogêneos, são empregados os tempos e custos unitários avaliados pela ferramenta desenvolvida para os estudos de caso de transporte hidroviário, unicamente para o Processo Transporte, dado que as avaliações consideradas para os modais terrestres não incluem os custos associados às infraestruturas.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Analisa-se a seguir os custos associados a cada uma das alternativas, com base nos dados apresentados anteriormente, considerando para a Alternativa II (hidrovia do Madeira) uma carga de 40.000 toneladas para a temporada de chuvas e 9.000 toneladas na temporada seca e 5.800 toneladas para a Alternativa III (hidrovia do Tietê); carregamento padrão empregados em cada uma das hidrovias.

6.1 ALTERNATIVA I: TRANSPORTE POR RODOVIA

Para realizar o estudo comparativo com a Alternativa II e com a Alternativa III estimam-se os custos de transporte por rodovia considerando duas origens em Mato Grosso do Sul e oeste de Mato Grosso.

As distâncias estão estimadas a partir do google maps. Para a tomada de distâncias para a produção procedente do oeste de Mato Grosso considerou-se a origem na cidade de Lucas do Rio Verde, e para a produção procedente de Mato Grosso do Sul, considerou-se a origem na cidade de Campo Grande (estas cidades estão situadas no centro geográfico das referidas regiões).

Os valores utilizados e os resultados obtidos para a comparação são os seguintes:

6.1.1 CUSTOS DE TRANSPORTE PARA CARGAS COM ORIGEM NO OESTE DE MATO GROSSO

Para avaliar a comparação com a Alternativa II os dados considerados são:

- A carga considerada é de 40.000 toneladas em temporada de chuvas e 9.000 em temporada seca.
- A distância média estimada do percurso oeste de Mato Grosso -Porto de Santos é de 1.933 km e a distância média estimada do percurso oeste de Mato Grosso-Porto de Paranaguá é de 2.126 km.
- A velocidade comercial considerada por rodovia é de 45 km/hora.
- O custo unitário por tonelada-quilômetro considerado para transporte rodoviário é de 0,12 R\$/t-km.

Com esses dados, os resultados obtidos são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 72. Custos de transporte da Alternativa I para cargas com origem no oeste de Mato Grosso

Alternativa I	Carregamento	Custo R\$/t	Custo Total (R\$)	Tempo ³⁴
Oeste de Mato Grosso -Santos	40.000 t	232,0	9.278.400	1,79 dias
	9.000 t		2.087.640	
Oeste de Mato Grosso - Paranaguá	40.000 t	255,1	10.204.800	1,97 dias
	9.000 t		2.296.080	

6.1.2 CUSTOS DE TRANSPORTE PARA CARGAS COM ORIGEM EM MATO GROSSO DO SUL

Para avaliar a comparação com a Alternativa III os dados considerados são:

³⁴ Tempos estimados em função da distância e a velocidade comercial, sem considerar paradas.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Carga de 5.800 toneladas
- A distância média estimada do percurso Mato Grosso do Sul-Porto de Santos é de 1.062km e a distância média estimada Mato Grosso do Sul - Porto de Paranaguá é de 1.096 km.
- A velocidade comercial por rodovia é de 45 km/hora.
- O custo unitário por tonelada-quilômetro para transporte rodoviário é de 0,12 R\$/t-km

Com esses dados, os resultados obtidos são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 73. Custos de transporte da Alternativa I para cargas com origem em Mato Grosso do Sul

Alternativa I	Carregamento	Custo R\$/t	Custo Total (R\$)	Tempo ³⁵
Mato Grosso do Sul-Santos	5.800 t	127,4	739.152	1,01 dias
Mato Grosso do Sul-Paranaguá	5.800 t	131,5	762.816	0,98 dias

6.2 ALTERNATIVA II: TRANSPORTE POR RODOVIA-HIDROVIA DO MADEIRA

O principal tráfego da hidrovía é a produção de grãos do oeste do Estado de Mato Grosso com destino à exportação.

O tráfego analisado é o transporte de soja e milho realizado pela companhia HERMASA (grupo MAGGI), entre os portos de Porto Velho (Rio Madeira) e Itacoatiara (1.116 km). O transporte é realizado em comboios de 40.000 toneladas em temporada de chuvas e 9.000 toneladas em temporada seca.

Os resultados da aplicação do modelo de simulação para o Processo Transporte permitem diferenciar entre temporada de chuvas e temporada seca, sendo os valores estimados os seguintes:

Tabela 74. Custos de transporte na hidrovía do Madeira: Porto Velho-Itacoatiara

Porto Velho-Itacoatiara	Carregamento	Custo R\$/t-km	Custo R\$/t	Custo Total (R\$)	Tempo
Temporada de chuvas	40.000 t	0,0203	22,65	906.192	5,36 dias
Temporada seca	9.000 t	0,0487	54,35	489.143	4,20 dias

Para a estimativa do custo de transporte desta alternativa considerou-se o seguinte:

- Distância média estimada por rodovia do Oeste de Mato Grosso a Porto Velho de 1.381 km.
- Velocidade comercial por rodovia de 45 km/hora.
- Custo unitário por tonelada-quilômetro para rodoviário de 0,12 R\$/t-km

³⁵ Tempos estimados em função da distância e a velocidade comercial, sem considerar paradas.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

O custo de transbordo do modal rodoviário para o hidroviário é de 8,06 R\$/t

- O tempo de transbordo do modal rodoviário ao hidroviário não é considerado dado que a existência de armazéns nos terminais elimina a demora ocasionada pelo transbordo.

Com esses dados, os resultados obtidos para a Alternativa II em temporada de chuvas e temporada seca apresentam-se nas tabelas a seguir:

Tabela 75. Custos de transporte da Alternativa II (temporada de chuvas)

Alternativa II (Temporada de chuvas)	Carregamento	Custo R\$/t	Custo Total (R\$)	Tempo
Oeste de Mato Grosso - Porto Velho (rodovia)	40.000 t	165,7	6.628.800	1,28 dias
Transbordo		8,06	322.400	Não é considerado
Porto Velho-Itacoatiara (hidrovia)		22,7	906.192	5,36 dias
TOTAL		196,4	7.857.392 R\$	6,64 dias

