



Cenários de Longo Prazo para Demanda de Combustíveis Marítimos do Setor de Transporte
Aquaviário Brasileiro

RAPHAEL BENIRSCHKE TERRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento Energético.

Orientadores: Alexandre Salem Szklo
Roberto Schaeffer

Rio de Janeiro
Março de 2015

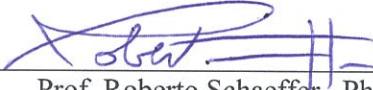
CENÁRIOS DE LONGO PRAZO PARA DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS
DO SETOR DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO BRASILEIRO

Raphael Benirschke Terra

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:


Prof. Alexandre Salem Szklo, D.Sc.


Prof. Roberto Schaeffer, Ph.D.


Prof. Suzana Kahn Ribeiro, D.Sc.


Prof. Bruno Soares Moreira Cesar Borba, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
MARÇO DE 2015

Terra, Raphael Benirschke

Cenários de longo prazo para demanda de combustíveis marítimos do setor de transporte aquaviário brasileiro / Raphael Benirschke Terra. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2015.

XIX, 138 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Alexandre Salem Szklo

Roberto Schaeffer

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2015.

Referências Bibliográficas: p. 139-145.

1. Combustíveis marítimos. 2. Transporte hidroviário.
3. Cabotagem. I. Szklo, Alexandre Salem *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

À minha mãe Erika, tio Robert e avó Emma, por darem toda a base que precisei para chegar até aqui.

À minha esposa, Carolina, por me apoiar sempre, mesmo tendo nos privado de vários momentos em prol da dissertação.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, tio e avó, que me deram todo amor e carinho, sempre me incentivando a progredir em todos os aspectos, além de me proporcionar uma educação acadêmica e familiar, sendo esta última responsável por valores que me acompanham por toda a vida.

À minha esposa, minha melhor amiga, que com o amor que nos une sempre me incentivou a superar todas as dificuldades encontradas no curso de mestrado, e ainda realizar a gestão do tempo da nossa vida durante esse período.

Aos meus orientadores, professores Alexandre Szklo e Roberto Schaeffer, que me ajudaram o escolher o tema diante das várias possibilidades que existiam quanto a um estudo da mudança da matriz de transportes brasileira, além de darem apoio incondicional com esclarecimentos e respostas praticamente instantâneas a minha demanda.

A minha empresa, Petrobras Distribuidora S.A, pelo apoio institucional, proporcionando a oportunidade de aprofundar meus conhecimentos através da realização do mestrado, em especial Marcelo Roma, Ricardo Mello e Edson Chil pelo incentivo para iniciar o curso, Alisson Chen, pelo apoio e orientações, e Victor Maia, mestre em ciências em planejamento energético, que além de um amigo fora da companhia, tendo completado o mestrado junto comigo, me ajudou a superar as dificuldades durante o curso, desde a prova de seleção até a fase final da dissertação.

Aos professores Suzana Kahn e Bruno Borba, por aceitarem participar desta banca de defesa de dissertação e terem contribuído com sugestões para sua melhoria.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho, minha gratidão e reconhecimento.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

**CENÁRIOS DE LONGO PRAZO PARA DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS
DO SETOR DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO BRASILEIRO**

Raphael Benirschke Terra

Março/2015

Orientadores: Alexandre Salem Szklo

Roberto Schaeffer

Programa: Planejamento Energético

Entre 2007 e 2013, o Governo Federal concebeu quatro diferentes planos governamentais através de diversos órgãos envolvidos (Ministério dos Transportes, Secretaria de Portos e Agência Nacional de Transportes Aquaviários), que em seus relatórios com horizontes até 2030 ou 2031 preveem a expansão do transporte hidroviário e da cabotagem por meio de investimentos públicos e privados. Com a perspectiva da ocorrência de diversas obras em infraestrutura em hidrovias, portos e terminais aquaviários, o transporte aquaviário brasileiro tende a aumentar o fluxo de passageiros e cargas transportadas, principalmente este último. Neste contexto, a proposta desta dissertação é criar cenários de demanda de óleo diesel e óleo combustível marítimos do transporte aquaviário brasileiro até 2031, considerando diferentes planos governamentais (Plano Nacional de Logística e Transportes, Plano Nacional de Integração Hidroviária, Plano Nacional de Logística Portuária e Plano Hidroviário Estratégico). Para tal, primeiramente, foram calculadas ou obtidas as projeções de tonelada quilômetro útil transportada relativas a cada plano e ainda uma análise de crescimento de fluxo transportado baseada nas previsões de crescimento dos grupos de mercadorias. No caso do passageiro quilômetro transportado, a análise é baseada no crescimento populacional das regiões do país onde há linhas de navegação. O resultado de uma projeção média encontrado demonstra que a demanda de combustíveis marítimos em 2031 aumentará cerca de 2,3 vezes ao verificado no ano base do trabalho (2012). Caso sejam implementadas ações tecnológicas, operacionais e de manutenção de eficiência energética em embarcações, consideradas no cenário alternativo por esta dissertação, esse aumento é reduzido em aproximadamente 22%.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

**LONG-TERM SCENARIOS FOR MARINE FUEL DEMAND OF BRAZILIAN
WATERWAY TRANSPORTATION SECTOR**

Raphael Benirschke Terra

March/2015

Advisors: Alexandre Salem Szklo

Roberto Schaeffer

Department: Energy Planning

Between the years of 2007 and 2013, Brazil's Federal Government granted different plans through a variety of government agencies (Ministry of Transport, Secretariat of Ports and National Water Transport Agency) which, in their reports up to 2030 or 2031, foresee the expansion of hydro-way transport and cabotage through means of public and private investments. With the perspective of infrastructure works in waterways, ports and waterway terminals, Brazilian water transport is bound to have its passenger and cargo transport increased, especially the later. In this context, this dissertation aims to create scenarios related to marine fuel (diesel oil and fuel oil) of Brazilian water transport until 2031, considering different governmental plans (National Plan for Logistics and Transport, National Plan for Waterways Integration, National Plan for Port Logistics and the Strategic Waterway Plan). For doing so, first it was necessary to calculate or obtain the net tonne kilometer projections transported that were relative to each plan and a growth analysis of transportation flux based on growth predictions of groups of products. In the case of transported passenger-kilometer, the analysis is based on population growth in the regions of the country where it is possible to find shipping lanes. The result of an average projection demonstrates that the marine fuel demand in 2031 will raise about 2.3 times in relation to what was verified in the base year of the research (2012). If technological, operational and energy efficiency maintenance in vessels actions are implemented, being considered in the alternative scenario by this thesis, this increase is reduced approximately by 22%.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	1
1.2 OBJETIVO	1
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2 - DESCRIÇÃO DO SETOR DE TRANSPORTES DO BRASIL.....	5
2.1 PANORAMA GERAL DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL	5
2.2 MODAL AQUAVIÁRIO	11
2.2.1 Transporte de Passageiros	18
2.2.1 Transporte de Carga	23
3 - PERSPECTIVAS DO TRANSPORTE HIDROVIÁRIO E CABOTAGEM.....	29
3.1 ANÁLISE BASEADA NO CRESCIMENTO DOS GRUPOS DE MERCADORIAS	31
3.1.1 Petróleo e Derivados de Petróleo	32
3.1.2 Produtos Associados ao Agronegócio	37
3.1.3 Produtos Associados à Mineração.....	38
3.1.4 Outros Grupos de Mercadorias.....	38
3.1.5 Projeção de Toneladas Quilômetro Útil Transportada	39
3.2 ANÁLISE BASEADA NOS PLANOS GOVERNAMENTAIS DA ÁREA DE TRANSPORTES.....	41
3.2.1 Plano Nacional de Logística e Transportes	42
3.2.2 Plano Nacional de Integração Hidroviária	49
3.2.3 Plano Nacional de Logística Portuária	55
3.2.4 Plano Hidroviário Estratégico	63
3.3 ANÁLISE DO CRESCIMENTO DO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO DE PASSAGEIROS	68

4 - OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS E OPERACIONAIS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO	73
4.1 TECNOLOGIAS INCREMENTAIS	73
4.1.1 Hidro e Aerodinâmica	75
4.1.2 Otimização do Sistema de Propulsão	76
4.1.3 Melhoria da Concepção Energética.....	79
4.1.4 Síntese.....	81
4.2 TECNOLOGIAS AVANÇADAS	81
4.3 MEDIDAS OPERACIONAIS	83
4.4 COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS	85
4.5 NORMATIZAÇÃO.....	85
4.6 GANHOS GLOBAIS DE AÇÕES PARA EFICIÊNCIA E CONSERVAÇÃO ENERGÉTICA	87
5 - RESULTADOS DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL E ÓLEO COMBUSTÍVEL.....	89
5.1 DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS E PREMISSAS CONSIDERADAS	89
5.1.1 Determinação dos Ganhos de Eficiência Energética.....	91
5.1.2 Determinação dos Consumos Específicos dos Combustíveis por Carga e Passageiro	96
5.1.2.1 <i>Evolução dos Consumos Específicos de Combustível através da Eficiência Energética</i>	104
5.2 RESULTADOS DE DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS COM CENÁRIOS ANALISADOS.....	106
5.2.1 Demanda de Diesel Marítimo proveniente do Transporte de Passageiros	107
5.2.2 Demanda de Combustíveis Proveniente do Transporte de Cargas.....	108
5.2.2.1 <i>Cenários – 1a e 1b – Demandas de Diesel e Óleo Combustível Marítimos devido à Análise de Crescimento dos Grupos de Mercadorias.....</i>	108

<i>5.2.2.2 Cenários – 2a; 2b; 3a e 3b– Demandas de Diesel e Óleo Combustível Marítimos devido ao Plano Nacional de Logística e Transportes</i>	<i>110</i>
<i>5.2.2.3 Cenários 4a e 4b – Demandas de Diesel Marítimo devido ao Plano Nacional de Integração Hidroviária</i>	<i>112</i>
<i>5.2.2.4 Cenários – 5a e 5b – Demandas de Diesel e Óleo Combustível Marítimos devido ao Plano Nacional de Logística Portuária</i>	<i>113</i>
<i>5.2.2.5 Cenários 6a e 6b – Demandas de Diesel Marítimo devido ao Plano Hidroviário Estratégico.....</i>	<i>115</i>
<i>5.2.2.6 Comparações entre os Resultados de todos os Cenários no Transporte de Cargas.....</i>	<i>117</i>
5.2.3 Síntese dos Resultados das Projeções de Demanda dos Combustíveis Marítimos ..	120
<i>5.2.3.1 Projeção Média do Diesel Marítimo nos Cenários de Referência e Alternativo</i>	<i>120</i>
<i>5.2.3.2 Projeção Média do Óleo Combustível Marítimo nos Cenários de Referência e Alternativo.....</i>	<i>124</i>
<i>5.2.3.3 Panorama Geral da Demanda de Combustíveis Marítimos no Transporte Aquaviário Nacional até 2031</i>	<i>126</i>
5.3 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS E COM O PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2050	127
5.4 DISCUSSÕES RELACIONADAS AO AUMENTO DA DEMANDA DOS COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS	129
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sequência de etapas realizadas para obtenção da demanda de combustíveis marítimos	4
Figura 2 – Divisão dos Custos de Logística relacionados ao Faturamento da Indústria Nacional ..	6
Figura 3 – Tonelada-quilômetro útil transportado por modal em 2011	7
Figura 4 – Passageiro quilômetro por modal em 2010	8
Figura 5 – Equivalência de Capacidade de Carga Transportada entre os Modais	10
Figura 6 – Consumo de Combustível por 1000 Toneladas Quilômetro Útil Transportadas	11
Figura 7 – Consumo de Óleo Diesel e Óleo Combustível no Transporte Aquaviário Nacional ..	13
Figura 8 – Principais Estados Compradores de Óleo Diesel Marítimo	14
Figura 9 – Portos de Navegação de Cabotagem	15
Figura 10 – Quantidade e TPB por tipo de embarcação no transporte de cabotagem	16
Figura 11 – Abrangência do Estudo do Transporte Hidroviário na Amazônia	19
Figura 12 – Cinco Maiores Linhas de Movimentação de Passageiros na Amazônia	20
Figura 13 – Movimentação de Passageiros por Hidrovias na Região Metropolitana do RJ.....	21
Figura 14 – Quantidade de Passageiros do Transporte Aquaviário Brasileiro em 2012	23
Figura 15 – Passageiro-Quilômetro do Transporte Aquaviário Brasileiro em 2012	23
Figura 16 – Carga Útil Transportada e Tonelada Quilômetro Útil em Hidrovias Interiores no Brasil	25
Figura 17 – Distribuição do Transporte Hidroviário Interior em 2012 em Toneladas e TKU	25
Figura 18 – Participação dos Principais Grupos de Mercadorias em Tonelada Quilômetro Útil e Carga Útil Transportada em 2012 no Transporte de Cabotagem Somente Marítima.....	27
Figura 19 – Carga Útil Transportada e Tonelada Quilômetro Útil no Transporte Aquaviário Brasileiro em 2012.....	28

Figura 20 – Distribuição das Principais Cargas Transportadas no transporte hidroviário e cabotagem s em 2012 (TKU).....	28
Figura 21 – Projeção de Petróleo Produzido e Derivados de Petróleo em m ³ a Serem Transportados em Território Nacional até 2023	33
Figura 22 – Projeção de Óleo Combustível, QAV, GLP e Nafta em toneladas a serem transportados no território nacional até 2031.....	34
Figura 23 – Projeção de Diesel e Gasolina em toneladas a serem transportadas no território nacional até 2031	35
Figura 24 – Projeção grupo de mercadoria “COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS” em toneladas a serem transportadas em território nacional até 2031	35
Figura 25– Projeção de Coque de Petróleo em m ³ e toneladas a serem transportados em território nacional até 2031	36
Figura 26– Projeção da Produção das <i>Commodities</i> do Agronegócio até 2031	37
Figura 27 – Milhões de toneladas e bilhões de TKUs transportadas em hidrovias e cabotagem conforme análise proveniente das taxas de crescimento governamentais dos produtos transportados	40
Figura 28 – Projeção de TKU até 2031 oriundas dos indicadores de crescimento governamentais dos produtos transportados em hidrovias e cabotagem.....	40
Figura 29 – Projeção da Participação dos Principais Grupos de Mercadorias no Transporte Hidroviário e Cabotagem de acordo com Indicadores de Crescimento Governamentais dos Produtos	41
Figura 30 – Distribuição por Modais da Matriz de Transportes Nacional em TKU	42
Figura 31 – Tonelada quilometro útil transportado por modal segundo o PNLT em 2011	43
Figura 32 – Bilhões de TKUs de acordo com os cenários estabelecidos pelo PNLT	46
Figura 33 – Bilhões de TKUs de acordo com os cenários estabelecidos pelo PNLT, e taxas de crescimento anual de cada cenário.....	47

Figura 34 – Distribuição das Principais Cargas Transportadas em TKU no transporte hidroviário e cabotagem em 2031 no Cenário PAC do PNLT	47
Figura 35 – Distribuição das Principais Cargas Transportadas em TKU no transporte hidroviário e cabotagem em 2031 no Cenário PAC + PNLT do PNLT	48
Figura 36 – Microrregiões estudadas para a Bacia Tocantins-Araguaia	50
Figura 37 – Milhões de toneladas e bilhões de TKUs transportadas em hidrovias conforme análise executada pelo PNIH	52
Figura 38 – Bilhões de TKUs no transporte hidroviário projetados pelo PNLT e PNIH	53
Figura 39 – Distribuição das Principais Cargas Transportadas em TKU no Transporte Hidroviário de acordo com o PNIH para 2030	54
Figura 40 – Distribuição da participação das Bacias Hidrográficas nas Cargas Transportadas em TKU no Transporte Hidroviário de acordo com o PNIH em 2030.....	54
Figura 41 – Localização geográfica e movimentação total dos portos públicos organizados em 2010.....	56
Figura 42 – Milhões de toneladas e bilhões de TKUs transportadas em hidrovias conforme crescimento dos portos previstos pelo PNLP.....	58
Figura 43 – Distribuição das Principais Cargas Transportadas em TKU no transporte hidroviário e cabotagem em 2031 devido ao PNLP	58
Figura 44 – Comparaçao da Participação dos Portos Analisados pelo PNLP nas Movimentações de Cargas em toneladas.....	59
Figura 45 – Bilhões de TKUs no transporte hidroviário projetados pelo PNLT, PNIH E PNLP	60
Figura 46 – Bilhões de TKUs do transporte de cabotagem projetados pelo PNLP e PNLT	61
Figura 47 – Participação dos 20 portos contemplados pelo PNLP na cabotagem em 2012	62
Figura 48 – Participação dos 20 portos contemplados pelo PNLP na cabotagem em 2031	62
Figura 49 – Projeções de TKU até 2031 do transporte hidroviário interior com as obras previstas pelo PHE e do total do transporte hidroviário com base nos indicadores governamentais de crescimento dos produtos transportados em longo curso e cabotagem interior.....	66

Figura 50 – Bilhões de TKUs no transporte hidroviário projetados pelo PNLT, PNIH, PNLP e PHE	68
Figura 51 – Crescimento Populacional da Região Norte e Estado do Rio de Janeiro de 2012 a 2030.....	69
Figura 52– Projeção de pkm até 2031 do Transporte Aquaviário de Passageiros no Brasil	71
Figura 53 – Comparação entre Seis maiores linhas de navegação aquaviária de passageiros em passageiro quilômetro útil com pkm de 2012 e 2031	72
Figura 54 – Porte Médio por Tipo de Embarcação da Cabotagem e Navegação Interior	74
Figura 55 – Instalação de Rebordos.....	76
Figura 56 – Hélice do Tipo <i>Tip Winglets</i>	77
Figura 57 – Hélice do Tipo <i>Nozzles</i>	77
Figura 58 – Hélice do Tipo <i>Boss Cap With Fins</i>	78
Figura 59 – Sistema de Propulsão Integrado ao Leme	78
Figura 60 – Embarcação com um Sistema de Recuperação de Calor.....	80
Figura 61 – Embarcação Provista de <i>Towing Kite</i>	82
Figura 62 – Ilustração de uma Embarcação Provista de Rotores <i>Flettner</i>	82
Figura 63 – Contribuições das macro-ações de eficiência energética após ganhos energéticos ..	96
Figura 64– Consumo de Óleo Diesel e Óleo Combustível no Segmento Hidroviário entre 1996 e 2012.....	97
Figura 65 – Bilhões de Tonelada Quilômetro Útil no Transporte Aquaviário entre 1996 e 2012	100
Figura 66 – Consumos Específicos de Óleos Diesel e Combustível no Transporte Aquaviário de Cargas entre 1996 e 2012.....	101
Figura 67 – Consumos Específicos de Óleos Diesel no Transporte Aquaviário de Passageiros entre 1996 e 2012.....	103

Figura 68 – Projeção do consumo específico de diesel para o transporte hidroviário de cargas a partir de ações de eficiência energética propostas	105
Figura 69 – Projeção do consumo específico de óleo combustível para o transporte de cabotagem a partir de ações de eficiência energética propostas	105
Figura 70 – Projeção do consumo específico de diesel para o transporte aquaviário de passageiros a partir de ações de eficiência energética propostas	106
Figura 71 – Projeção de demanda de diesel para o transporte aquaviário de passageiros	107
Figura 72 – Projeção de demanda de diesel para o Transporte Hidroviário de Cargas devido ao Crescimento do Grupo de Mercadorias	109
Figura 73 – Projeção de Demanda de Óleo Combustível na Cabotagem devido ao Crescimento do Grupo de Mercadorias.....	109
Figura 74 – Projeções de Demanda de Óleo Diesel Marítimo do Transporte Hidroviário de Cargas devido ao Plano Nacional de Logística e Transportes	111
Figura 75 – Projeções de Demanda de Óleo Combustível Marítimo na Cabotagem devido ao Plano Nacional de Logística e Transportes.....	112
Figura 76 – Projeções de Demanda de Óleo Diesel Marítimo do Transporte Hidroviário de Cargas devido ao Plano Nacional de Integração Hidroviária	113
Figura 77 – Projeções de Demanda de Diesel Marítimo do Transporte Hidroviário de Cargas devido ao Plano Nacional de Logística Portuária	114
Figura 78 – Projeções de Demanda de Óleo Combustível Marítimo na Cabotagem devido ao Plano Nacional de Logística Portuária.....	115
Figura 79 – Projeção da Participação do Transporte Hidroviário Interior no total do Transporte Hidroviário no Brasil	116
Figura 80 – Projeções de Demanda de Diesel Marítimo do Transporte Hidroviário de Cargas devido ao Plano Hidroviário Estratégico	116
Figura 81– Projeção de Consumo de Óleo Diesel Marítimo para o Tranporte Hidroviário de Cargas e Passageiros até 2031 no Cenário de Referência.....	121

Figura 82– Projeção de Consumo de Óleo Diesel Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas e Passageiros até 2031 no Cenário Alternativo	122
Figura 83– Projeção de Demanda de Óleo Diesel Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas e Passageiros até 2031 no Cenário de Referência sem considerar o PNIH	123
Figura 84– Projeção de Demanda de Óleo Diesel Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas e Passageiros até 2031 no Cenário Alternativo sem considerar o PNIH	124
Figura 85– Projeção de Demanda de Óleo Combustível Marítimo para o Transporte de Cabotagem até 2031 no Cenário de Referência	125
Figura 86– Projeção de Demanda de Óleo Combustível Marítimo para o Transporte de Cabotagem até 2031 no Cenário Alternativo	126
Figura 87– Projeção Média de Demanda de Óleo Diesel (sem o PNIH) e Óleo Combustível para o transporte aquaviário entre 2015 e 2031	127
Figura 88 – Rotas de Escoamento de Soja entre Lucas do Rio Verde e Santarém.....	130
Figura 89 – Balanço de demanda e produção de óleo combustível até 2023	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo Final de Energia no Setor de Transportes Nacional por Modal.....	9
Tabela 2 – Comparaçao de Custos em Reais por Tonelada Transportada.....	9
Tabela 3 – Principais Terminais de Uso Privado e suas Localizações	15
Tabela 4 – Tarifas do Transporte Hidroviário no Rio de Janeiro em 02/02/2015	22
Tabela 5 – Exemplos de Transporte Hidroviário em Território Nacional	24
Tabela 6 – Tonelagem e Distâncias Médias dos Grupos de Mercadorias Transportados no Transporte Hidroviário e Cabotagem em 2012.....	30
Tabela 7 – Densidades Consideradas para as mercadorias do grupo “COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS”.....	36
Tabela 8 – Projeção dos Produtos de Origem Mineral a serem transportados em território nacional até 2031	38
Tabela 9 – Projeção de Taxas de Crescimento de Outros Grupos de Mercadorias para Análise do Transporte Aquaviário	39
Tabela 10 – Investimentos previstos pelo PNLT para o transporte aquaviário	44
Tabela 11 – Participações Previstas em TKU pelo PNLT no Transporte de Carga com obras do PAC e PNLT (em %)	45
Tabela 12 – Diferença percentual do fluxo de cargas transportadas em TKU no modal hidroviário entre o Cenário PAC + PNLT e o Cenário PAC, previstos no PNLT (em %)	48
Tabela 13 – Investimentos e correspondentes movimentações de carga incrementais previstos em terminais até 2030 pelo PNIH.....	51
Tabela 14 – Projeção de toneladas transportadas através do THI por Hidrovia pelo Plano Hidroviário Estratégico.....	64
Tabela 15 – Distância Média Percorrida e Projeção da Tonelada Quilômetro Útil para 2031....	65
Tabela 16 – Início das Obras Após Projeto e Términos das Obras, Renovação e Expansão da Frota e Construção e Ampliação de Terminais	67

Tabela 17 – Ganhos de Eficiência do Sistema de Injeção de Ar no Casco	75
Tabela 18 – Ganhos de Eficiência relativos às Tecnologias Incrementais nas Embarcações	81
Tabela 19 – Ganhos de Eficiência do Sistema <i>Towing Kite</i>	81
Tabela 20 – Relação da velocidade, potência do motor e consumo de combustível	84
Tabela 21 – Ganhos máximos energéticos das embarcações.....	87
Tabela 22 – Cenários Considerados para Obtenção do Consumo de Combustíveis	89
Tabela 23 – Penetração de Ações de Eficiência Energética nas Embarcações.....	92
Tabela 24 – Cronograma de Ações de Eficiência Energética em Embarcações Existentes	93
Tabela 25 – Estimativa da relação das novas embarcações perante o total	94
Tabela 26 – Ganhos Energéticos a partir de Medidas de Eficiência Energética (em%).....	95
Tabela 27 – Tonelada Quilômetro Útil e Passageiro Quilômetro entre 1996 e 2010 do transporte aquaviário.....	98
Tabela 28 – Consumo de Combustível Marítimo entre 1996 e 2010 para o transporte de cargas e passageiros	99
Tabela 29 – Tonelada Quilômetro Útil do transporte hidroviário e cabotagem somente marítima	100
Tabela 30 – Consumos Específicos de Combustível por TKU e pkm e por tipo de transporte..	104
Tabela 31 – Demanda de Diesel para o Transporte Aquaviário de Passageiros nos Cenários Analisados	107
Tabela 32 – Projeção de Demanda de Diesel Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas nos 12 cenários analisados	117
Tabela 33 – Projeção de Demanda de Óleo Combustível Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas nos 6 cenários analisados	118
Tabela 34 – Demanda de combustível do transporte hidroviário e cabotagem	128
Tabela 35 – Diferença das rotas de escoamento de Soja entre Lucas do Rio Verde e Santarém	130

LISTA DE SIGLAS

ANP – agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis

ANTAQ – agência nacional de transportes aquaviários

O&M - operação e manutenção

OCM - óleo combustível marítimo

ODM - óleo diesel marítimo

PAC - programa de aceleração do crescimento

PDE - plano decenal de expansão de energia

PHE - plano hidroviário estratégico

pkm – passageiro quilômetro

PNIH - plano nacional de integração hidroviária

PNLP - plano nacional de logística portuária

PNLT - plano nacional de logística e transportes

PNM - plano nacional de mineração

THI - transporte hidroviário interior

TKU – tonelada quilômetro útil

TPB - tonelagem de porte bruto

TUP - terminal de uso privado

1 – INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

O transporte aquaviário de cargas, representados pelo modal hidroviário e pela cabotagem, por ter custos de frete inferiores aos dos outros modais de transporte de cargas em virtude fundamentalmente de seu menor consumo de combustível por carga transportada, e o transporte aquaviário de passageiros têm sido objeto de análise do Governo Federal, que prevê planos de expansão para o transporte aquaviário até o horizonte de 2031. Desde 2007, quatro planos governamentais foram concebidos e, associados ou não, devem gerar impacto na matriz de transportes nacional, que é majoritariamente rodoviária, principalmente no transporte de cargas, caso suas metas sejam cumpridas quanto às obras e intervenções nos portos, terminais e hidrovias. A diferença entre esses planos governamentais e os seus respectivos impactos não foram ainda reunidos por um estudo para que haja uma comparação tanto para obtenção dos indicadores estimados do fluxo do setor de transporte aquaviário (tonelada quilômetro útil transportado - TKU e passageiro quilômetro - pkm) quanto para a projeção da demanda de combustíveis fósseis.

1.2 Objetivo

O objetivo principal da dissertação é criar cenários de demanda de óleo diesel e óleo combustível marítimos nos anos de 2015, 2020, 2025 e 2031 para o transporte aquaviário nacional, que inclui o transporte de cargas (vias interiores e cabotagem) e o transporte de passageiros, considerando o ano base de 2012, a partir de diferentes fluxos de transporte oriundos dos quatro planos governamentais, que projetam o setor no horizonte até 2030 (Plano Nacional de Integração Hidroviária e Plano Nacional de Logística Portuária) ou 2031 (Plano Nacional de Logística e Transportes e Plano Hidroviário Estratégico). Como requisito para alcançar esses valores, como dois objetivos periféricos, encontram-se: a obtenção da totalização das quantidades de TKU e pkm por cenário analisado, e as estimativa dos consumos específicos de combustível marítimo por tonelada-quilômetro útil e passageiro quilômetro nos cenários de referência, que replicam o consumo específico médio histórico para toda a análise, e os cenários alternativos, que

consideram a inserção de medidas de eficiência energética de caráter tecnológico e operacional ao longo do período 2013-2031. Cabe ressaltar que esta dissertação desconsidera a projeção de demanda de combustíveis marítimos oriunda do transporte marítimo de longo curso internacional, bem como qualquer fluxo de cargas não constantes no histórico da ANTAQ relativo ao transporte em hidrovias interiores e cabotagem, como eventuais cargas transportadas não descritas em ANTAQ (2013b) pelos navios de apoio offshore e portuário¹.

1.3 Estrutura do Trabalho

Após o capítulo 1, de caráter introdutório, que além de apresentar o objetivo, justifica a escolha o tema e apresenta a estrutura da dissertação, o segundo capítulo demonstra o panorama atual da matriz brasileira de transportes de cargas e passageiros. O capítulo dois também apresenta sucintamente os demais modais de transporte utilizados (rodoviário e ferroviário), para em seguida adentrar nas particularidades do transporte aquaviário de cargas e passageiros.

O terceiro capítulo apresenta os quatro planos governamentais previstos pelo Governo Federal para a expansão do transporte hidroviário e cabotagem, PNLT, PNIH, PNLP e PHE, e cada seção apresenta (no caso somente do PNLT), ou calcula, as projeções relativas à tonelada quilômetro útil transportada (TKU) para os anos disponíveis até o período final da análise (2031). Ainda no capítulo 3 são feitas análises em separado dos planos governamentais contemplados, que para o transporte aquaviário de passageiros é uma única para todo o trabalho, e é baseada no crescimento populacional das respectivas regiões do país para a projeção da quantidade de passageiro quilômetro transportado (pkm). Para o transporte de cargas foi executada uma análise baseada nas taxas de crescimento dos produtos transportados (grupos de mercadorias) nas hidrovias e cabotagem, que serve para confrontar como estão posicionados os resultados obtidos a partir dos planos governamentais da área de transporte aquaviário versus o crescimento “natural” do setor.

¹ Os navios de transporte de apoio offshore são embarcações de suporte às plataformas de exploração e produção de petróleo como, por exemplo, os navios PSV (Plataform Supply Vessel), que transportam água potável, salmoura, fluido de perfuração, cimento, óleo combustível, entre outros insumos. Já os navios de apoio portuário operam restritivamente nos portos e terminais aquaviários com atividades de reboque, transbordo de carga, atracação e desatracação, dentre outras. Como não há dados disponibilizados acerca das cargas e pessoas transportadas pelo transporte de apoio, a estimativa do consumo de combustível marítimo por essas embarcações não foi considerada tal como também é feito pela EPE nas suas projeções (ANTAQ, 2010b; 2012c; EPE, 2012; 2014a).

O capítulo quatro, intitulado “Oportunidades Tecnológicas e Operacionais para Redução do Consumo de Combustível no Transporte Aquaviário”, apresenta as opções tecnológicas, de manutenção e operação para ganhos energéticos no transporte aquaviário de cargas e passageiros, indicando os potenciais de redução de combustível por tipo de tecnologia e por tipo de embarcação. Os ganhos percentuais apontados por esse capítulo servem de parâmetro para elaboração do cenário alternativo no capítulo cinco.

O capítulo cinco, “Resultados de Demanda de Óleo Diesel e Óleo Combustível Marítimos”, contempla inicialmente as premissas consideradas, que consistem na obtenção do consumo específico (intensidade energética em volume de combustível por TKU ou pkm) do ano base (2012), além de indicar as considerações para os cenários de referência e alternativo. Esses cenários possuem doze variações de resultados para o óleo diesel marítimo e seis para o óleo combustível marítimo, onde metade dos cenários é definido como referência, e o restante, que contém medidas de eficiências energética, é intitulado como cenários alternativos. Também são apresentados comparativos entre os diversos resultados encontrados e o estabelecimento de uma crenização média. Para um melhor esclarecimento do que foi realizado nesta dissertação, a Figura 1 apresenta a sequência de etapas desde a formatação da linha de base de 2012, que contempla a quantidade de toneladas ou passageiros e distância média percorrida por grupo de mercadoria ou linha de navegação de passageiros, até a obtenção dos resultados de demanda de combustíveis marítimos.

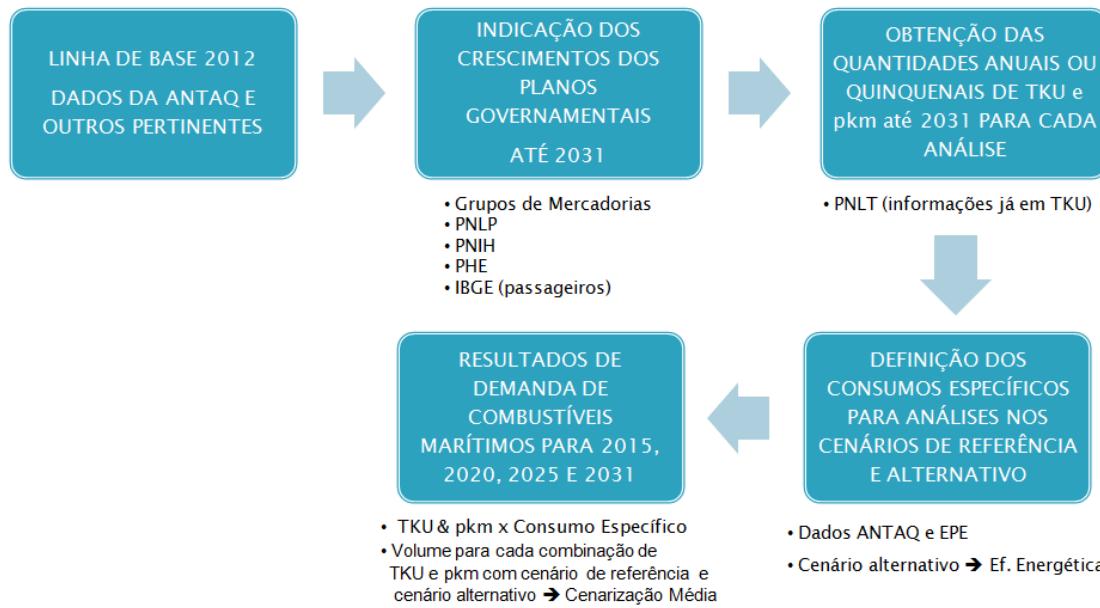


Figura 1 – Sequência de etapas realizadas para obtenção da demanda de combustíveis marítimos

Fonte: Elaboração própria

No capítulo de “Considerações Finais” são destacados e interpretados os resultados, com as ressalvas e observações necessárias. Também são sugeridos estudos futuros relacionados ao tema da dissertação para continuidade da pesquisa.

2 - DESCRIÇÃO DO SETOR DE TRANSPORTES DO BRASIL

Este capítulo tem a finalidade de apresentar o setor de transporte nacional, no âmbito do transporte de carga e passageiros, e detalhar o modal aquaviário, objeto da dissertação.

2.1 Panorama Geral do Setor de Transportes no Brasil

Em 2012, o setor de transportes contribuiu com 4,23% do PIB nacional, com cerca de 85 bilhões de dólares americanos. No âmbito energético, entretanto, dos diversos subsetores da economia nacional, o setor de transportes, que está classificado dentro do setor de serviços, é o quarto pior em relação à energia despendida versus a agregação de PIB do nosso país. Para cada um milhão de dólares acrescido ao PIB, o setor de transportes tem de consumir 935 toneladas equivalentes de petróleo, enquanto o setor de mineração, por exemplo, consome cerca de um sétimo disso para um mesmo valor agregado à economia (EPE, 2013).

De acordo com FIESP (2012), de todo o faturamento das empresas industriais brasileiras, 7,2% é gasto com logística, conforme divisão apresentada na Figura 2. Contudo, poderia ser um ponto percentual inferior caso não houvesse uma infraestrutura deficiente de logística no país, fazendo com que essa ineficiência causada por manutenções adicionais, devido às más condições das estradas, tempo de espera ou atraso e armazenamento adicional das mercadorias. Essas despesas adicionais das empresas industriais, que também ocorrem para o setor de serviços e de agricultura, levam a um acréscimo médio de 1,8% no preço final dos produtos industriais.

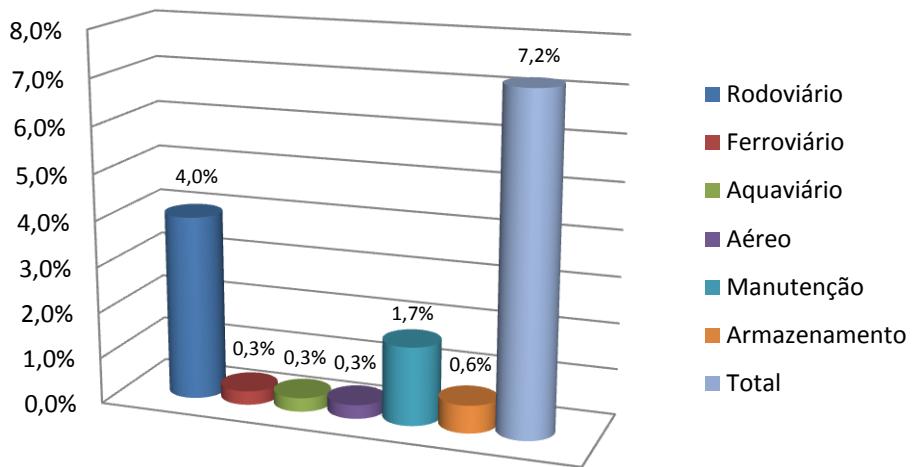


Figura 2 – Divisão dos Custos de Logística relacionados ao Faturamento da Indústria Nacional

Fonte: FIESP, 2012

No Brasil, o setor de transportes ainda está defasado no desenvolvimento de infraestrutura em comparação com países de dimensões semelhantes, como é demonstrado na Figura 2. Na comparação com Estados Unidos, China, Rússia, Canadá e Austrália, a densidade de infraestrutura das malhas rodoviária e ferroviária do Brasil, que é a razão da quilometragem de rodovias pavimentadas e ferrovias existentes pela área territorial do país, é a menor de todos os países considerados.

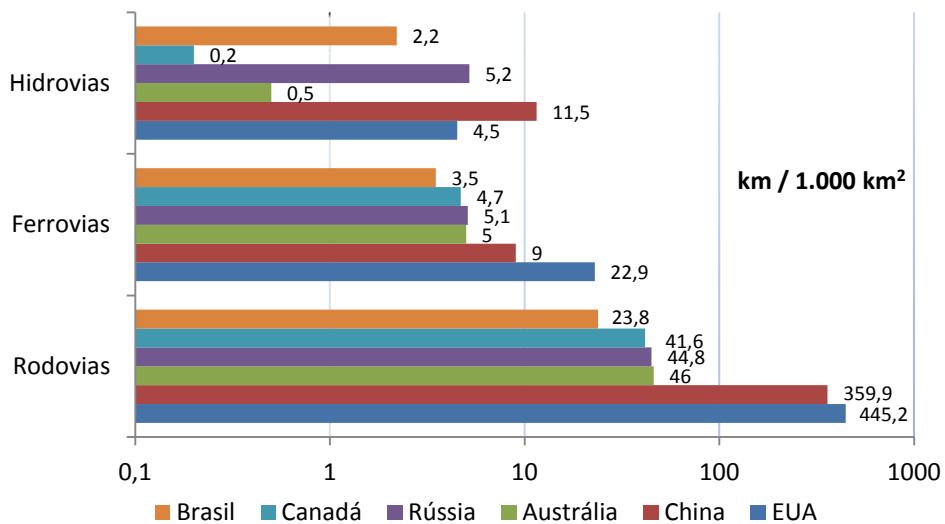


Figura 2 – Densidade de Infraestrutura de Transportes em Países Selecionados

Fonte: CNT, 2011; 2013a

Especificamente no transporte hidroviário, para o qual o indicador do país é superior ao do Canadá e da Austrália, o Brasil possui uma infraestrutura construída inferior ao seu potencial. Com uma utilização das hidrovias interiores de acordo com o seu potencial, o Brasil estaria posicionado em densidade de vias navegáveis entre China e Rússia (CNT, 2013a).

No transporte de cargas, em tonelada-quilômetro útil transportada, há a predominância do modal rodoviário, com mais de 55% de participação, na análise comparativa com os modais ferroviário e aquaviário, conforme mostra a Figura 3.

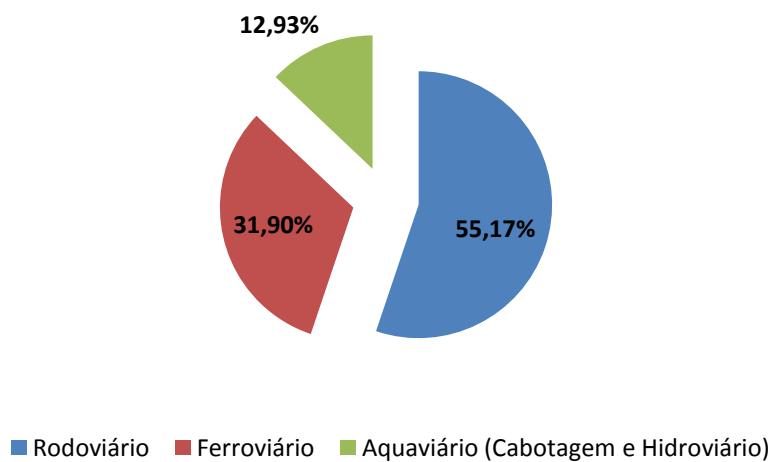


Figura 3 – Tonelada-quilômetro útil transportado por modal em 2011

Fonte: MT, 2012

De acordo com a Figura 4, nota-se que no transporte de passageiros a liderança do transporte rodoviário é ainda maior com mais de 92% de participação, seguido pelo modal aéreo e com participações inexpressivas do modal ferroviário, e principalmente do aquaviário.