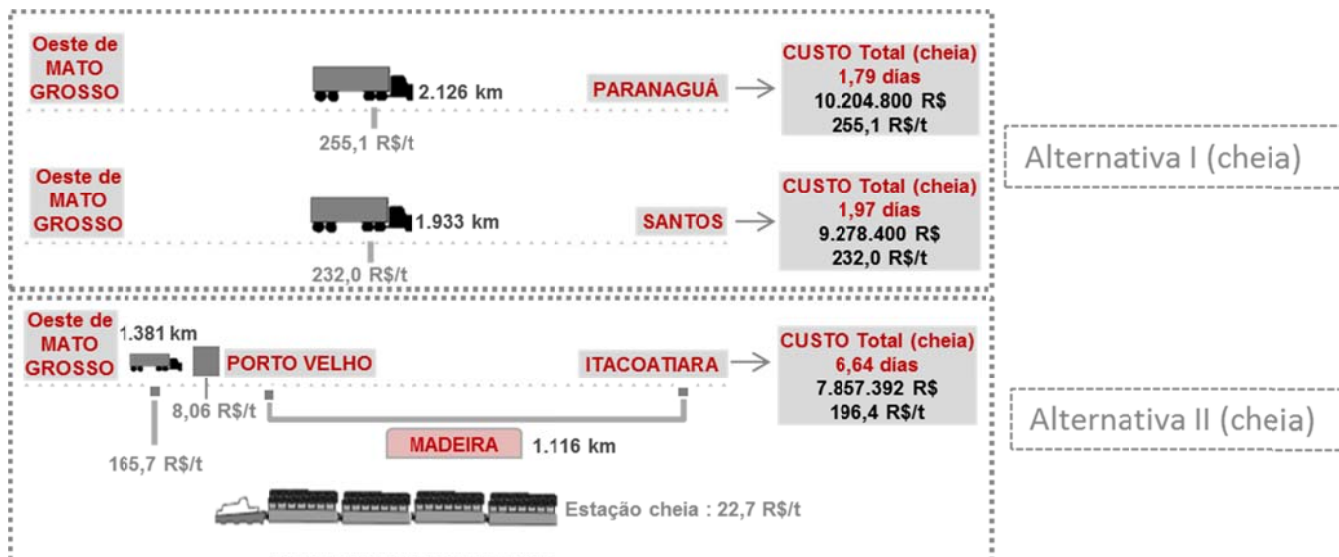
Tabela 76. Custos de transporte da Alternativa II (temporada seca)

Alternativa II (Temporada seca)	Carregamento	Custo R\$/t	Custo Total (R\$)	Tempo
Oeste de Mato Grosso - Porto Velho (rodovia)	9.000 t	165,7	1.491.480 R\$	1,28 dias
Transbordo		8,06	72.540 R\$	Não é considerado
Porto Velho -Itacoatiara (hidrovia)		54,3	489.143 R\$	4,20 dias
TOTAL		228,1	2.053.163 R\$	5,48 dias

No esquema a seguir, são apresentados a comparação das alternativas de transporte (Alternativa I e Alternativa II), bem como os tempos e custos de transporte associados a cada uma delas, para o transporte de 40.000 toneladas em temporada de chuvas e 9.000 toneladas em temporada seca com origem no Oeste de Mato Grosso.

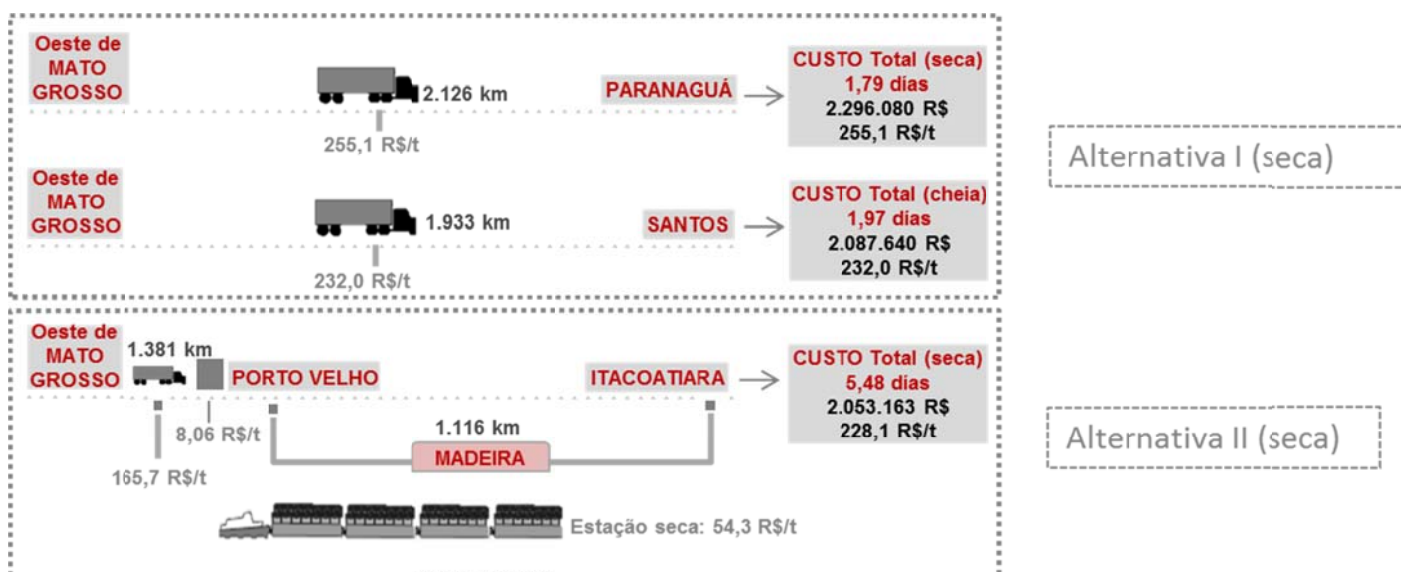
Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 140. Comparação de custos de transporte por modal. Origem Oeste de Mato Grosso.
Temporada de chuvas



Fonte: Elaboração própria

Figura 141. Comparação de custos de transporte por modal. Origem Oeste de Mato Grosso.
Temporada seca



Fonte: Elaboração própria

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

6.3 ALTERNATIVA III: TRANSPORTE POR RODOVIA-HIDROVIA DO TIETÊ

Os principais produtos movimentados nesta hidrovia são soja, milho, farelo de soja e açúcar, procedentes dos cinco principais estados produtores de grãos (Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Paraná).

O tráfego analisado é o transporte de soja e milho realizado pelo grupo Louis Dreyfus Commodities-LDC, e Torque/Caramuru entre os portos de São Simão(GO) - como terminal de carga, e Pederneiras (SP), como terminais de descarga (com destino final no Porto de Santos para sua exportação principalmente aos mercados europeus e asiáticos), considerando 5.800 toneladas.

Os resultados da aplicação do modelo de simulação para o Processo Transporte em temporada de chuvas e em temporada seca são similares para o transporte entre São Simão(GO) - e Pederneiras (SP):

Tabela 77. Custos de transporte na hidrovia do Tietê: São Simão - Pederneiras

São Simão - Pederneiras	Carregamento	Custo R\$/t-km	Custo R\$/t	Custo Total (R\$)	Tempo
Temporada seca/de chuvas	5.800 t	0,0542	34,47	199.933	5,22 dias

Para a estimativa do custo de transporte desta alternativa considerou-se o seguinte:

- Distância média estimada por rodovia de Mato Grosso do Sul a São Simão = 572 km.
- Velocidade comercial por rodovia de 45 km/hora.
- Custo unitário por tonelada-quilômetro para transporte rodoviário = 0,12 R\$/t-km
- Custo de transbordo do modal rodoviário para o hidroviário = 8,06 R\$/t.
- Os tempos de transbordo do modal rodoviário para o hidroviário e do modal hidroviário para o ferroviário não são considerados, dado que a existência de armazéns nos terminais elimina a demora ocasionada pelos transbordos.

Nesta alternativa utiliza-se o modal ferroviário para o transporte da carga de Pederneiras até o porto de Santos. Considerou-se o custo médio por tonelada/quilômetro para o modal ferroviário de 0,06 R\$/t-km, e um custo de transbordo do modal hidroviário ao ferroviário de 10,6 R\$/t.

A distância ferroviária de Pederneiras a Santos (496 km) foi obtida através do estudo “Modelo de Otimização Logística Multimodal de Transporte para Exportação do Farelo de Soja do Sudoeste Goiano” (<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/conj/conj16/artigo03.pdf>).

Para a estimativa do tempo no modal ferroviário considerou-se uma velocidade comercial de 26 km/hora, dado extraído da Agência Nacional de Transportes Terrestres. ANTT, correspondente à empresa América Latina Logística - Malha Paulista (ALLMP).

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Com esses dados, os resultados obtidos para a Alternativa III apresentam-se na tabela a seguir:

Tabela 78. Custos de transporte da Alternativa III (rodovia-hidrovia-ferrovia)

Alternativa III	Carregamento	Custo R\$/t	Custo Total (R\$)	Tempo
Mato Grosso do Sul- São Simão (rodovia)	5.800 t	68,64	398.112	0,53 dias
Transbordo Rodovia- Hidrovia		8,06	46.748	Não é considerado
São Simão - Pederneiras (hidrovia)		34,47	199.933	5,22 dias
Transbordo Hidrovia- Ferrovia		10,06	58.348	Não é considerado
Pederneiras-Santos (ferrovia)		29,76	172.608	0,79 dias
TOTAL		150,99	875.749	6,54 dias

Comparando estes resultados com os obtidos na Alternativa I com origem em Mato Grosso do Sul, observa-se que os valores obtidos são favoráveis para a rodovia tanto em custo quanto em tempo. Estes resultados são considerados muito afetados pelo valor médio aplicado para o custo unitário para o transporte por rodovia.

Se propõe utilizar os valores estimados em PHE para distâncias de 1.000 km no modal rodoviário (0,193 R\$/t-km). Com estes valores os resultados são favoráveis em custo para o transporte hidroviário, como apresentado nas tabelas a seguir.

Tabela 79. Custos de transporte da Alternativa I, com origem em Mato Grosso do Sul, considerando os custos unitários avaliados no PHE.

Alternativa I	Carregamento	Custo R\$/t	Custo Total (R\$)	Tempo ³⁶
Mato Grosso do Sul-Santos	5.800 t	205,0	1.188.803	1,01 dias
Mato Grosso do Sul- Paranaguá	5.800 t	211,5	1.226.862	0,98 dias

³⁶ Tempos estimados em função da distância e da velocidade comercial, sem considerar paradas.

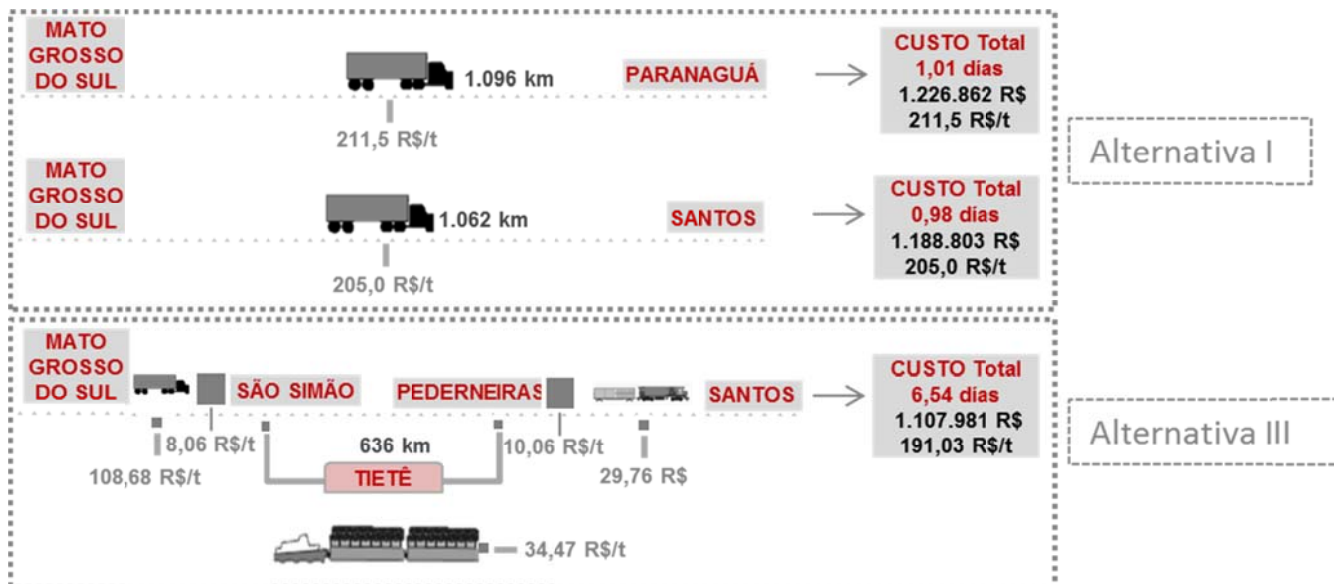
Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Tabela 80. Custos de transporte da Alternativa III (Rodovia-Hidrovia-Ferrovia), com dados do PHE

Alternativa III	Carregamento	Custo R\$/t	Custo Total (R\$)	Tempo
Mato Grosso do Sul-São Simão (rodovia)	5.800 t	108,68	630.344	0,53 dias
Transbordo Rodovia-Hidrovia		8,06	46.748	Não é considerado
São Simão - Pederneiras (hidrovia)		34,47	199.933	5,22 dias
Transbordo Hidrovia-Ferrovia		10,06	58.348	Não é considerado
Pederneiras-Santos (ferrovia)		29,76	172.608	0,79 dias
TOTAL		191,03	1.107.981	6,54 dias

No esquema a seguir apresenta-se a comparação das alternativas de transporte (Alternativa I e Alternativa III), bem como os tempos e custos de transporte associados a cada uma delas, para o transporte de 5.800 toneladas, com origem em Mato Grosso do Sul.