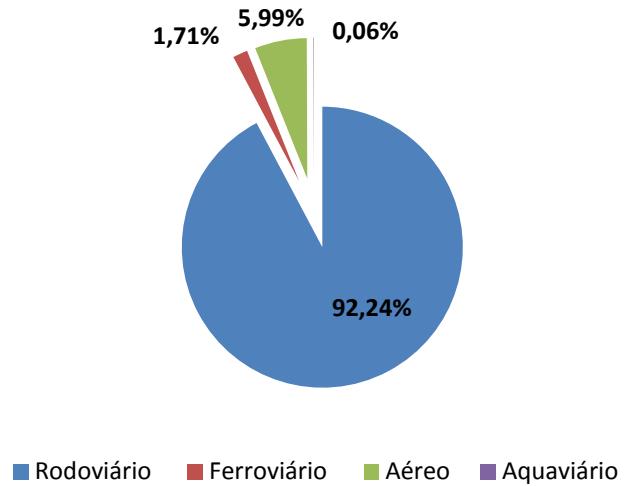


Figura 4 – Passageiro quilômetro por modal em 2010

Fonte: EPE, 2012

Segundo a EPE (2013), em relação ao consumo de energia no setor de transportes, no período de 2003-2012, observou-se um crescimento anual de aproximadamente 5,7%, com o setor de transportes aquaviário tendo crescimento ligeiramente superior, com 5,8% a.a. Esse crescimento expressivo, maior do que o consumo nacional em quase dois pontos percentuais ao ano, proporcionou ao setor de transportes o aumento da sua participação no consumo final de energia de 26,6% em 2003 para 31,3% em 2012, enquanto no consumo de derivados de petróleo, essa participação em 2012 foi de 57,4%, o que em 2003 era 49,7%. No caso do diesel e óleo combustível, o setor de transportes foi responsável respectivamente por 77,9% e 20,7% de todo o consumo em 2012, tendo o óleo diesel marítimo uma importância de cerca de 1% desse montante (529.000m³) e todo o óleo combustível no setor de transportes é usado no transporte aquaviário (1.189.000m³). A comparação do consumo de energia em tonelada equivalente de petróleo (tep) e a evolução de cada modal no período de 2003-2012 podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Consumo Final de Energia no Setor de Transportes Nacional por Modal

(10³tep)	Rodoviário	Ferroviário	Hidroviário	Aerooviário	Total
2003	44.329	767	954	2.241	48.291
2004	47.334	868	1.096	2.392	51.690
2005	48.073	926	1.124	2.596	52.720
2006	49.067	1.040	1.088	2.435	53.630
2007	52.892	1.115	1.338	2.674	58.019
2008	57.370	1.149	1.452	2.874	62.829
2009	57.683	1.125	1.359	3.241	63.041
2010	44.456	1.135	1.380	3.623	69.720
2011	44.329	1.148	1.323	3.820	73.989
2012	47.334	1.181	1.586	3.135	79.308

Fonte: EPE, 2013

Cabe destacar que o maior uso do modal rodoviário vai ao encontro com os elevados custos empregados por quilômetro percorrido, que o torna menos competitivo para longas distâncias, frente aos modais mais eficientes energeticamente, como ferroviário e hidroviário. A Tabela 2 apresenta os custos médios empregados para o transporte de carga no Brasil, contabilizando-se o preço do combustível, manutenção, seguros, lubrificantes, força de trabalho, entre outros.

Tabela 2 – Comparaçao de Custos em Reais por Tonelada Transportada

Quilômetros Percorridos	Rodoviário	Ferroviário	Hidroviário (Navegação Interior)
	R\$ por Tonelada Transportada		
100	49,46	13,0	5,04
250	73,42	25,5	9,50
500	113,36	43,0	16,94
1000	193,23	72,0	31,81
2000	353,31	120,0	61,56

Fonte: MT, 2013

De fato, a economia de escala do transporte hidroviário implica em custos logísticos menores em comparação com os modais rodoviário e ferroviário, refletindo respectivamente em até 62% e 40% na redução de despesas com frete (MT, 2012). Tanto para cabotagem quanto para navegação interior usualmente se faz comparativos desse ganho na forma da quantidade de vagões ou caminhões para se igualar uma embarcação de grande porte, conforme pode ser observado na Figura 5.

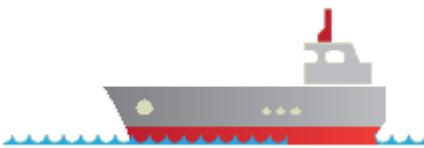
	Uma embarcação de 5000 toneladas
	72 vagões de 70 toneladas cada
	143 caminhões de 35 toneladas cada

Figura 5 – Equivalência de Capacidade de Carga Transportada entre os Modais

Fonte: CNT, 2013a

No consumo de combustível, o transporte hidroviário possui a menor relação de consumo por tonelada-quilômetro útil transportada. De acordo com (CNT, 2013a; b), o transporte rodoviário apresenta um consumo de diesel por mil TKU 3,75 vezes superior ao consumo do transporte realizado no modal hidroviário, conforme referências de consumos específicos, que podem ser observadas na Figura 6.

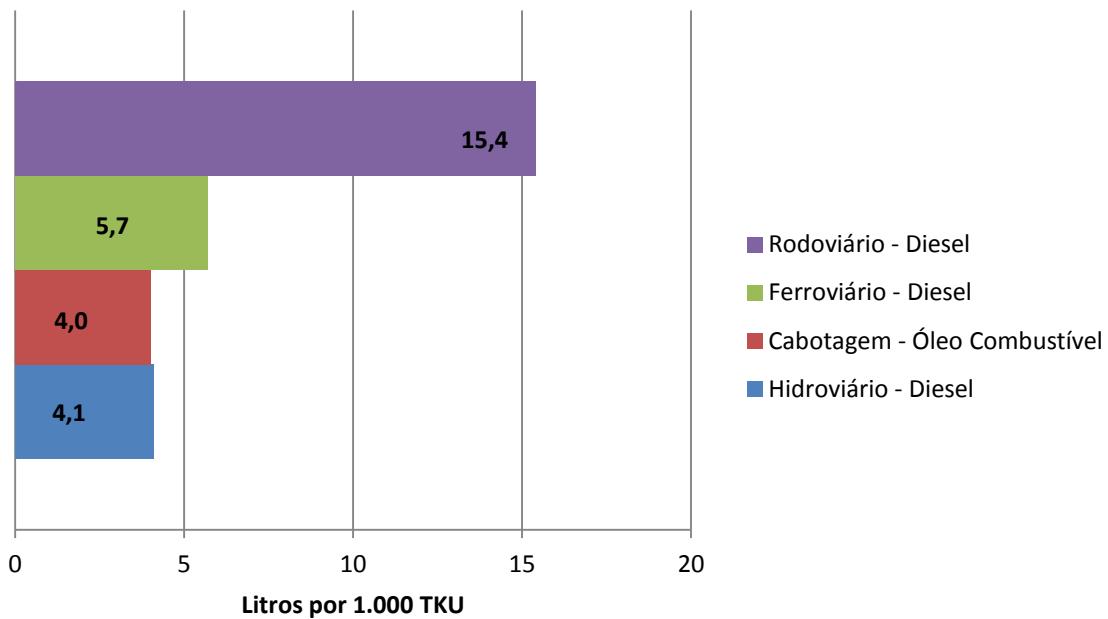


Figura 6 – Consumo de Combustível por 1000 Toneladas Quilômetro Útil Transportadas

Fonte: CNT, 2013a; b

2.2 Modal Aquaviário

Na matriz de transportes brasileira, o transporte aquaviário tem uma participação inferior a 1% no transporte de passageiros em pkm e de 13% no transporte de cargas em TKU através do transporte hidroviário interior e cabotagem (MT, 2012). Dessa forma, os números do transporte aquaviário brasileiro podem ser interpretados como pouco expressivos se comparado, por exemplo, com os Estados Unidos, onde somente o transporte hidroviário interior representa 30% das movimentações de carga em toneladas (MT, 2012). Em relação à navegação hidroviária interior, o Brasil possui uma extensão de rios e lagos com cerca de 63.000 km de extensão, com 21.000 km destes potencialmente navegáveis. Contudo, somente houve navegação comercial em 6.500 km, em 2012 (MT, 2013).

Em termos energéticos, em 2012, o transporte aquaviário representou aproximadamente 2% do consumo final energético do setor de transportes nacional (EPE, 2013), o que demonstra a desproporção perante a sua participação na matriz de transportes. O motivo é a sua maior eficiência energética relacionada diretamente a sua maior capacidade de transporte, seja no

transporte de cargas ou de passageiros, o que reflete diretamente nas emissões de GEE por tonelada de carga ou passageiro transportado. Para efeito de comparação desse indicador no nosso país, o transporte aquaviário no balanço energético referente ao ano 2012 equivaleu aproximadamente ao setor industrial têxtil ou à metade do setor industrial de mineração e pelotização, com 1586 mil toneladas equivalentes de petróleo.

Os insumos energéticos do transporte aquaviário se resumem aos combustíveis fósseis, que incluem o óleo combustível marítimo (*bunker*) e o óleo diesel marítimo, em conformidade com os requisitos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que considera, por exemplo, viscosidade, teor de enxofre e ponto de fulgor diferenciados em relação às variações desses dois combustíveis, que não são aplicados em navegação.

Os doze tipos de óleo combustível marítimo (OCM) comercializados no nosso país são classificados de acordo com a viscosidade cinemática a 50 °C, dada em milímetros quadrados por segundo (mm^2/s) ou em centistokes (cSt), e são adequados para utilização nos motores de combustão interna ciclo Diesel, e atendem aos sistemas de propulsão dos navios de grande porte com baixa e média velocidades. Essas diferentes faixas de viscosidade atendem às necessidades dos motores, com base nas temperaturas possíveis de se aquecer o óleo na instalação que o utiliza. Essa diferença nos valores das viscosidades está relacionada também à quantidade de óleo diesel marítimo na mistura, acarretando na modificação da densidade e outros parâmetros. Já o óleo diesel marítimo, que possui dois tipos (DMA e DMB), além de ser utilizado nos sistemas de geração de energia elétrica dos navios em geral, tem maior aplicação nos motores de propulsão de embarcações de médio e pequeno porte com altas velocidades. O óleo diesel marítimo, seja do tipo DMA, combustível destilado médio, ou DMB, que pode conter pequenas quantidades de óleos de processo do refino, possui uma especificação diferenciada em relação à viscosidade cinemática e densidade, cujos valores são inferiores aos observados para todas as variações do óleo combustível, além de cumprir exigências de outras propriedades físico-químicas tal como o índice de cetano (ANP, 2010; Petrobras, 2013; BR, 2014a; 2014b).

No transporte aquaviário brasileiro, há a predominância na utilização do óleo combustível marítimo, conforme indicado na Figura 7.

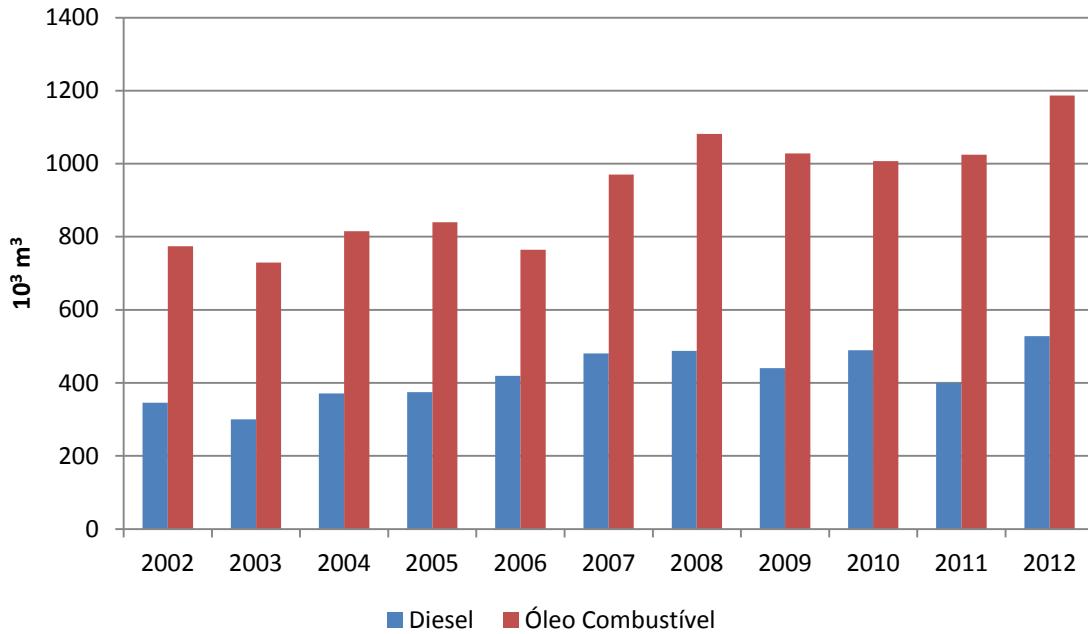


Figura 7 – Consumo de Óleo Diesel e Óleo Combustível no Transporte Aquaviário Nacional

Fonte: EPE, 2013

Em 2012, pelos dados desagregados para o transporte aquaviário da ANP, o óleo combustível marítimo foi comercializado somente em dois estados, Rio de Janeiro e São Paulo, com respectivamente 54% e 46% da realização das compras desse combustível (ANP, 2013b), o que sugere um possível uso final majoritário no transporte de cabotagem (porto a porto) e navegação de áreas de exploração e produção de petróleo até os portos desses estados. O diesel marítimo, por sua vez, não demonstra a mesma concentração, pois abastece a frota de navegação interior do Brasil, onde prevalecem as embarcações de médio e pequeno porte, o que pode ser observado na Figura 8, tendo o estado do Amazonas como seu maior consumidor. O estado do Rio de Janeiro aparece em segundo na lista em virtude do consumo das embarcações de apoio marítimo envolvidas com as atividades de exploração e produção de petróleo na Bacia de Campos (ANP, 2011).

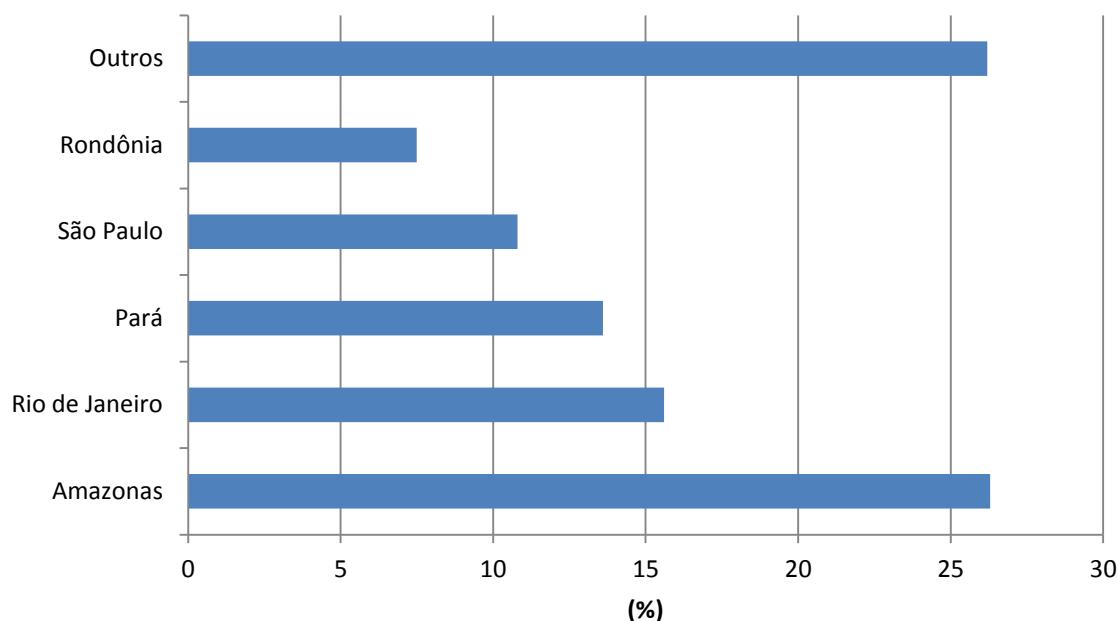


Figura 8 – Principais Estados Compradores de Óleo Diesel Marítimo

Fonte: ANP, 2013b

Além dos principais portos utilizados para destino e origem de mercadorias para navegação interior e cabotagem, indicados na Figura 9, destaca-se no Brasil o uso dos terminais de uso privado (TUP), sendo os mais relevantes apresentados na Tabela 3. Em termos de movimentação de carga, os TUPs têm um papel de grande importância, pois foram responsáveis por 35% das movimentações de carga em toneladas em 2012, enquanto os portos obtiveram o restante da participação (ANTAQ, 2013a).



Figura 9 – Portos de Navegação de Cabotagem

Fonte: CNT, 2013b

Tabela 3 – Principais Terminais de Uso Privado e suas Localizações

TUP	Localização
TUP CVRD Tubarão	Vitória (ES)
TUP Madre de Deus	Madre de Deus (BA)
TUP Ponta da Madeira	São Luís (MA)
TUP Almirante Barroso	São Sebastião (SP)
TUP Ponta do Ubu	Anchieta (ES)
TUP Porto Trombetas	Oriximiná (PA)
TUP MBR	Mangaratiba (RJ)
TUP Alm. Max. Da Fonseca	Angra dos Reis (RJ)
TUP Alm. Tamandaré	Rio de Janeiro (RJ)
TUP Alm. Soares Dutra	Tramandaí (RS)

Fonte: ANTAQ, 2013a

Para todos os tipos de cabotagem brasileira, o que inclui a cabotagem em vias interiores e a cabotagem das bacias de exploração e produção de petróleo aos portos, os dados de frota referentes ao ano de 2012 indicam 155 embarcações registradas e capacidade de transporte de 3.024 TPB² (ANTAQ, 2013b). No entanto, há particularidades para cada tipo (classe) de embarcação quanto à distribuição desses indicadores, conforme pode ser observado na Figura 10. A média de idade dessas embarcações é de 16,5 anos, mas poderia ser menor caso não houvesse uma grande participação dos petroleiros, que possuem média de idade de 21,5 anos (ANTAQ, 2013b, 2014).

Já para o transporte hidroviário interior, embora algumas das embarcações possam ser utilizadas em cabotagem interior (porto a porto), as informações de frota disponíveis de forma desagregada, datadas de 2010, apresentam 1.308 embarcações registradas com capacidade total de transporte de 1.239 TPB e com média de idade de 16 anos (ANTAQ, 2011a).

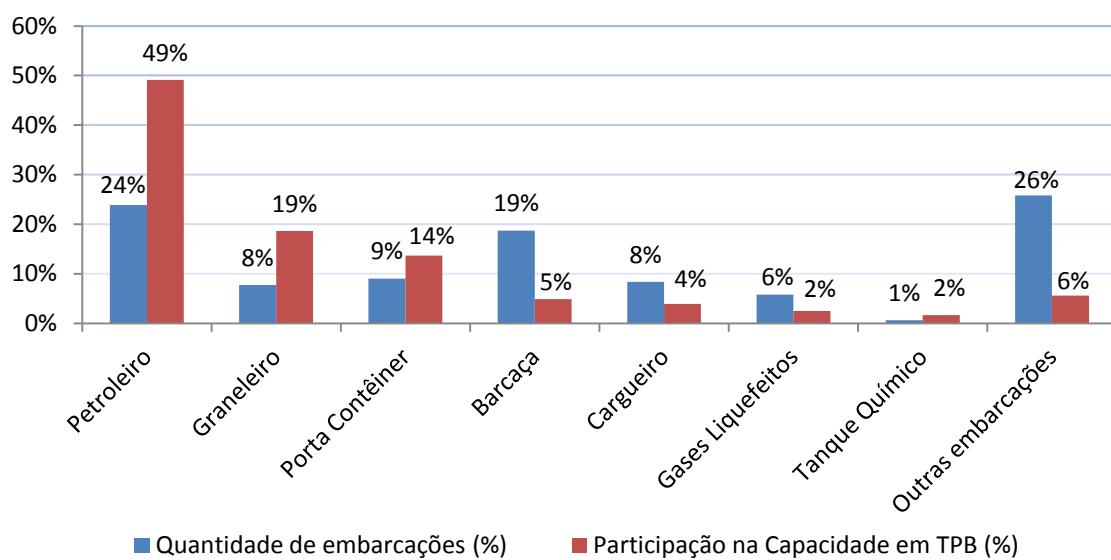


Figura 10 – Quantidade e TPB por tipo de embarcação no transporte de cabotagem

Fonte: ANTAQ, 2013b

² A tonelagem de porte bruto (TPB) é o peso em toneladas que uma embarcação tem capacidade de transportar, incluídos carga, combustível, aguada, lubrificantes, víveres, sobressalentes, isto é, tudo o que for necessário para a ocorrência da sua completa operação, incluindo tripulação e seus pertences (MT, 2014).

Quanto ao consumo de combustível, sem considerar os casos de retorno da embarcação sem carga, o transporte hidroviário e a cabotagem apresenta um consumo de combustível marítimo de referência na ordem de 4 a 5 litros por 1000 TKU (MT, 2010; CNT, 2013a). No caso da cabotagem, quando utilizado o óleo combustível marítimo, este consumo em litros seria aproximadamente 12% maior do que o óleo diesel marítimo devido a sua menor conversão energética (EPE, 2013). Entretanto, para o transporte aquaviário, tal indicação é uma aproximação grosseira, pois o óleo combustível marítimo é necessariamente uma mistura do óleo combustível, que contém uma quantidade variável de óleo diesel marítimo, entre 3,5% (limite mínimo do óleo combustível marítimo *bunker C*) até 52% (limite superior do óleo combustível tipo Marine Fuel 30). Este trabalho, tanto na abordagem histórica do consumo de combustível marítimo quanto nas projeções de demanda até 2031, não detalhará as participações das doze variações de óleo combustível marítimo, que estão associadas à viscosidade, à densidade e outros parâmetros, de acordo com os requisitos de aromaticidade do óleo combustível exigidos por cada motor das embarcações (Petrobras, 2013; BR, 2014a; 2014b).

De modo geral, o Brasil tem colocado o transporte aquaviário como uma das soluções para ganho de competitividade na redução do frete das mercadorias nacionais comercializadas no Brasil e no exterior. Para alavancar o transporte hidroviário, foram elaborados o Plano Hidroviário Estratégico (PHE) pelo Ministério dos Transportes, o Plano Nacional de Integração Hidroviária (PNIH) pela ANTAQ e o Plano Nacional de Logística Portuária (PNLP) pela Secretaria dos Portos, entre os anos de 2012 e 2013, sendo que o último citado também contempla aumentos dos fluxos de transporte para a cabotagem. Um adequado planejamento, idealizado pelo Governo Federal, poderá tornar exequível todas as obras necessárias para a expansão do modal aquaviário. Dessa forma, os novos investimentos teriam de ser executados de acordo com o orçamento previsto pela União, ao contrário do que foi verificado no período de 2002 a 2012, quando os investimentos relativos à navegação em vias interiores utilizaram cerca de 50% dos 4,8 bilhões de reais autorizados ou no caso da navegação de longo curso e da cabotagem, que se pagou aproximadamente 56% dos 5,91 bilhões de reais autorizados pelo orçamento fiscal da União no referido período (CNT, 2013a; b).

2.2.1 Transporte de Passageiros

Devido à falta de dados atualizados para outras regiões para 2012 e pela maior relevância no cenário nacional, os sistemas de transporte aquaviário de passageiros a serem detalhados nessa dissertação são o transporte de navegação interior na região Amazônica e o transporte marítimo na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, que representaram aproximadamente 95% do transporte de passageiro-quilômetro no referido ano.

Cabe ressaltar que, em 1999, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) divulgou um relatório sobre o transporte aquaviário urbano de passageiros referente ao ano de 1998. Nesse relatório, nove linhas de navegação que realizavam os trajetos nas cidades de Salvador, Santos, Aracaju, Vitória e São Luís transportaram 13.109.920 passageiros e 76.921.843 passageiros quilômetros. Dessas linhas, duas apresentaram grande representatividade, que são as linhas: Santos (Praça da República)-Guarujá (Vicente de Carvalho) e Salvador-Ilha de Itaparica. Juntas representaram, em 1998, 87% da quantidade de passageiros e 97% da quantidade de passageiro-quilômetro das nove linhas mencionadas. Como a característica do transporte aquaviário nessas cinco cidades se assemelha à região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, isto é, a movimentação de passageiros consiste basicamente no trajeto residência-trabalho, como premissa para definição da quantidade de passageiros transportados em 2012 nessas localidades, foi considerado o mesmo crescimento do transporte de barcas no Rio de Janeiro no período 1998-2012, que foi de 17,7% (BNDES, 1999; IPP, 2014). Uma ressalva deste capítulo, que trata do panorama do ano base (2012) e dos capítulos seguintes que tratam das projeções futuras de pkm e demanda de combustíveis é a ausência, por falta de dados disponíveis, das linhas de navegação existentes nos demais estados do nordeste e sul do país, como os que ocorrem em Paranaguá-PR e Recife-PE.

Na região amazônica, recentemente, o transporte hidroviário de passageiros teve uma redução de fluxo 34,6% (4.708.000 passageiros) devido ao deslocamento para o transporte rodoviário do transporte fluvial relativo às travessias Manaus-Cacau Pereira e Manaus-Iranduba, possibilitado pela construção da ponte do Rio Negro em 2011 (ANTAQ, 2013c).

Por meio de uma pesquisa intitulada de “Caracterização da Oferta e da Demanda do Transporte Fluvial de Passageiros na Região Amazônica”, encomendada pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2013c), cuja área de abrangência é apresentada na Figura 11, conseguiu-se pela primeira vez identificar consistentemente a quantidade e o perfil do transporte de passageiros na região amazônica.

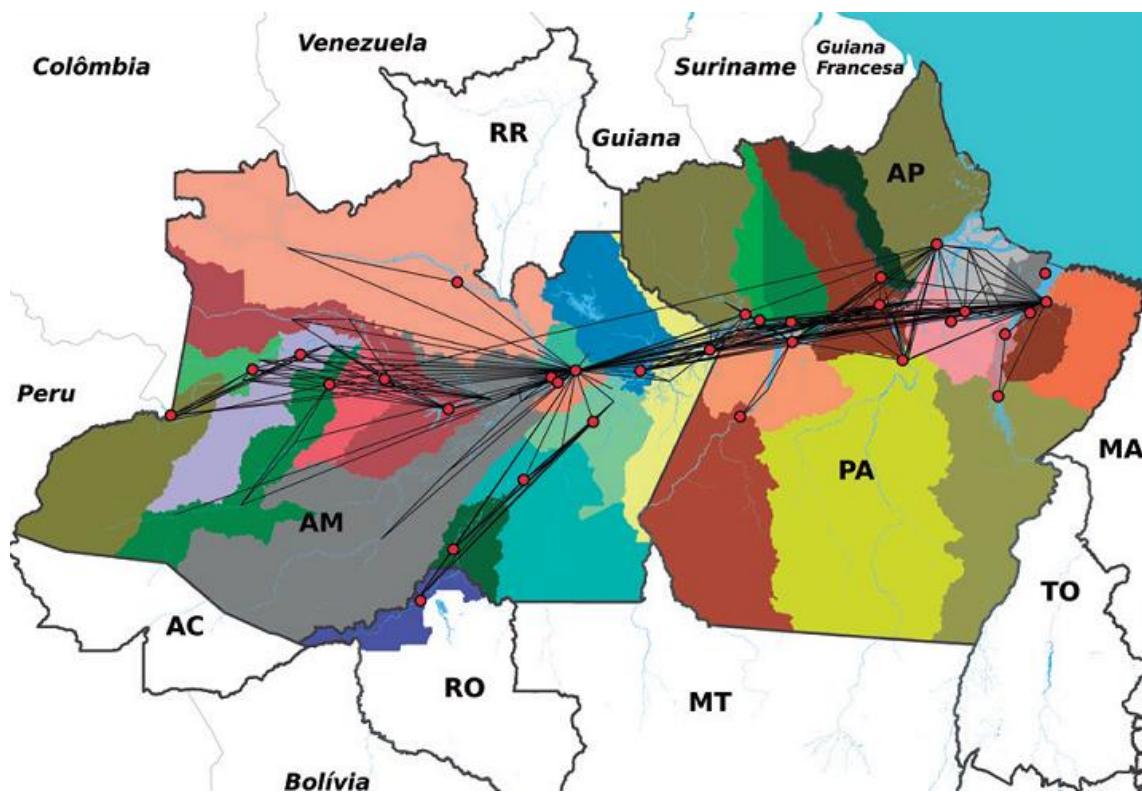


Figura 11 – Abrangência do Estudo do Transporte Hidroviário na Amazônia

Fonte: ANTAQ, 2013c

Essa pesquisa concluiu que em 2011 e 2012 foram transportados uma média anual de 8,894 milhões de passageiros através de 602 embarcações legalizadas em 313 linhas de trajetos estaduais e interestaduais.

Em virtude da grande quantidade de linhas de transporte hidroviário na Amazônia e das diferentes necessidades de movimentação dos habitantes dessa região, ocorrem extremos tanto em trajetos quanto na quantidade de passageiros. Os três quilômetros que separam as cidades paraenses de Almerim e Óbidos e os 2.417 km em hidrovia para se chegar de Eurinépe e Manaus no estado do Amazonas são evidências dessa característica particular do transporte fluvial

amazônico. A respeito da quantidade de passageiros, existem linhas que transportam anualmente menos de centenas de passageiros enquanto outras têm grande participação no transporte de passageiros na região, conforme indicado na Figura 12, que contempla as cinco linhas que transportam mais passageiros, totalizando cerca de 17% do total de pessoas transportadas na região amazônica (ANTAQ, 2013c).

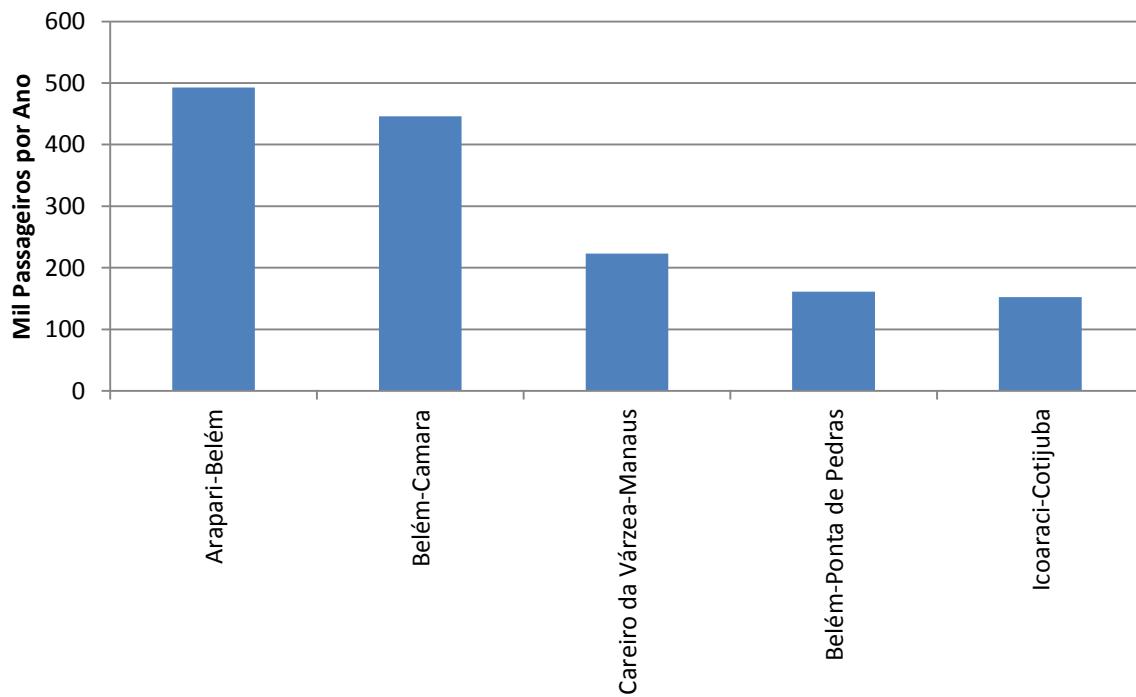


Figura 12 – Cinco Maiores Linhas de Movimentação de Passageiros na Amazônia

Fonte: ANTAQ, 2013c

A região amazônica tem o transporte hidroviário como o mais importante meio de transporte dos seus habitantes em virtude, muitas vezes, da ausência da concorrência de outro modal, como o rodoviário. Por isso, a navegação fluvial é um importante vetor econômico da região norte, onde cerca de 74% da sua população tem renda de até 3 salários mínimos (ANTAQ, 2013c). Tal fato leva a uma infraestrutura portuária e de terminais precária, embarcações com tempo avançado de utilização, ocasionando uma baixa qualidade do transporte hidroviário, nos aspectos de conforto, segurança e tempo de deslocamento (ANTAQ, 2013c).

Devido às diferenças de distância, demanda de passageiros e porte de embarcações, as tarifas do transporte hidroviário de passageiros na Amazônia poderiam ser representadas em reais por

quilômetro percorrido. Utilizando essa metodologia, encontra-se uma tarifa média de R\$ 0,59/km (ANTAQ, 2013c).

A outra grande concentração de transporte aquaviário de passageiros no Brasil se refere ao transporte urbano marítimo de passageiros na região metropolitana do Rio de Janeiro, que inclui diretamente os municípios do Rio de Janeiro e Niterói, com grande influência de passageiros provenientes de municípios próximos a Niterói, como São Gonçalo, Itaboraí e Maricá. O município do Rio de Janeiro possui terminais de passageiros localizados na Praça 15, Cocotá e Paquetá, enquanto a cidade de Niterói tem dois pontos de origem e destino, a praça Araribóia e Charitas.

Ao contrário do transporte aquaviário de passageiros na região Amazônica, esse tipo transporte na região metropolitana do Rio de Janeiro tem grande concentração de passageiros e ocorre somente em 4 linhas. Em 2012, 85,5% da movimentação de passageiros ocorreu em uma das linhas, entre os terminais da praça Araribóia e praça 15. Somadas as outras três linhas, totalizaram-se 28,689 milhões de passageiros nesse referido ano (IPP, 2014). Outra diferença oriunda da existência de poucas linhas, em lugar das 313 da região amazônica, por exemplo, é a facilidade de monitoramento da quantidade de passageiros, conforme pode ser observado na Figura 13, relativa ao histórico entre 2002 e 2012.

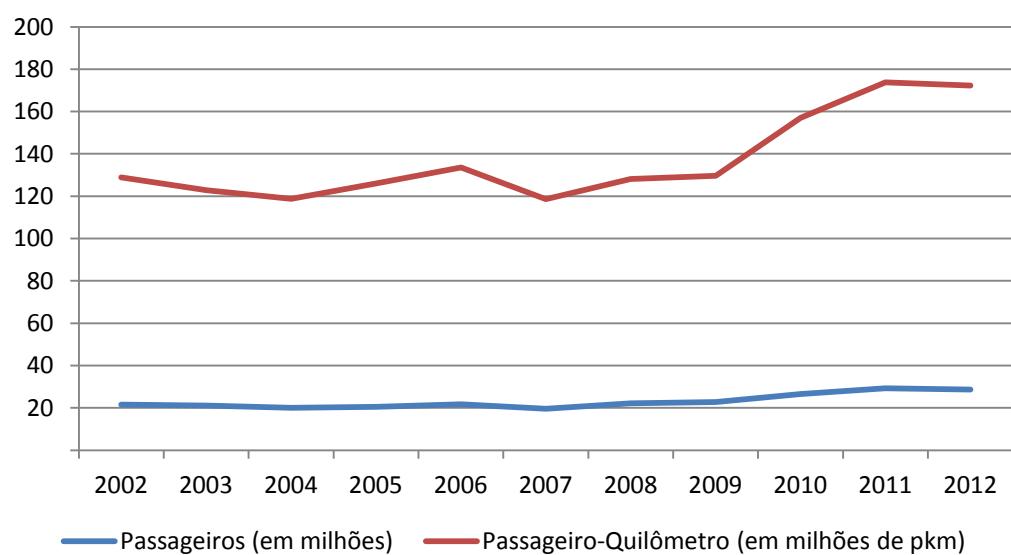


Figura 13 – Movimentação de Passageiros por Hidrovias na Região Metropolitana do RJ

Fonte: IPP, 2014

A respeito das distâncias, a linha de maior quantidade de passageiros (Praça 15-Praça Araribóia) possui 5,0 km, enquanto Praça 15-Paquetá, Praça-15-Cocotá e Praça-15-Charitas possuem 18,53 km, 13,7 km e 8,14 km, respectivamente (ALERJ, 2007). Como em qualquer tipo de transporte de passageiros, há características da composição de tarifação que são referentes ao conforto, tempo de espera no terminal, tempo de viagem, serviços oferecidos, entre outros itens, não são abordados nesse estudo. Por isso, sem considerar esses pontos e da mesma forma que foi analisada a tarifa média do transporte hidroviário na região amazônica, chega-se a um valor de tarifa média do transporte hidroviário de passageiros na região metropolitana do estado Rio de Janeiro de R\$ 0,79/km (ver Tabela 4). Outro aspecto diferenciado desse tipo de transporte no Rio de Janeiro se refere à idade média das embarcações, que é de 47 anos, enquanto a da frota de transporte de passageiros dos estados do Amapá, Amazonas e Pará é de 11 anos (ANTAQ, 2013c; GOVRJ, 2014).

Tabela 4 – Tarifas do Transporte Hidroviário no Rio de Janeiro em 02/02/2015

Linha	Tarifa (R\$)	Tarifa (R\$/km)
Praça 15 – Praça Araribóia	4,80	0,96
Praça 15 – Cocotá	4,80	0,35
Praça 15 – Paquetá	4,80	0,26
Praça 15 – Charitas	13,00	1,60

Fonte: Barcas, 2014

Com os números de passageiros e distâncias das linhas do transporte hidroviário da região amazônica e da região metropolitana do Rio de Janeiro, torna-se possível identificar a relevância de cada uma para composição dos indicadores de transporte hidroviário de passageiros nacional, conforme suas apresentações na Figura 14 e na Figura 15. Assim, em termos gerais, em 2012, incluindo ainda o cálculo aproximado das movimentações de passageiros em outras regiões (Santos, Salvador, Vitória, São Luís e Aracajú) estima-se que o transporte hidroviário de passageiros no Brasil obteve um fluxo de 50,792 milhões de passageiros e uma atividade de 1,983 bilhões de passageiro-quilômetro (pkm)

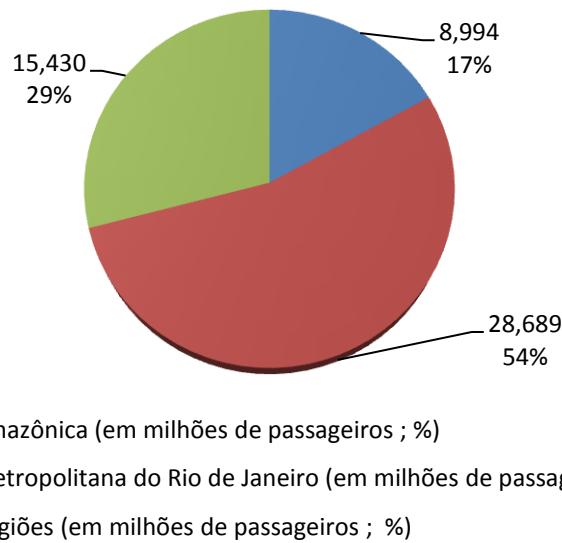


Figura 14 – Quantidade de Passageiros do Transporte Aquaviário Brasileiro em 2012

Fonte: Elaboração a partir de ANTAQ, 2013c; IPP, 2014; BNDES,1999

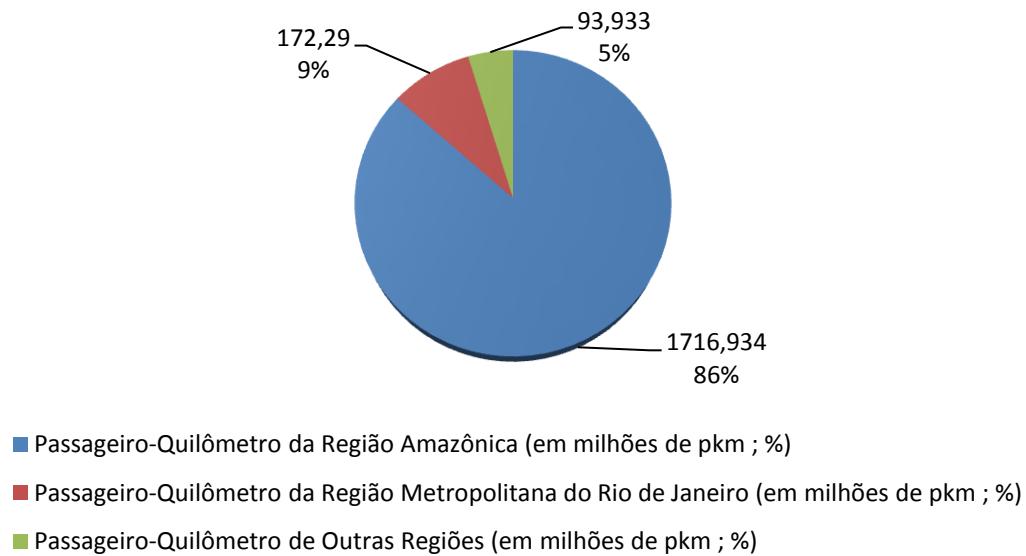


Figura 15 – Passageiro-Quilômetro do Transporte Aquaviário Brasileiro em 2012

Fonte: Elaboração a partir de ANTAQ, 2013c; IPP, 2014; BNDES,1999

2.2.1 Transporte de Carga

O transporte hidroviário interior é dividido em três categorias: navegação interior, cabotagem e navegação interior de longo curso, vide exemplos na Tabela 5. A navegação interior pode ser do

tipo estadual, interestadual ou internacional. No caso da navegação interior internacional e navegação interior de longo curso, a tonelada-quilômetro útil transportada é contabilizada pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) de acordo com coordenadas da linha de base reta da costa brasileira (Decreto nº 4.983/2004), como limite das vias interiores, ou seja, a partir desse ponto de fronteira a quantidade de TKU não é mais contabilizada pela ANTAQ, pois a embarcação já estaria em águas internacionais.