Figura 142. Comparação de custos de transporte por modal. Origem Mato Grosso do Sul



Fonte: Elaboração própria

**Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**

ANEXO: O TRANSPORTE HIDROVIÁRIO NA HOLANDA

POLÍTICA, ESTRATÉGIA, REGRAS E REGULAÇÕES.

MARCO INSTITUCIONAL

O Governo dos Países Baixos é o responsável pela regulação, execução e supervisão do sistema hidroviário, razão pela qual o administra de maneira integrada. Regula o sistema através de normativas, instrumentos através dos quais o Governo classifica as vias fluviais, registra as embarcações, certifica os operadores de transporte, estabelece os padrões que a tripulação deve cumprir, regula os tempos de trabalho e de descanso, padroniza as ajudas à navegação, estabelece os limites de velocidade, etc. Para todas estas regulações, desde que se mostrem compatíveis com a legislação nacional, adota normas internacionais.

Por outro lado, o Governo também assegura a competência dentro do sistema, através da definição de direitos e obrigações para todos os agentes. Além disso, através de textos normativos, assegura que seja tomada uma série de medidas de controle de contaminação e que sejam cumpridos requisitos mínimos de segurança.

A Comissão Central para a Navegação do Reno (CCNR) foi criada em 1815, com o objetivo de assegurar a liberdade de navegação em trajetos internacionais. Este órgão apoia o Governo dos Países Baixos em matéria regulatória.

ADMINISTRAÇÃO DAS VIAS NAVEGÁVEIS INTERIORES

O Ministério de Infraestrutura e Meio Ambiente (Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment) é responsável pela política de navegação interior nos Países Baixos. Os departamentos / órgãos seguintes do Ministério assumem diferentes competências no que diz respeito às vias navegáveis interiores:

- Direção Geral de Obras Públicas e Gestão da Água (Directorate-General for Public Works and Water Management. RIJKWATERSTAAT)
- Direção Geral de Aviação Civil e da Marinha (Directorate-General For Civil Aviation and Maritime Affairs)
- Direção Geral de Água (Directorate-General for Water)
- Direção Geral de Mobilidade (Directorate-General for Mobility)
- Órgão de Inspeção e Gestão de Transporte e da Água (Transport and Water Management Inspectorate)
- Instituto Real Meteorológico dos Países Baixos (Royal Netherlands Meteorological Institute)

DIREÇÃO GERAL DE OBRAS PÚBLICAS E ÁGUAS (RIJKWATERSTAAT)

O Rijkwaterstaat (departamento do Ministry of Infrastructure and Environment) é responsável por todas as atividades relacionadas com a gestão e o controle das águas fluviais e marinhas e, em especial, da construção, gestão e manutenção das principais infraestruturas de transporte e contenção das águas.

O Rijkwaterstaat tem, entre suas responsabilidades, as seguintes:

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

- Proteção contra as inundações (gerencia e mantém todos os pôlderes³⁷, diques, eclusas, estações de bombeamento, etc.).
- Gerencia a rede principal de vias públicas.
- É responsável pela segurança na navegação.
- É responsável pela gestão integral da água.

O Rijkwaterstaat está dividido em dez juntas regionais e seis departamentos especializados.

Juntas de Água

As Juntas de Águas holandesas (waterschap ou hoogheemraadschap estão situadas em províncias ao lado do mar) são autoridades regionais. O mesmo termo identifica os distritos governamentais que pertencem ao governo e não às províncias ou municípios. Atualmente há 26 Juntas de Águas (Water Management in the Netherlands):

Figura 143. Plano das áreas de responsabilidade das Juntas de Água na Holanda



Fonte: Rivers of the World. Atlas.

Atualmente, as Juntas de Água são as seguintes: (waterbeheer.startpagina.nl)

³⁷ Estruturas hidráulicas artificiais, uma das mais clássicas técnicas de drenagem para controle de enchentes em locais de baixa altitude próximas a rios, áreas ribeirinhas em geral, e o mar. O sistema é composto por diques (muros), reservatórios, dutos e bombas. Parte da Holanda é formada por pôlderes.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**Figura 144. Juntas de Águas na Holanda**

Juntas de Águas	
1.-Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	13.-Waterschap Noorderzijlvest
2.-Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	14.-Waterschap Peel en Maasvallei
3.-Hoogheemraadschap van Delfland	15.-Waterschap Reest en Wieden
4.-Hoogheemraadschap van Rijnland	16.-Waterschap Rijn en IJssel
5.-Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	17.-Waterschap Rivierenland
6.-Waterschap Aa en Maas	18.-Waterschap Roer en Overmaas
7.-Waterschap Amstel, Gooi en Vecht	19.-Waterschap Scheldestromen
8.-Waterschap Brabantse Delta	20.-Waterschap Vallei en Veluwe
9.-Waterschap De Dommel	21.-Waterschap Vechtstromen
10.-Waterschap Groot Salland	22.-Waterschap Zuiderzeeland
11.-Waterschap Hollandse Delta	23.-Wetterskip Fryslân
12.-Waterschap Hunze en Aa's	-

Fonte: Rivers of the World. Atlas.

INSPEÇÃO E VIGILÂNCIA

O departamento do Ministério de Infraestrutura e Meio Ambiente responsável pela inspeção e vigilância da navegação interior é o Órgão de Inspeção e Gestão de Transporte e da Água. Sua atividade consiste em garantir que as embarcações operem de um modo seguro e ecológico através das vias navegáveis interiores, vigiando o cumprimento da legislação nacional e internacional.

Os elementos do sistema inspecionados são:

- Embarcações (navios, barcas, embarcações de recreio);
- Mercadoria (carga perigosa, alimentos, resíduos);
- Pessoas (tripulação e passageiros);
- Sistemas (proprietários, operadores, terminais).

PROGRAMAS DE PROMOÇÃO DO SISTEMA HIDROVIÁRIO

O Governo Holandês estabeleceu um programa de fomento com o objetivo de dar suporte ao desenvolvimento do sistema hidroviário. Com o objetivo de estimular a navegação interior, colocou à disposição das partes interessadas um orçamento disponível para empreender projetos que permitiram:

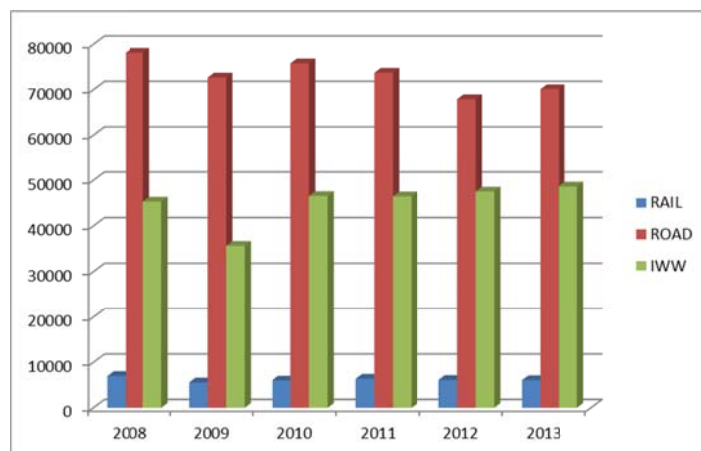
- Fortalecer a posição competitiva da navegação interior;
- Melhorar o transbordo de mercadorias;
- Estimular o desenvolvimento de pequenos operadores de transporte e das hidrovias mais modestas.

MERCADORIA E OPERADORES DE TRANSPORTE

O transporte de carga por vias navegáveis interiores apresenta vantagens comparativas para o transporte de grandes quantidades de carga, especialmente o transporte de grãos e contêineres. Nos Países Baixos são transportados pelas vias navegáveis aproximadamente 330 milhões de toneladas de mercadorias anualmente.

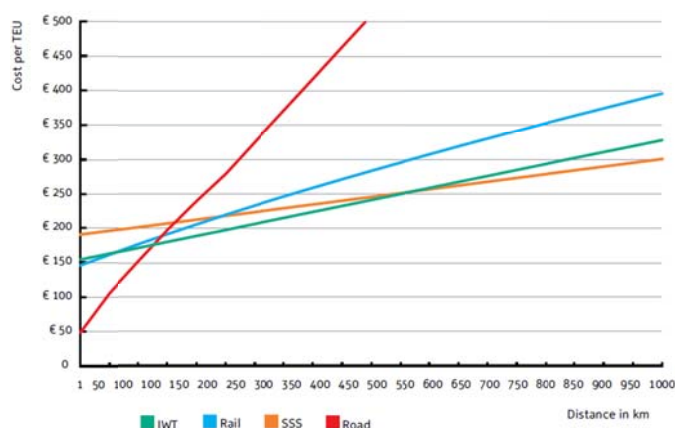
Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 145. Milhões de toneladas transportadas na Holanda por modal de transporte



Fonte: Eurostat.

Figura 146. Custo de transporte de um contêiner porta a porta em função da distância por modal de transporte na Holanda



Fonte: Rivers of the World. Atlas.

GRANÉIS

O granel continua sendo o principal tipo de mercadorias transportado através das vias navegáveis. Neste segmento, o transporte hidroviário alcança uma quota de repartição de mais de 80%. Entre os principais granéis sólidos encontram-se a areia e o cascalho, forragens, minério de ferro e carvão. Enquanto entre os líquidos, encontram-se o petróleo e o gás.

CONTÊINERES

A quota de mercado do transporte por hidrovia de contêineres é de aproximadamente 40%.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 147. Hidrovias e portos interiores na Holanda



Fonte: *Rivers of the World. Atlas.*

GESTÃO E ADMINISTRAÇÃO DA INFRAESTRUTURA HIDROVIÁRIA

VIAS NAVEGÁVEIS

Junto com outros países do norte da Europa, a Holanda está integrada em uma rede fluvial de aproximadamente 25.000 km de extensão. A maior parte da carga transportada sobre a mesma corresponde a minerais e combustíveis líquidos e sólidos que são usados nas indústrias da Bélgica e da Alemanha (Região do Ruhr).

A Holanda dispõe de uma grande rede fluvial adequada para a navegação interior, na qual se destacam os grandes rios: Reno, Maas e Schelde.

Os rios da Holanda têm 850 km de extensão, mas a eles são acrescentados 3.750 km de canais e outros 450 km vias fluviais no IJsselmeer e Mar de Wadden.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Mais de 35% dos bens que entram e saem da Holanda são transportados através da navegação interior. Os principais produtos transportados pelas vias fluviais são forragem, petróleo, areia, cascalhos, assim como os de maior valor, tais como equipamento eletrônico e veículos.

O principal parceiro comercial da Holanda é a Alemanha. Com a abertura do canal Reno-Meno em 1993, foi melhorada a conexão entre os portos holandeses e sua Hinterland.

Dois terços dos transportes internacionais entre a Holanda e seus vizinhos são realizados por água.

Algumas das características da atual navegação pelo Reno são as seguintes:

- O número das empresas de transporte da navegação interior está diminuindo, enquanto as empresas que permanecem estão aumentando de tamanho.
- As empresas têm uma frota maior do que no passado.
- Por ano, uma frota de cerca de 10.000 navios navega no Reno (com uma capacidade de carga total em torno de 10 milhões de toneladas) composta por:
 - o 6.000 navios de carga
 - o 2.950 empurradores
 - o 1.000 navios tanque
 - o 125 embarcações de outro tipo.

Somente um terço destes barcos é holandês, mas a frota holandesa transporta quase a metade de toda a carga.

Conforme é mostrado na figura seguinte, as dimensões oficiais da rede hidroviária europeia estão baseadas em padrões ECMT³⁸. As dimensões máximas das embarcações são estabelecidas por classes.

Figura 148. Classificação europeia das hidrovias

Class	Type motor vessel	Tonnage	Comp. push convoy	Tonnage
O	Leisure	<250		
I	Spits	250 - 400		
II	Kempenaar	400 - 650		
III	Dortm.-Eems canal ship	650 - 1.000		
IV	Rijn-Herne canal ship	1.000 - 1.500		1.250 - 1.450
Va	Large Rhine ship	1.500 - 3.000		1.600 - 3.000
Vb	Push convoy (2)			3.200 - 6.000
V1a	Push convoy (2)			3.200 - 6.000
V1b	Push convoy (4)			6.400 - 12.000
V1c	Push convoy (6)			9.600 - 18.000
	Push convoy (6)			9.600 - 18.000

Fonte: Rivers of the World. Atlas.