Tabela 5 – Exemplos de Transporte Hidroviário em Território Nacional

Tipo de Transporte Hidroviário	Exemplo de Rota
Cabotagem em Vias Interiores	Santarém (PA) - Santos (SP)
Navegação Interior de Longo Curso	Corumbá (MS) - San Nicolas (ARGENTINA)
Navegação Interior Estadual	Belém (PA) - Moju (PA)
Navegação Interior Interestadual	Manaus (AM) - Porto Velho (RO)
Navegação Interior Internacional	Macapá (AP) – Shangai (CHINA)

Fonte: Elaboração própria

A ANTAQ tem divulgado a carga total útil transportada e a tonelada-quilômetro útil (TKU) em vias interiores desde 2010, o que pode ser observado na Figura 16. Desses dados, conclui-se que em 2011, houve aumentos de 7,1% e 5,2% em toneladas e TKU, respectivamente, enquanto, em 2012, os aumentos foram somente de 1,5% e 1,1% desses indicadores. No caso específico do aumento superior em toneladas do que em TKU em 2011 em comparação com 2010, a principal justificativa foi o crescimento do volume de minério de ferro transportado na bacia hidroviária amazônica por meio de navegação de longo curso, que cresceu 29% em toneladas, e também do aumento em 38% dessa mesma “commodity” na hidrovia do Paraguai na navegação interior. As distâncias percorridas do minério de ferro nas duas bacias hidrográficas estão próximas aos 250 km na hidrovia Solimões-amazonas e 570 km na hidrovia do Paraguai, enquanto, no geral verificado em 2011 e 2011, a distância média percorrida do transporte hidroviário foi de cerca de 770 km, justificando o aumento da quantidade de TKU inferior ao das toneladas transportadas (ANTAQ, 2011b; 2012a; 2013a; 2013d).

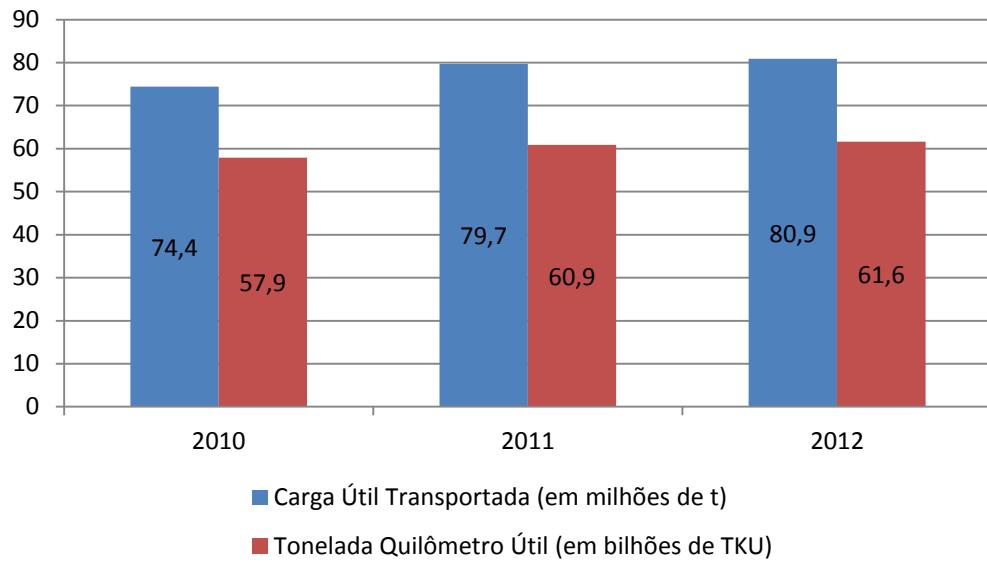


Figura 16 – Carga Útil Transportada e Tonelada Quilômetro Útil em Hidrovias Interiores no Brasil

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2011b; 2012a; 2013a; d

Em relação a 2012, a Figura 17 indica a distribuição entre navegação interior, cabotagem em vias interiores e navegação interior de longo curso. A cabotagem em vias interiores, apesar de ter obtido a menor participação em toneladas transportadas em 2012, supera a navegação em vias interiores e navegação em vias interiores de longo curso no indicador de tonelada quilômetro útil.

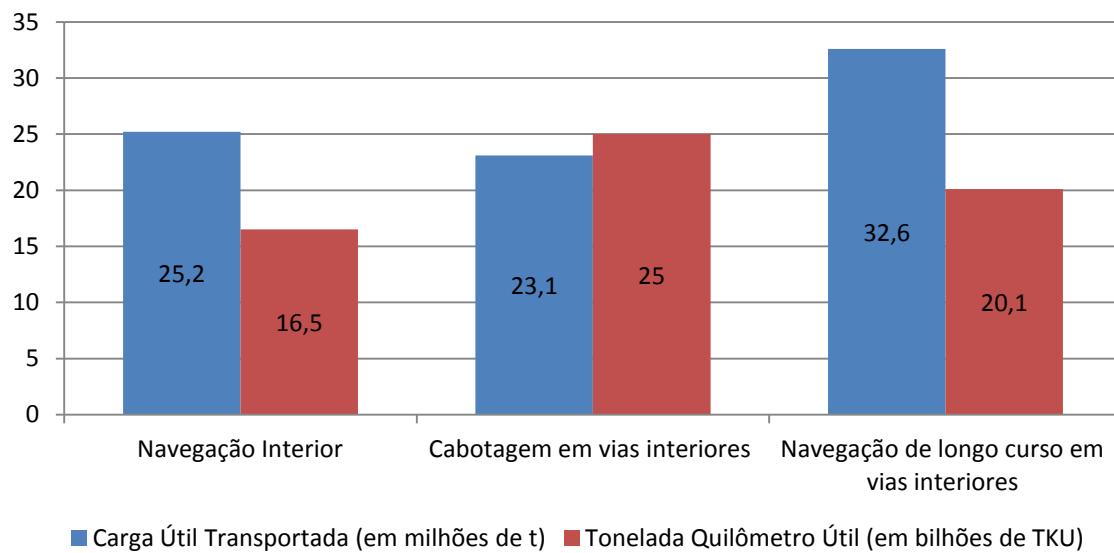


Figura 17 – Distribuição do Transporte Hidroviário Interior em 2012 em Toneladas e TKU

Fonte: ANTAQ, 2011b; 2013d

Tanto em carga útil transportada quanto em tonelada quilômetro útil, as cargas transportadas nas hidrovias interiores têm a concentração de alguns grupos de mercadorias, tais como bauxita, combustíveis, óleos minerais, minério de ferro e soja. De todos esses, a bauxita é o produto com maior quantidade de tonelada quilômetro útil transportada nas hidrovias interiores com 35,9%, onde a cabotagem em vias interiores correspondeu por 68,7% dessas movimentações.

No que se refere à distribuição geográfica do transporte em hidrovias interiores, existe uma participação muita expressiva da hidrovia Solimões-Amazonas tanto em toneladas de carga útil quanto em TKU. Das sete hidrovias destinadas ao transporte de carga com dados disponíveis pela ANTAQ de 2012, apenas a hidrovia do São Francisco possui uma participação irrelevante (0,1%). Em tonelada quilômetro útil, a hidrovia do Solimões-Amazonas teve 76% do *share*, enquanto em carga útil transportada possuiu 55% de participação. A explicação dessa diferença é uma maior proximidade da hidrovia do Tocantins-Araguaia com os portos destinados à cabotagem e exportação das *commodities* na região norte do Brasil, que transformou a participação de 24% em carga útil transportada em apenas 6% em tonelada quilômetro útil. Além dessas duas hidrovias, destacaram-se a hidrovia do Madeira com 9% de participação em TKU, hidrovia do Paraguai com 4%, hidrovia do Paraná-Tietê com 3% e hidrovia do Sul com 2% (ANTAQ, 2013d)

No entanto, as cargas transportadas pela cabotagem brasileira excedem as movimentações nas vias interiores, pois, em 2012, houve 138.645 milhões de toneladas transportadas e 147.453 bilhões de TKU (ANTAQ, 2013d), cuja distribuição é apresentada na Figura 18. Essa grande diferença é explicada pelas cargas tipo granel líquido (petróleo e seus derivados, principalmente), que respondem por mais de 86% de todo o montante da cabotagem em carga útil transportada, cuja maioria da carga transportada não está contabilizada na cabotagem em vias interiores devido à linha de base da costa brasileira mencionada. Cabe destacar que o transporte da bauxita é considerado como cabotagem em vias interiores devido ao uso de portos e terminais fora da costa marítima.

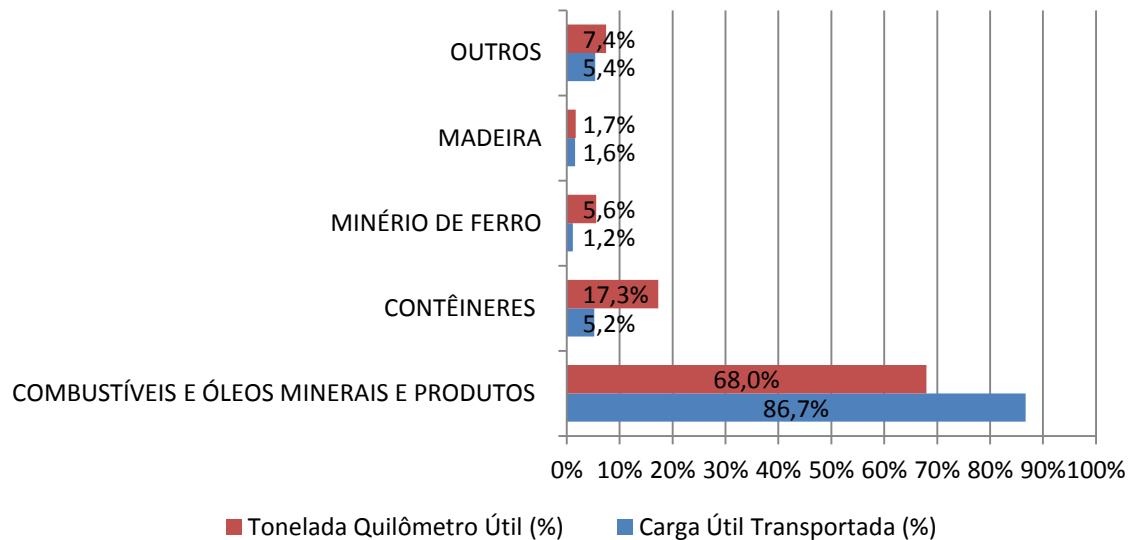


Figura 18 – Participação dos Principais Grupos de Mercadorias em Tonelada Quilômetro Útil e Carga Útil Transportada em 2012 no Transporte de Cabotagem Somente Marítima

Fonte: ANTAQ, 2012b; 2013b

Por isso, uma análise mais abrangente do transporte aquaviário de cargas exigiria incluir o total transportado pela cabotagem, o que leva à contabilização das movimentações entre plataformas de petróleo e portos e os trechos não contemplados pela cabotagem em vias interiores que são os trajetos entre portos e terminais somente marítimos. No caso da cabotagem da bauxita e dos contêineres transportados entre Manaus e Santos, a ANTAQ já contempla essa contabilização na cabotagem de vias interiores. Com isso, a carga útil transportada e a tonelada quilômetro útil em todas as vias interiores, apresentadas na Figura 16, seriam somadas a esses indicadores de cabotagem total e subtraídas da cabotagem em vias interiores, gerando os resultados indicados na Figura 19, que representa com maior fidelidade as cargas transportadas no transporte aquaviário em 2012.

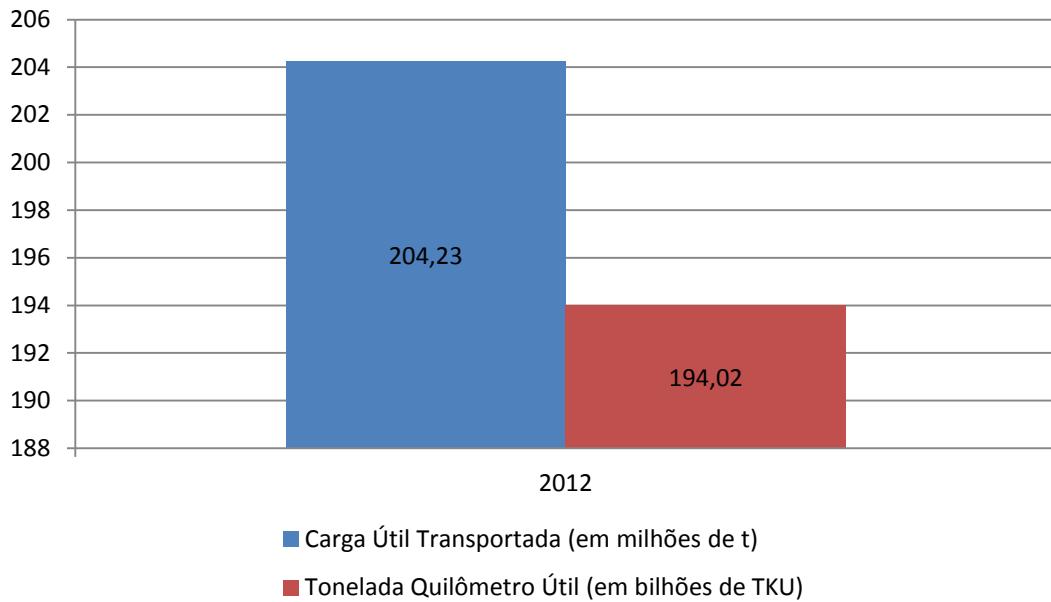


Figura 19 – Carga Útil Transportada e Tonelada Quilômetro Útil no Transporte Aquaviário Brasileiro em 2012

Fonte: Elaboração a partir ANTAQ, 2012a; b; 2013a; b; d

Em termos de tonelada quilometro útil transportada, em 2012, o setor aquaviário brasileiro apresentou uma distribuição dos grupos de mercadoria transportada de acordo com o demonstrado na Figura 20.



Figura 20 – Distribuição das Principais Cargas Transportadas no transporte hidroviário e cabotagens em 2012 (TKU)

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2012b; 2013b; d

3 - PERSPECTIVAS DO TRANSPORTE HIDROVIÁRIO E CABOTAGEM

Diante dos diversos planos governamentais existentes, o objetivo deste capítulo é apresentar ou obter os diferentes valores de toneladas quilômetro úteis transportadas até o ano de 2031 para o transporte aquaviário nacional (hidroviário e cabotagem) de cada um desses, bem como a divisão por *commodity* e, no caso do transporte hidroviário, ainda indicar a divisão pelas hidrovias comercialmente navegáveis, quando existir tal possibilidade.

Inicialmente, para a obtenção desses valores futuros de toneladas transportadas, e consequentemente de toneladas quilômetro útil, na análise da seção 3.1, serão considerados os planos governamentais que preveem o crescimento da demanda, produção e exportação das mercadorias transportadas nas hidrovias e cabotagem do território nacional, tais como o Plano Nacional de Mineração e o Brasil Projeções do Agronegócio, entre outros. Essa análise tem o objetivo de confrontar as projeções indicadas nos estudos governamentais da área de transportes, considerando que a infraestrutura hidroviária, portuária e de terminais estará adequada para os valores encontrados.

Já a seção 3.2 trata do objetivo do governo federal em impulsionar o planejamento para expansão dos modais hidroviário e cabotagem e outros tipos de transporte, através de diferentes órgãos governamentais, tais o como Ministério dos Transportes (MT), a Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR) e a ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários), que elaboraram alguns estudos para projeções futuras com a apresentação de obras de infraestruturas sugeridas.

Após a demonstração dos resultados futuros de toneladas quilômetro útil por esses diferentes estudos, serão considerados esses valores para estabelecimento dos cenários das projeções dos combustíveis marítimos, constantes no capítulo 5.

Para elaboração das análises das seções desse capítulo, quando não existir uma ou mais variáveis necessárias para serem gerados os valores transportados em TKU, serão utilizadas as informações constantes na Tabela 6, extraídas de relatórios divulgados pela ANTAQ nos estudos relacionados ao transporte hidroviário e a cabotagem de 2012, também apontadas no capítulo 1 (ANTAQ, 2012b, 2013b; d). A premissa é que, a despeito da possibilidade de obras em hidrovias

aumentar a quantidade de quilômetros navegáveis, tal fato não se traduzirá em aumento da média da distância percorrida porque, além da carga que já utiliza o transporte hidroviário e cabotagem buscar a otimização pela menor distância até o destino final da mercadoria, a mudança de um outro modal para o hidroviário ou cabotagem pode até reduzir a distância média por tipo de *commodity* transportada. Ou seja, optou-se pela manutenção da quilometragem média percorrida de 2012 em virtude da modelagem não conjugar todos os modais, em uma análise concorrencial.

Outra consideração será a equivalência da classificação das mercadorias de cada plano do governo para a classificação da ANTAQ para a apresentação dos resultados. Na ocasião de determinada carga considerada por algum plano governamental não estar apresentada dentre os grupos de mercadoria listados pela ANTAQ nesses relatórios, será classificada como “outras cargas” e a distância média a ser utilizada será oriunda dessa mesma categoria, que para o modal hidroviário e cabotagem são respectivamente 586 km e 964 km (ANTAQ, 2012b, 2013b; d).

Tabela 6 – Tonelagem e Distâncias Médias dos Grupos de Mercadorias Transportados no Transporte Hidroviário e Cabotagem em 2012

Grupos de Mercadorias	Hidroviário		Cabotagem	
	Tonelada transportada (t)	Distância Média (km)	Tonelada transportada (t)	Distância Média (km)
AÇÚCAR	23.543	574	0	0
ALUMINA	3.795.295	196	0	0
BAUXITA	21.859.294	1013	0	0
CARVÃO MINERAL	550.500	196	0	0
CAULIM	1.508.446	196	0	0
CELULOSE	0	0	1.083.542	1161
COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS	6.836.646	916	107.048.724	841
CONTÊINERES	4.367.623	1843	6.392.160	3585
COQUE DE PETRÓLEO	57.276	1	0	0
ENXOFRE, TERRAS E PEDRAS, GESSO E CAL	2.508.678	38	0	0
FARELO DE SOJA	718.381	514	0	0

FERTILIZANTES ADUBOS	1.140.000	365	0	0
GORDURA, ÓLEOS ANIMAIS/VEGETAIS	60.199	100	0	0
MADEIRA	0	0	1.944.853	1161
MALTE E CEVADA	8.090	376	0	0
MANGANÊS	12.545	578	0	0
MILHO	3.598.422	795	0	0
MINÉRIO DE FERRO	9.684.573	421	1.440.224	5126
PREPARAÇÕES ALIMENTÍCIAS DIVERSAS	0	0	0	0
PRODUTOS HORTÍCOLAS, PLANTAS, RAÍZES E TUBÉRCULOS	768.867	62	0	0
PRODUTOS QUÍMICOS ORGÂNICOS	1.560.386	559	0	0
SAL	74.313	376	844.378	5126
SEMENTES E FRUTOS OLEAGINOSOS DIVERSOS	54.739	576	0	0
SEMI-REBOQUE BAÚ	3.773.746	845	0	0
SODA CÁUSTICA	981.286	196	1.115.091	841
SOJA	8.178.621	827	0	0
TRIGO	56.156	30	0	0
VEIC. TERRESTRES PARTES ACESSORIOS	147.530	257	0	0
Outros - Hidroviário	8.574.844	586	0	0
Outros - Cabotagem	0	0	3.461.769	964
TOTAL	80.900.000	762	123.330.741	1074

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2012b; 2013b; d

3.1 Análise Baseada no Crescimento dos Grupos de Mercadorias

O objetivo da presente seção é obter a tonelada quilômetro útil no período de 2013 e 2031 a partir das projeções de crescimento dos grupos de mercadorias/*commodities* transportados. Com

isso, será possível realizar uma análise comparativa mais completa com os planos governamentais específicos da área de transporte analisados na seção 3.2. Desse modo, tem-se a intenção de averiguar como os distintos documentos do Governo Federal, que definem o planejamento futuro para o transporte hidroviário e cabotagem, estão posicionados com as perspectivas de crescimento de transporte das mercadorias. Nessa análise, para cada grupo de mercadoria ou *commodity* que o compõe, será considerado o maior valor entre produção e demanda, pois no escoamento, tanto da importação quanto da exportação, entende-se que será passível o uso do transporte hidroviário ou cabotagem.

Por meio dos dados e premissas já expostas e as consideradas nessa seção, sintetizada na Equação 1, serão calculados os valores de toneladas quilômetro útil (TKU). Cabe ressaltar que os quilômetros percorridos foram considerados constantes do ano base da análise (2012) até 2031, e a variação das toneladas transportadas é produto do crescimento do grupo de mercadoria e das linhas de navegação de passageiros, sendo a última exclusivamente relacionada ao crescimento demográfico.

$$TKU_{ano} = \sum_{n=30}^{ano} (toneladas\ anno\ anterior_n \times (1 + Crescimento_n) \times km\ percorridos_n)$$

Equação 1 – Cálculo anual de tonelada quilômetro útil transportada para 30 grupos de mercadorias

Fonte: Elaboração a partir de ANTAQ, 2012b; 2013b; d

Onde TKU_{ano} é a quantidade de tonelada quilômetro útil transportada relativa ao ano analisado (em TKU), n representa cada um dos 30 grupos de mercadorias transportados em hidrovias e na cabotagem, *toneladas ano anterior* é a quantidade de toneladas transportadas no ano predecessor ao analisado (em t), *Crescimento_n* é a taxa percentual de crescimento anual da tonelada transportada do grupo de mercadorias, e *km percorridos_n* é uma constante para cada um dos 30 grupos de mercadorias, que representa a sua distância média percorrida (em km).

3.1.1 Petróleo e Derivados de Petróleo

Em relação à perspectiva de crescimento do grupo de mercadoria “COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS”, foi considerado como base o Plano Decenal

de Expansão de Energia (PDE) 2023, que contempla a previsão até o referido ano, conforme pode ser observado na Figura 21.

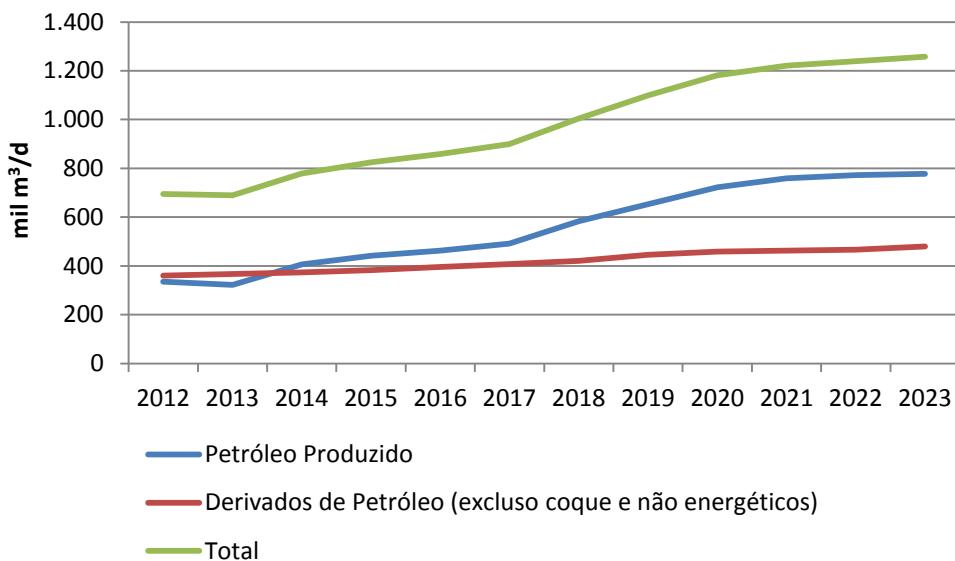


Figura 21 – Projeção de Petróleo Produzido e Derivados de Petróleo em m³ a Serem Transportados em Território Nacional até 2023

Fonte: EPE, 2014b

Como não há a discriminação da quantidade de óleo cru e derivados transportados nas estatísticas da ANTAQ, a metodologia para determinação do crescimento até 2031 consistiu na soma algébrica da tonelada produzida de petróleo e toneladas produzidas ou demandadas (o que for maior) de derivados de petróleo (gás liquefeito de petróleo-GLP, nafta, gasolina, querossene de aviação-QAV, diesel e óleo combustível), exclusos o coque de petróleo por ser tratado em separado nessa seção e os produtos não energéticos de petróleo (lubrificantes, asfaltos, solventes, graxas, parafinas, etc). A despeito das incertezas dos recursos na produção de petróleo, foi considerada a previsão total da EPE, que considera os recursos de petróleo já descobertos e os recursos não descobertos, sendo o último tanto em áreas contratadas com empresas quanto aquelas ainda não contratadas.

Para o crescimento do período 2024-2031 do petróleo produzido, foi utilizada uma taxa de crescimento anual para que no ano de 2050 haja a produção de 5 milhões de barris diários (EPE, 2014a), embora haja estudos que mostrem que a produção alcançaria esse número mais brevemente, como, por exemplo, Goldemberg et al. (2014) que indica uma produção de 5,17

milhões de barris de petróleo diários em 2030 ou 6 milhões de barris em 2035 conforme estimativa da IEA (2013). Acerca da demanda dos derivados supracitados, considerou-se a taxa de crescimento entre 2022 e 2023 de cada derivado constante para os demais anos até 2031. Cabe ressaltar que foi exclusa a consideração do crescimento do volume do gás natural transportado em virtude do uso intensivo da malha de gasodutos (modal dutoviário). Em relação ao GNL (gás natural liquefeito), de acordo o PDE 2023, haverá uma estabilização do volume importado na ordem de 20 milhões de m³ por dia no período de 2014 a 2023, mas seria difícil a identificação futura da participação do modal aquaviário nacional, principalmente da cabotagem, que hipoteticamente poderia ocorrer antes do processo de regassificação, pois a priori tal processo estaria concentrado em 3 terminais nos estados do Ceará, Bahia e Rio de Janeiro, embora se a importação de GNL se limitar a esses estados, a caracterização do transporte aquaviário seria a de longo curso internacional até chegar a esses destinos, descartando o uso da cabotagem. Desse modo, o GNL também foi desconsiderado da análise tendo em vista tais incertezas. A Figura 22 e a Figura 23 apresentam o crescimento de cada derivado de petróleo considerado, e a Figura 24 mostra o total do grupo de mercadorias analisado, que será utilizado para projeção futura da tonelada quilômetro útil do transporte hidroviário e da cabotagem (EPE, 2014a; 2014b).

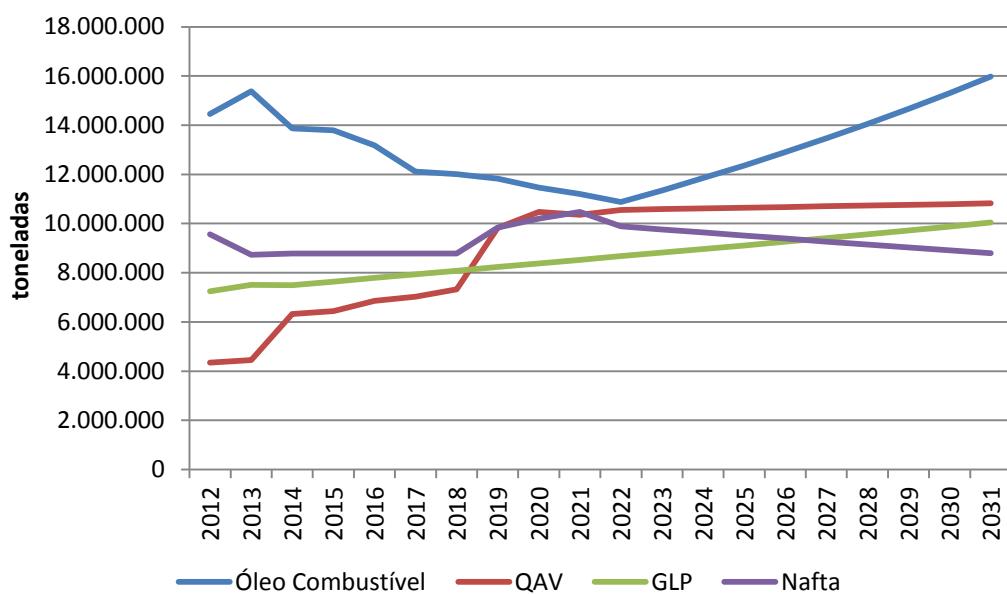


Figura 22 – Projeção de Óleo Combustível, QAV, GLP e Nafta em toneladas a serem transportados no território nacional até 2031

Fonte: EPE, 2013; 2014a; 2014b

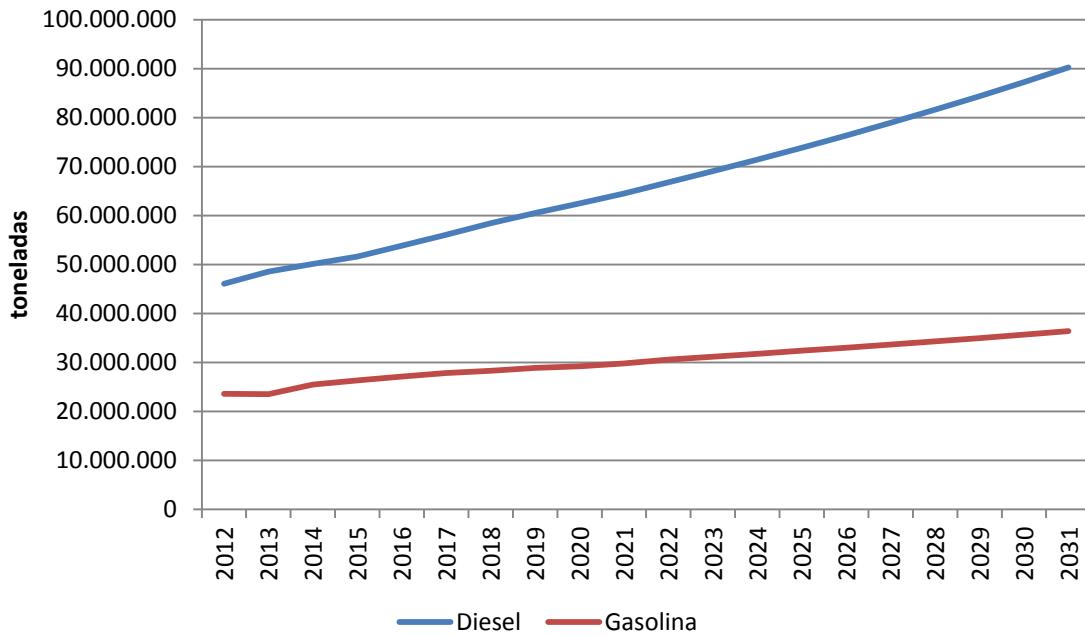


Figura 23 – Projeção de Diesel e Gasolina em toneladas a serem transportadas no território nacional até 2031

Fonte: EPE, 2013; 2014a; 2014b

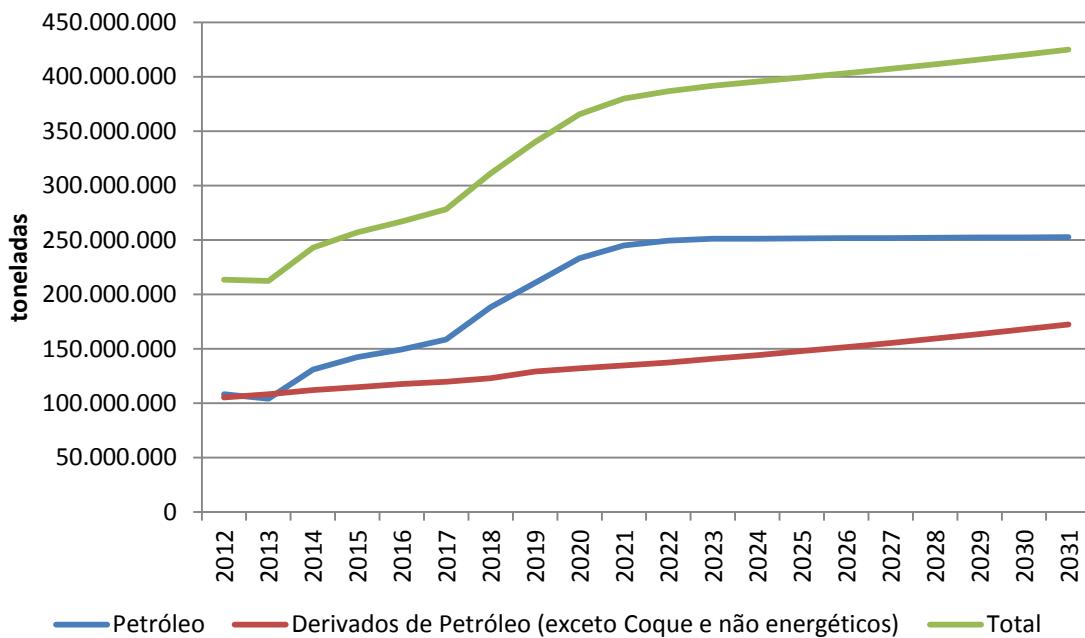


Figura 24 – Projeção grupo de mercadoria “COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS” em toneladas a serem transportadas em território nacional até 2031

Fonte: EPE, 2013; 2014a; 2014b

Para o “COQUE DE PETRÓLEO”, como ocorreu com os derivados de petróleo indicados acima, também se replicou a taxa de crescimento prevista para 2023 para os anos seguintes até 2031, apresentando o comportamento da demanda de coque indicado na Figura 25. Para obtenção das toneladas anuais transportadas nessa seção da dissertação, foram utilizadas as densidades dos produtos, conforme a Tabela 7.

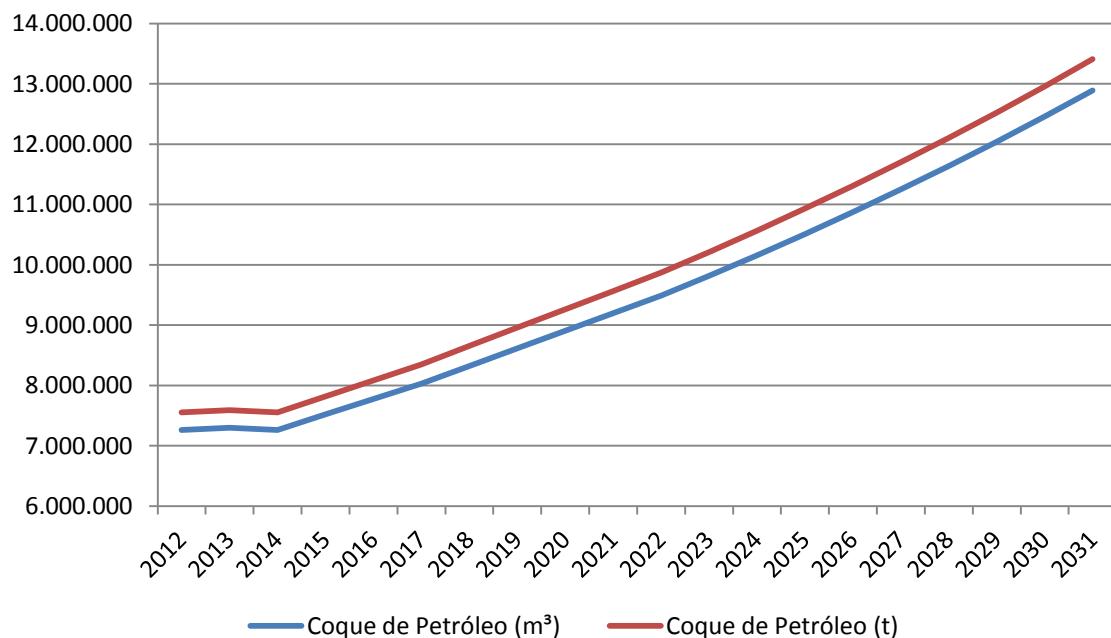


Figura 25– Projeção de Coque de Petróleo em m³ e toneladas a serem transportados em território nacional até 2031

Fonte: EPE, 2013; 2014a; 2014b

Tabela 7 – Densidades Consideradas para as mercadorias do grupo “COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS”

Produto	Densidade (kg/m ³)
Petróleo	884
Diesel	840
Gasolina	742
Óleo Combustível	1000
QAV	799
GLP	552
Nafta	702
Coque de Petróleo	1040

Fonte: EPE, 2013

3.1.2 Produtos Associados ao Agronegócio

Dos 28 grupos de mercadorias claramente classificados pela ANTAQ, os crescimentos da produção de seis destes grupos podem ser extraídos do estudo “Projeções do Agronegócio Brasil 2012/2013 a 2022/2023” do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), onde as projeções para os produtos de soja, milho, açúcar e trigo podem ser obtidas diretamente e o grupo de mercadoria “MALTE E CEVADA” acompanharia o crescimento dos grãos em geral, que resultaria em um crescimento anual médio de 6,11% até 2031, cuja variação anual será considerada. Já para o grupo “GORDURA, ÓLEOS ANIMAIS/VEGETAIS”, a representação do crescimento utilizada será o do óleo de soja. A partir da safra 2023/2024, representada pelo ano de 2023, até o ano de 2031, foi considerado constante a taxa de crescimento de cada mercadoria prevista para a safra de 2022/2023. A Figura 26 demonstra a projeção de produção anual desses sete produtos, cujos crescimentos serão utilizados para projeção da quantidade de tonelada quilômetro do transporte aquaviário, pois a previsão desse estudo é a demanda ser inferior à produção para todas as *commodities* analisadas (MAPA, 2013).

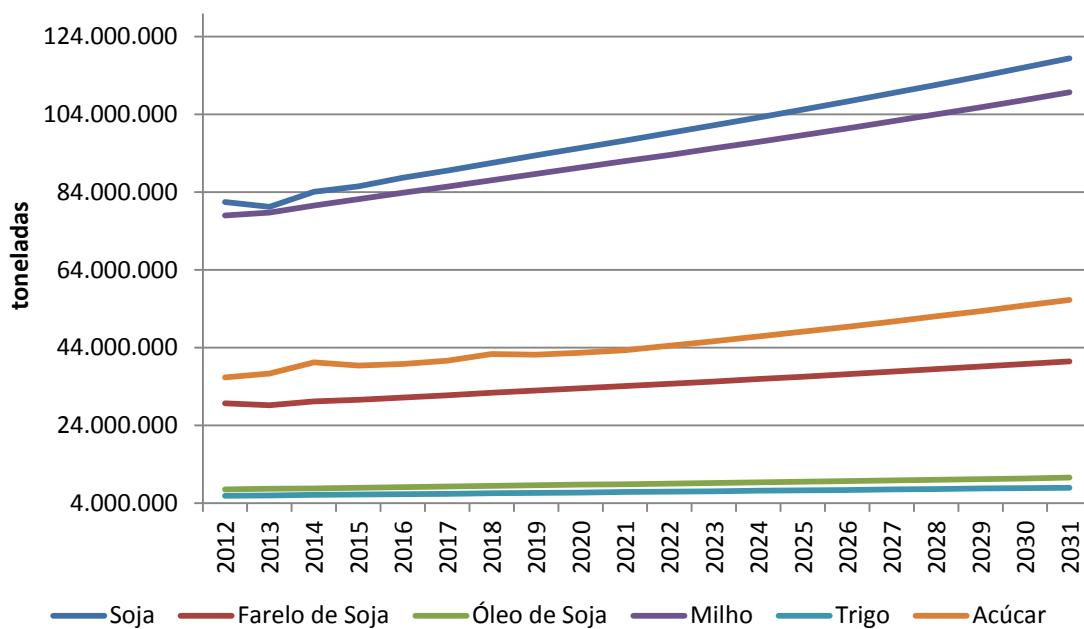


Figura 26– Projeção da Produção das *Commodities* do Agronegócio até 2031

Fonte: Elaboração própria a partir de MAPA, 2013

3.1.3 Produtos Associados à Mineração

A metodologia para estabelecimento das taxas de crescimento dos grupos de mercadorias das atividades de mineração, geologia e transformação mineral será acompanhar os crescimentos da produção ou demanda (o que for maior) de cada um desses previstos no Plano Nacional de Mineração 2030 do Ministério de Minas e Energia (MME, 2011), conforme pode ser observado na Tabela 8. A taxa de crescimento do grupo de mercadoria “ENXOFRE, TERRAS E PEDRAS, GESENTO E CAL” será representada pela somatória das projeções das *commodities* que o compõe, exclusive terras e pedras, que não possui previsão no PNM 2030. Cabe ressaltar que o crescimento anual do período 2022-2030 será utilizado para o ano 2031.

Tabela 8 – Projeção dos Produtos de Origem Mineral a serem transportados em território nacional até 2031

Produto	2008 (Mt)	2015 (Mt)	2022 (Mt)	2030 (Mt)
Alumina - Produção	7,82	13,5	18,2	25,7
Bauxita - Produção	26,8	42,3	56,7	79,3
Caulim - Produção	2,67	3,47	4,52	6,12
Carvão Mineral Energético - Produção	6,0	7,5	20	26
Enxofre - Consumo	2,82	4,53	6,42	9,56
Gesso - Consumo	3,11	4,55	6,67	9,55
Cal - Produção	7,4	11	16	23
Manganês - Produção	3,21	4,31	5,80	8,15
Minério de Ferro - Produção	351	585	795	1098

Fonte: MME, 2011

3.1.4 Outros Grupos de Mercadorias

Conforme pode se notado na Tabela 9, para alguns grupos de mercadorias será considerado o estudo econômico da EPE (2014c) intitulado de “Cenário Econômico 2050”, que prevê, além disso, a variação do PIB (Produto Interno Bruto) até 2050. No caso dos outros grupos de mercadorias não mencionados nessa seção, como, por exemplo, Contêineres, Sal e Semi-

Reboque Baú, a projeção da variação anual do PIB (limite inferior) será utilizada para representar as taxas de crescimento dos mesmos. O crescimento anual do período entre 2014 e 2020 também será usado para representar os dois anos predecessores.