³⁸ ECMT sigla em inglês para a *Commission Européenne des Ministres des Transport* (CEMT)

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.**RIOS**

Na Holanda encontramos a desembocadura dos rios Reno, Maas e Schelde.

Rio Reno – O Rio Reno é o rio mais importante da Holanda, alimentado por glaciares e pelas precipitações. O rio nasce na Suíça e atravessa a Alemanha e a Holanda antes de desembocar no Mar do Norte. No total, o Reno tem 1.320 km de comprimento. Sua vazão média é de 2.200 m³/s, porém com bastante variação ao longo do ano. Em 1995, a vazão média chegou a extremos de 13.000 m³/s, enquanto que em 2013 foi registrada uma vazão de 2.100 m³/s.

Depois de entrar na Holanda, o Reno se divide em três braços: o IJssel, o Nederrijn (baixo Reno) e o Waal. O IJssel segue rumo ao norte, enquanto os outros tornam a se unir e, junto com o Rio Maas chegam a Rotterdam. Alguns trechos do Reno foram canalizados (dois canais) para melhorar a sua navegabilidade.

Rio Maas – O Maas é um rio de alimentação pluvial e é consideravelmente menor do que o Reno. Nasce na França e passa pela Bélgica e pela Holanda, desembocando no Mar do Norte. Apesar de não ser pequeno (925 km de extensão), sua capacidade é 10% da do Reno. A variação do nível da água é maior, pois sua alimentação é exclusivamente pluvial.

Rio Schelde – Somente a desembocadura do Rio Schelde encontra-se em território holandês. O rio une o segundo maior porto da Europa, o porto de Antuérpia, na Bélgica, com o Mar do Norte.

CANAIS

Existem na Holanda 36 canais maiores. Foram construídos para melhorar o acesso aos diferentes portos e para conectá-los com os rios principais. Os mais importantes são

- O canal Amsterdam-Reno é um canal de 72 km que conecta Amsterdam com o Rio Reno, e com as zonas industriais da Alemanha.
- O canal Juliana, que permite evitar trechos com restrições para a navegação do Rio Maas.
- O Nieuwe Waterweg (Nueva Via Fluvial) é o canal que une Rotterdam e o mar para os navios maiores.

PORTOS INTERIORES E TERMINAIS

A Holanda conta com aproximadamente 400 portos interiores, dos quais 150 são considerados de grande relevância devido à grande quantidade de mercadorias que movimentam por ano. Atualmente, os portos estão sendo objeto de uma atenção especial por parte das autoridades, com o objetivo de dinamizar a indústria e o comércio e, desta forma, potencializar o desenvolvimento regional.

Atualmente são movimentadas 385 milhões de toneladas nos portos interiores holandeses.

Figura 149. Os dez principais portos interiores na Holanda

Portos Interiores	
1. Utrecht	6. Dordrecht
2. Cuijk	7. Geertruidenberg
3. Maasbracht	8. Terneuzen buiten
4. Velsen-Zuid	9. 'S-Hertogenbosch
5. Zaanstad-Noord	10. Roermond

Fuentes: Elaboração própria, a partir do documento "Rivers of the World. Atlas".

O mapa seguinte mostra a localização dos principais portos da Holanda.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 150. Vias interiores navegáveis na Holanda e principais portos



Fonte: Rivers of the World. Atlas.

PORTOS EXTERNOS

Porto de Rotterdam

Rotterdam ocupa o terceiro lugar do mundo entre os portos com maior movimentação, atrás de Shangai e Singapura, com um movimento de carga de cerca de 400 milhões de toneladas anuais. As mercadorias mais frequentes incluem produtos químicos, frutas, cereais, carvão, minerais, petróleo, forragem e adubos.

Porto de Amsterdam

É o segundo maior porto da Holanda e o quinto na Europa. As principais mercadorias movimentadas neste porto são petróleo, cereais, carvão e minerais. Registra também um importante aumento no transporte de contêineres. É o porto onde circula mais cacau (nele é movimentado um terço de toda a produção de cacau, sendo o principal fornecedor de cacau para as fábricas de chocolate americanas e europeias).

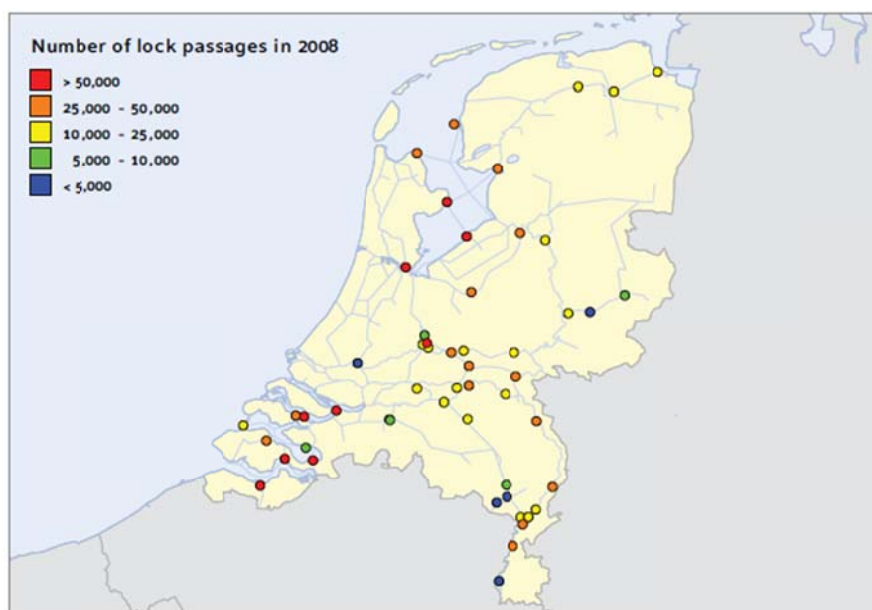
GESTÃO DA ÁGUA E ECLUSAS

Além dos rios e canais, as infraestruturas hidroviárias incluem pontes, eclusas, barragens e diques. A grande diversidade de obras existentes dentro da rede afeta a navegação interior e, em grande parte, determina o tamanho das embarcações.

O mapa seguinte apresenta a localização das eclusas e as categoriza em função do número de operações anuais em 2008.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 151. Número de operações de eclusagem na Holanda em 2008



Fonte: Rivers of the World. Atlas.