Tabela 9 – Projeção de Taxas de Crescimento de Outros Grupos de Mercadorias para Análise do Transporte Aquaviário

Produto	2014-2020 (%a.a)	2021-2030 (%a.a)	2031-2040 (%a.a)
PIB	3,70	4,00	3,5
Celulose – Produção (t)	5,23	4,48	1,79
Fertilizantes – Consumo (t)	2,25	2,83	2,67
Soda Caustica – Consumo (t)	4,34	3,84	3,79
Produtos Químicos – Consumo (t)	4,26	3,32	3,73
Veículos Terrestres – Consumo	3,76	3,76	3,76

Fonte: EPE, 2014c

3.1.5 Projeção de Toneladas Quilômetro Útil Transportada

Através dos crescimentos dos grupos de mercadorias expostos nas quatro subseções anteriores, torna-se possível a projeção da tonelada útil e tonelada quilômetro útil transportadas indicadas na Figura 27, com base na Tabela 6, que estabelece, além da tonelada transportada de 2012, as distâncias médias por grupo de mercadoria, que se mantêm constantes durante a análise, conforme premissa desse trabalho. A Figura 28 demonstra a variação da TKU até 2031 enquanto a Figura 29 apresenta a oscilação da participação dos grupos de mercadoria durante o período. No caso da Figura 29, cabe observar que a previsão considerada de um crescimento de cerca de 1% a.a do grupo de mercadorias “COMBUSTÍVEIS MINERAIS, ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS” entre 2022 e 2031, depois de ter crescido cerca de 5,0% a.a até o início desse período, justificado possivelmente pela estabilização do ritmo exploração do petróleo nacional e da redução do crescimento da oferta e demanda de derivados de petróleo, a leva novamente para mesmo patamar de participação entre as cargas transportadas de 2012, pois o minério de ferro e a bauxita permaneceriam com um crescimento médio superior a 4,0% a.a até 2031 (EPE, 2014a; 2014b; MME, 2011).

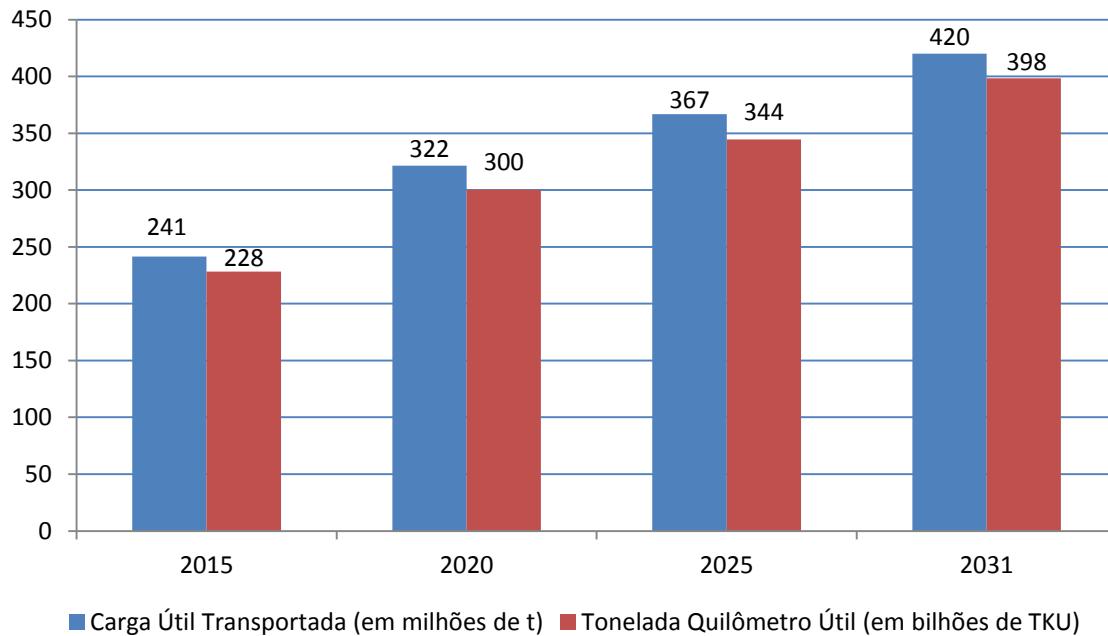


Figura 27 – Milhões de toneladas e bilhões de TKUs transportadas em hidrovias e cabotagem conforme análise proveniente das taxas de crescimento governamentais dos produtos transportados

Fonte: MME, 2011; EPE, 2014a; 2014b; MAPA, 2013; ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d

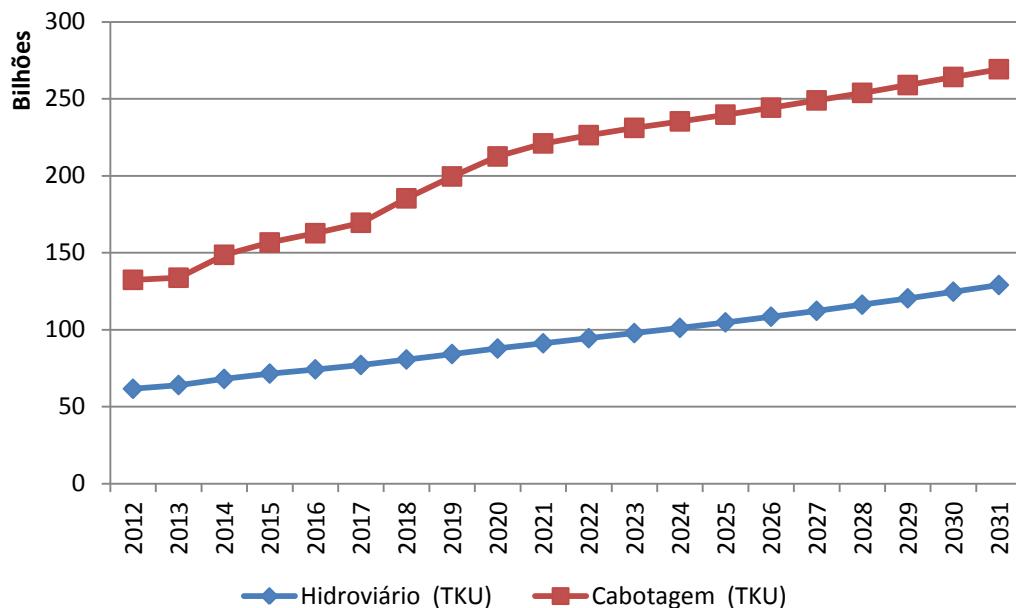


Figura 28 – Projeção de TKU até 2031 oriundas dos indicadores de crescimento governamentais dos produtos transportados em hidrovias e cabotagem

Fonte: MME, 2011; EPE, 2014a; 2014b; MAPA, 2013; ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d

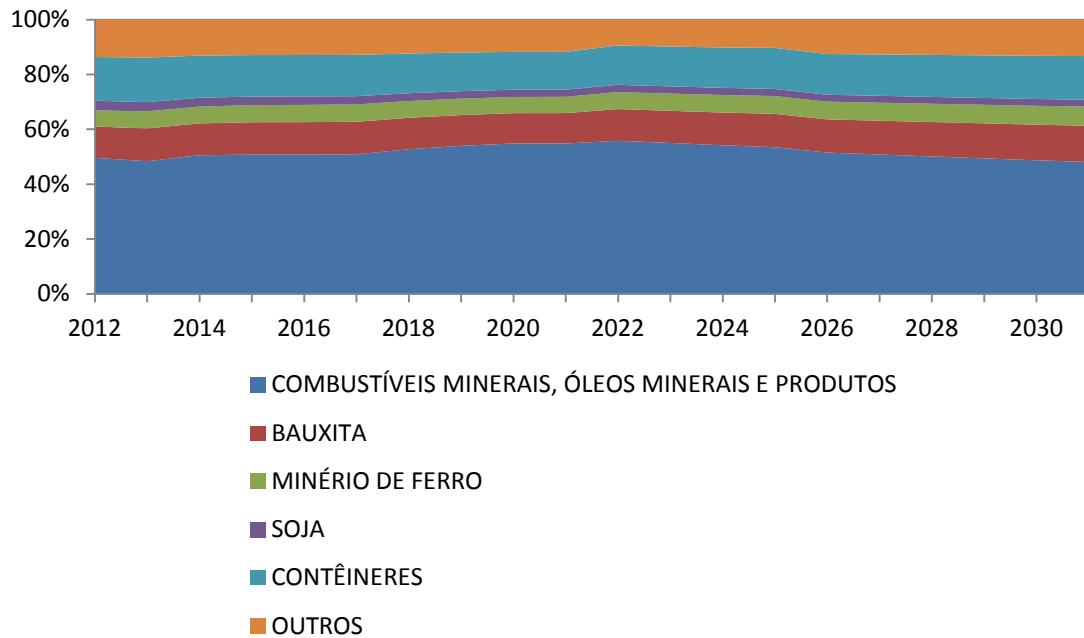


Figura 29 – Projeção da Participação dos Principais Grupos de Mercadorias no Transporte Hidroviário e Cabotagem de acordo com Indicadores de Crescimento Governamentais dos Produtos

Fonte: Elaboração própria a partir de MME, 2011; EPE, 2014a; 2014b; MAPA, 2013; ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d

3.2 Análise baseada nos planos governamentais da área de transportes

Dante da busca de maior competitividade do setor de logística nacional, o governo federal publicou nos últimos sete anos alguns estudos elaborados ou concebidos por seus órgãos, que exercem políticas públicas para o setor de transportes ou que regulam o setor, como é o caso da ANTAQ. Essa seção busca apresentar os resultados de cada plano governamental em vigor para que sejam estabelecidos cenários de comparações e a *posteriori*, obtido o consumo de combustível para o transporte aquaviário, no âmbito do transporte hidroviário e cabotagem.

3.2.1 Plano Nacional de Logística e Transportes

Elaborado em sua primeira versão no ano de 2007 e revisado pela última vez em 2012, pela Secretaria de Política Nacional de Transportes (SPNT), pertencente ao Ministério dos Transportes (MT), o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT) contempla de forma geral as obras necessárias para o transporte nacional de cargas e passageiros e a previsão de participação de mercado para os diferentes modais. O PNLT tem o objetivo de ser uma ferramenta de vital importância no processo de planejamento dos transportes até 2031, que através de estudos técnicos com bases em dados georreferenciados e fluxos entre origem e destino, pôde estabelecer projeções de participação de mercado dos modais e as ações públicas e privadas no setor de transportes de forma a atender às demandas políticas de integração sulamericana, desenvolvimento das áreas de expansão agrícola e mineral e a redução de desigualdades (MT, 2007; 2009; 2012). Em suma, o PNLT nasceu para estabelecer um planejamento da transformação da matriz de transportes com uma divisão mais equilibrada entre os modais, trazendo ganhos competitivos para o país com a redução do frete. A Figura 30 ilustra os resultados do PNLT lançado em 2007, em que a cabotagem e a transporte hidroviário corresponderiam a 29% da matriz de transporte brasileira no ano de 2025.

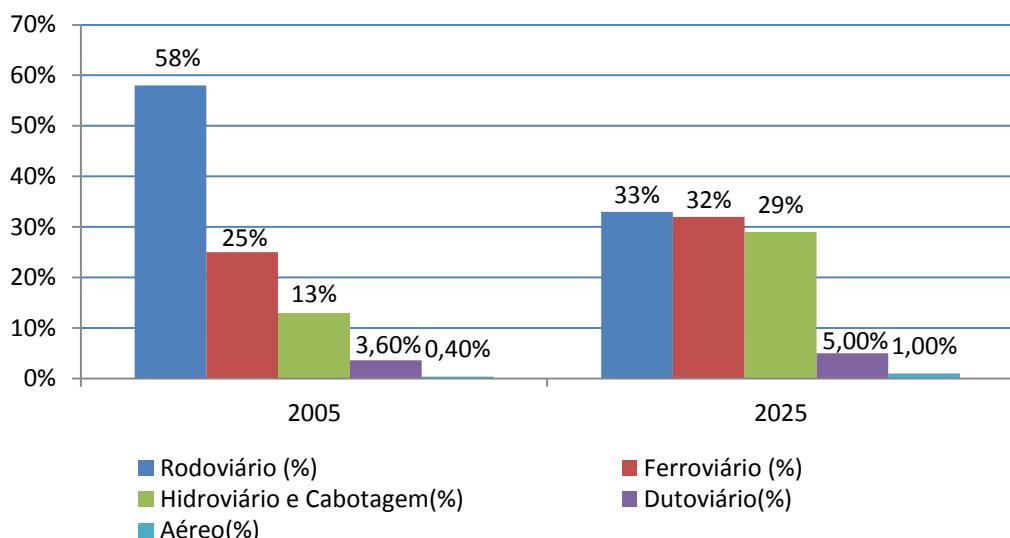


Figura 30 – Distribuição por Modais da Matriz de Transportes Nacional em TKU

Fonte: MT, 2007

Em 2009, a SPNT revisou o relatório executivo do PNLT, manteve a distribuição indicada na Figura 30 e o horizonte para 2025, bem como estipulou os investimentos em hidrovias e portos até 2023, que seriam 15,8 e 38,9 bilhões de reais, respectivamente. Na ocasião, a intenção governamental de elevar crescimento da participação do transporte hidroviário e da cabotagem em 123% se traduziu em um planejamento de investimento de cerca de 19% dos 290,8 bilhões de reais no setor de transportes. Tanto o modal ferroviário quanto o rodoviário teriam investimentos até 2023 mais vultosos, alcançando 150 e 69,7 bilhões de reais nessa ordem (MT, 2009).

No entanto, em 2011, a SPNT reanalisou os investimentos, a participação de cada modal e outros aspectos do PNLT no relatório “Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas”, que se trata de fato do PNLT atualizado. No relatório, consta um diagnóstico inicial para a matriz de transporte de carga de 2011 e resultados relativos das participações dos diferentes modais em TKU, conforme pode ser observado na Figura 31.

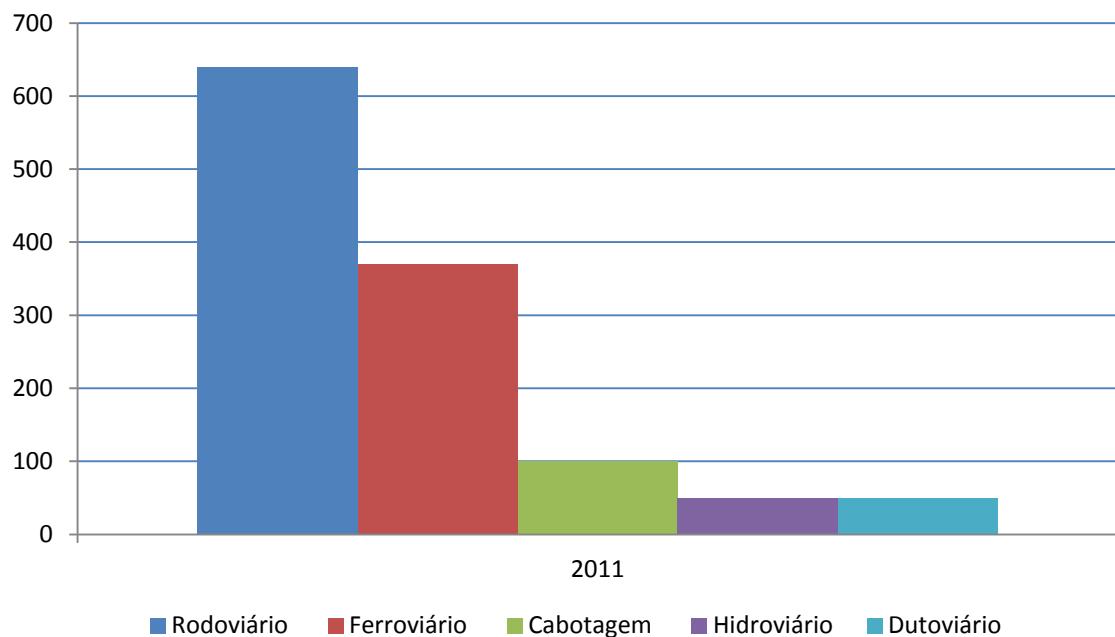


Figura 31 – Tonelada quilômetro útil transportado por modal segundo o PNLT em 2011

Fonte: MT, 2012

Após a remoção de todas as duplicidades de sugestões de projetos, feitas por diversos atores sociais tal como a área política e representações da sociedade civil, o resultado do PNLT

revisado foi uma listagem de 1.167 projetos. Nesses projetos estão incluídos os projetos não executados oriundos das versões anteriores do PNLT, os projetos de empreendimentos de infraestrutura regional de transportes constantes do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) e novos projetos analisados.

Do total dos projetos analisados, ao analisar os resultados dos estudos de viabilidade técnico-económica, o MT através do PNLT 2011 definiu 111 projetos como prioritários para execução até 2015 porque obtiveram TIR (Taxa Interna de Retorno) maior ou igual a 8% até 2031. Desses projetos prioritários, apenas 9 são destinados para o transporte hidroviário, representando 5,3 bilhões de reais ou 7% do total investido a curto prazo previsto pelo PNLT. Os outros projetos analisados não classificados como prioritários foram definidos como sociopolíticos e em comparação com outros modais, segundo o PNLT, o transporte hidroviário possui a maior relação de projetos com TIR inferior a 8%, tendo 74% dos projetos nessa categoria. Cabe destacar que o PNLT considerou os fluxos de origem-destino entre as regiões e os produtos a serem demandados para gerar os fluxos de transporte de todos os modais até o horizonte de 2031.

Nas simulações de toneladas quilômetros útil até 2031, o PNLT considerou dois cenários. O primeiro cenário se refere à continuidade dos fluxos atuais somados aos empreendimentos constantes no PAC, que significa considerar 6,3 bilhões de reais em obras de hidrovias, terminais aquaviários e portos. Já o segundo cenário analisado incluiu as obras apontadas pelo PNLT como necessárias, acrescentando mais 72,8 bilhões de reais. Por meio da Tabela 10, pode ser notada a distribuição da diferença dos investimentos dos dois cenários (MT, 2012; 2014b).

Tabela 10 – Investimentos previstos pelo PNLT para o transporte aquaviário

Tipo de Investimento	Cenário PAC (bilhões R\$)	Obras PNLT (bilhões R\$)	Cenário PAC + PNLT (bilhões R\$)
Hidrovias	2,629	17,927	20,555
Portos	1,985	53,919	55,904
Terminais	1,691	0,999	2,689
Total	6,305	72,845	79,148

Fonte: MT, 2012

Conforme demonstrado na Tabela 11, o resultado relativo das participações dos modais no transporte de carga em TKU de certo modo apresenta uma equivalência com o planejamento de investimentos, em que os modais ferroviário e rodoviário, por possuírem muito mais obras previstas, com investimentos correspondentes a 319,8 bilhões de reais, predominam como meio mais utilizado no transporte de cargas, embora os investimentos no modal ferroviário proporcionem a inversão na participação com o modal rodoviário. Em suma, de uma pretensão inicial do modal hidroviário e a cabotagem contribuírem com 29% das movimentações de carga nos dois primeiros relatórios do PNLT (2007 e 2009), a sua revisão de 2011 manteve as participações relativas praticamente idênticas ao ano base de seu estudo, com uma migração de 13% para 15% (MT, 2012).

Tabela 11 – Participações Previstas em TKU pelo PNLT no Transporte de Carga com obras do PAC e PNLT (em %)

Ano	Rodoviário	Ferroviário	Hidroviário	Dutoviário	Cabotagem
2015	44	36	6	7	7
2019	40	40	6	6	8
2023	39	42	6	4	9
2027	38	43	6	4	9
2031	38	43	6	4	9

Fonte MT, 2012

Para o transporte hidroviário e cabotagem, o PNLT encontrou diferenças nos resultados dos dois cenários (Cenário PAC e Cenário PAC + PNLT), alocados somente no transporte hidroviário, sendo classificados como mudança de modal. Ou seja, com a realização das obras do PNLT haveria substituição de modal para o modal hidroviário. Apesar de grandes investimentos portuários e em terminais sugeridos pelo PNLT, o fluxo de transporte não é alterado no cenário PAC + PNLT na cabotagem, isto é, não obterá uma fatia de mercado de outros modais, embora deva ter outros ganhos tais como a redução do preço e do tempo do frete (MT, 2014b). Os resultados constantes na Figura 32 demonstram o TKU para o transporte hidroviário e cabotagem nos dois cenários.

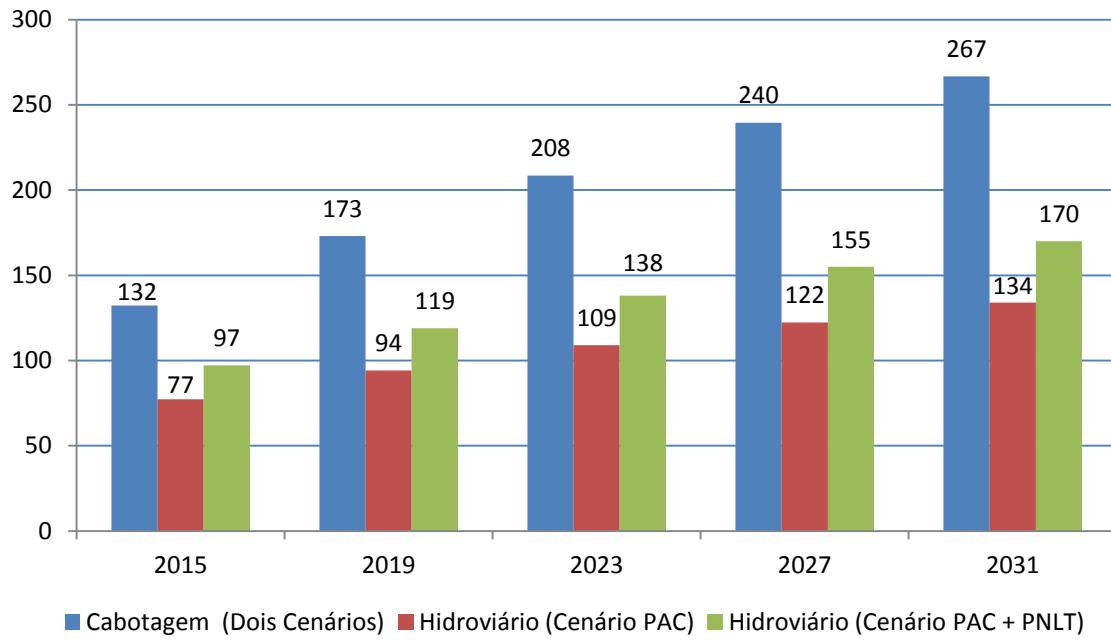


Figura 32 – Bilhões de TKUs de acordo com os cenários estabelecidos pelo PNLT

Fonte: MT, 2014b

Ao analisarmos a Figura 33 e compararmos aos fluxos constantes nos relatórios da ANTAQ de 2012, pode-se concluir que o PNLT, nos dois cenários, prevê até 2019 taxas de crescimento do transporte hidroviário e da cabotagem maior do que o crescimento do PIB esperado para o período, entre 3,7% e 4,2%. Após esse período, com exceção para a cabotagem até 2023, os crescimentos são inferiores à previsão macroeconômica, que é de crescimento entre 4,0% e 4,5% (EPE, 2014).

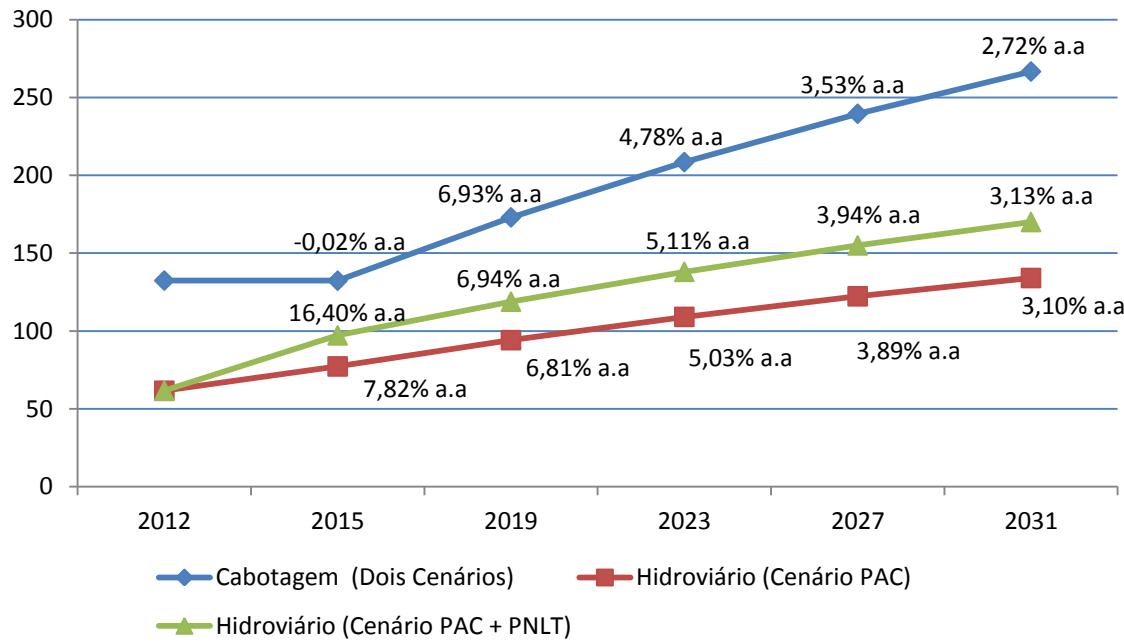


Figura 33 – Bilhões de TKUs de acordo com os cenários estabelecidos pelo PNLT, e taxas de crescimento anual de cada cenário

Fonte: MT, 2014b

Tal como foi feito no capítulo 1, onde a Figura 18 apresenta a participação das principais *commodities* no transporte hidroviário e cabotagem em 2012, os resultados para 2031 dos dois cenários são apresentados na Figura 34 e na Figura 35.

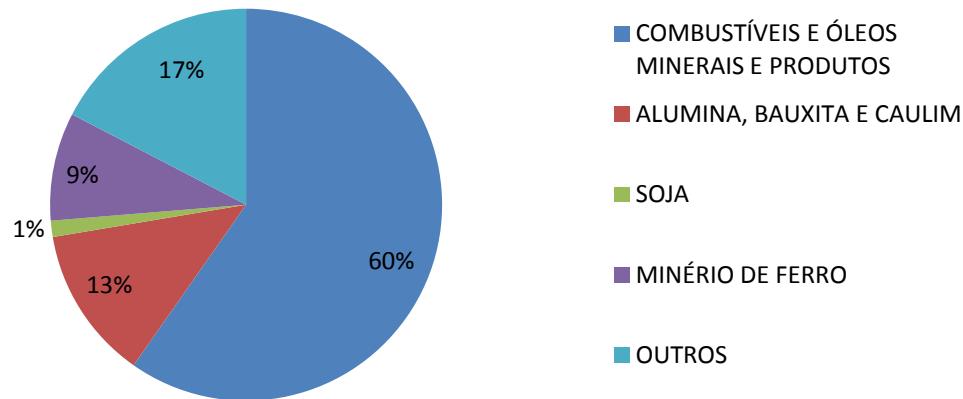


Figura 34 – Distribuição das Principais Cargas Transportadas em TKU no transporte hidroviário e cabotagem em 2031 no Cenário PAC do PNLT

Fonte: Elaboração a partir de MT, 2014b

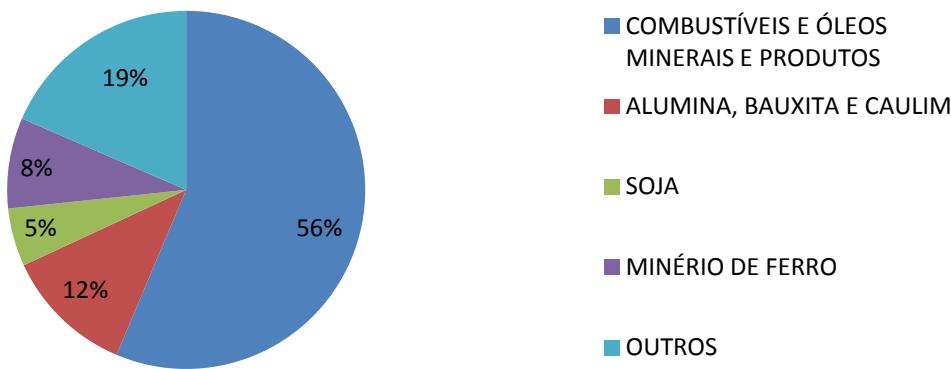


Figura 35 – Distribuição das Principais Cargas Transportadas em TKU no transporte hidroviário e cabotagem em 2031 no Cenário PAC + PNLT do PNLT

Fonte: Elaboração a partir de MT, 2014b

A principal mudança proveniente das obras apontadas PNLT, que resultam em 26,8% de aumento em 2031 se comparado ao cenário PAC, é o grande aumento da soja transportada em TKU. Na Tabela 12, que apresenta as alterações percentuais de fluxo nas projeções, podem ser observadas as diferenças entre os dois cenários. Por consequência da execução das obras recomendadas, a indicação do PNLT é a mudança de modal, seja na migração do modal rodoviário e/ou ferroviário para o hidroviário ou o contrário, como é o caso apenas do farelo de soja.

Tabela 12 – Diferença percentual do fluxo de cargas transportadas em TKU no modal hidroviário entre o Cenário PAC + PNLT e o Cenário PAC, previstos no PNLT (em %)

Grupos de Mercadoria	2015	2019	2023	2027	2031
ALUMINA, BAUXITA e CAULIM	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2
CARVÃO MINERAL	6,6	9,2	10,6	11,3	11,7
CELULOSE	0,0	0,0	7,1	5,9	0,0
COMBUSTÍVEIS E ÓLEOS MINERAIS E PRODUTOS	43,7	66,6	80,0	88,2	93,2
ENXOFRE, TERRAS E PEDRAS, GESSO E CAL	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4
FARELO DE SOJA	-20,4	-17,2	-14,9	-13,2	-11,8
GORDURA, ÓLEOS ANIMAIS/VEGETAIS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MADEIRA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MILHO	89,2	94,5	98,4	101,5	103,7

PRODUTOS QUÍMICOS ORGÂNICOS	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0
SOJA	286,7	302,4	313,7	322,0	328,1
TRIGO	79,9	79,5	79,0	79,3	79,1
OUTROS GRUPOS DE MERCADORIA	42,7	42,4	42,1	42,0	41,9
TOTAL	25,8	26,3	26,5	26,7	26,8

Fonte: Elaboração a partir de MT, 2014b

3.2.2 Plano Nacional de Integração Hidroviária

O Plano Nacional de Integração Hidroviário (PNIH) foi concebido pela ANTAQ em 2013 e possui dois objetivos principais: a obtenção das demandas em toneladas para o transporte hidroviário para o horizonte estabelecido (2015, 2020, 2025 e 2030), se referindo às *commodities* transportadas e as hidrovias comercialmente navegáveis, e a indicação das áreas propícias para as instalações portuárias e de terminais. Importante destacar que o PNIH não abrange os cenários de demanda de transporte de carga para a cabotagem, também objeto desta dissertação. Por isso, os resultados gerados serão aproveitados somente para encontrar a demanda de óleo diesel marítimo nos cenários do capítulo 5 (ANTAQ, 2013e).

Uma das premissas utilizada pelo PNIH consistiu nos fluxos com origem e/ou destino das bacias hidrográficas constantes no PNLT, considerando o ano base de 2004. Além da base de dados do PNLT, no modelo considerado pela ANTAQ para definição das participações dos principais modais foram calculados os preços referência de frete do transporte rodoviário, ferroviário e hidroviário para diferentes categorias de carga versus distância de movimentação do veículo, não havendo nenhum impeditivo para mudança de modal segundo o modelo (ANTAQ, 2013e).

Em resumo, desde que viável técnico e economicamente, a análise do PNIH estimulou o uso de modais alternativos ao rodoviário, cujo custo para distâncias elevadas é superior, na maioria das vezes. As projeções apresentadas no PNIH contaram com uma ferramenta computacional encomendada pela ANTAQ a UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) chamada Sistema de Informações Geográficas do Transporte Aquaviário (SIGTAQ). O SIGTAQ, segundo a ANTAQ, é capaz de retroalimentar as projeções de acordo com as variações do mercado, seja

das *commodities* ou do setor de transportes de carga nacional. Antes de obter a carga alocada em cada bacia hidrográfica, o PNIH considerou a área de influência logística e econômica de cada uma dessas, dividindo-a em microrregiões (ver Figura 36) bem como considerando a participação dos portos correlatos (ANTAQ, 2013e).

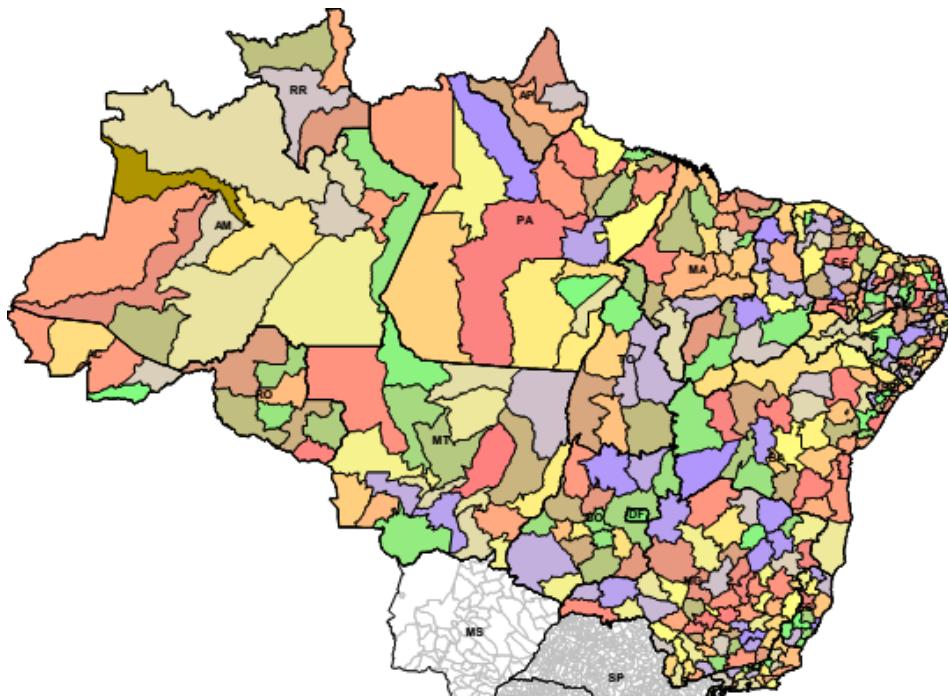


Figura 36 – Microrregiões estudadas para a Bacia Tocantins-Araguaia

Fonte: ANTAQ, 2013e

Os investimentos previstos pelo PNIH se resumiram aos terminais localizados em seis bacias hidrográficas para alavancar a expansão do transporte hidroviário, totalizando cerca de 1,67 bilhões de reais, conforme pode ser observado na Tabela 13. Todos os investimentos necessários em dragagem ou derrocamento de pedrais, por exemplo, bem como a implantação de novos portos ou a expansão dos existentes não estão contemplados nesse estudo (ANTAQ, 2013e). Entende-se, desse modo, pelo uso de informações do PNLT como dados de entrada nesse estudo, que os investimentos supracitados na subseção 3.2.1 também teriam de ser realizados para tornar o PNIH exequível.

Tabela 13 – Investimentos e correspondentes movimentações de carga incrementais previstos em terminais até 2030 pelo PNIH

Bacias Hidrográficas	Terminais	Investimento (R\$)	Incremento (t/ano)
Amazônica	5	206.000.000	16.000.000
Paraguai	2	170.000.000	15.000.000
Tietê-Paraná	15	761.000.000	85.034.066
São Francisco	8	163.000.000	14.400.000
Sul	5	190.000.000	23.435.539
Tocantins-Araguaia	6	179.000.000	17.524.786
TOTAL	41	1.669.000.000	171.394.391

Fonte: ANTAQ, 2013e

No fim, a ANTAQ obteve os resultados de transporte de carga em toneladas para as seis bacias hidrográficas analisadas para 2015, 2020, 2025 e 2030. É relevante comentar que a hidrovia do Madeira, segunda maior hidrovia em fluxo de carga em TKU, está incluída na análise da Bacia Amazônica feita pelo PNIH.

A Figura 37 demonstra as toneladas transportadas e as toneladas quilômetro útil para o transporte hidroviário nos referidos anos. Como o PNIH não indica as distâncias médias percorridas por grupo de mercadoria ou a própria tonelada quilômetro útil, para obtenção do TKU foram utilizados tais valores referenciados na Tabela 6.

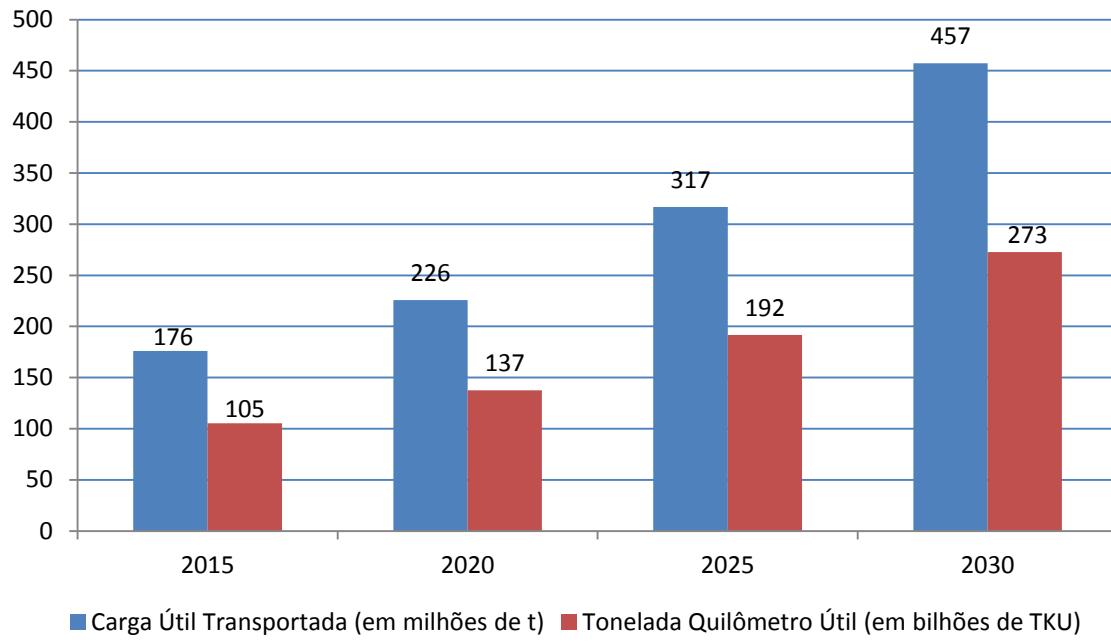


Figura 37 – Milhões de toneladas e bilhões de TKUs transportadas em hidrovias conforme análise executada pelo PNIH

Fonte: Elaboração a partir de ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d; e

Ao compararmos às toneladas quilometro útil transportadas projetadas até 2030 pelo PNIH com as estimativas do PNLT, conclui-se que haverá um crescimento muito mais elevado do transporte hidroviário se o estudo da ANTAQ estiver mais aderente às obras previstas nos planos governamentais. Sendo assim, até 2031, pelo PNIH, teríamos um crescimento de aproximadamente 380% no transporte hidroviário contra 117% e 176% das duas análises elaboradas pelo PNLT (ver Figura 38). Pode-se entender também, tal como o cenário “PAC+PNLT” do PNLT, que a diferença do resultado em TKU trata-se de mudança de modal, e nesse caso, dos resultados do PNIH estarem em uma ordem de grandeza assertiva, ocorreria uma migração expressiva do modal rodoviário, por exemplo, para modal hidroviário após 2020 (ANTAQ, 2013e).

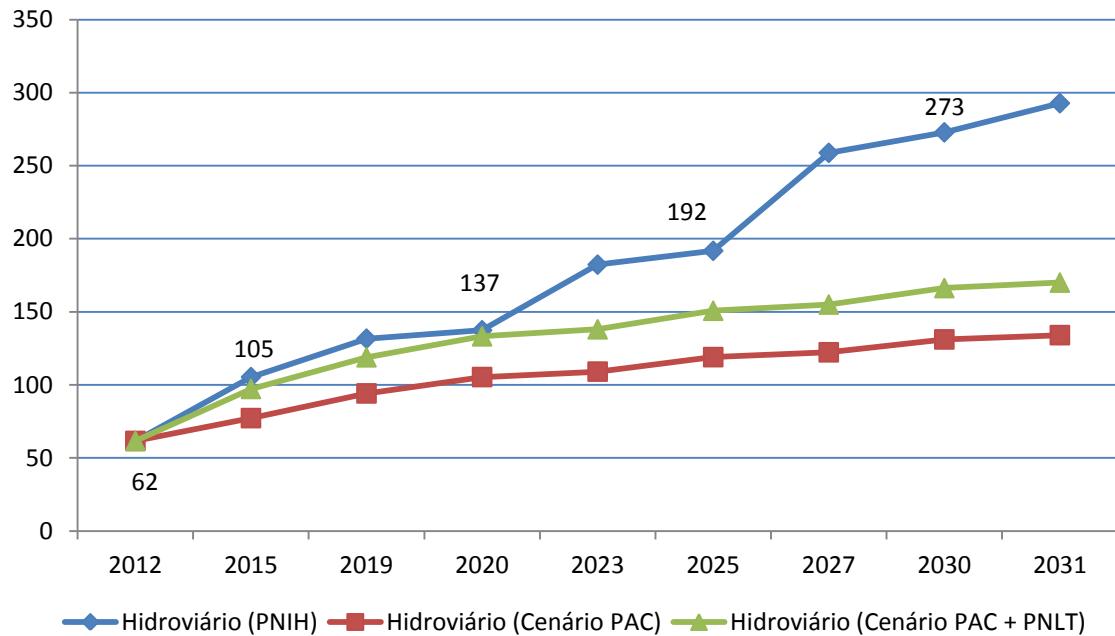


Figura 38 – Bilhões de TKUs no transporte hidroviário projetados pelo PNLT e PNIH

Fonte: Elaboração a partir de MT, 2014b; ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d; e

Uma particularidade dos resultados disponibilizados pelo PNIH é a possibilidade de leitura dos fluxos de cargas por bacia hidrográfica, além da identificação dos grupos de mercadorias. A Figura 39 e Figura 40 demonstram as participações respectivas das principais cargas transportadas e das bacias hidrográficas em 2030.

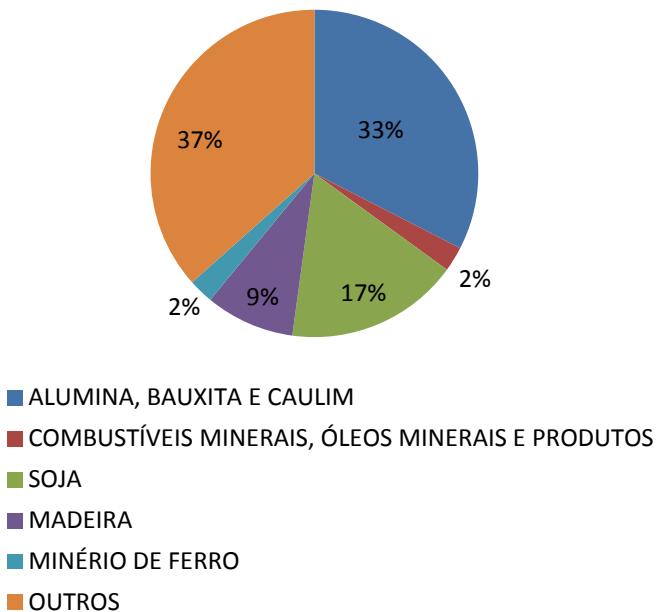


Figura 39 – Distribuição das Principais Cargas Transportadas em TKU no Transporte Hidroviário de acordo com o PNIH para 2030

Fonte: Elaboração a partir de ANTAQ, 2013e

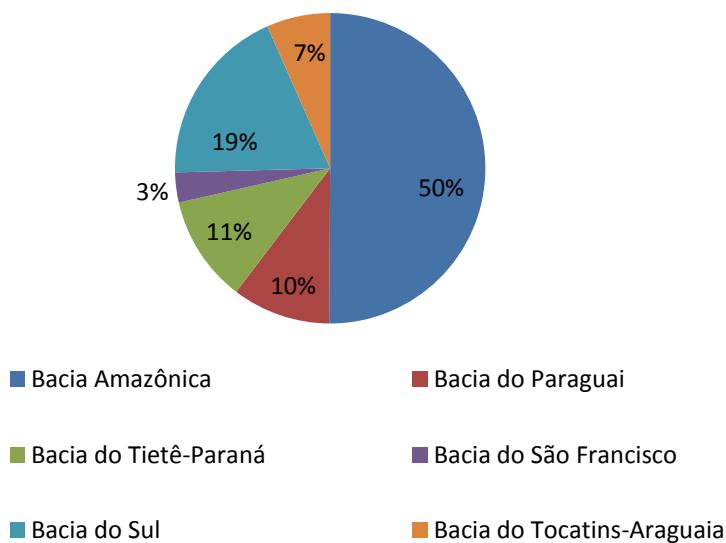


Figura 40 – Distribuição da participação das Bacias Hidrográficas nas Cargas Transportadas em TKU no Transporte Hidroviário de acordo com o PNIH em 2030

Fonte: ANTAQ, 2013e

Em uma análise sobre a participação das bacias hidrográficas obtidas pelo PNIH, observa-se que, apesar de crescer expressivamente em termos absolutos, a bacia amazônica perde 38% do *share* de TKU, pois em 2012, a hidrovia Solimões-Amazonas, em conjunto com a hidrovia do Madeira, transportaram 88% das toneladas quilômetro útil das hidrovias brasileiras. Nota-se também um crescimento significativo das hidrovias do Sul, Tietê-Paraná e São Francisco que migrariam de 2%, 3 % e 0,1% para participações muito maiores, conforme indicadas na Figura 40. Segundo os valores em TKU obtidos a partir do PNIH, a bacia do Tocantins-Araguaia obteria um acréscimo de participação de 1%, tendo contribuído com 6% do fluxo de cargas em TKU em 2012.

3.2.3 Plano Nacional de Logística Portuária

O Plano Nacional de Logística Portuária (PNLP) se denomina como o mais completo estudo sobre o setor portuário no Brasil. A Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR) concebeu o PNLP no intuito de detalhar os aspectos de operação, gestão e infraestrutura de 37 portos nacionais. Desse número, 28 portos já foram analisados, porquanto, além dos portos indicados na Figura 41, também foram estudados os portos de Porto Velho, Forno, Estrela, Antonina, Belém, Cabedelo, Ilhéus, Imbituba, Manaus, Pelotas, Porto Alegre, Santana e São Francisco do Sul. (SEP/PR, 2012). Para abril de 2015, ainda está prevista a conclusão dos 9 estudos restantes, considerando os portos de Laguna, Recife, Barra do Riacho, Niterói, Angra dos Reis, Natal, Areia Branca, Maceió e São Sebastião. De acordo com o Programa de Investimento em Logística (PIL) prevê-se até 2017 uma quantia de 54,6 bilhões de reais em investimentos portuários (SEP/PR, 2012; PIL, 2014).



Figura 41 – Localização geográfica e movimentação total dos portos públicos organizados em 2010

Fonte: SEP/PR, 2012

Nos planos mestres de cada um dos 28 portos já elaborados, são indicados o atual diagnóstico da situação portuária com análise operacional e aspectos ambientais, o mapeamento dos acessos terrestres (rodoviário e ferroviário) e aquaviário (hidroviário ou marítimo), a projeção de demanda para os grupos de mercadorias até 2030, a comparação entre demanda e capacidade e as alternativas de expansão (SEP/PR, 2012). Para a dissertação em questão, a informação do fluxo transportado em TKU ou toneladas, existente nos estudos do PNLT e PNIH, e que é de grande valia para análise da demanda futura de combustíveis, não é objeto de análise do PNLP. No âmbito da projeção da demanda dos portos, o referido estudo da Secretaria de Portos considera as cargas movimentadas (embarcadas e desembarcadas) bem como o seu tipo de transporte (longo curso em vias interiores, longo curso marítimo, cabotagem e hidroviário interior).

Por isso, para, através do PNLP, estimar-se a demanda em toneladas do transporte hidroviário, compreendendo: o transporte hidroviário interior, a cabotagem em vias interiores e a navegação de longo curso em vias interiores, como também a demanda do transporte de cabotagem, compreendendo a cabotagem marítima, será considerada a taxa de crescimento dessas movimentações de cargas em portos. A premissa é que essa variação de embarque e desembarque por grupo de mercadoria/*commodity* projetada pelo PNLP representaria também os aumentos dos fluxos de cargas. Tanto a tonelada inicial por grupo de mercadoria quanto à respectiva distância média percorrida serão mantidas como a do ano base de 2012. No entanto, cabe ressaltar que a manutenção das distâncias médias percorridas é uma limitação da presente dissertação, pois com a expansão do transporte hidroviário e da cabotagem, seria necessária uma análise muito mais abrangente com simulações computacionais para se prever o TKU futuro, incluindo análise de competitividade entre os modais concorrentes, o que está fora do escopo desse trabalho.

Nos relatórios de cada um dos portos abrangidos pelo PNLP, há a indicação da projeção da tonelagem das cargas movimentadas (embarque e desembarque) até 2030, incluindo, na maioria das vezes, o tipo de transporte realizado (navegação interior, cabotagem e longo curso). Quando o relatório de determinado porto não classificou o tipo de transporte, foram utilizadas as últimas relações anuais disponíveis no próprio relatório e mantidas constantes até 2031, como é o exemplo do Porto de Vitória, que em 2010, a cabotagem marítima desse porto foi responsável por 10% do total das movimentações.

Com base nos crescimentos anuais das movimentações dos portos, previstos pelo PNLP e em consonância com a Equação 1, a Figura 42 demonstra a estimativa das toneladas transportadas e as toneladas quilômetro útil para o transporte hidroviário e cabotagem entre 2015 e 2031. Tal como na análise feita para o PNIH, para obtenção do TKU foram utilizados tais valores referenciados na Tabela 6. Já a Figura 43 apresenta as participações dos principais grupos de mercadorias devido ao PNLP, somados o transporte hidroviário e a cabotagem.

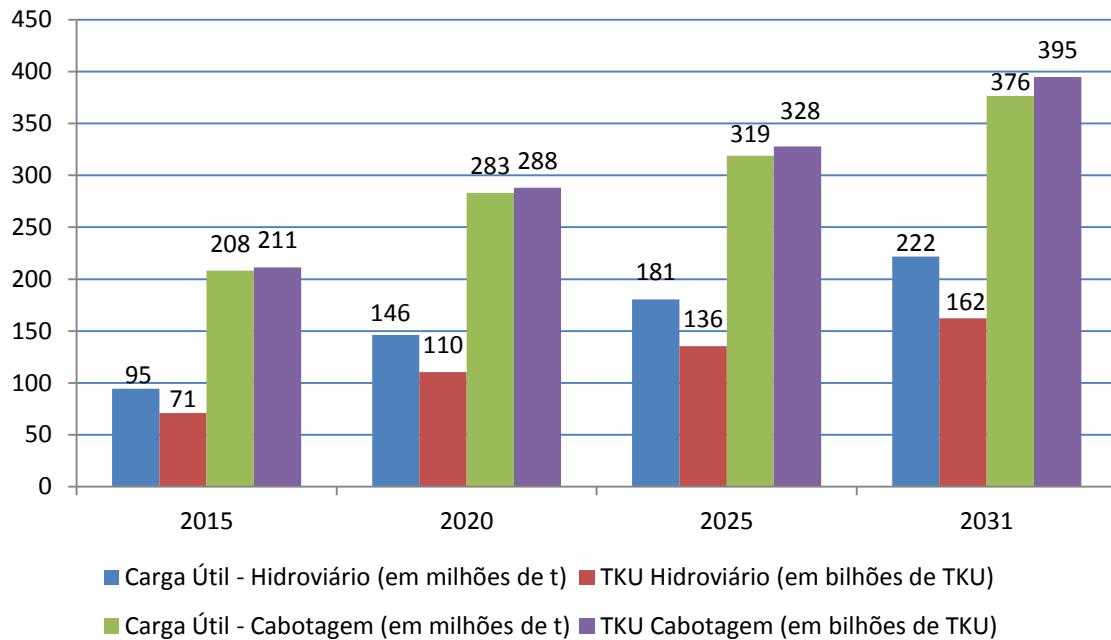


Figura 42 – Milhões de toneladas e bilhões de TKUs transportadas em hidrovias conforme crescimento dos portos previstos pelo PNLP

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d; SEP/PR, 2012

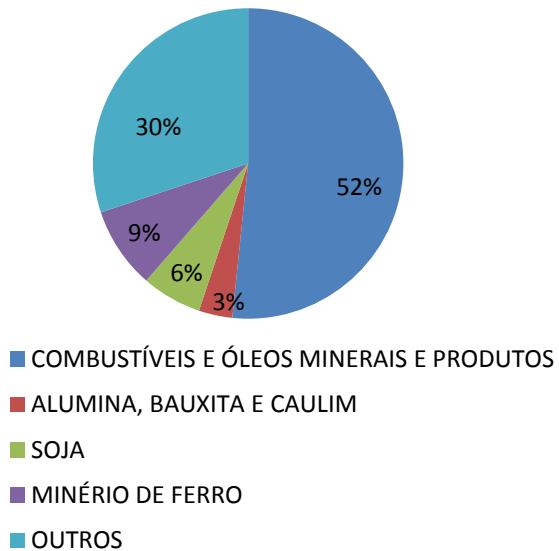


Figura 43 – Distribuição das Principais Cargas Transportadas em TKU no transporte hidroviário e cabotagem em 2031 devido ao PNLP

Fonte: Elaboração própria a partir de SEP/PR, 2012

No transporte hidroviário interior, de acordo com o PNLP, dentre os nove portos de atividade de navegação interior, o porto de Vila do Conde na cidade de Barcarena, no estado do Pará, mantém a liderança nas movimentações de carga, ampliando a sua participação de 35,2% em 2012 para 39,3% em 2031, seguido pelos portos de Manaus no estado do Amazonas e Santana no estado do Amapá, que disputam o posto de segundo porto com maior movimentação de carga no transporte hidroviário. Conforme pode ser observado na Figura 44, o ano de 2031 vis-à-vis com 2012, tanto o porto de Manaus quanto o de Porto Velho perderam mercado para outros portos no escoamento das cargas na navegação hidroviária como os portos de Vila do Conde, já citado, e o de Santarém. É importante destacar que o transporte hidroviário utiliza outros portos e terminais para embarque e desembarque das cargas, que não estão contemplados inicialmente no PNLP e consequentemente nesta dissertação.

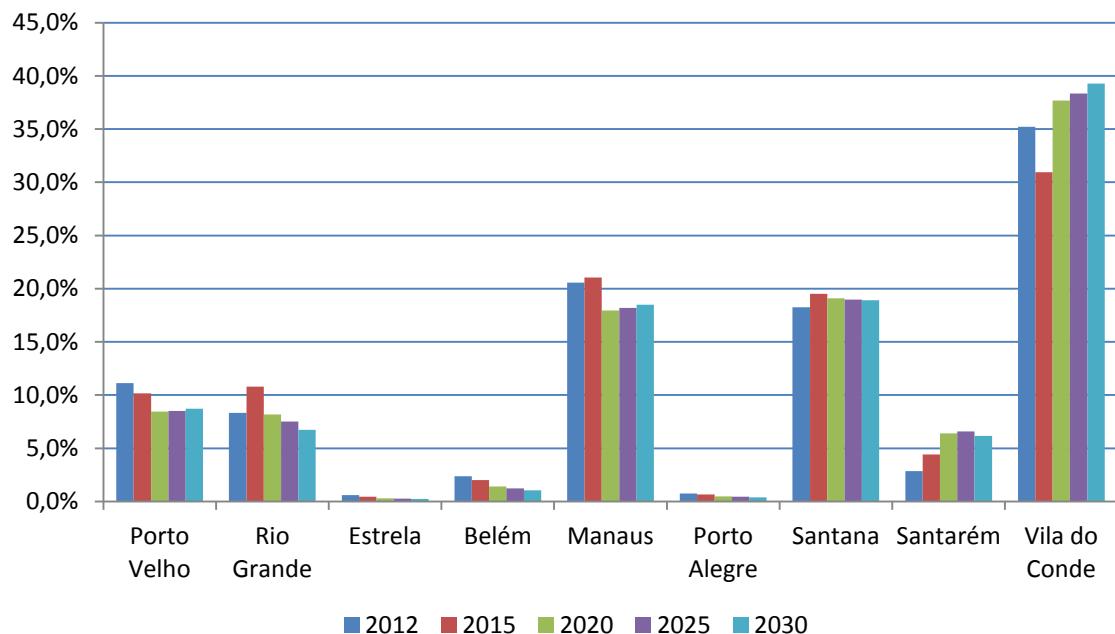


Figura 44 – Comparação da Participação dos Portos Analisados pelo PNLP nas Movimentações de Cargas em toneladas

Fonte: SEP/PR, 2012

De posse do resultado em TKU das movimentações de carga do transporte hidroviário, pode-se compará-lo em cada ano com os resultados encontrados no PNLT e PNIH (ver Figura 45). Conclui-se que o PNLP para o transporte hidroviário apresenta um resultado intermediário entre

o PNLT com as obras do PAC e o PNLT com obras adicionais pelo próprio Programa Nacional de Logística Portuária, ocorrendo uma maior aproximação com os resultados do Cenário “PAC+PNLT” a partir de 2027.

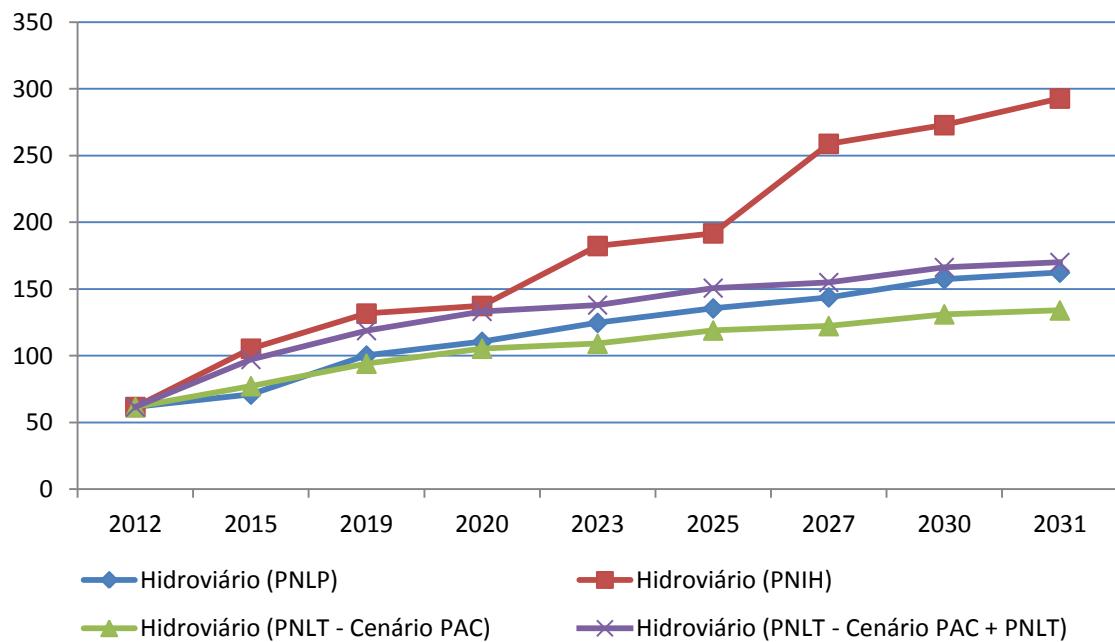


Figura 45 – Bilhões de TKUs no transporte hidroviário projetados pelo PNLT, PNIH e PNLP

Fonte: Elaboração a partir de ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d; e; SEP/PR, 2012; MT, 2014b

O resultado da tonelada quilômetro transportada oriundo da cabotagem até 2031 do PNLP, por sua vez, apresenta uma disparidade muito maior em relação ao PNLT, sendo notado na Figura 46 que, em virtude das taxas de crescimento dos grupos de mercadorias no Plano Nacional de Logística Portuária, a diferença entre o PNLP e o PLNT fica entre 45% e 60% no período analisado.

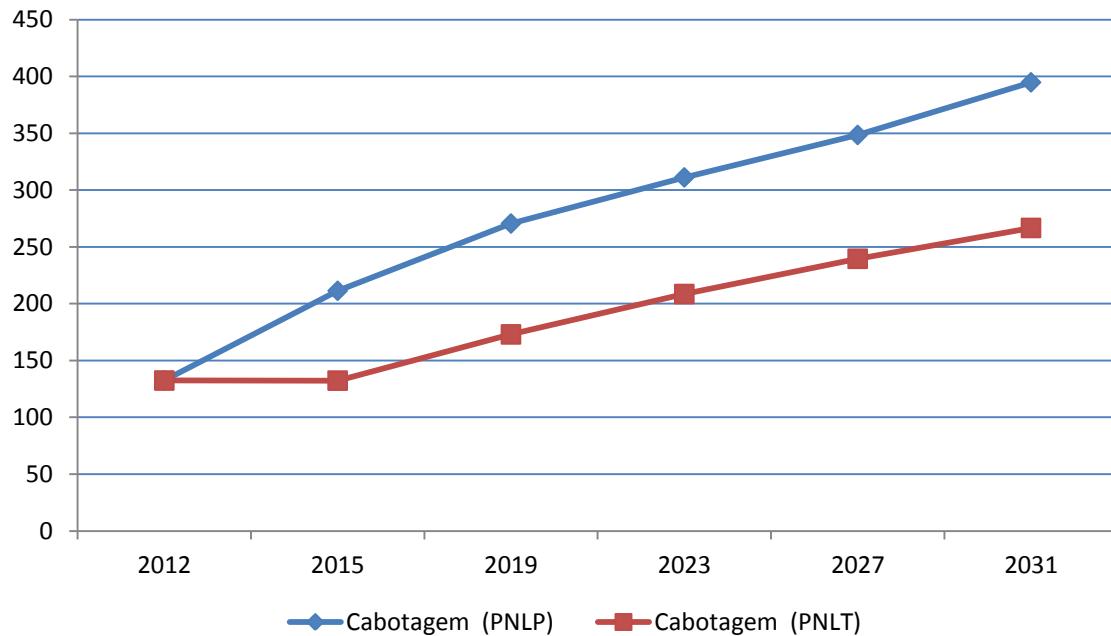


Figura 46 – Bilhões de TKUs do transporte de cabotagem projetados pelo PNLP e PNLT

Fonte: MT, 2014b; SEP/PR, 2012

Em termos de participação dos vinte portos analisados para o transporte de cabotagem, de acordo com o PNLP, o porto de Santos diminuirá sua liderança enquanto os portos de Suape e Pecém seriam o segundo e terceiro maiores portos nessa atividade. A justificativa é os diversos investimentos previstos em Suape e Pecém, que objetivam tornar esses portos e outros nas regiões Norte e Nordeste mais competitivos para a navegação de longo curso internacional devido a estarem mais próximos do continente europeu e da América do Norte e, com isso, a cabotagem entre esses portos e outros no Brasil aumentaria significativamente, além do fato de a nova refinaria da Petrobras (Refinaria Abreu e Lima) estar localizada em Suape. A Figura 47 e a Figura 48 apresentam os quatro maiores portos de participação de mercado de cabotagem em 2012 e 2031, conforme foi estabelecido pelo PNLP.

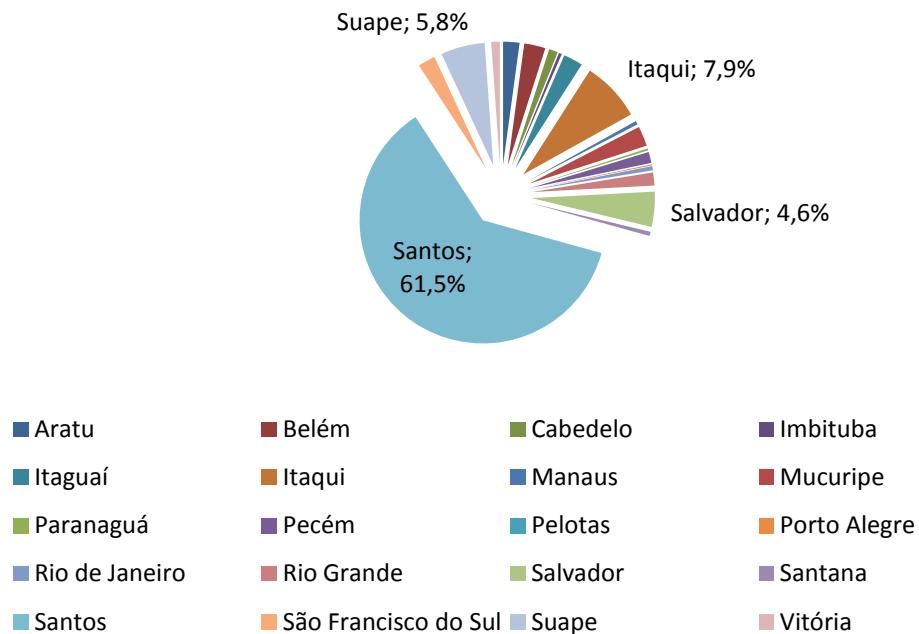


Figura 47 – Participação dos 20 portos contemplados pelo PNLP na cabotagem em 2012

Fonte: SEP/PR, 2012

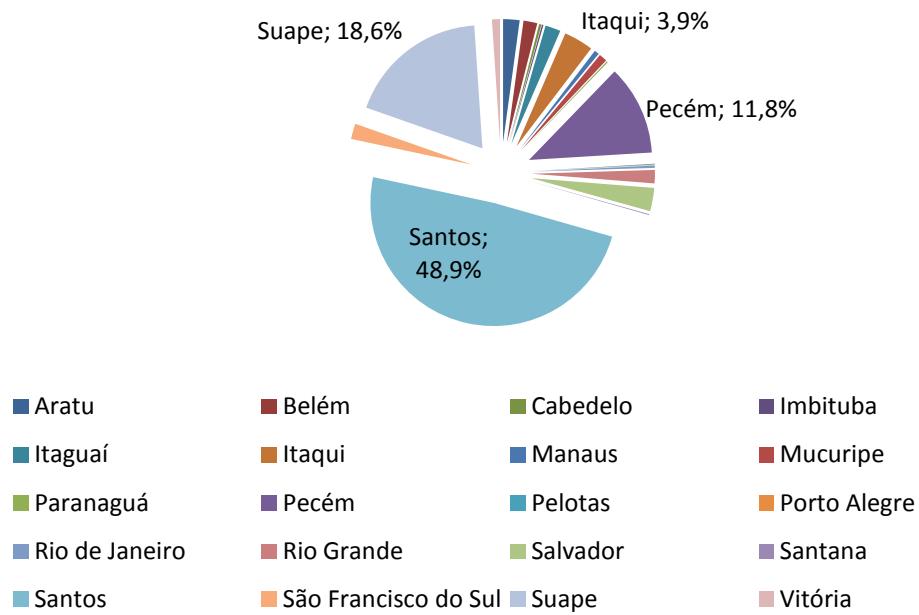


Figura 48 – Participação dos 20 portos contemplados pelo PNLP na cabotagem em 2031

Fonte: SEP/PR, 2012

3.2.4 Plano Hidroviário Estratégico

O Plano Hidroviário Estratégico (PHE) foi concebido pelo Ministério dos Transportes para alavancar o crescimento do transporte hidroviário interior (THI) no Brasil. O PHE é um estudo baseado em informações do PNLT e complementar ao PNIH, e não aborda as perspectivas de crescimento da navegação interior proveniente da cabotagem e do longo curso. Porém, a melhoria das hidrovias interiores existentes e a extensão da quilometragem navegável apresentariam reflexos nesses dois tipos de transporte, não analisados pelo PHE.

O objetivo do PHE é fazer com o que o Brasil transporte 120,2 milhões de toneladas de carga por meio do transporte hidroviário interior em 2031. Tal crescimento é 110,5% maior do que o esperado de acordo com a situação de referência estabelecida pelo próprio PHE, que prevê o transporte de 57 milhões de toneladas. No Plano Hidroviário Estratégico, há três relevantes suposições para se alcançar esse crescimento, relacionadas aos tipos de commodities e suas particularidades de transporte, que são:

- a) Crescimento autônomo do volume de carga transportado atualmente por hidrovias, com pouca probabilidade de ser transportado por outros modos;
- b) Fluxos de cargas adicionais nas hidrovias, provenientes de investimentos em empreendimentos específicos e sistemas logísticos;
- c) Fluxos atuais e adicionais nas hidrovias, em forte concorrência com outros modos e cadeias de transporte.

De acordo com esses três pressupostos do PHE, a Tabela 14 demonstra a distribuição geográfica das toneladas transportadas em 2031, nos dois cenários, tanto sem quanto com os investimentos previstos no PHE para o THI. A simulação realizada pelo PHE do cenário do transporte hidroviário interior sem investimentos foi intitulada situação de referência.

Tabela 14 – Projeção de toneladas transportadas através do THI por Hidrovia pelo Plano Hidroviário Estratégico

Vias Navegáveis	2031 na situação de referência (t)	2031 com investimentos do PHE (t)
Amazonas	11.466.000	11.466.000
Madeira	0	4.724.000
Teles Pires-Tapajós	0	9.694.000
Tocantins	0	41.076.000
São Francisco	61.000	2.659.000
Paraná – Tietê	23.079.000	20.812.000
Paraguai	16.190.000	20.402.000
Hidrovia do Sul	6.296.000	9.367.000
TOTAL	57.092.000	120.200.000

Fonte: MT, 2013

A Tabela 14 demonstra que sem investimentos nos rios Tocantins e Madeira, o transporte hidroviário interior se extinguirá nessas vias hoje navegáveis, que foram responsáveis juntas por 5,72 dos 16,57 bilhões de TKU transportados em 2012, representando 34,56% de participação. De acordo com o PHE, essa substituição integral ocorrerá devido à maior competitividade de outros modais e até de outras vias navegáveis. Através dessa tabela também nota-se o surgimento do rio Tapajós, que será um dos principais responsáveis pelo escoamento das *commodities* agrícolas produzidas no estado do Mato Grosso, sendo que isso deverá acontecer em detrimento do transporte no rio Madeira. Desse modo, a hidrovia do Madeira ficará com o transporte de cargas com origem e destinação apenas no estado de Rondônia, a partir desses investimentos, segundo o PHE.

Segundo o PHE, outro indicador esperado para o THI em 2031 é o aumento da sua participação de algumas *commodities* (soja, farela de soja, milho e fertilizantes) para 39% em TKU em lugar dos cerca de 9% de participação. O transporte de passageiros também se beneficiará em virtude das obras nos terminais e portos, renovação das embarcações e melhoria das condições de navegação através de dragagens, derrocamentos, sinalização e regularização do rio.

Por meio do planejamento do PHE, deverá haver um crescimento de 3000km da rede de hidrovias, significando um aumento de 14,3% se compararmos com a quilometragem de rios

brasileiros navegáveis (21.000 km) ou 46,1% quando ocorre a comparação com a extensão dos rios comercialmente navegáveis em 2012 (6.500km).

Como o PHE, em seus seis documentos que compõem o estudo, somente divulga a distância média futura percorrida pelos grupos de mercadorias de duas hidrovias, Tocantins e Paraná-Tietê, que serão de 800km e 660km, respectivamente, torna-se necessário para estimar o TKU total do transporte hidroviário interior, obter a distância média percorrida das demais seis vias navegáveis. Dessas, apenas não há dados da Hidrovia Teles Pires-Tapajós, que não é comercialmente navegável ao ponto de haver estatísticas da ANTAQ em seus anuários. Para definição da distância média percorrida nessa hidrovia, será considerada a distância entre Cachoeira Rasteira (MT) e Santarém (PA), que totaliza 960km. Apesar de o panorama relativo à distância média percorrida das outras cinco hidrovias provavelmente ser modificado com as obras nas hidrovias interiores, serão utilizados os valores provenientes de ANTAQ (2013d), referentes apenas ao THI. A Tabela 15 apresenta as distâncias médias percorridas e a projeção da tonelada quilômetro útil para 2031.

Tabela 15 – Distância Média Percorrida e Projeção da Tonelada Quilômetro Útil para 2031.

Vias Navegáveis	Distância Média Percorrida (km)	2031 com investimentos do PHE (TKU)
Amazonas	630,51	7.229.427.660
Madeira	1249,14	5.900.937.360
Teles Pires-Tapajós	960,00	9.306.240.000
Tocantins	800,00	32.860.800.000
São Francisco	575,54	1.530.360.860
Paraná – Tietê	660,00	13.735.920.000
Paraguai	578,22	4.751.410.750
Hidrovia do Sul	507,25	11.796.844.440
TOTAL	718,20	87.111.941.070

Fonte: Elaboração própria a partir de MT, 2013; ANTAQ, 2013d

Não é objetivo da presente dissertação estimar números que mostrem o reflexo das obras do PHE que beneficiariam a cabotagem e o longo curso em vias interiores. Como já foi feita uma análise na seção 3.1 baseada no crescimento dos grupos de mercadorias, para esses dois tipos de

transporte complementares, muitas vezes, ao transporte hidroviário interior, serão mantidos tais resultados já apresentados, expurgando, porém, o resultado relativo ao transporte hidroviário interior. Com isso, se obtém a Figura 49, que apresenta a projeção até 2031 do transporte hidroviário. Sobre as taxas de crescimento do fluxo transportado nas hidrovias interiores entre anos que o PHE retrata, 2015, 2023 e 2031, há uma divergência sobre as taxas de crescimento entre esses períodos porque os investimentos teriam início apenas em 2016, e o PHE indica um crescimento vultoso de 23,88% a.a entre 2012 e 2015. Portanto, devido a essa suposta inconsistência, será considerado o crescimento médio anual entre o período de 2012 e 2031 em TKU, de 9,13% a.a, que responde a variação de 16,57 a 87,11 bilhões de toneladas quilômetro útil transportado.

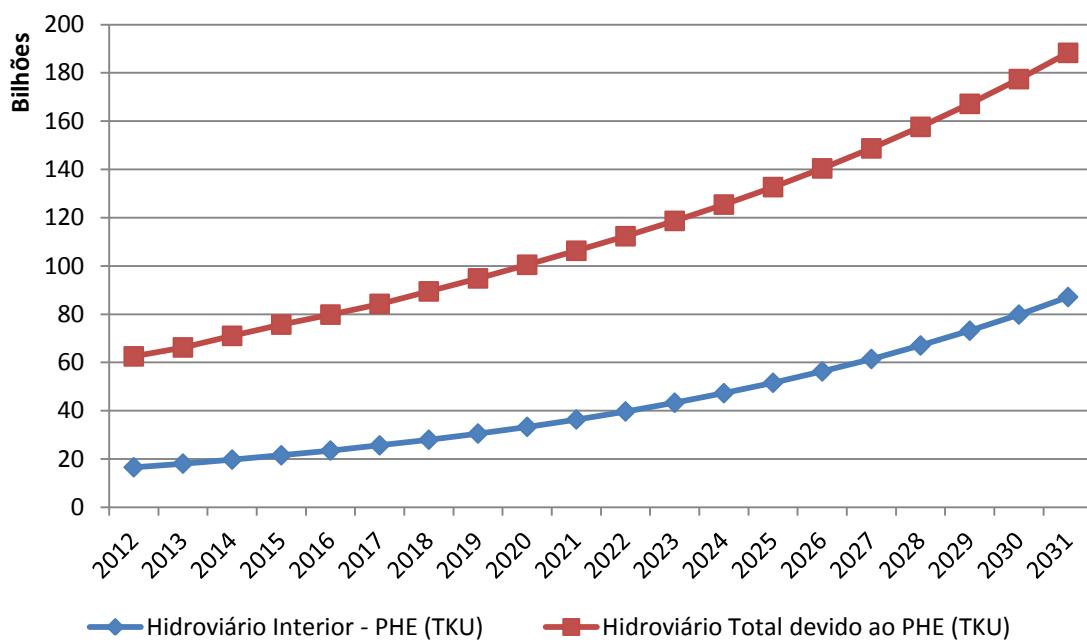


Figura 49 – Projeções de TKU até 2031 do transporte hidroviário interior com as obras previstas pelo PHE e do total do transporte hidroviário com base nos indicadores governamentais de crescimento dos produtos transportados em longo curso e cabotagem interior

Fonte: Elaboração própria a partir de MT, 2013; MME, 2011; EPE, 2014a; 2014b; MAPA, 2013; ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d

Cabe destacar que a previsão pelo PHE é de 16,8 bilhões de reais de investimentos públicos e 9,64 bilhões de reais em investimentos privados, totalizando 26,4 bilhões de reais em obras de melhoria das condições de navegabilidade das hidrovias, como dragagem, construção ou

ampliação de eclusas e derrocamento, ampliação de frota e construção de terminais, conforme cronograma resumo indicado na Tabela 16. Além dos investimentos, estimam-se em R\$ 543 milhões os custos anuais de manutenção.

Tabela 16 – Início das Obras Após Projeto e Términos das Obras, Renovação e Expansão da Frota e Construção e Ampliação de Terminais

Fonte: MT, 2013

Vias Navegáveis	Ano de Início das Obras após Projeto	Ano de Conclusão das Obras e Ampliação da Frota e Terminais
Amazonas	2017	2019
Madeira	2018	2020
Teles Pires – Tapajós	2016	2025
Tocantins	2017	2024
São Francisco	2017	2019
Paraná – Tietê	2017	2021
Paraguai	2016	2023
Hidrovia do Sul	2016	2018

Desse modo, no âmbito do transporte hidroviário, se faz possível comparar os quatro planos governamentais (PNLT, PNLP, PNIH e PHE) e concluir que, de certo modo, há uma convergência de resultados do PHE com o PNLP até 2025, e após esse período, a projeção de TKU do plano hidroviário estratégico segue a tendência do PNLT no cenário PNLT + PAC, ultrapassando-o antes de 2030, o que pode ser notado na Figura 50.

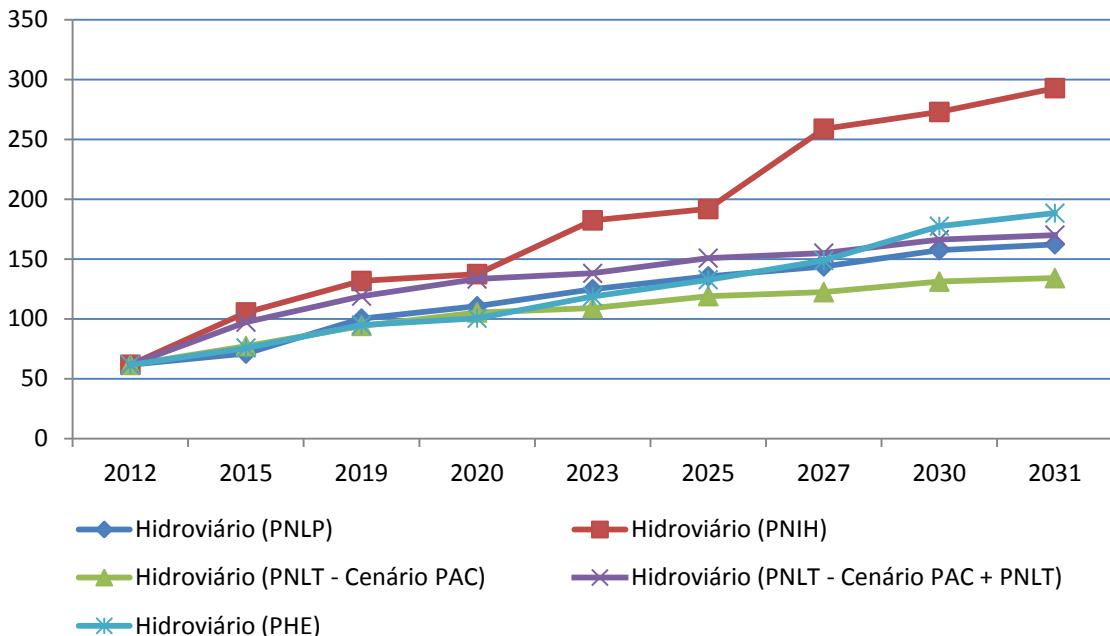


Figura 50 – Bilhões de TKUs no transporte hidroviário projetados pelo PNLT, PNIH, PNLP e PHE

Fonte: MT, 2013; SEP/PR, 2012; MT, 2012; 2014b; MME, 2011; EPE, 2014a; 2014b; MAPA, 2013; ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d

3.3 Análise do Crescimento do Transporte Aquaviário de Passageiros

Tal como foi considerado no transporte de cargas, não será considerada uma análise concorrencial entre os modais para definição da quantidade futura de passageiro quilômetro transporte para o transporte de passageiros hidroviário e marítimo. No aspecto de crescimento demográfico, para o transporte de passageiros nas regiões norte do Brasil e metropolitana do estado do Rio de Janeiro, serão considerados os crescimentos populacionais conforme (IBGE, 2013) que retrata a projeção até 2030. Já para análise do crescimento das nove linhas de navegação de outras regiões (Santos, Salvador, Vitória, Aracajú e São Luís), considerando a estimativa já feita para 2012 que foi apresentada no capítulo 2, baseada em 1998 e no crescimento equivalente ao da região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, as taxas de crescimentos até 2031 a serem adotada serão as correspondentes aos crescimentos demográficos de cada estado da federação para o período 2013-2030, em que constam as 9 linhas de navegação das 5 regiões. Em todas as regiões, para o ano 2031, será utilizada a taxa de crescimento nacional

de 0,348% relativa ao período entre 2030 e 2031, indicada na projeção do crescimento populacional realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para 2050, que não desagrega regiões e estados da federação. (IBGE, 2013)

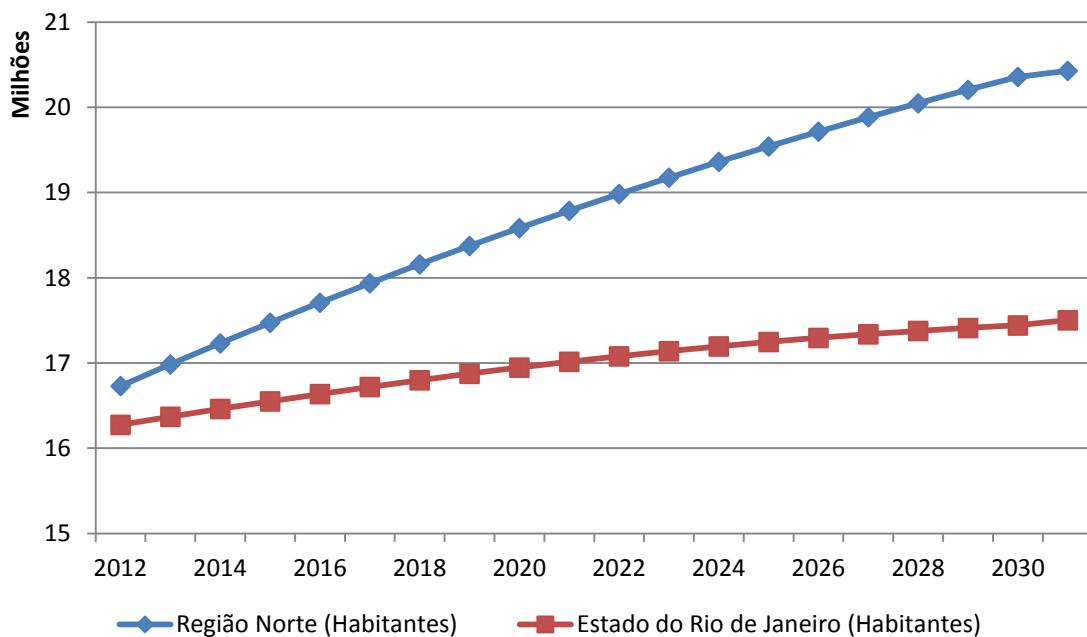


Figura 51 – Crescimento Populacional da Região Norte e Estado do Rio de Janeiro de 2012 a 2030

Fonte: IBGE, 2013

Em 2013, a ANTAQ mapeou 313 linhas de navegação de passageiros na região amazônica do Brasil. No total, em 2012, foram transportados 7.091.056 passageiros com uma distância média percorrida de 242,13km. Já o transporte de passageiros na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro obteve, no referido ano, o fluxo de 28.689.105 passageiros, porém realizado em uma distância média de 6,01km (ANTAQ, 2013c; IPP, 2014). No total, foram transportados 1.889.227.167 passageiros quilômetro (pkm) na região Norte e no estado do Rio de Janeiro, e somados aos 93.932.738 pkm das novas linhas de navegação de outras regiões, foram totalizados 1.983.159.906 pkm no território nacional em 2012, considerando que não há dados consolidados sobre outras regiões no país, e também como premissa, que as outras localidades onde há transporte hidroviário ou marítimo de passageiros têm números pouco expressivos para fazer uma diferença significativa no total de pkm.