MANUTENÇÃO

O Departamento de Obras Públicas e Gestão da Água (Department of Public Works and Water Management), órgão delegado por parte do Ministério de Infraestruturas e Meio Ambiente (Ministry of Infrastructure and Environment), é o responsável pela manutenção das principais vias navegáveis, assim como pela sua operação. Suas tarefas e funções são as seguintes:

- Manutenção das infraestruturas;
- Operar as eclusas e pontes;
- Melhorar a segurança nas vias navegáveis existentes.

ORÇAMENTO

O investimento em vias navegáveis recai sobre a manutenção da rede de infraestruturas hidroviárias. As eclusas e as pontes devem estar em condições de operabilidade ótimas, e as vias navegáveis devem ser dragadas de forma contínua. A priorização de investimentos é realizada em função do interesse econômico das infraestruturas, assim como dos possíveis riscos de segurança que pressuponha o fato de não realizar as tarefas de manutenção.

Os gargalos são determinados em função dos seguintes critérios:

- A capacidade das vias navegáveis;
- A intensidade de uso de tais vias.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

SERVIÇOS DE INFORMAÇÃO À NAVEGAÇÃO

Com o objetivo de melhorar a segurança nas vias navegáveis, o Governo está investindo uma significativa quantidade de recursos no desenvolvimento de Sistemas de Informação à Navegação (SIN). O SIN é um moderno sistema de gestão do tráfego que proporciona informações em tempo real. Esta informação é compartilhada entre os diferentes agentes do sistema: operadores, autoridades e outras instituições públicas.

O SIN, uma vez que seja concluído o desenvolvimento e se encontre em pleno funcionamento, desempenhará um papel importante em todos os níveis do sistema hidroviário:

- No planejamento do sistema de transportes;
- O intercâmbio de informações sobre as manobras e roteiros das embarcações, além de permitir registrar o tipo de carga que transportam;
- Intercâmbio de informações sobre o estado das vias navegáveis; etc.

EMBARCAÇÕES

A Holanda tem uma das maiores frotas de navegação interior da Europa, com cerca de 5.000 embarcações, além de ser a mais moderna. Durante os últimos anos, a frota foi renovada em grande escala, sendo introduzida uma grande quantidade de inovações.

A capacidade da frota hidroviária encontra-se em aproximadamente 7,4 milhões de toneladas, capacidade inclusive superior à da frota marítima, cuja capacidade está situada em torno de 4,2 milhões de toneladas. A frota é composta, principalmente, por embarcações de transporte de granel líquido, granel sólido, empurradores e chatas e embarcações para passageiros.

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

ECLUSAS

Entre as eclusas com maior tráfego das hidrovias holandesas destacam-se as seguintes:
(<http://marinas.com/browse/lock/NL/8>)

Figura 152. Eclusas (Eclusa / Localização / Cidade / Região / hidrovia)

1	Amerongen Lock & Dam	-	-	Rijn Canal
2	Belfeld Lock	Belfeld	Limburg	Maas River
3	Benedensas Lock	De Heen	-	Steenbergse Canal
4	Bergsediepsluis Lock	Tholen	Zeeland	Oosterschelde Bay
5	Brouwershaven Lock	Brouwershaven	Noord-Holland	Grevelingen River
6	De Punt Lock	De Punt	Drenthe	North Willems Canal
7	Dokkumer New Zijlen Lock	Dokkumer New Zijlen	Friesland	Dokkumer Grootdiep Canal
8	Gorinchem Yacht Lock	Gorinchem	South Holland	Boven Merwede Bay
9	Groeve Lock (North)	Appingedam	-	Eems Canal
10	Haven Canal Lock	Schouwen-Duiveland	Zeeland	Haven Canal
11	Hellevoetsluis Haringvliet Lock	Hellevoetsluis	South Holland	Haringvliet Bay
12	Ijmuiden Lock	Stad Aan't Haringvliet	South Holland	Haringvliet Bay
13	Ijmuiden North Sea Canal North Lock	Velsen	North Holland	Binnentoeleidings Canal
14	Ijmuiden North Sea Canal South Lock	Velsen	North Holland	North Sea Canal
15	Johan Friso Lock	Stavoren	Friesland	Johan Friso Canal
16	Ketel Lock (Ketel Harbor Marina)	-	-	Ketelmeer Canal
17	Krabbersgat Lock	Enkhuizen	-	Marker-Meer Bay
18	Krabbersgat Naviduct	-	-	Marker-Meer Bay
19	Krammer Lock	-	-	Volkerak Bay
20	Lorentzsluizen Lock	Kornwerderzand	Friesland	Wadden Ocean
21	Noordland Binnenhaven Lock	De Banjaard	Zeeland	North Sea
22	Oranje Lock	Amsterdam	-	North Zee Canal
23	Prinses Beatrix Lock	Nieuwegein	Utrecht	Lek Canal
24	Prinses Maxima Lock	Lith	North Brabant	Maas River
25	Sambeek Lock	Sambeek	North Brabant	Maas River
26	Schelde Rijnverbinding Spui Canal Lock	Woensdrecht	North Brabant	Schelde-Rijnverbinding
27	Stad Aan't Haringvliet Lock	Stad Aan't Haringvliet	South Holland	Haringvliet Bay
28	Stevensluis Lock	Den Oever	Drenthe	-
29	Stontersluis Lock	Den Oever	Drenthe	-
30	Stuw En Sluis Te Driel Lock	Heveadorp	Gelderland	Neder-Rijn River
31	Terneuzen West Lock	Terneuzen	Zeeland	Canal Terneuzen Gent
32	Tjerk Hiddes Sluizen Lock	Harlingen	Friesland	Van Harinxma Canal
33	Vlissingen Keersluisbrug Lock	Vlissingen	Zeeland	Westerschelde Bay
34	Volkerak Lock	Willemstad	Groningen	Volkerak Bay
35	Wilhelmina Sluis Lock	Andel	North Brabant	Afgedamde Maas Bay

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

OPERADORES

No porto de Rotterdam aparece a seguinte relação dos operadores fluviais para transporte de mercadorias: (<http://www.rotterdamportinfo.com/barge-operators-b0?startat=21>)