Outra análise que poderia ser executada é se o crescimento do transporte aquaviário de passageiros está dentro do limite de expansão previsto pelos planos governamentais. O único estudo elaborado pelo Governo Federal que aborda o tema de forma quantitativa é o PHE, que prevê uma taxa de crescimento anual de 1,70% até 2031, restrita à região amazônica, desde que haja investimentos na ampliação das hidrovias navegáveis, incluindo obras de derrocamento, dragagem, barragem, regularização dos rios e sinalização. Além disso, a renovação da frota, considerando ainda o retrofit das embarcações atuais de passageiros, e a adequação dos terminais de passageiros são requisitos para que se possa alcançar um crescimento aproximado de 37% no período entre 2012 e 2031. Entretanto, o PHE estimou uma quantidade 6 milhões de passageiros em 2012, cerca de 18% a menos do que o apontado pelo estudo detalhado da ANTAQ (7.091.056). Devido a essa divergência do ano base considerado, será utilizada somente a referência da ANTAQ e os crescimentos demográficos expostos.

De posse do crescimento populacional das regiões, onde há transporte hidroviário significativo de passageiros e considerando as referências de passageiros transportados e quilometragem média percorrida das 326 linhas de navegação analisadas no ano de 2012, já abordadas no capítulo 1, torna-se possível gerar a Figura 52, através da Equação 2 exposta a seguir. A projeção para 2031 dos trajetos analisados resulta em 2,392 bilhões de pkms, que representa um crescimento aproximado de 0,90% a.a.

$$pkm_{ano} = \sum_{n=326}^{ano} (passageiros\ anno\ anterior_n \times (1 + Crescimento_n) \times km\ percorridos_n)$$

Equação 2 – Cálculo anual de passageiro quilômetro transportado para as 326 linhas de navegação analisadas

Fonte: Elaboração a partir de ANTAQ, 2013c; IPP, 2014; IBGE, 2013

Onde pkm_{ano} é a quantidade de passageiro quilômetro transportada relativa ao ano analisado (em pkms), n representa cada uma das 326 linhas de navegação de passageiros no transporte hidroviário e marítimo de passageiros, $passageiros\ anno\ anterior$ é a quantidade de passageiros transportados no ano predecessor ao analisado (em t), $Crescimento_n$ é a taxa percentual de crescimento anual do número de passageiro, que é objeto do crescimento demográfico relativo à linha de navegação considerada, e $km\ percorridos_n$ é uma constante para cada uma das 326 linhas de navegação, que representa a sua distância média percorrida (em km).

Em 2031, a projeção é que a linha de navegação marítima entre as cidades do Rio de Janeiro e Niterói permaneça na liderança tanto na quantidade de passageiros (26.386.163) quanto na quantidade de pkm, embora, devido ao maior crescimento do número de habitantes da região Norte, a linha Santarém-Manaus apresenta uma tendência de alcançar a liderança nos anos seguintes, caso a utilização aumente conforme o período analisado. A Figura 53 apresenta as modificações em relação às sete maiores linhas de navegação de passageiros em pkm em 2012 e 2031, havendo somente o ganho de uma quarta posição pela linha Belém-Santana da linha Salvador-Ilha de Itaparica, mantendo as demais nas suas colocações de 2012 em 2031 na projeção executada.

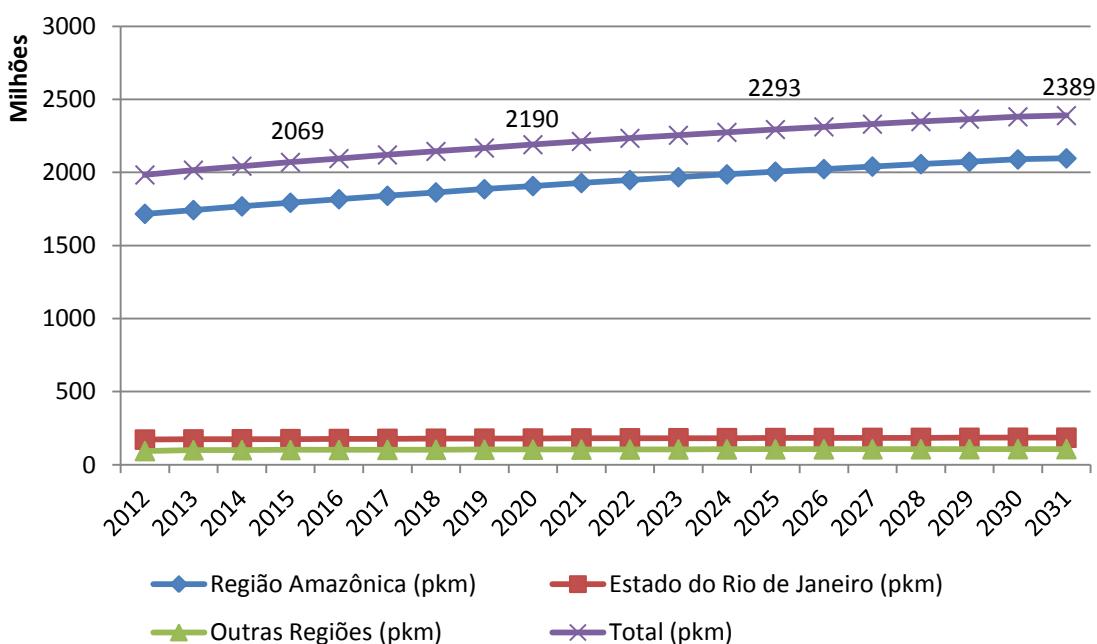


Figura 52– Projeção de pkm até 2031 do Transporte Aquaviário de Passageiros no Brasil

Fonte: Elaboração a partir de ANTAQ, 2013c; IPP, 2014, IBGE, 2014

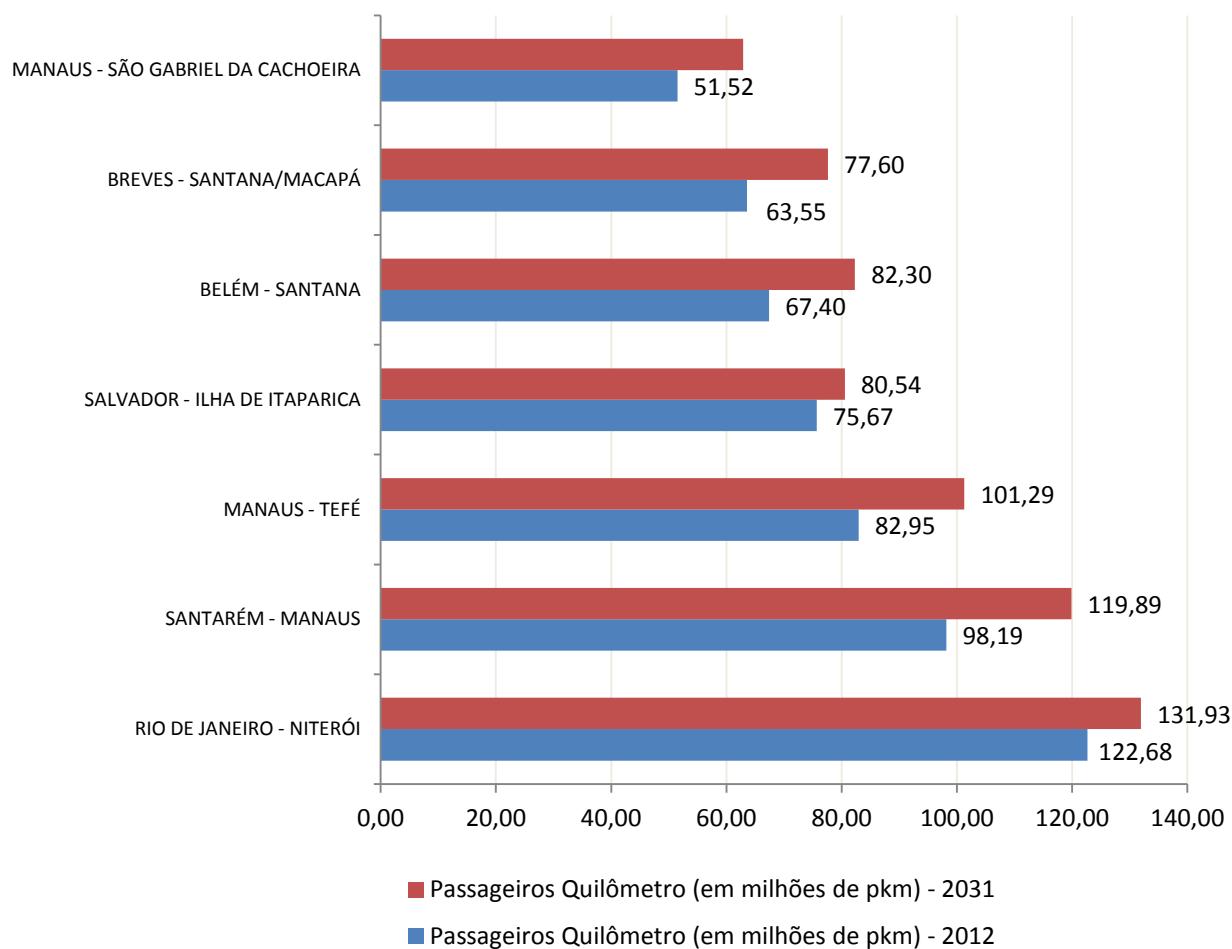


Figura 53 – Comparação entre Seis maiores linhas de navegação aquaviária de passageiros em passageiro quilômetro útil com pkm de 2012 e 2031

Fonte: Elaboração a partir de ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d, BNDES, 1999

4 - OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS E OPERACIONAIS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO

Este capítulo objetiva apresentar as tecnologias incrementais, que podem ser aplicadas mais facilmente, e as tecnologias avançadas, restritas a alguns tipos de embarcações, ambas para o provimento de maior eficiência energética às embarcações. Além das tecnologias comercialmente disponíveis, há o apontamento das oportunidades de redução de consumo de combustível a partir de medidas operacionais. De forma geral, também são apresentados um panorama sucinto acerca de combustíveis alternativos e a normatização vigente do tema para a navegação marítima.

4.1 Tecnologias incrementais

De modo geral, o transporte hidroviário tem dois tipos de ganhos em eficiência energética no aspecto tecnológico, que são os referentes às embarcações existentes e àqueles relacionados aos novos veículos marítimos e fluviais a serem incorporados na matriz do transporte hidroviário brasileiro.

Nas embarcações existentes, os ganhos energéticos na forma de redução de consumo de combustível marítimo (óleo combustível e diesel) têm algumas limitações no âmbito do projeto construtivo, como, por exemplo, as propriedades físicas dos materiais do casco, proa e popa que levam a determinadas resistências hidro e aerodinâmicas, e que necessitariam de grandes intervenções ou paradas em estaleiros para reformas. No entanto, há outros tipos de investimentos mais fáceis de serem aplicados para melhoramento do desempenho energético de um veículo hidroviário, como a substituição por um acionamento mais eficiente no sistema de propulsão e ações com foco na concepção energética inerente ao seu interior, seja na eficiência energética das cargas internas ou através do reaproveitamento energético dos gases exaustos para recuperação do calor, seja na forma de cogeração e/ou ciclo combinado.

Diferentemente da dificuldade natural que existe nas embarcações existentes, pois reformas com viés energético podem exigir colocá-las inoperantes por algum tempo, o que é uma escolha difícil para o proprietário, as novas embarcações podem ser construídas com um conceito de

maximização no aproveitamento dos recursos energéticos. Independentemente das possíveis dificuldades técnicas e econômicas de implementação de medidas para ganhos energéticos nas embarcações antigas, são poucos os tipos de ações com esse fim que não são aplicáveis às mesmas (IMO, 2009; Vergara et al., 2012).

Como macro ações de redução de consumo energético com tecnologias incrementais, pode-se dividi-las em três grupos: redução das resistências hidro e aerodinâmica, otimização do sistema de propulsão e melhoria da concepção energética da embarcação (Vergara et al., 2012).

Para indicação dos ganhos energéticos, há necessidade de identificação do perfil atual da frota brasileira relativa à navegação interior e marítima, pois os ganhos através da eficiência energética abrangidos na literatura existente são por tipo de embarcação e faixas de capacidade em TPB. Desse modo, a Figura 54 contempla os portes médios em TPB da frota nacional de 8 tipos de embarcação, como referência para a análise.

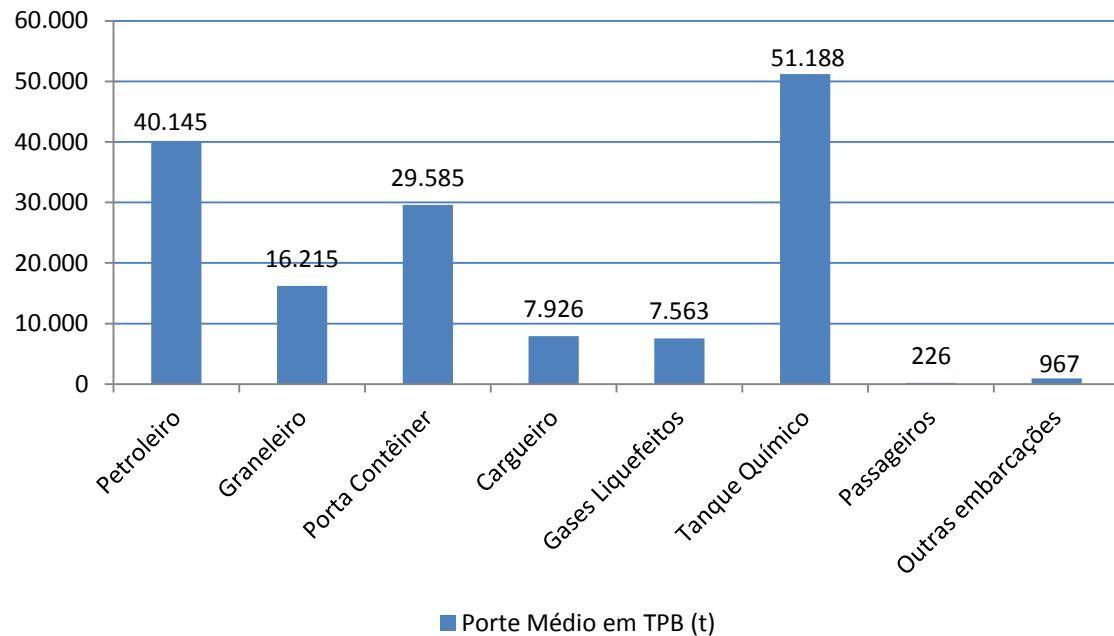


Figura 54 – Porte Médio por Tipo de Embarcação da Cabotagem e Navegação Interior

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2011a, 2013b, 2014a

4.1.1 Hidro e Aerodinâmica

As resistências hidro e aerodinâmica de uma embarcação podem ser reduzidas através da limpeza do casco, seja usando equipamentos mecânicos de escovação automatizados, ou até mesmo por mergulhadores, e tem o objetivo de remover os resíduos biológicos e, por consequência, reduzir a resistência friccional do veículo hidroviário (ICCT, 2011). Aplicável a todo os tipos de embarcações, a limpeza do casco pode representar uma redução de consumo de combustível entre 1% e 10%, com um custo proporcional por metro do *LOA* (comprimento de fora a fora da embarcação) (Faber et al., 2010).

Outra maneira de ser obter ganhos nesse quesito, entre 0,5% e 5%, seria utilizar uma pintura especial para propiciar um revestimento no casco que diminui o acúmulo de organismos aquáticos (ICCT, 2011). Dentre alguns tipos de pintura com essa finalidade, o revestimento pode ser do tipo autolimpante para reduzir a incrustação orgânica e de material à base de silicone, que evita o crescimento desses organismos (Kolieb e Savitz, 2010).

Em relação a um sistema específico para se reduzir a resistência hidrodinâmica para redução da potência exigida pelo sistema de propulsão, a solução é a injeção de ar comprimido ao longo do casco inferior através de um sistema de compressores e válvulas automatizadas (ICCT, 2011), conforme pode ser observado na Tabela 17. Porém, além de não ser aplicável a todas as embarcações, o ganho de eficiência através desse tipo de sistema pode ser prejudicado pelo mar ou rio agitado (Vergara et al., 2012).

Tabela 17 – Ganhos de Eficiência do Sistema de Injeção de Ar no Casco

Tipo de Embarcação	Faixa de Ganho (%)
Petroleiro	5 - 15
Graneleiro	5 - 15
Porta-Contêiner	2,5 - 9,0
Gases Liquefeitos	5 - 15

Fonte: Faber et al., 2010

No aspecto construtivo da embarcação, para se reduzir parte da resistência hidrodinâmica provocada pelas perturbações na água oriundas das aberturas no casco, a opção é a instalação de

rebordos ou grades (Figura 55), que proporciona uma redução de consumo energético entre 1% e 5%.

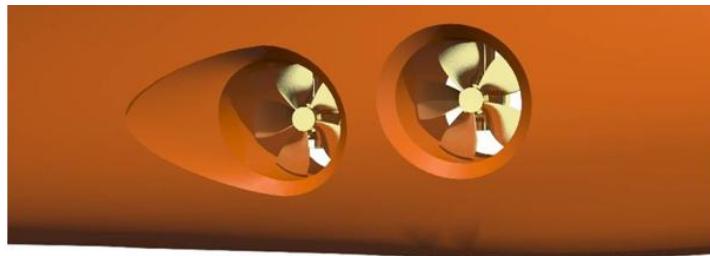


Figura 55 – Instalação de Rebordos

Fonte: Wartsila, 2010

Uma solução de baixo custo e que apresenta resultados de redução de consumo de combustível na faixa de 0,5% a 3%, é a instalação de um sistema de piloto automático adaptativo. Tal sistema proporciona a otimização da posição do leme, considerando o vento e a correnteza para guiar na rota em que há uma menor resistência hidro e aerodinâmica (Faber et al., 2010).

4.1.2 Otimização do Sistema de Propulsão

A hélice é um dos principais componentes de uma embarcação e, por isso, seu estado de conservação, tipo de material e controle impactam significativamente no consumo de combustível, pois quanto menor a turbulência gerada, maior a eficiência do sistema de propulsão. Desse modo, caso a hélice esteja danificada ou arranhada devido à operação normal da embarcação, sua substituição e a realização de controle das pás da hélice podem reduzir essas perdas de energia.

Entretanto, há diferentes tipos de solução para esse ganho de rendimento através da hélice. Entre as tecnologias disponíveis, tanto a implementação de uma hélice com forma de lâmina na ponta, *tip winglets*, (Figura 56) quanto a inserção de *nozzles* (Figura 57), que é uma seção em forma de anel, geram um aumento da propulsão e, por consequência, uma redução no consumo de combustível entre 0,5% e 4,5% (Faber et al., 2010; ICCT, 2011)..

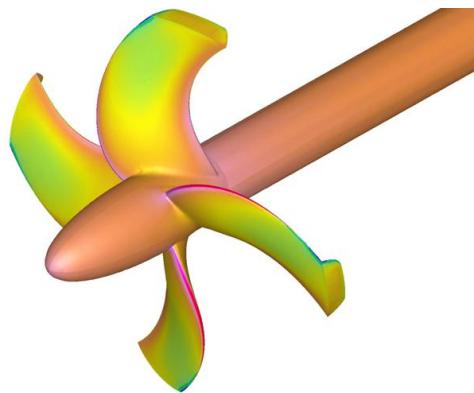


Figura 56 – Hélice do Tipo *Tip Winglets*

Fonte: WARTSILA, 2010

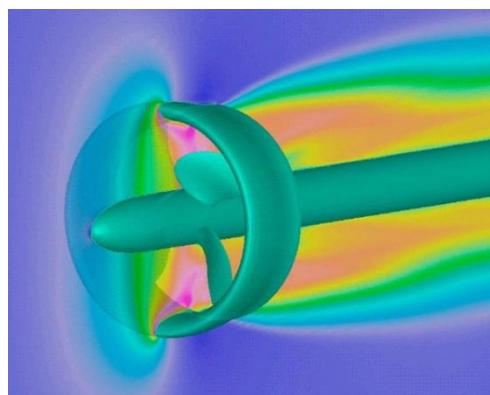


Figura 57 – Hélice do Tipo *Nozzles*

Fonte: WARTSILA, 2010

Outro tipo de hélice, conhecida como *boss cap with fins* (Figura 57), trata-se da inserção de uma saliência, que possui uma quantidade de aletas igual ao número de pás da hélice e possibilita a uma recuperação de energia entre 1% e 3% devido ao fluxo de rotação. A implantação dessa tecnologia pode ser estendida a vários tipos de embarcações, ao contrário das opções *tip winglets* e *nozzles*, possuindo ainda custos bem menores. O motivo é que esse tipo de *retrofit* não exige modificação da hélice, e o acoplamento desse dispositivo aproveita a furação existente, tornando a instalação mais fácil (Faber et al., 2010; Hansen et al., 2011; ICCT, 2011).



Figura 58 – Hélice do Tipo *Boss Cap With Fins*

Fonte: Hansen et al., 2011

Como mais uma solução para elevar a eficiência energética na faixa de 2% a 6%, a Figura 59 demonstra a integração de projeto do propulsor com o leme objetivando reduzir o arrasto, que se torna ainda maior no leme na ocasião de potências parciais (WARTSILA, 2010; Faber et al., 2010). Como essa solução envolve uma intervenção maior que as anteriores, os seus custos também são superiores.



Figura 59 – Sistema de Propulsão Integrado ao Leme

Fonte: WARTSILA, 2010

Entretanto, cabe destacar que a redução do consumo energético está limitada a 6%, mesmo que haja a realização das três ações acima indicadas (ICCT, 2011). Já as ações referentes ao motor tipo diesel de uma embarcação, que propiciam uma maior eficiência energética, respondem por outra parcela que, no caso, por exemplo, da tecnologia *common rail*, faz com que a combustão seja otimizada em toda faixa de carga do motor. A instalação desse sistema pode gerar um ganho de eficiência entre 0,1% e 0,5% (Faber et al., 2010; ICCT, 2011).

Excludente à instalação da tecnologia *common rail*, outra forma no motor de se obter ganho de eficiência energética entre 0,1% e 0,8% é o sistema de ajuste da injeção, que proporciona um melhor controle em cargas parciais, ocasionando uma regulação de tempo adequada para a injeção do combustível no motor (WARTSILA, 2010; Faber et al., 2010; ICCT, 2011).

Em relação a uma oportunidade de aumento da eficiência energética do sistema propulsor através da manutenção, a limpeza e o polimento da hélice podem ser uma ferramenta importante. Caso a retirada dos materiais orgânicos e a redução da rugosidade sejam feitas sempre quando necessário a partir de um monitoramento do desempenho da hélice, há um potencial ganho na faixa de 2,5% a 8% para todas as embarcações (Faber et al., 2010).

Além das ações de eficiência energética no âmbito do sistema de propulsão abordadas, uma oportunidade de grande relevância, com benefícios operacionais e energéticos, é a substituição do sistema de propulsão diesel-mecânica por propulsão diesel-elétrica. O uso de propulsor azimutal, que consiste no motor acoplado diretamente a uma hélice de passo fixo, pode maximizar esse ganho, juntamente com o controle da velocidade do motor elétrico (Trindade, 2012).

4.1.3 Melhoria da Concepção Energética

No aspecto de um melhor projeto energético, o reaproveitamento da energia térmica proveniente dos gases exaustos dos motores das embarcações é considerado uma ação de grande valia para navios de grande porte. Como essas embarcações consomem muita energia elétrica, a implementação de um ciclo combinado para produção de energia elétrica por meio da recuperação do calor exausto, que estaria em uma temperatura na ordem de 300°C (Liang et al.,

2014), tem o objetivo de suprir motores auxiliares elétricos de propulsão e cargas elétricas da embarcação. Também serve para prover uma adicional propulsão ao próprio motor que gera esse calor residual (ver Figura 60), além do uso dessa energia proveniente dos gases exaustos na forma de cogeração através do uso de caldeiras de recuperação para em seguida poder utilizar essa energia no aquecimento ou climatização da própria embarcação, ocasionando um ganho de eficiência entre 6% e 8% (Faber et al., 2010). No entanto, para o caso de embarcações de grande porte existentes, a opção de um *retrofit* com esse fim nem sempre é viável comercialmente (Kolieb e Savitz, 2010).

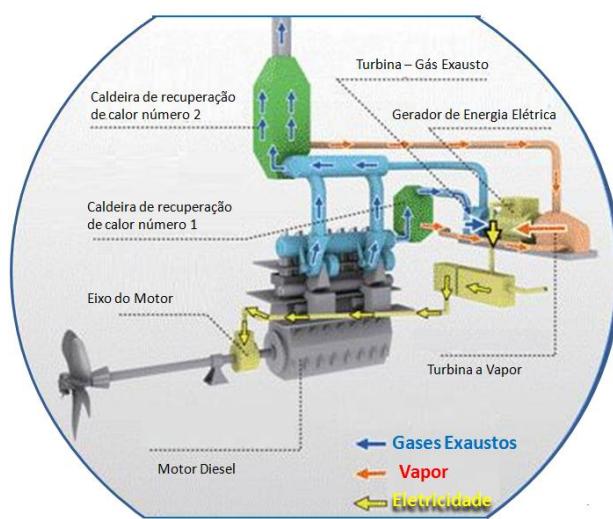


Figura 60 – Embarcação com um Sistema de Recuperação de Calor

Fonte: Elaboração a partir de MITSUI, 2014

Para redução do consumo de energia elétrica a bordo existem algumas oportunidades, e entre essas destaca-se o controle de velocidade dos motores elétricos através conversores de frequência cujas cargas acionadas são bombas e ventiladores, que pode garantir um ganho de eficiência entre 0,2% e 1,0% (Faber et al., 2010).

Outra opção de redução de consumo de energia elétrica se refere ao projeto de iluminação, pois com luminárias e lâmpadas mais eficientes (tecnologia LED, por exemplo), pode se alcançar um ganho de eficiência entre 0,1% e 0,8% (Faber et al., 2010; ICCT, 2011).

4.1.4 Síntese

A Tabela 18 apresenta as referências de redução de consumo de energia das tecnologias disponíveis para embarcações nacionais. Cabe destacar que nem todas as oportunidades de eficiência energética são aplicáveis a todos os tipos de embarcação, como já foi colocado, mas para se representar uma embarcação típica e ainda somente as três macro ações (redução das resistências hidro e aerodinâmica, otimização do sistema de propulsão e melhoria da concepção energética), é correto afirmar que a aplicabilidade para a frota brasileira é 100%, isto é, as macro ações de alguma forma podem ser executadas em todas as embarcações do país.

Tabela 18 – Ganhos de Eficiência relativos às Tecnologias Incrementais nas Embarcações

Macro Ações	Faixa de Ganho (%)
Redução das Resistências Hidro e Aerodinâmica	0,5 – 15,9
Otimização do Sistema de Propulsão	0,1 – 14,6
Melhoria da Concepção Energética	0,1 – 8,1

Fonte: Faber et al., 2010; ANTAQ, 2011a, 2013b; ICCT, 2011

4.2 Tecnologias Avançadas

Para o transporte hidroviário, parte significativa das ações consideradas avançadas tecnologicamente são aquelas que utilizam energia renovável. Como solução de maior ganho de eficiência energética dentre essas oportunidades, o equipamento *towing kite* (Figura 61) utiliza-se de uma pipa instalada na proa para reduzir a potência exigida pelo sistema de propulsão e um sistema de controle que possibilita o melhor aproveitamento do vento tanto da direção quanto da velocidade (Faber et al., 2010; Erhard e Strauch, 2013). Para as embarcações comercialmente disponíveis, as reduções mínimas e máximas do consumo de combustível do sistema *towing kite* estão demonstradas na Tabela 19.

Tabela 19 – Ganhos de Eficiência do Sistema *Towing Kite*

Tipo de Embarcação	Faixa de Ganho (%)
Petroleiro	2,9 - 5,7
Graneleiro	4,3 - 8,5

Gases Liquefeitos	2,3 - 4,6
Tanque Químico	5,4 - 10,8

Fonte: (Faber et al., 2010)



Figura 61 – Embarcação Provida de Towing Kite

Fonte: Erhard e Strauch, 2013

Outra solução que utiliza a energia do vento é conhecida como rotores *Flettner*, que se trata de navios projetados com rotores no convés para usar o efeito *Magnus*³ para contribuir na sua propulsão, conforme pode ser observado na Figura 62. Para o caso da frota média brasileira, essa tecnologia poderia ser aplicável somente aos petroleiros, tendo um ganho de eficiência energética de 6,6% (Faber et al., 2010).



Figura 62 – Ilustração de uma Embarcação Provida de Rotores *Flettner*

Fonte: WARTSILA, 2010

³ O efeito *Magnus* é responsável por criar uma diferença de velocidades do fluxo de ar, gerando uma diferença de pressão, explicada pelo Teorema de Bernoulli (“em toda corrente de água ou de ar a pressão será grande quando a velocidade for pequena e, ao contrário, a pressão será pequena quando a velocidade for grande”), e assim o diferencial de pressões cria uma força de sustentação, que tende a puxar, nesse caso, os rotores *Flettner* para frente, perpendicularmente ao fluxo de velocidade, que gera uma força resultante capaz de impulsionar a embarcação (Boff et al, 2012).

Tal como a solução de rotores *Flettner*, a geração de energia solar fotovoltaica é uma opção de energia renovável que exige um grande espaço no convés da embarcação. Pela dificuldade de obtenção de espaço físico, a premissa é que navios graneleiros, porta contêineres, cargueiros e a categoria de outras embarcações não possuam geração de energia elétrica fotovoltaica. Esse sistema, com capacidade instalada limitada a 40kWp, representaria uma redução de combustíveis fósseis para petroleiros e tanques químicos de 0,5%, gases liquefeitos de 0,2% e a outras embarcações de 1,7% (Faber et al., 2010).

Em termos de frota brasileira destinada ao transporte de cargas e passageiros, a inserção de tecnologia avançada renovável possui aplicabilidade em 5,3% do quantitativo das embarcações, ou seja, o potencial de penetração é muito pequeno. Para uma embarcação típica, a faixa de ganho de eficiência energética das referidas tecnologias avançadas em “bloco”, tendo em vista o perfil da frota hidroviária nacional, seria entre 1,6% e 7,5% (Faber et al., 2010; ANTAQ, 2011a, 2013b).

4.3 Medidas Operacionais

Face à dificuldade de se realizar *retrofit* das embarcações ou de sobreinvestimento em novos veículos equipados com tecnologias e recursos para se alcançar menor consumo de combustível, algumas ações de caráter operacional podem trazer resultados significativos e imediatos. Dentre essas, destacam-se a redução de velocidade, um melhor planejamento da rota baseada na previsão climática, a logística portuária e o gerenciamento da frota, com as duas primeiras citadas sendo as ações de maior relevância para diminuição do consumo energético (Kolieb e Savitz, 2010).

Como medida de eficiência energética mais abordada nos documentos técnicos disponíveis (WARTSILA, 2010; Faber et al., 2010; ICCT, 2011),, e de maior resultado para o transporte hidroviário, está a redução da velocidade das embarcações. Em virtude de a potência exigida pelo sistema de propulsão estar relacionada à terceira potência com a velocidade, qualquer redução da velocidade que ocorra propicia um ganho energético significativo. Isso significa, por exemplo, que uma redução de 10% da velocidade representa cerca de 55% da potência do

motor e 27% de redução de consumo de combustível, conforme pode ser observado na Tabela 20.

Tabela 20 – Relação da velocidade, potência do motor e consumo de combustível

Velocidade (%)	Potência exigida pelo sistema de propulsão (%)	Consumo de combustível (%)
100%	75%	100%
90%	55%	73%
80%	38%	52%
70%	26%	35%

Fonte: (Faber et al., 2010)

Entretanto, existem algumas ressalvas importantes a serem feitas. A economia de combustível alcançada pelo setor e a consequente redução de emissões têm como premissa a inserção de novos veículos aquaviários para compensar a maior morosidade na entrega, isto é, os compradores das mercadorias transportadas também aceitariam a ocorrência do frete em maior tempo, mas haveria a necessidade de novas embarcações para cumprimento da demanda. Uma outra observação importante é que o motor do sistema de propulsão não pode operar com qualquer fator de carga sem ajustes, dependendo de suas características de projeto para definição da carga mínima suportável.

Expostas tais considerações, os ganhos energéticos de uma embarcação típica para reduções de velocidade de 10% e 20% seriam respectivamente 19% e 36% (Faber et al., 2010).

Outra ação que pode ser realizada é o planejamento da rota com base na previsão meteorológica. Além da questão meteorológica, as correntes marítimas são também analisadas. Tal medida já é executada por uma parcela significativa da frota mundial, podendo trazer uma economia de 0,1% a 0,4% (Faber et al., 2010).

4.4 Combustíveis Alternativos

É mister ressaltar que a avaliação de qualquer mudança de combustível no intuito de se obter ganhos energéticos passa por sua conversão energética e o rendimento do sistema de propulsão e geradores de energia elétrica para cargas auxiliares das embarcações. Tal aspecto não será discutido nesta dissertação.

Desde o início do PNPB (Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel) em 2005, o uso do biodiesel no Brasil tem sido difundido de forma obrigatória. No transporte rodoviário e ferroviário, o diesel utilizado, tipo B, contém 7% de biodiesel desde novembro de 2014. Contudo, cabe destacar que, no caso do setor hidroviário, a ANP não permite mistura de biodiesel superior a 0,1% com os combustíveis marítimos devido à segurança e condições técnico-operacionais limitantes, de acordo com a orientação da norma técnica internacional ISO 8217 (*Fuel Standard for marine distillate fuels*). No entanto, a agência reguladora não exclui a possibilidade de permitir a mistura em maior percentual, caso haja evolução tecnológica no futuro e preservação da competitividade do setor hidroviário (ANP, 2010a).

Para uma projeção provavelmente além de 2031, existem outras opções relacionadas com a substituição dos combustíveis atuais, como a utilização de combustíveis sintéticos, a partir do carvão ou biomassa, por exemplo, sendo possível fazer um mistura com o combustível principal, o que depende de regulamentação e/ou legislação específica, ou o uso de GNL (gás natural liquefeito), que esbarra na disponibilidade e armazenagem para as embarcações que não transportam esse tipo de combustível ou que possuem propósito não petrolífero (McCollum et al., 2009; WARTSILA, 2010; Vergara et al., 2012). Há, também, a opção do uso de energia termonuclear, cuja aplicação é restrita e depende de aprovação de vários países, apesar do uso militar em alguns países e casos pontuais na Rússia na década de 1970 para embarcações comerciais (Vergara et al., 2012).

4.5 Normatização

A respeito de ações normativas de eficiência energética para embarcações, em 2011 a Organização Marítima Internacional (IMO) através do anexo 19 da resolução MEPC.203(62),

oriunda da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios no mesmo ano, instituiu que as embarcações deverão possuir algum tipo de certificação de eficiência energética. Desse modo, embarcações de países não signatários às medidas poderão ser impedidas de atracarem em portos de outros países. De modo geral, a meta é a redução do consumo energético de até 30% no ano 2025, tendo início em janeiro de 2015, para as embarcações graneleiras, de gases liquefeitos, tanque químico, porta-contêineres, de cargas gerais, petroleiros, entre outros (IMO, 2011). Haverá três tipos de atestados de eficiência energética, conforme abaixo:

- Índice de Projeto de Eficiência Energética (EEDI) para novos navios;
- Plano de Gestão de Eficiência Energética para Navio (SEEMP) para todos os navios;
- Certificado de Eficiência Energética Internacional (IEEC) para todos os navios.

O EEDI é um índice responsável por quantificar o dióxido de carbono emitido por uma embarcação, sendo relativo ao tipo de carga e a capacidade em TPB. A metodologia consiste em fórmula matemática que considera parâmetros como o peso da embarcação, os equipamentos da propulsão e as máquinas de serviços auxiliares. O objetivo desse índice é incentivar o desenvolvimento de tecnologias existentes e avançadas e de inovação para maximização da eficiência energética do navio, desde a fase de projeto. Esse índice concedido será “EEDI atingido” e deve ser inferior ao o “EEDI requerido”, determinado no projeto do navio, ambos calculados em conformidade com a resolução da IMO e atestados por uma sociedade classificadora naval, tal como o SEEMP e o IEEC (IMO, 2011).

Já o SEEMP é um plano de gestão de energia da embarcação que prevê a continuidade do desempenho energético alcançado com as medidas de eficiência energética e o planejamento para ações de melhoria. A concepção do SEEMP é o estabelecimento de um processo cíclico dividido em quatro fases de execução: planejamento, implementação, monitoramento e autoavaliação. Quanto à certificação, após uma vistoria, a sociedade classificadora naval autorizada pela IMO emitirá o IEEC e assim o navio poderá ser utilizado em viagens internacionais (IMO, 2011).

Embora a presente dissertação exclua do seu escopo o transporte marítimo internacional, que é regido pelas normas da IMO, a adequação das embarcações nacionais, principalmente as

destinadas para a cabotagem nos portos nacionais, mas que estão aptas para realizar longo curso internacional, e aquelas destinadas à navegação de longo curso em vias interiores, sofrerão o impacto dessa ação normativa.

Além disso, caso o Brasil estimule por meio de novas políticas como: financiamentos atrativos, reduções de taxas portuárias e de terminais, incentivos tributários seja na atividade de transporte ou na aquisição de sistemas e equipamentos provedores de maior eficiência energética para as embarcações, tais medidas podem contribuir para uma aceleração de ações de eficiência energética na frota brasileira. Atualmente, não há incentivos associados a um menor consumo de combustível no setor de transportes hidroviário e cabotagem, nem normas nacionais para esse fim.

4.6 Ganhos Globais de Ações para Eficiência e Conservação Energética

Com o propósito informativo de qual seria a redução do consumo de combustível máxima possível, a Tabela 21 apresenta os ganhos máximos energéticos por tipo de embarcação estipulados pelo Conselho Internacional do Transporte Limpo (ICCT) na forma de ganhos tecnológicos e operacionais tendo em vista a penetração de mercado de cada tecnologia e seus custos. Cabe ressaltar que as particularidades de consumo energético das embarcações fluviais, utilizadas no transporte hidroviário brasileiro, tais como empurreadores, comboios e chatas, não fazem parte do escopo desta análise. Desse modo, as reduções de consumo de combustível para o transporte hidroviário e cabotagem serão tratadas uniformemente nessa dissertação. No capítulo de apresentação de resultados, haverá a definição das premissas.

Tabela 21 – Ganhos máximos energéticos das embarcações

Fonte: Elaboração própria a partir de (ICCT, 2011)

Tipo de Embarcação	Ganhos Tecnológicos (%)	Medidas Operacionais (%)	Total (%)
Graneleiro	24,8%	11,6%	36,4%
Petroleiro	23,2%	12,8%	36,0%
Porta-Contêiner	21,2%	12,0%	33,2%

Outras Embarcações	17,0%	13,2%	30,2%
Passageiro	19,2%	-	19,2%

5 - RESULTADOS DE DEMANDA DE ÓLEO DIESEL E ÓLEO COMBUSTÍVEL

5.1 Definição dos Cenários e Premissas Consideradas

Para a obtenção da faixa de demanda de combustíveis para o transporte aquaviário analisado (hidroviário e cabotagem), torna-se fundamental considerar todos os cenários de projeções dos planos governamentais. Esses cenários estão indicados na Tabela 22. Devido às várias análises apresentadas no capítulo 3, foram adotados cenários em que a numeração estivesse relacionada a cada plano governamental considerado, e na sequência há a indicação de forma subescrita com as letras “a e b”, se o resultado a ser encontrado de demanda do óleo combustível marítimo (OCM) e/ou de óleo diesel marítimo (ODM) derivar do consumo médio atual (Cenário de Referência) ou de medidas de eficiência energética a serem realizadas nos 19 anos de análise (Cenário Alternativo). Como a projeção do transporte de passageiros (seção 3.3) em pkm é única, haverá somente dois resultados (um através do consumo médio atual e o segundo após ações de eficiência energética), que serão incorporados na apresentação comparativa dos resultados ao final.

Tabela 22 – Cenários Considerados para Obtenção do Consumo de Combustíveis

Cenários	Combustível	Cenário / Plano Governamental	Eficiência Energética
1 _a	OCM e ODM	Análise dos Planos de Crescimento dos Grupos de Mercadorias (seção 3.1)	Não
1 _b	OCM e ODM	Análise dos Planos de Crescimento dos Grupos de Mercadorias (seção 3.1)	Sim
2 _a	OCM e ODM	PNLT “Cenário PAC” (seção 3.2.1)	Não
2 _b	OCM e ODM	PNLT “Cenário PAC” (seção 3.2.1)	Sim
3 _a	ODM	PNLT “Cenário PAC+PNLT” (seção 3.2.1)	Não
3 _b	ODM	PNLT “Cenário PAC+PNLT” (seção 3.2.1)	Sim
4 _a	ODM	PNIH (seção 3.2.2)	Não
4 _b	ODM	PNIH (seção 3.2.2)	Sim

5_a	OCM e ODM	PNLP (seção 3.2.3)	Não
5_b	OCM e ODM	PNLP (seção 3.2.3)	Sim
6_a	ODM	PHE (seção 3.2.4)	Não
6_b	ODM	PHE (seção 3.2.4)	Sim

Importante observar que as embarcações destinadas à cabotagem marítima possuem motores propulsores tipo ciclo diesel de baixa rotação (entre 90 e 130 rpm) e média rotação (cerca de 500 rpm), aptas para o consumo de óleo combustível, enquanto as embarcações utilizadas no transporte hidroviário comumente utilizam motores de alta rotação (1800 rpm, por exemplo), próprios para o consumo de óleo diesel (Valle Filho, 2011; Pereira, 2007; Padovezi; 2003). Desse modo, as obtenções dos consumos específicos médios (intensidade energética em litros/TKU e litros/pkm) e das demandas futuras de combustíveis estarão associadas ao tipo de combustível. Ou seja, para o transporte de cabotagem marítima, estará o óleo combustível marítimo enquanto para o transporte hidroviário, a equivalência do combustível consumido será do óleo diesel marítimo. Além da questão técnica de operação dos motores das embarcações, outra evidência dessa separação (óleo combustível marítimo para a cabotagem marítima e óleo diesel marítimo para o transporte hidroviário) é o relatório de vendas da ANP, que mostra a ausência de comercialização de óleo combustível marítimo nos estados onde há a forte concentração do transporte hidroviário como Amazonas, Pará e Rondônia (ANP, 2013b).

Além da não descriminação dos diversos tipos de óleo combustível, outra premissa geral contemplada por esse trabalho é a não estimativa do conteúdo de óleo diesel marítimo no óleo combustível marítimo. Cabe destacar que o nome técnico do combustível é óleo combustível marítimo, por mais que haja vários tipos de óleo combustíveis associados à viscosidade, parâmetro que sofre influência direta da quantidade de óleo diesel marítimo misturado com o óleo combustível.

Outra observação a ser feita é a não quantificação do consumo de óleo diesel marítimo na partida e purga dos motores principal e auxiliares das embarcações de grande porte devido ao OCM não ter viscosidade adequada para o bombeamento enquanto o aquecimento não elevar sua temperatura acima de 50-60°C. Também não é mensurada por esta dissertação o trecho em que embarcação eventualmente utiliza ODM até que a área portuária ou controlada fique para trás

devido às restrições de emissões de sulfurados (ANP, 2011; Valle Filho, 2011). De qualquer modo, esse consumo de ODM é inexpressivo perante o todo consumido de OCM.

5.1.1 Determinação dos Ganhos de Eficiência Energética

A título de estabelecimento do cenário de eficiência energética para as embarcações, é necessário esclarecer as premissas escolhidas e a metodologia para a inserção das tecnologias e medidas operacionais que possam reduzir o consumo de combustível. A despeito de haver várias categorias de embarcações, as oportunidades de eficiência energética serão sintetizadas em 5 tipos de embarcações, sendo quatro para o transporte de carga, conforme a distribuição indicada abaixo, e a de passageiros.

- Petroleiro, que representará o transporte das cargas classificadas como coque de petróleo, combustíveis, óleos e produtos minerais;
- Graneleiro, que será responsável por transportar açúcar, farelo de soja, malte e cevada, milho, produtos hortícolas, plantas, raízes e tubérculos, sal, soja e trigo;
- Porta-Contêiner, que transportará além de contêineres, o grupo de mercadoria semi-reboque baú,;
- Cargas em geral, que representará todos os outros grupos de mercadorias apresentados na Tabela 6.

Outros pontos a serem estimados são a quantificação da penetração de cada ação de eficiência energética e o impacto em relação ao seu valor máximo. A metodologia proposta consiste em definir três níveis de penetração (alta, média e baixa), que refletirão uma abrangência nos ganhos energéticos de 70%, 30% e 10% da frota de cabotagem, navegação hidroviária e aquaviária de passageiros, relativos à sua categoria de embarcação, de acordo com a Tabela 23.

Tabela 23 – Penetração de Ações de Eficiência Energética nas Embarcações

Legenda:	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta Penetração ● Média Penetração ● Baixa Penetração 	PE	GR	PC	CG	PA							
							R	N	R	N	R	N	R
PE: Petroleiro													
GR: Graneleiro													
PC: Porta-Contêiner													
CG: Cargas em Geral													
PA: Passageiros													
Oportunidades de Eficiência Energética		R	N	R	N	R	N	R	N	R	N		
Redução das resistências hidro e aerodinâmica													
Limpeza do casco	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Revestimento especial no casco	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Sistema de injeção de ar no casco	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Instalação de rebordos ou grades	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Piloto automático	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Otimização do sistema de propulsão													
Tecnologias de hélice “tip winglets” ou “nozzles”	●	●											
Tecnologia de hélice “boss cap with fins”	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Sistema de propulsão integrado com o leme	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Tecnologia de combustão “common rail”	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Sistema de ajuste da injeção do motor	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Polimento da hélice (com monitoramento)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Melhoria da concepção energética da embarcação													
Reaproveitamento dos gases exaustos	●	●		●	●	●	●	●					
Controle de velocidade das bombas e ventiladores	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Sistema de iluminação mais eficiente	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Tecnologias Avançadas													
Sistema Towing Kite	●	●											
Sistema de Rotores Flettner	●	●											
Sistema de geração de energia solar fotovoltaica	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Medidas Operacionais													
Redução da Velocidade em 10%	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Planejamento da rota com previsão climática	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			

Fonte: Elaboração própria

Em relação ao impacto de cada ação proposta, em virtude de a literatura indicar uma faixa de redução de consumo de combustível por embarcação, que varia de um percentual pequeno a um valor máximo, a proposição desta dissertação será classificar o impacto em três níveis, associados à penetração, onde 20% das embarcações terão o impacto mínimo, 20% terão o impacto máximo e 60% terão um impacto de 50% do valor máximo de eficiência energética, conforme indicado no capítulo 4 para cada tipo de medida, seja tecnológica ou operacional. Caso

o valor referente a 50% do valor máximo seja inferior ao menor valor daquela medida, será utilizado o mesmo valor entitulado como impacto mínimo.

Além disso, como outra premissa deste trabalho, qualquer ação de eficiência energética que se faça em uma embarcação existente, seja tecnológica (*retrofit*), de manutenção (limpeza do casco) ou operacional (redução de velocidade, por exemplo) não aconteceria de imediato de acordo com o nível de penetração considerado. Desse modo, para cada oportunidade identificada, será definido o ano da sua inserção (2020, por exemplo), e a partir desse ano, a penetração proposta se distribuirá linearmente por três ou cinco anos consecutivos (ver Tabela 24). Para as novas embarcações, as tecnologias para otimização energética já serão incorporadas de imediato, de acordo com a renovação da frota descrita adiante e níveis de penetração e impacto. Embora tenham sido escolhidas as ações de eficiência energética de mais fácil e rápida aplicação já em 2015 com a duração de 3 anos para as embarcações existentes, cabe a observação que as iniciativas dos proprietários e dos operadores passam pela análise de viabilidade técnica-econômica das mesmas, e caso essas primeiras medidas de eficiência energética ocorressem mais tarde (2020, por exemplo) não modificariam o ganho energético final para o horizonte desejado (2031), mantidos os impactos e penetrações estabelecidos.

Tabela 24 – Cronograma de Ações de Eficiência Energética em Embarcações Existentes

Ano	2015-2017	2015-2019	2020-2024
Limpeza do casco			
Revestimento especial no casco			
Instalação de rebordos ou grades			
Tecnologias de hélice “tip winglets” ou “nozzles”			
Tecnologia de hélice “boss cap with fins”			
Sistema de propulsão integrado com o leme			
Tecnologia de combustão “common rail”			
Sistema de ajuste da injeção do motor			
Polimento da hélice (com monitoramento)			
Reaproveitamento dos gases exaustos			
Controle de velocidade - bombas e ventiladores			
Sistema de iluminação mais eficiente			
Redução da velocidade em 10%			
Planejamento da rota com previsão climática			

Fonte: Elaboração própria

Apesar da indicação pela Instrução Normativa da Secretaria da Receita Federal nº 162/1998 de que a vida útil das embarcações seja de 20 anos e a ANTAQ apresentar as estatísticas de que as idades médias atuais das embarcações de transporte hidroviário e cabotagem são de 16,5 e 17,0 anos, respectivamente, e ainda que várias embarcações existentes operam há mais 20 de anos (MF, 2014; CNT, 2013a; b), esta dissertação contempla uma proposição de renovação de frota mais conservadora, de acordo com a Tabela 25. É importante ressaltar que um indicador que poderia ser utilizado para estabelecimento da renovação da frota seria os dados de utilização das embarcações em 2012 no que tange à relação da carga transportada versus capacidade em TPB, mas não há dados disponíveis. Caso houvesse a informação, poderia ser estimada a renovação da frota mandatória devido ao acréscimo das toneladas transportadas de acordo com cada plano governamental exposto na presente dissertação.

Tabela 25 – Estimativa da relação das novas embarcações perante o total

Ano	Novas Embarcações
2015	10%
2020	30%
2025	50%
2030	70%

Fonte: Elaboração própria

Dessa maneira, utilizando as premissas e considerações supracitadas, torna-se possível obter os ganhos de eficiência energética anuais até o último ano analisado (2031), que podem ser observados na Tabela 26. A maior redução de consumo de combustíveis seria oriunda da categoria de embarcações petroleiras e a menor proveniente da embarcação de passageiros que, devido à dificuldade de se aplicar a redução de velocidade (ICCT, 2011), possui um valor global de redução na ordem da metade das demais categorias ao final do período analisado. Uma importante observação a se fazer é que não foi elaborada uma análise baseada em um estudo de viabilidade técnico econômico (EVTE), baseada nos investimentos e despesas de cada tecnologia ou medida operacional, contemplando o seu retorno através da redução do consumo de combustível.

A Figura 63 apresenta a distribuição das macro-ações de eficiência energética apresentadas no capítulo 4, de acordo com os resultados de ganhos energéticos da Tabela 26. De forma geral,

destaca-se a redução de velocidade em 10%, que se apresenta como a maior alavancadora de redução de combustível, seguida pela redução da resistência hidro e aerodinâmica por meio da limpeza do casco e pela melhoria do sistema da hélice do sistema de propulsão através do seu polimento monitorável e do uso do sistema “*boss cap with fins*”.

Tabela 26 – Ganhos Energéticos a partir de Medidas de Eficiência Energética (em%)

Ano	Petroleiro	Graneleiro	Porta Contêiner	Outras Cargas	Passageiros
2015	5,19	4,66	4,99	4,63	2,40
2016	3,28	3,24	3,24	3,24	1,75
2017	3,28	3,24	3,24	3,24	1,75
2018	0,23	0,18	0,18	0,18	0,02
2019	0,23	0,18	0,18	0,18	0,02
2020	4,66	3,61	4,36	3,66	1,65
2021	0,23	0,12	0,23	0,26	-
2022	0,23	0,12	0,23	0,26	-
2023	0,23	0,12	0,23	0,26	-
2024	0,23	0,12	0,23	0,26	-
2025	4,46	3,50	4,16	3,43	1,65
2026	-	-	-	-	-
2027	-	-	-	-	-
2028	-	-	-	-	-
2029	-	-	-	-	-
2030	4,46	3,50	4,16%	3,43%	1,65%
2031	-	-	-	-	-
Ganho Acumulado	23,86	20,55	22,83	20,89	10,40

Fonte: Elaboração própria

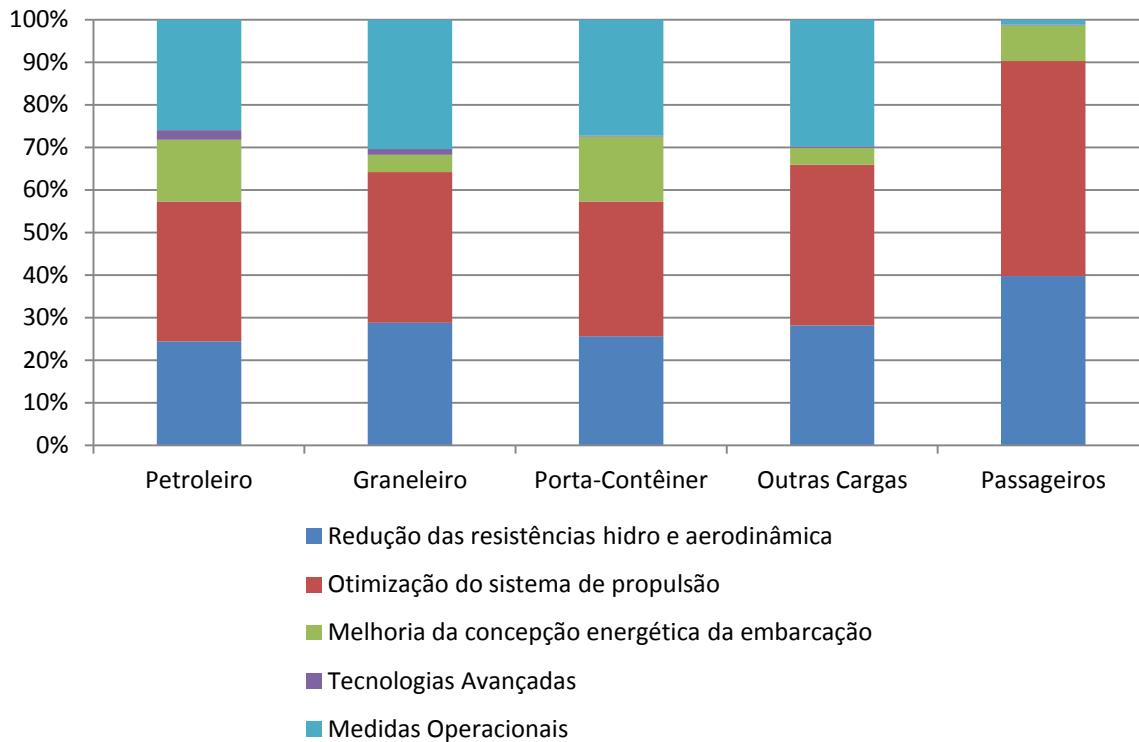


Figura 63 – Contribuições das macro-ações de eficiência energética após ganhos energéticos

Fonte: Elaboração própria

5.1.2 Determinação dos Consumos Específicos dos Combustíveis por Carga e Passageiro

Apesar de o transporte hidroviário e a cabotagem possuírem um consumo menor em litros por TKU do que os outros modais, de acordo com a Confederação Nacional de Transportes, que coloca o transporte por hidrovias interiores com um consumo médio de 4,1 litros/1000TKU, enquanto a cabotagem teria um desempenho ligeiramente superior com 4,0 litros/1000TKU (CNT, 2013a; 2013b), neste estudo optou-se por seguir referências históricas. Cabe a ressalva de que, para o transporte de passageiros hidroviário nacional, não há indicadores disponíveis de referência de consumo médio de óleo diesel marítimo por passageiro, tais como os expostos pela CNT para o transporte de carga.

Desse modo, para determinação do consumo de combustíveis por tonelada quilômetro útil e por passageiro quilômetro, foram seguidos os históricos de consumo disponível versus TKU e pkm, todos estipulados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) até 2010 e, para os anos de 2011 e

2012, a quantidade de tonelada quilômetro útil divulgada pela ANTAQ. A quantidade de passageiro quilômetro transportada em 2012 foi apresentada no capítulo 2 e também será objeto de análise para obtenção de um consumo médio.

O histórico de dados disponíveis de consumo de combustível, tanto de óleo diesel marítimo quanto de óleo combustível, se inicia em 1996, de acordo com os Balanços Energéticos Nacionais da EPE, conforme mostra a Figura 64. O volume correspondente ao óleo combustível é referente ao transporte de cabotagem marítima, enquanto o óleo diesel marítimo se refere ao transporte em hidrovias interiores.

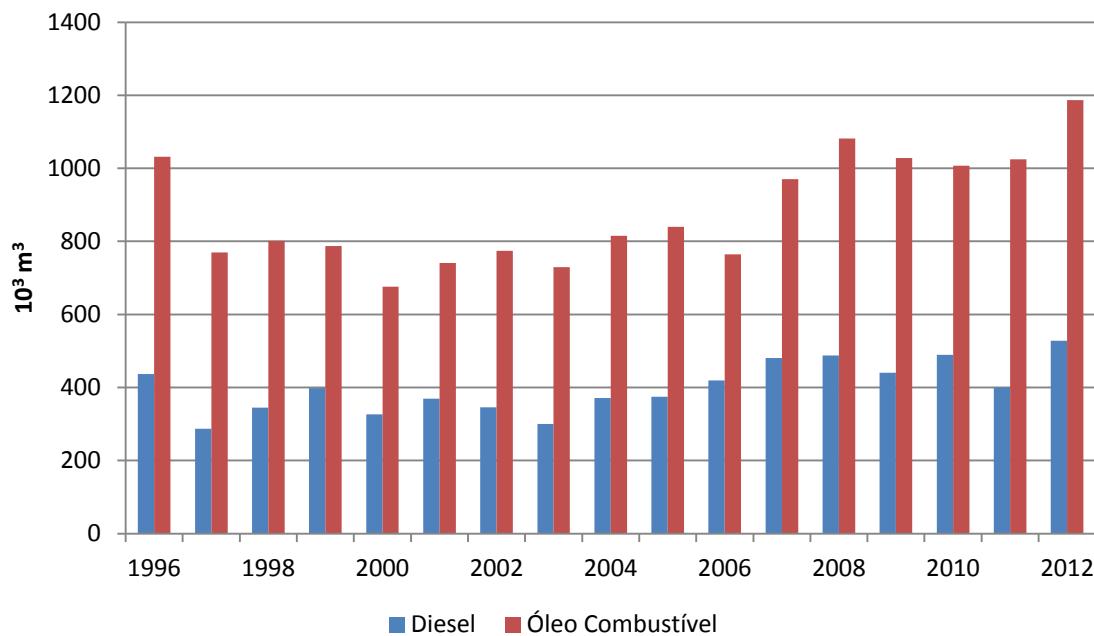


Figura 64– Consumo de Óleo Diesel e Óleo Combustível no Segmento Hidroviário entre 1996 e 2012

Fonte: EPE, 2008; 2013

Antes da elaboração pela ANTAQ de relatórios do fluxo de movimentações de carga em hidrovias e cabotagem em toneladas e TKU, a empresa do governo federal responsável por divulgar a tonelada transportada no transporte aquaviário era a GEIPOT (Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes), o que ocorreu até 2001 referente ao ano 2000. Após a extinção da GEIPOT pela lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001, a ANTAQ iniciava a entrega anual dos anuários do transporte aquaviário (ANTAQ, 2014b).

Diante de informações inexistentes de TKU, a EPE, em um estudo associado ao plano decenal de energia 2021, intitulado de “Consolidação de bases de dados do setor de transporte: 1970-201”, com base nos dados da GEIPOT e ANTAQ, estimou a quantidade de tonelada quilômetro transportada entre 1996 e 2010. Como metodologia no referido documento, a EPE considerou a taxa de crescimento anual da distância média percorrida pelas embarcações entre 2000 e 1996 e aplicou esse crescimento até 2010, utilizando a carga transportada em toneladas para gerar os valores de tonelada quilômetro entre 2001 e 2010 e, no transporte de passageiros, utilizou os valores disponíveis, que consistiram na quantidade de passageiros e distâncias médias no transporte fluvial na região amazônica e na travessia das barcas na região metropolitana do Rio de Janeiro (ver Tabela 27). Entende-se ainda, a partir desse documento, que a EPE refere-se à quantidade de tonelada quilômetro (t-km) para todos os modais analisados no intuito de expressar a quantidade de TKU. Também oriunda de dados da EPE até 2010, a Tabela 28 indica o consumo de combustível estratificado do transporte aquaviário de cargas e passageiros.

Tabela 27 – Tonelada Quilômetro Útil e Passageiro Quilômetro entre 1996 e 2010 do transporte aquaviário

ANO	(10⁶ TKU) Hidroviário e Cabotagem	(10⁶ pkm) Aquaviário de Passageiros
1996	71.310	533
1997	77.402	546
1998	90.444	551
1999	94.770	574
2000	103.390	597
2001	116.165	634
2002	118.908	622
2003	123.535	637
2004	137.472	658
2005	143.379	695
2006	158.496	734
2007	167.636	769
2008	175.823	801
2009	182.058	831

2010	201.563	895
------	---------	-----

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE, 2008; 2012; 2013

Tabela 28 – Consumo de Combustível Marítimo entre 1996 e 2010 para o transporte de cargas e passageiros

ANO	Óleo Combustível (10^3 m ³) Cabotagem	Óleo Diesel (10^3 m ³) Hidroviário	Óleo Diesel (10^3 m ³) Passageiros
1996	1.032	407	30,0
1997	770	255	32,0
1998	801	311	34,0
1999	787	363	35,0
2000	676	287	39,0
2001	741	331	38,0
2002	774	308	38,5
2003	729	260	40,5
2004	815	309	62,0
2005	840	296	79,0
2006	764	341	78,5
2007	970	398	83,0
2008	1.082	403	86,0
2009	1.028	365	75,5
2010	1.007	421	68,0

Fonte: Elaboração própria a partir de (EPE, 2008; 2012; 2013)

Em 2011, referente ao ano de 2010, a ANTAQ elaborou o primeiro relatório do transporte hidroviário para contabilizar o respectivo número de TKU. Já em 2013, a agência reguladora fez o mesmo para a cabotagem, apresentando a tonelada quilômetro transportada para os anos de 2011 e 2012. Os dados apurados constam na Tabela 29. No caso da cabotagem, para evitar uma dupla contagem, foi contabilizada a cabotagem em vias interiores como transporte hidroviário, sendo tal consideração já utilizada por este trabalho.

Tabela 29 – Tonelada Quilômetro Útil do transporte hidroviário e cabotagem somente marítima

ANO	(10 ⁶ TKU) Hidroviário	(10 ⁶ TKU) Cabotagem
2010	57.880	-
2011	60.890	128.852
2012	61.633	132.396

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d

Sendo assim, para estabelecimento de uma série de TKU em transporte de cargas hidroviário e cabotagem, considerou-se que a análise da EPE até 2010 é assertiva. No transporte de cargas, como a ANTAQ disponibiliza o TKU de ambos, a premissa é a manutenção da proporção encontrada para os anos interiores (1996-2009), isto é, 31% da quantidade de tonelada quilômetro útil seria oriunda do transporte hidroviário, enquanto o restante, 69%, como transporte de cabotagem. A Figura 65 apresenta a distribuição de TKU no período de 1996-2012.

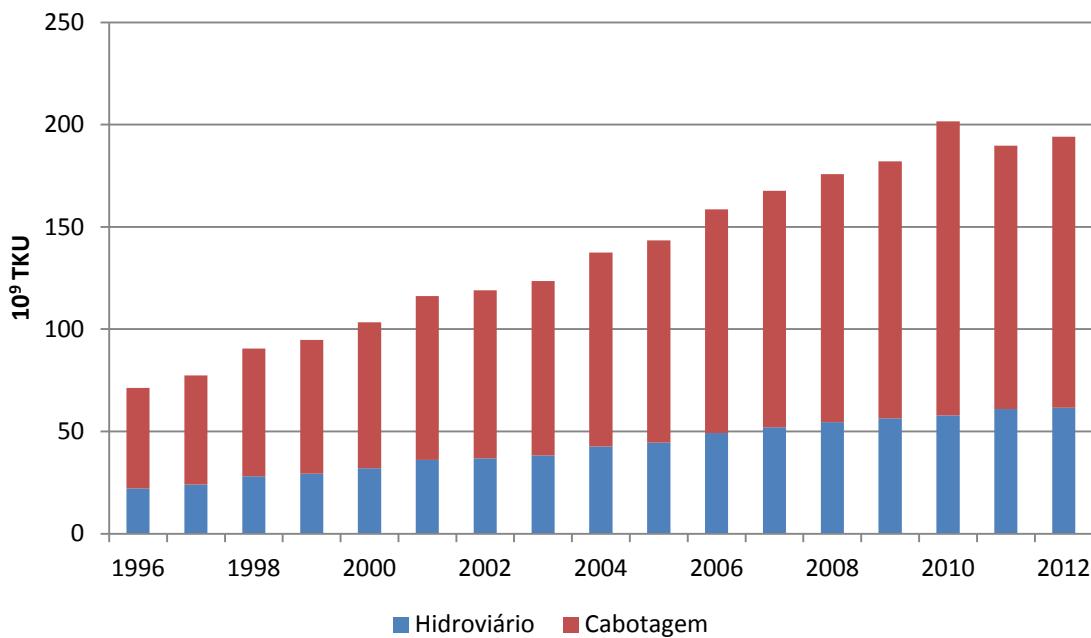


Figura 65 – Bilhões de Tonelada Quilômetro Útil no Transporte Aquaviário entre 1996 e 2012

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE, 2012a; ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d

A partir dessa divisão entre hidrovias e transporte somente marítimo, podem-se alcançar os consumos médios anuais por tipo de combustível por TKU, respectivamente de óleo diesel e óleo

combustível, demonstrados na Figura 66, que já exclui o volume de óleo diesel marítimo destinado ao transporte de passageiros.

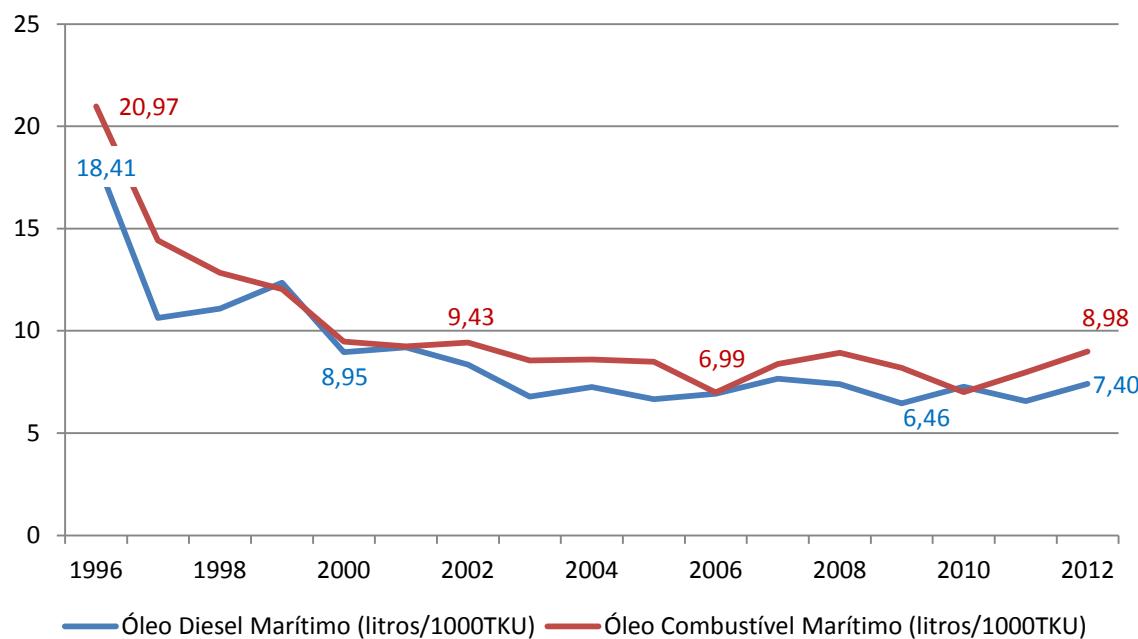


Figura 66 – Consumos Específicos de Óleos Diesel e Combustível no Transporte Aquaviário de Cargas entre 1996 e 2012

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE, 2012; 2013; ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; d

Através da Figura 66, é possível chegar ao entendimento de que, a partir do ano 2000, os consumos específicos tanto do óleo diesel quanto o do óleo combustível têm mantido variações de 6,46 até 8,95 litros/1000TKU e de 6,99 até 9,43 litros/1000TKU respectivamente. No período de 2000-2012, a média de consumo de óleo diesel no transporte hidroviário foi de 7,45 litros/1000TKU, com um desvio padrão relativo (razão entre o desvio-padrão e a média) de 11,83%. Já o transporte de cabotagem obteve um desvio padrão relativo menor (9,44%), tendo um consumo médio de óleo combustível de 8,48 litros/1000TKU. Esses dois valores médios de consumo de combustível encontrados serão os utilizados na simulação do cenário de referência, de forma constante. Além disso, esses consumos específicos médios de óleo combustível e óleo diesel serão considerados no ano base (2012) para as suas progressivas reduções nos cenários com eficiência energética.

Os consumos específicos entre 1996 e 1999 não serão considerados na análise desse trabalho por divergirem muito dos consumos dos últimos anos. Dessa maneira, a consideração feita na projeção dos cenários de referência é que os supostos ganhos de eficiência energética obtidos até o ano 2000 levaram à estabilização do consumo de combustível em litros/TKU dentro de uma faixa, e a média do período referenciado (2000-2012) reflete de forma aproximada o consumo específico a ser considerado durante a análise nessa dissertação até 2031. Diferentemente de outros modais, em virtude da oscilação dos consumos específicos entre os anos consecutivos, não se pode concluir que houve ações de eficiência energética ao longo dos treze últimos anos no Brasil. Por isso, a premissa estabelecida nessa dissertação é a dependência de ações de eficiência energética nas embarcações existentes bem como a incorporação de tecnologias e medidas nas novas embarcações para a ocorrência de uma redução futura do consumo específico.

No transporte de passageiros, no entanto, a dificuldade sempre foi o mapeamento do transporte na região amazônica, o que somente ocorreu com um estudo encomendando pela ANTAQ em 2013, “Caracterização da Oferta e da Demanda do Transporte Fluvial de Passageiros na Região Amazônica”, já abordado no presente documento. A EPE, em seu relatório do Setor de Transportes, evidenciou a falta de informações como uma das limitações dos resultados encontrados (EPE, 2012). De fato, o resultado da EPE para 2010, por exemplo, que também inclui o transporte de passageiros da travessia de barca da região metropolitana no Estado do Rio de Janeiro, indica a movimentação de passageiros de 895 milhões de pkm, o que é menos do que a metade da quantidade de pkm dos anos 2011 e 2012, cujos resultados calculados no capítulo 1 desse trabalho foram 1893 e 1892 milhões de pkm.

Levando em consideração que as demandas de óleo diesel marítimo para transporte de passageiros entre 1996 e 2010 divulgadas pela EPE estão corretas, o transporte de passageiros nesse período foi responsável na média por 13,73% de todo o diesel de uso hidroviário consumido dentro do território nacional (EPE, 2012). Como a EPE divulgou o volume consumido em 2011 e 2012 no transporte hidroviário sem discriminar o transporte de passageiros, ao se considerar a mesma média supracitada, são gerados os consumos de óleo diesel marítimo de 54,9 e 72,6 mil m³ nos correspondentes anos.

De posse então de todos esses valores, volume de combustível e pkm, a Figura 67 apresenta o comportamento de consumo específico de óleo diesel por 100 passageiros quilômetros desde 1996. Para o cenário de referência, será considerada a média desses 17 anos, 7,37 litros/100pkm. Esse valor é tratado como uma constante ao longo da análise em virtude da dificuldade de se identificar possíveis ações de eficiência energética dentro do cenário de referência que possam reduzir esse consumo, e pela incerteza dos motivos tanto o aumento abrupto do consumo a partir de 2004 cessado em 2008 bem como a redução significativa do consumo específico verificada a partir de 2009 até o valor de 2,90 litros/100pkm em 2011, acompanhado em seguida de um aumento de 32,4% em 2012. De modo a minimizar possíveis erros, a premissa adotada é que a média de todo período (1996-2012) retrata de forma adequada o consumo por pkm atual.

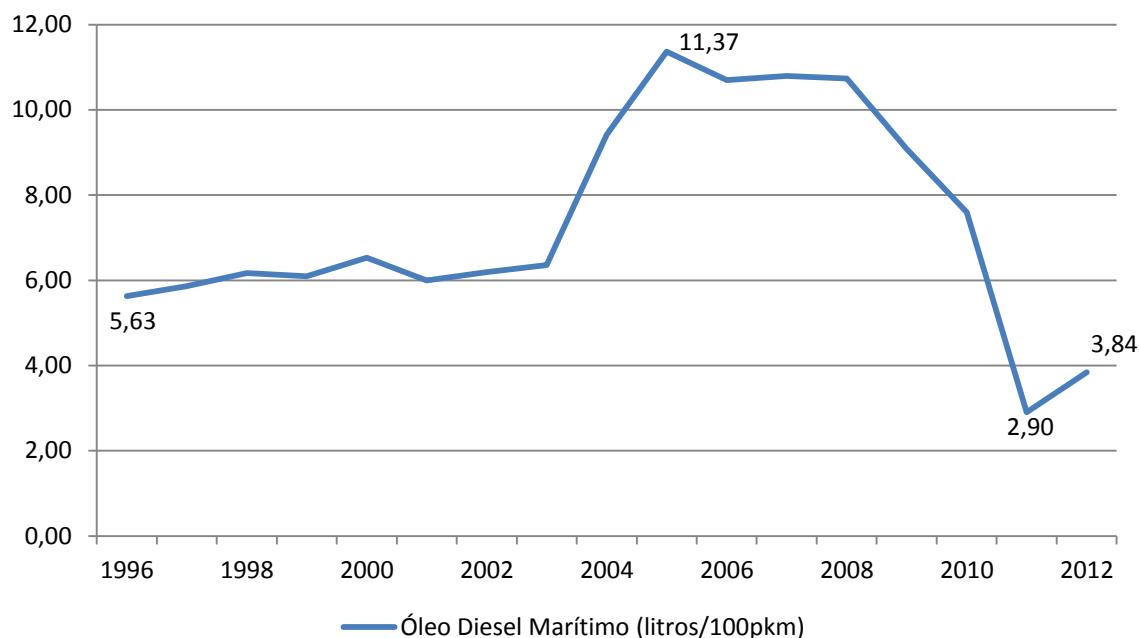


Figura 67 – Consumos Específicos de Óleos Diesel no Transporte Aquaviário de Passageiros entre 1996 e 2012

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2013c; IPP, 2014; EPE, 2012; 2013

Em resumo, portanto, a Tabela 30 apresenta os consumos específicos de óleo diesel e óleo combustível utilizados no transporte aquaviário nesta dissertação. Esses valores constaram em todos os anos no cálculo de demanda de combustíveis, nos cenários de referência. Já nos cenários alternativos, serviram como dados de entrada na forma de consumo específico de 2012,

que, por consequência dos ganhos de eficiência, levariam a consumos específicos médios consecutivamente inferiores até o final da análise, no ano de 2031.

Tabela 30 – Consumos Específicos de Combustível por TKU e pkm e por tipo de transporte

Tipo de Transporte	Tipo de Combustível	$(10^{-6} \text{m}^3/\text{TKU})$	$(10^{-5} \text{m}^3/\text{pkm})$
Cargas Hidroviário	Óleo Diesel Marítimo	7,45	-
Cargas Cabotagem	Óleo Combustível Marítimo	8,48	-
Passageiros	Óleo Diesel Marítimo	-	7,37

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2012a; b, 2013a; b; c; d; IPP, 2014; EPE, 2012; 2013

5.1.2.1 Evolução dos Consumos Específicos de Combustível através da Eficiência Energética

Por meio dos ganhos de eficiência energética propostos na seção 5.1.1, a Figura 68 e a Figura 69 demonstram os consumos específicos de diesel e óleo combustível para os tipos de embarcações considerados para o transporte de cargas em uma projeção até 2031, enquanto a Figura 70 apresenta a evolução do consumo específico do diesel para o transporte de passageiros.

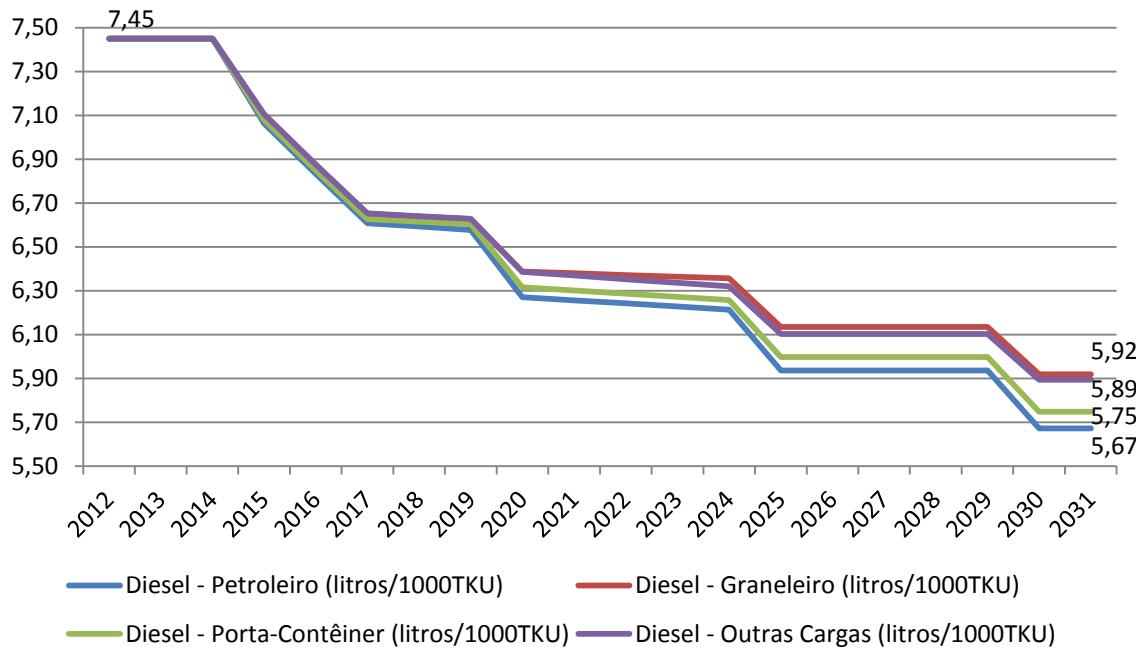


Figura 68 – Projeção do consumo específico de diesel para o transporte hidroviário de cargas a partir de ações de eficiência energética propostas

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2013c; IPP, 2014; EPE, 2012; 2013

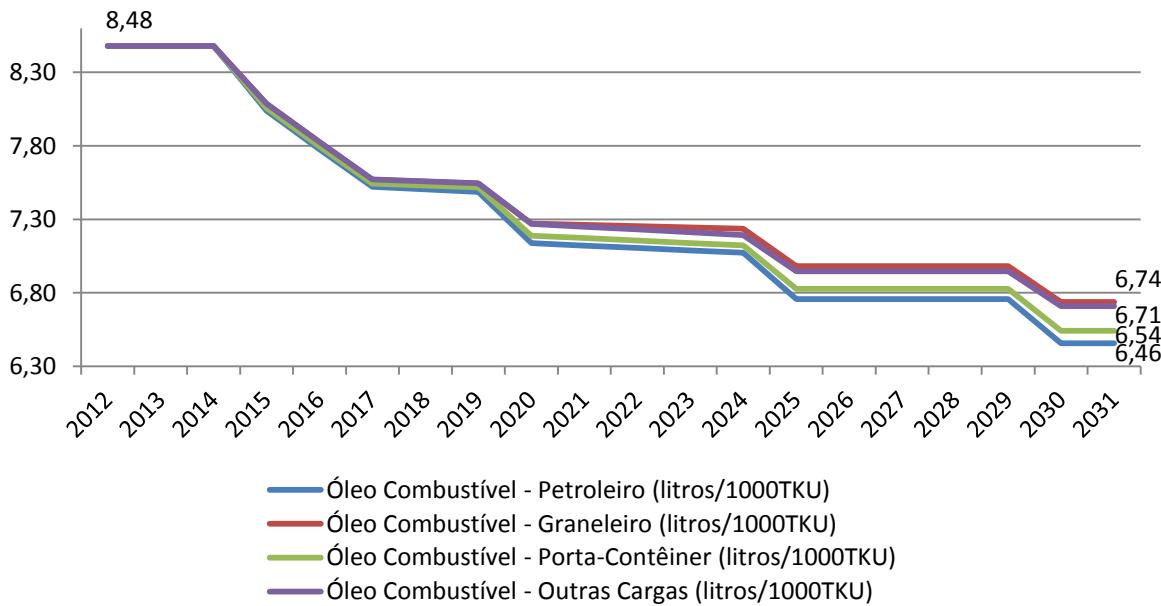


Figura 69 – Projeção do consumo específico de óleo combustível para o transporte de cabotagem a partir de ações de eficiência energética propostas

Fonte: Elaboração a partir de ANTAQ, 2013c; IPP, 2014; EPE, 2012; 2013

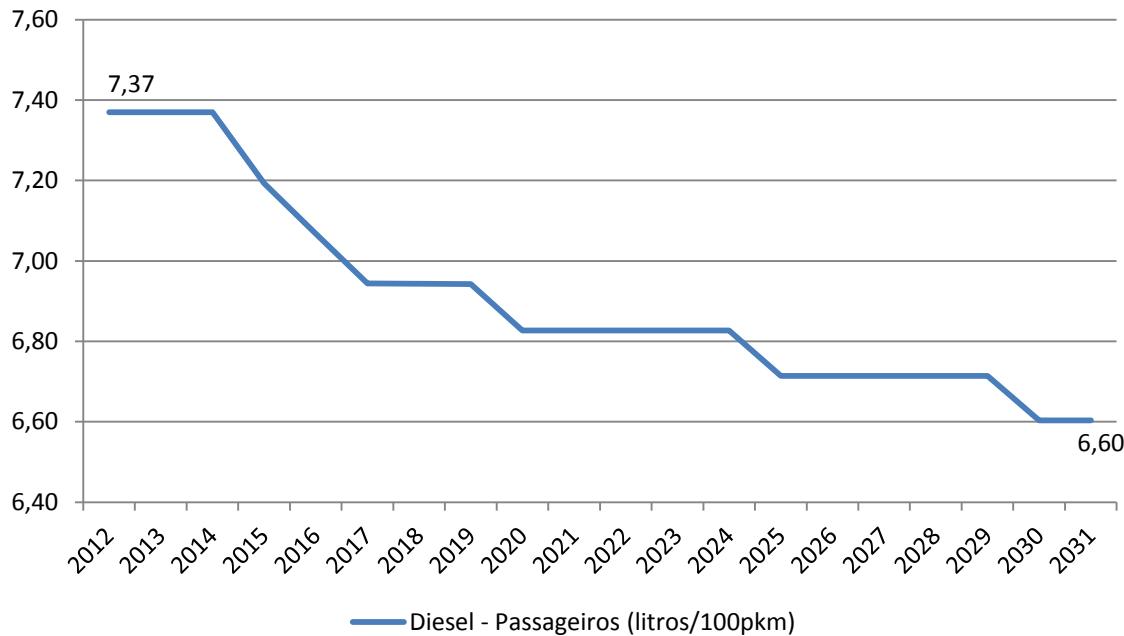


Figura 70 – Projeção do consumo específico de diesel para o transporte aquaviário de passageiros a partir de ações de eficiência energética propostas

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2013c; IPP, 2014; EPE, 2012; 2013

5.2 Resultados de Demanda de Combustíveis com Cenários Analisados

Após as indicações dos valores de TKU para cada plano governamental e a quantidade estimada de pkm no período de 2013 a 2031, apresentados no capítulo 3, nesta seção serão apresentados os resultados de demandas de combustíveis de diesel e óleo combustível. No cenário de referência, existirão três resultados para a demanda de óleo de combustível (cenários 1_a, 2_a e 5_a) e seis resultados de demanda de óleo diesel marítimo (cenários de 1_a ao 6_a). De igual modo, no cenário alternativo, com a redução progressiva do consumo de combustível por ações de eficiência energética de caráter tecnológico e de O&M, haverá a mesma quantidade de resultados para o óleo combustível marítimo (Cenários 1_b, 2_b e 5_b) e para o diesel (cenários de 1_b ao 6_b). Devido à existência de somente uma demanda de passageiro-quilômetro, não será necessária a distinção feita para o transporte de cargas.