Figura 153. Operadores de Barcaças. Porto de Rotterdam

1. VT Group (most popular)	39.Kamar b.v.
2.Coöperatie NPRC U.A. (most popular)	40.Coöperatieve Duwbakken Centrale u.a.
3.Contargo (most popular)	41.Schot Scheepvaart BV
4.Koole Tankrederij B.V. (most popular)	42.Kranenburg & Vlietstra B.V.
5.Basamro Transport B.V.	43.Postoils/Posttrans b.v.
6.CFNR SA	44.Interrijn b.v.
7.DP World Germersheim B.V.	45.Interrijn-BLG bv
8.Elbe Rijn Lloyd B.V.	46.Rhine Ro-Ro Service
9.Danser Group	47.Euro Bevrachting Ben van Dijk B.V.
10.Interstream Barging	48.Nautica Binnenscheepvaart B.V.
11.V Marine Fuels BV	49.Barge Terminal Tilburg BV
12.CTU bv	50.MCT Lucassen
13.Dubbelman Container Transporten bv	51.Oosterhout Container Terminal
14.Transbox	52.Barge Line TODAY
15.SWOC Barging B.V.	53.Ara Bulk BV
16.Eurobarges B.V.	54.Alcotrans Container Line B.V.
17.CTU Rivierenland bv	55.Vereniging van Scheepsbevrachters en Logistieke Dienstverleners in de Binnenvaart (VSLB)
18.CTU Kampen bv	56.BH Shipping and Trading
19.Atlantic Aardolieprodukten Mij. BV	57.HTAG Häfen und Transport AG
20.Atlantic Schepen Expl. Mij. BV	58.Vinotra B.V.
21.Barge Terminal Born BV	59.IMS "InterModal Solutions"
22.Bek & Verburg B.V.	60.Mercurius Shipping Group
23.Bitrans Rijnvaart Bevrachting en Handel b.v.	61.Rijnaarde Global Trading & Logistics B.V.
24.Haeger & Schmidt International BV	62.Van de Graaf & Meeusen Rivertransport B.V.
25.Stemat Marine Services	63.MariFlex Engineering bv
26.Chemgas Shipping B.V.	64.Cross Limits Logistics B.V.
27.CZB Handel & Transport B.V.	65.Omnia-Maritime Logistics B.V.
28.DAP Barging BV	66.Particuliere Transport Coöperatie
29.Eurobulk b.v.	67.Azimuth Marine B.V.
30.Euro-Rijn (Scheepvaart) B.V.	68.MariFlex Transfer Services
31.Van Uden Container Barging B.V.	69.Rotterdam Barging Services
32.Frankenbach B.V.	70.MSG Rotterdam B.V.
33.Zwaans van den Heuvel Tankvaart B.V.	71.Fluvia Vegoil BV
34.C. Groenenboom bv	72.H&S Container Line
35.Noord-Brabant Rotterdam B.V.	73.Van der Wees Watertransporten bv
36.OTexDelta BV	74.EKB Container Logistiek Nederland B.V.
37.Acos/NWL	75.Alpherium b.v.
38.Redderij de Jong B.V.	76.Genco Scheepvaart B.V.

OPERADORES DE NAVEGAÇÃO INTERIOR

No porto de Rotterdam aparece a seguinte relação dos operadores de navegação interior para transporte de mercadorias: (<http://www.rotterdamportinfo.com/inland-shipping-b0?startat=61>)

Estudo dos Custos do Transporte Hidroviário no Brasil.
Elaboração de Ferramenta de Simulação.

Figura 154. Operadores de Navegação interior

Inland Shipping - Puerto de Rotterdam	
1. Lehnkering Logistics B.V. (most popular)	41. Hamburger Lloyd Nederland b.v.
2. Coöperatie NPRC U.A. (most popular)	42. Hatenboer-Neptunus
3. CFNR SA	43. Noord-Brabant Rotterdam B.V.
4. DP World GERMERSHEIM B.V.	44. VAT Logistics (Ocean Freight) BV
5. Elbe Rijn Lloyd B.V.	45. OTexDelta BV
6. Wärtsilä Netherlands B.V.	46. Acos/NWL
7. Danser Group	47. Rederij de Jong B.V.
8. Rhenus Logistics B.V.	48. Coöperatieve Duwbakken Centrale u.a.
9. Jonar Transport	49. Human Environment and Transport Inspectorate
10. Ocean Brokers BV	50. Schot Scheepvaart BV
11. Bargelink GmbH (Ltd.)	51. Kranenburg & Mijstra B.V.
12. GVZ Europark Coevorden-Emlichheim GmbH	52. Interrijn b.v.
13. Maritime Shipcleaning Rotterdam BV	53. Rebes b.v.
14. Dubbelman Container Transporten bv	54. IVR
15. Transbox	55. Reinplus Vanwoerden Bunker B.V.
16. Swintrans Bevrachting B.V.	56. Rheintrans b.v.
17. Eurobarges B.V.	57. Euro Bevrachting Ben van Dijk B.V.
18. Europort	58. Nautica Binnenscheepvaart B.V.
19. LBH Netherlands B.V.	59. Rederij T. Muller bv
20. Bek & Verburg B.V.	60. Coöperatieve Binnenscheepvaart Vereniging B.A.
21. Bitran Rijnvaart Bevrachting en Handel b.v.	61. Wide Scope Shipping & Forwarding B.V.
22. Haeger & Schmidt International BV	62. ROC Kampen Exploitatie B.V.
23. Bureau Voorlichting Binnenvaart	63. Barge Line TODAY
24. Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart	64. Ara Bulk BV
25. Chemgas Shipping B.V.	65. Alcotrans Container Line B.V.
26. Christelijke Bond van Ondernemers in de Binnenvaart	66. HTAG Häfen und Transport AG
27. CZB Handel & Transport B.V.	67. VITO - Vereniging van Inland Terminal Operators
28. DAP Barging BV	68. Mercurius Shipping Group
29. Trans-Saar b.v.	69. Roes Scheepvaart & Transportovername BV
30. Vabix Shipping B.V.	70. Amer Shipping bv
31. ThyssenKrupp Veerhaven B.V.	71. Rijnaarde Global Trading & Logistics B.V.
32. Eurobulk b.v.	72. Van de Graaf & Meeusen Rivertransport B.V.
33. Van Uden Container Barging B.V.	73. Koninklijke Schuttevaer
34. Frachtcontor Junge B.V.	74. J.A. Balck B.V. Scheepsreparaties
35. Frankenbach B.V.	75. Mariteam Shipping Agencies
36. Gans Transport b.v.	76. Omnia-Maritime Logistics B.V.
37. Zwaans van den Heuvel Tankvaart B.V.	77. Particuliere Transport Coöperatie
38. Georg Schilinski b.v.	78. Rotterdam Freight Management BV
39. Gommers B.V.	79. Fluvia Vegoil BV
40. C. Groenenboom bv	80. H&S Container Line