Conforme já exposto, os resultados dos cenários das demandas encontradas para o óleo combustível marítimo têm incorporado uma quantidade de óleo diesel marítimo, não

descriiminada nesse trabalho. O objetivo desta seção é identificar as demandas para 2015, 2020, 2025 e 2031 de óleo diesel marítimo, responsáveis pelo transporte hidroviário de cargas e aquaviário de passageiros e do óleo combustível marítimo, relativo ao transporte de cabotagem.

5.2.1 Demanda de Diesel Marítimo proveniente do Transporte de Passageiros

Através da Equação 2 foram obtidos os valores de passageiro quilômetro transportado nos 19 anos da análise, mostrados no capítulo 3. Na Tabela 31 e na Figura 71 são apresentados os volumes projetados até 2031 de óleo diesel marítimo, que incluem o cenário de referência e o cenário alternativo, que considera as medidas de eficiência energética ao longo do período.

Tabela 31 – Demanda de Diesel para o Transporte Aquaviário de Passageiros nos Cenários Analisados

Cenários	2015 (m ³)	2020 (m ³)	2025 (m ³)	2031 (m ³)
Referência	152.524	161.427	169.050	176.088
Alternativo	148.863	149.517	153.995	157.759

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2013c; IPP, 2014; IBGE, 2013; EPE, 2012; 2013

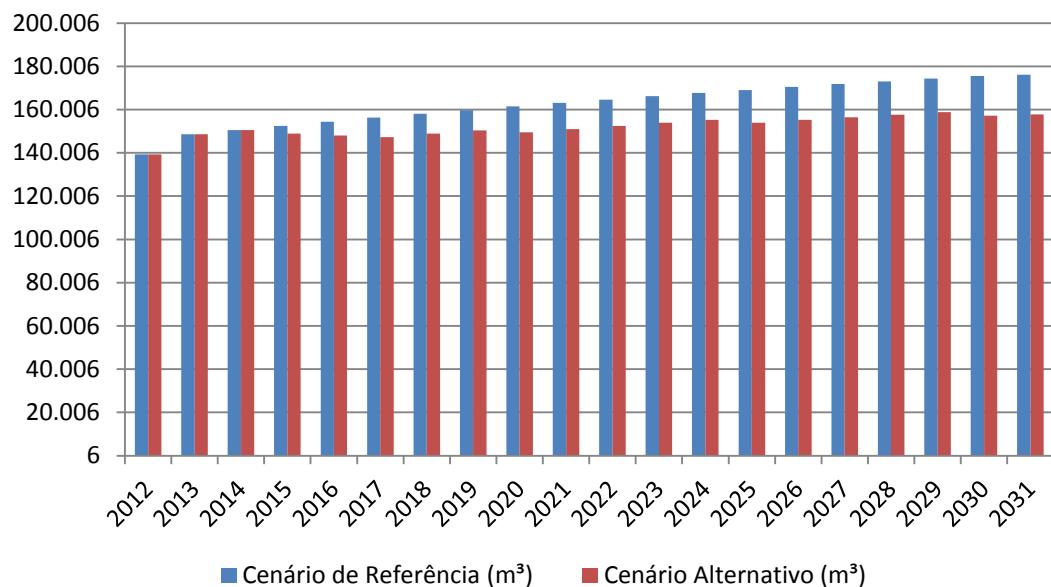


Figura 71 – Projeção de demanda de diesel para o transporte aquaviário de passageiros

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTAQ, 2013c; IPP, 2014; IBGE, 2013; EPE, 2012; 2013

Conclui-se que, a partir do consumo estimado de 139.451m³ de diesel com o uso final para o transporte aquaviário de passageiros em 2012, o cenário de referência leva a um resultado de aumento de 26,47% no período e 1,18% a.a. Caso as ações de eficiência energética ocorram da forma proposta, o cenário alternativo indica um crescimento anual de 0,63%, o que no período dos 19 anos projetados resulta em uma elevação de consumo de 13,30%.

5.2.2 Demanda de Combustíveis Proveniente do Transporte de Cargas

Neste item serão apresentadas todas as possibilidades de consumo de diesel e óleo combustível para o transporte aquaviário analisados (hidroviário e cabotagem), de acordo com as previsões baseadas nos vários planos governamentais que preveem a demanda futura de transporte de cargas no nosso país, indicadas no capítulo 3.

5.2.2.1 Cenários – 1a e 1b – Demandas de Diesel e Óleo Combustível Marítimos devido à Análise de Crescimento dos Grupos de Mercadorias

Conforme pode ser observado na Figura 72 e Figura 73, no cenário de referência, a partir dos crescimentos previstos para os grupos de mercadorias atualmente transportados através do transporte de carga, conforme abordado na seção 3.1, ocorrerão crescimentos no período analisado correspondentes a 109,3% no transporte hidroviário, e de 103,3% na cabotagem, o que, no cenário alternativo, tais valores se apresentam como aproximadamente 65% e 55%. No cenário alternativo, em 2031, os consumos específicos médios de diesel e óleo combustível para as mercadorias transportadas alcançarão 5,86 litros/1000TKU e 6,48 litros/1000TKU, respectivamente. Na comparação entre os cenários de referência e alternativo, ocorreria uma redução de 21,31% da demanda de diesel em 2031. Já o óleo combustível economizado seria de 23,60% ou 545 mil metros cúbicos.

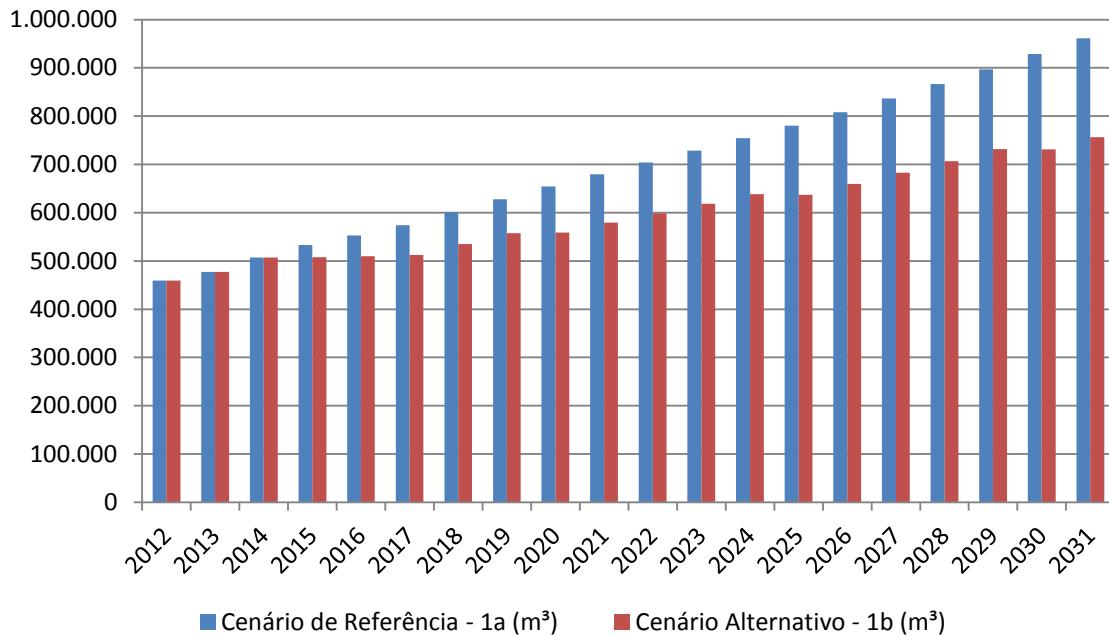


Figura 72 – Projeção de demanda de diesel para o Transporte Hidroviário de Cargas devido ao Crescimento do Grupo de Mercadorias

Fonte: Elaboração própria

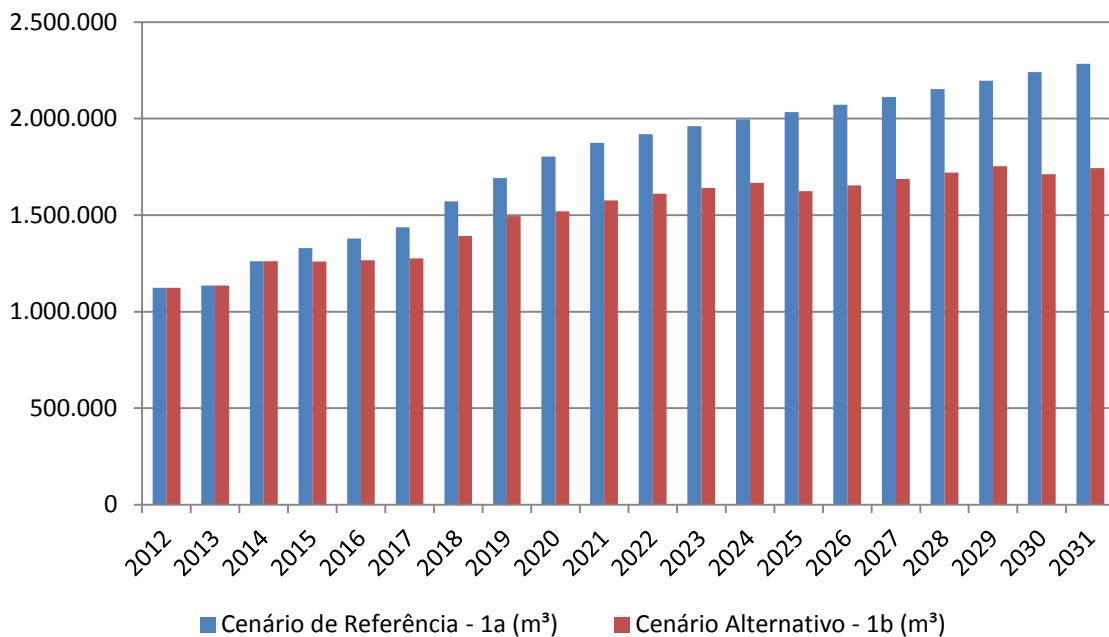


Figura 73 – Projeção de Demanda de Óleo Combustível na Cabotagem devido ao Crescimento do Grupo de Mercadorias

Fonte: Elaboração própria

5.2.2.2 Cenários – 2a; 2b; 3a e 3b– Demandas de Diesel e Óleo Combustível Marítimos devido ao Plano Nacional de Logística e Transportes

Conforme exposto no capítulo 3, o PNLT apresenta as projeções em dois cenários, um que considera as obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e um segundo, que contempla ainda intervenções adicionais estimadas em 72,8 bilhões de reais. Os dois cenários são intitulados por essa dissertação de PNLT Cenário PAC e PNLT Cenário PAC+PNLT. Segundo o PNLT, essas obras adicionais (cenários 3a e 3b) não impactarão nos fluxos futuros de transporte de carga para a cabotagem, mas levarão a um aumento significativo no transporte hidroviário de cargas, levando o modal hidroviário a outro patamar de competitividade com consequente aumento do *share* do mercado de transporte de cargas (MT, 2012). Desse modo, a presente seção aborda os quatro resultados diferentes para a demanda de óleo diesel e os dois para a cabotagem, contabilizando o cenário alternativo.

A Figura 74 apresenta os quatro resultados de demanda analisados e pode-se concluir que através de medidas de conservação de energia, como a redução da velocidade das embarcações ou por meio de equipamentos que proveem maior eficiência energética no Cenário 3b, o consumo de óleo diesel marítimo poderá ser o mesmo do que seria sem as obras sugeridas pelo PNLT (Cenário 2a). Portanto, além de uma redução significativa do consumo nacional de diesel pela troca de um outro modal menos eficiente energeticamente (rodoviário e ferroviário) pelo modal hidroviário (CNT, 2013a), haveria a oportunidade de se reduzir ainda mais o consumo de combustível com ações de eficiência energética como mostram os cenários 2b e 3b. Cabe observar que o Cenário 3a possui o maior crescimento de demanda de óleo diesel marítimo perante o ano base, 5,20% a.a, próximo a 176% em todo o período.

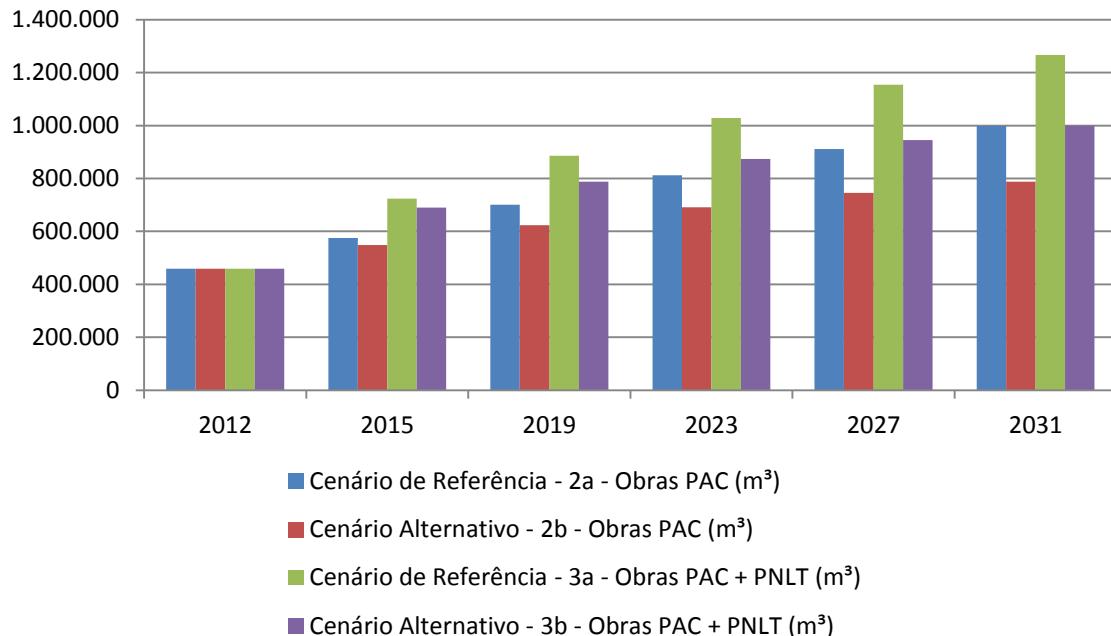


Figura 74 – Projeções de Demanda de Óleo Diesel Marítimo do Transporte Hidroviário de Cargas devido ao Plano Nacional de Logística e Transportes

Fonte: Elaboração própria

Como as obras sugeridas pelo PNLT não modificam o panorama de quantidade de tonelada-quilômetro útil transportada na cabotagem, há dois resultados a serem apresentados, os cenários 2a e 2b, onde, conforme já demonstrado no capítulo 3, existe a predominância do grupo de mercadorias transportadas por embarcações petrolíreas, que de acordo com o PNLT, em 2015 será responsável por 83,3% da demanda de óleo combustível marítimo, chegando a 87% em 2031. Com isso, se a previsão do PNLT acontecer, o consumo de óleo combustível aumentaria cerca de 101% no período, ou 54%, caso sejam tomadas iniciativas de eficiência energética nos moldes propostos neste trabalho. Conforme pode ser observado na Figura 75, o consumo de óleo combustível alcançaria um valor maior do que 2 bilhões de litros em 2031 (2.261.243m³), com o cenário alternativo 2b indicando uma potencial economia de 23,5%.

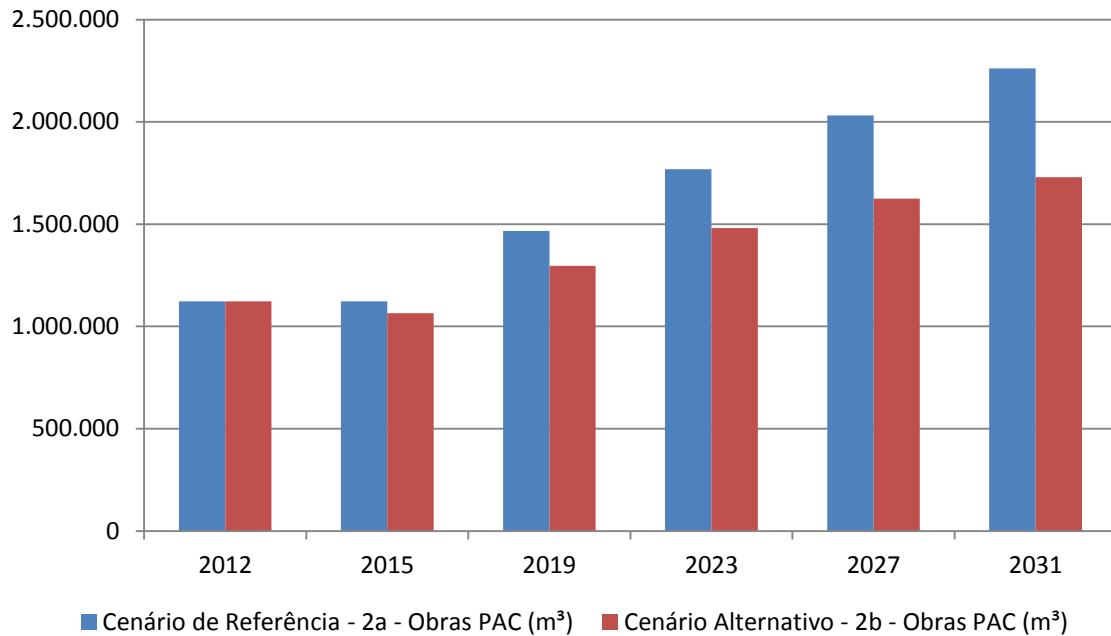


Figura 75 – Projeções de Demanda de Óleo Combustível Marítimo na Cabotagem devido ao Plano Nacional de Logística e Transportes

Fonte: Elaboração própria

5.2.2.3 Cenários 4a e 4b – Demandas de Diesel Marítimo devido ao Plano Nacional de Integração Hidroviária

De todos os planos governamentais, o PNIH é de longe o que possui resultados mais vultosos quanto à evolução do transporte hidroviário de cargas em toneladas até 2031. A observação necessária a se fazer do Plano Nacional de Integração Hidroviária é o uso de dados de entrada pela ANTAQ com expectativas de crescimento significativos de minerais ferrosos não metálicos, como a alumina, a bauxita e o caulim, e da soja. Os grupos de mercadoria associados são responsáveis por 49,75% do total da carga transportada em toneladas em 2030, segundo o PNIH. Dessa forma, caso a produção das *commodities* associadas a esses grupos de mercadorias não acompanhem o crescimento previsto pelo PNIH, que é de 5,40% a.a dos minerais ferrosos não metálicos e 8,90% a.a da soja em grão, os resultados projetados serão bem inferiores.

Como o horizonte do presente estudo é 2031, será utilizado o crescimento anual do período 2025-2030 para projetar o referido ano. Apesar de possuir dados de entrada provenientes do PNLT, o PNIH apresenta resultados de demanda de óleo diesel consideravelmente superiores, conforme pode ser observado na Figura 76. As projeções do PNIH são as mais promissoras para a redução das despesas com o frete em nosso país. Para se ter uma ideia, em 2031, se o PNIH se mostrar exequível, haverá um crescimento de 375% da demanda de diesel marítimo (Cenário 4a). Por consequência, haverá uma redução expressiva do consumo de diesel para o uso rodoviário. Com o incremento de ações de eficiência energética, o cenário 2b mostra que a diferença do consumo em 2031 (457 mil m³) seria aproximadamente o mesmo consumo de diesel marítimo para o transporte hidroviário de cargas nacional notado em 2012.

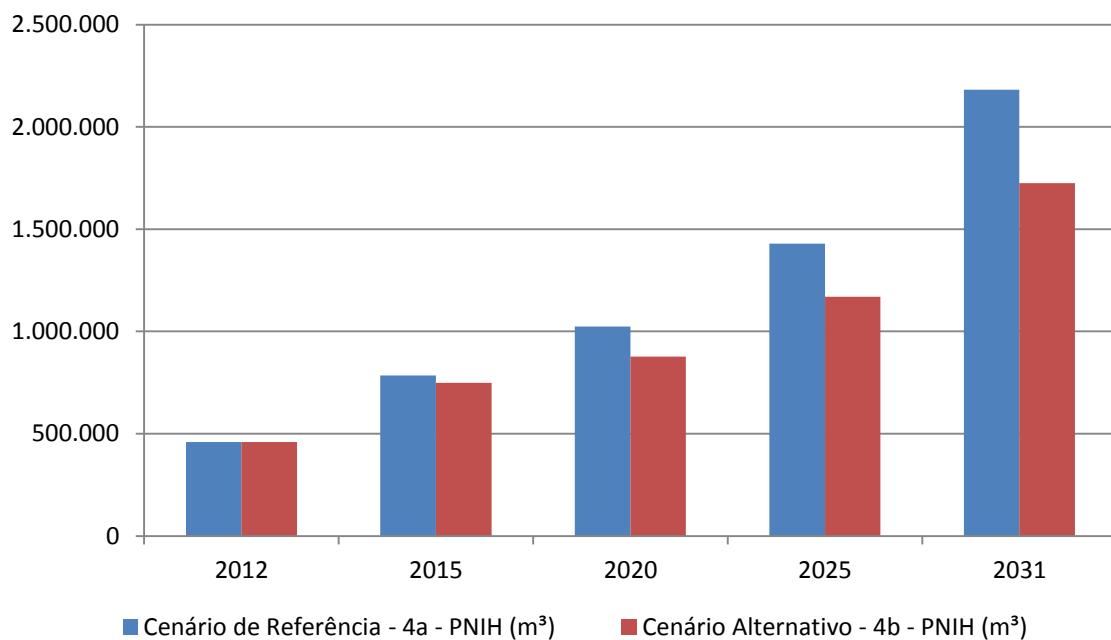
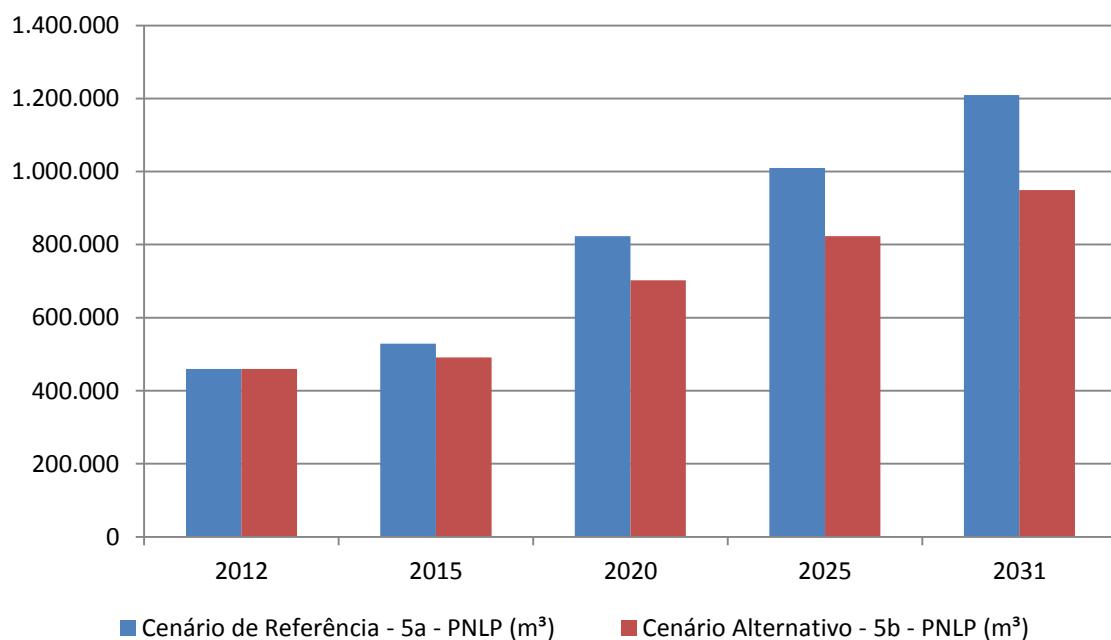


Figura 76 – Projeções de Demanda de Óleo Diesel Marítimo do Transporte Hidroviário de Cargas devido ao Plano Nacional de Integração Hidroviária

Fonte: Elaboração própria

5.2.2.4 Cenários – 5a e 5b – Demandas de Diesel e Óleo Combustível Marítimos devido ao Plano Nacional de Logística Portuária

Devido aos empreendimentos de modernização e ampliação da capacidade dos portos existentes, bem como a criação de novos portos, o PNLP gera impacto tanto no transporte hidroviário de cargas, seja no THI, na cabotagem em vias interiores e no longo curso em vias interiores, quanto no transporte de cabotagem marítima. No cenário de referência, o crescimento da demanda de óleo diesel verificado é de 4,96% a.a (ver Figura 77) enquanto a demanda de óleo combustível cresce a uma taxa de 5,61% a.a (ver Figura 78). O cenário alternativo faz com que as taxas de crescimento no período para o óleo diesel e óleo combustível respectivamente caiam para 3,70% e 4,22%, levando as demandas dos correspondentes combustíveis em 2031 para cerca de 0,95 milhões de m³ (diesel), em lugar de 1,2 milhões de m³ do cenário de referência, e aproximadamente 2,6 milhões de m³ (óleo combustível) em substituição aos 3,35 milhões de m³ previstos sem medidas de eficiência energética.



**Figura 77 – Projeções de Demanda de Diesel Marítimo do Transporte Hidroviário de Cargas
devido ao Plano Nacional de Logística Portuária**

Fonte: Elaboração própria

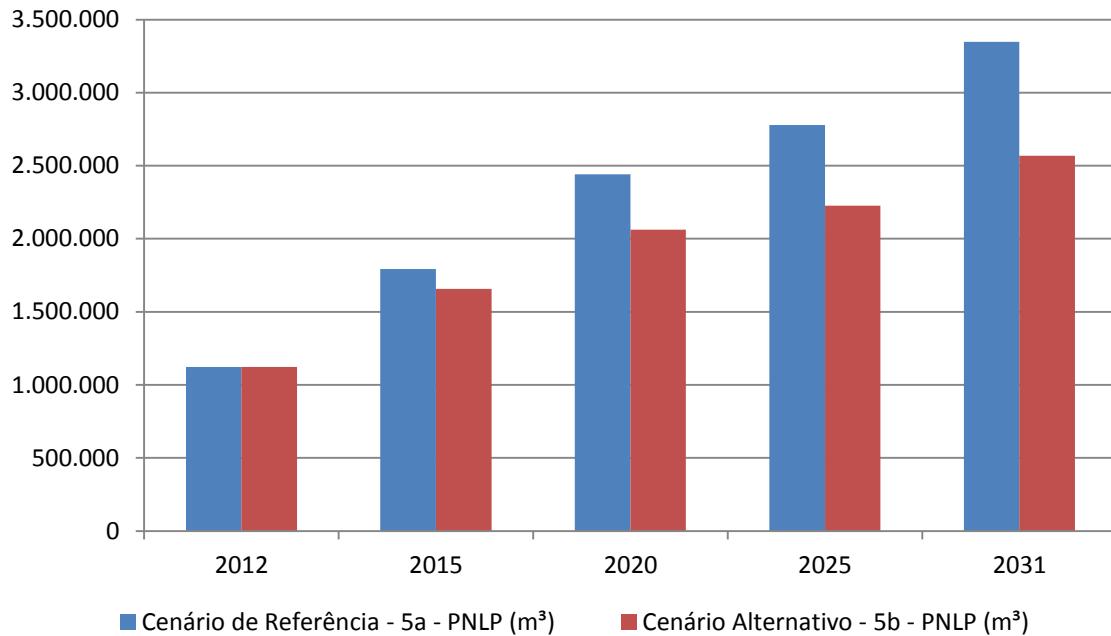


Figura 78 – Projeções de Demanda de Óleo Combustível Marítimo na Cabotagem devido ao Plano Nacional de Logística Portuária

Fonte: Elaboração própria

5.2.2.5 Cenários 6a e 6b – Demandas de Diesel Marítimo devido ao Plano Hidroviário Estratégico

O PHE objetiva um crescimento significativo do transporte hidroviário interior e, por isso, conforme colocado no capítulo 3, as contribuições de TKU do transporte interior de longo curso e a cabotagem em vias interiores seguiram as taxas de crescimento da análise dos grupos de mercadorias, de acordo com a seção 3.1. De 2012 a 2031, os cálculos realizados conforme premissas do PHE, mostram que ocorrerá um crescimento de 425,7% (8,65% a.a) da demanda de diesel enquanto no hidroviário o crescimento será de 201,2% (5,66% a.a). Portanto, o THI terá participação crescente no consumo de diesel marítimo nas hidrovias brasileiras, o que pode ser notado na Figura 79.

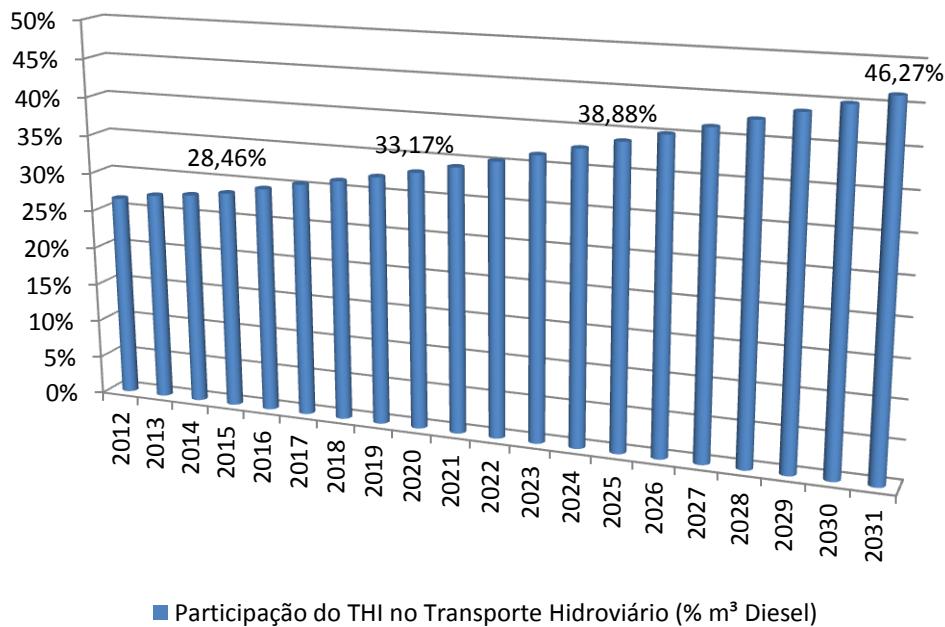


Figura 79 – Projeção da Participação do Transporte Hidroviário Interior no total do Transporte Hidroviário no Brasil

Fonte: Elaboração própria

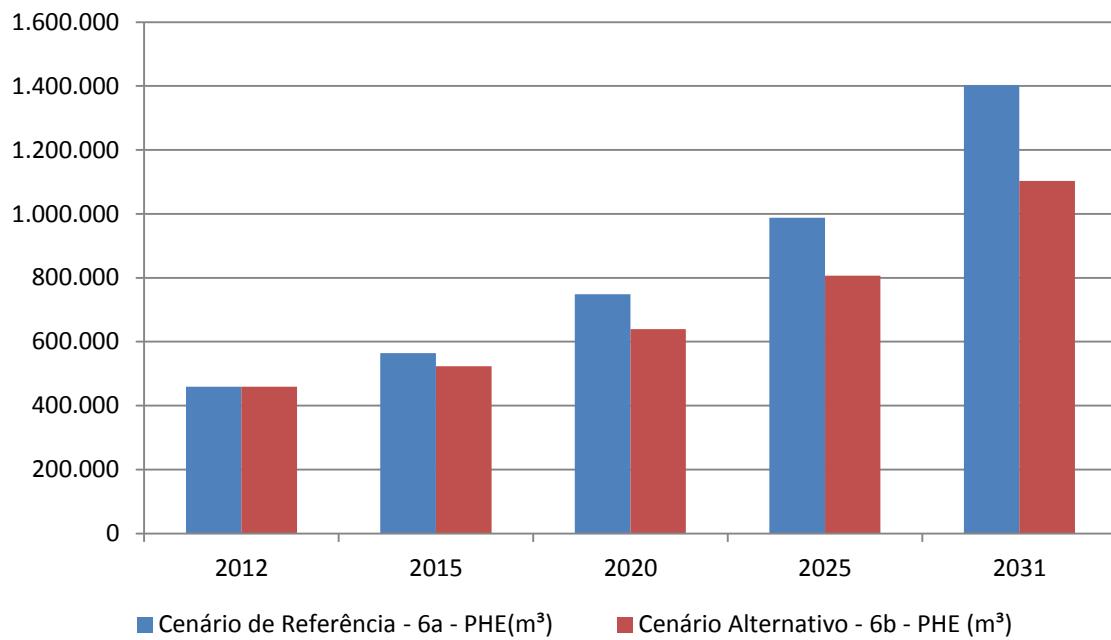


Figura 80 – Projeções de Demanda de Diesel Marítimo do Transporte Hidroviário de Cargas devido ao Plano Hidroviário Estratégico

Fonte: Elaboração própria

5.2.2.6 Comparações entre os Resultados de todos os Cenários no Transporte de Cargas

Nesta seção, por meio da Tabela 32 se analisará as diferenças dos resultados de demandas de óleo diesel marítimo nos anos apresentados (2015, 2020, 2025 e 2031) como se fará o mesmo para o óleo combustível marítimo através da Tabela 33.

Tabela 32 – Projeção de Demanda de Diesel Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas nos 12 cenários analisados

Cenários		2015 (m³)	2020 (m³)	2025 (m³)	2031 (m³)
Análise do Crescimento dos Grupos de Mercadorias	1a - Referência	532.764	653.999	780.491	961.240
	1b - Alternativo	507.625	559.014	637.049	756.393
Plano Nacional de Logística e Transportes	2a - Referência	575.587	727.688	860.492	998.591
	2b - Alternativo	548.714	639.807	717.523	788.430
	3a - Referência	724.133	919.281	1.089.607	1.266.597
	3b - Alternativo	690.276	808.178	908.505	999.424
Plano Nacional de Integração Hidroviária	4a - Referência	784.701	1.023.491	1.428.634	2.181.144
	4b - Alternativo	748.067	876.520	1.169.839	1.724.616
Plano Nacional de Logística Portuária	5a - Referência	528.797	823.199	1.009.703	1.209.294
	5b - Alternativo	503.753	703.216	822.938	949.414
Plano Hidroviário Estratégico	6a - Referência	563.778	748.524	988.220	1.402.659
	6b - Alternativo	537.281	639.943	806.580	1.103.740

Fonte: Elaboração própria

Tabela 33 – Projeção de Demanda de Óleo Combustível Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas nos 6 cenários analisados

Cenários		2015 (m ³)	2020 (m ³)	2025 (m ³)	2031 (m ³)
Análise do Crescimento dos Grupos de Mercadorias	1a - Referência	1.328.338	1.802.266	2.032.705	2.283.028
	1b - Alternativo	1.260.094	1.519.424	1.623.694	1.744.171
Plano Nacional de Logística e Transportes	2a - Referência	1.122.141	1.537.000	1.895.096	2.261.243
	2b - Alternativo	1.064.949	1.340.492	1.551.380	1.730.131
Plano Nacional de Logística Portuária	5a - Referência	1.792.255	2.442.035	2.779.174	3.347.926
	5b - Alternativo	1.701.142	2.063.212	2.227.823	2.571.189

Fonte: Elaboração própria

O objetivo principal de uma projeção independente dos planos governamentais, que foi intitulada de “Análise de Crescimento dos Grupos de Mercadorias” era averiguar como estariam posicionados os fluxos de movimentações em toneladas e tonelada-quilômetro útil em caso de crescimento normal da produção e consumo dos produtos atualmente transportados. Consequentemente, o resultado em TKU é traduzido na demanda dos combustíveis marítimos. Nessa análise, os resultados apresentados para os cenários 1a e 1b relativos à demanda do óleo diesel marítimo demonstram que, com exceção do ano de 2015, os volumes demandados de combustível serão inferiores a todas as demais análises, baseadas nos planos de expansão do transporte hidroviário. Em relação ao óleo combustível marítimo, as demandas desse combustível baseada no crescimento previsto pelo PNLT (cenários 2a e 2b) resultaram em valores inferiores entre 8% e 15% aos da análise do crescimento dos grupos de mercadorias, tanto no cenário de referência quanto no alternativo. Ao compararmos com a análise do PNLP (cenários 5a e 5b), as demandas de óleo combustível provenientes da análise de crescimento dos grupos de mercadorias são bem menores, como ocorre no caso do óleo diesel marítimo. Apesar da exceção do PNLT para o óleo combustível, pode-se concluir que os resultados de demanda de combustíveis marítimos dos distintos planos governamentais estabelecem um crescimento expressivamente superior ao da análise vinda do crescimento das mercadorias transportadas, o que é o esperado em virtude dos empreendimentos e obras que serão executadas.

Em relação aos resultados obtidos através dos planejamentos de diferentes órgãos governamentais (Ministério dos Transportes, Secretaria de Portos e ANTAQ), nota-se que o PNIH apresenta resultados muito superiores aos dos demais planos (PNLP, PHE e PNLT). O motivo aparente é a base de dados utilizada do PNLT antes da revisão de 2011, que gerou os resultados dos fluxos de toneladas transportadas a partir da modelagem elaborada pela ANTAQ (ANTAQ, 201e). No caso dos resultados de demanda de óleo combustível, existe a disparidade dos resultados do PNLP, como se observa na Tabela 33. No entanto, pelo PNLP ser um plano específico para aumento de embarque e desembarque dos portos, afetando diretamente o transporte da cabotagem e o consumo de óleo combustível, não há evidências que demonstre que os resultados encontrados seriam inexequíveis, a despeito dos resultados do PNLT serem 30% a 37% inferiores.

Acerca das semelhanças dos resultados encontrados, ou em outras palavras, de uma convergência, tendo em vista que as obras consideradas pelos planos governamentais são, de certo modo, equivalentes, pode-se separar em dois blocos com a demanda dos combustíveis até o ano de 2025 e o outro até 2031. A justificativa é porque, apesar de haver diferenças entre os tipos de intervenções sugeridas pelos planos, há um descasamento entre as previsões de quando as obras ocorreriam, como a construção de portos e terminais e a execução de obras nas hidrovias. Seja no âmbito do óleo diesel marítimo ou do óleo combustível, podemos observar que os valores encontrados na análise de crescimento dos grupos de mercadorias (cenários 1a e 2a) são próximos aos do PNLT que contemplam somente as obras do PAC (cenários 2a e 2b). Entretanto, a maior proximidade de valores ocorre no ano de 2025, para os resultados de demanda de óleo diesel, em que o PNLT com obras PAC e PNLT, o PNLP e o PHE apresentam uma demanda aproximada a um milhão de metros cúbicos, nos cenários de referência (cenários 3a, 4a e 6a), embora os seus respectivos valores no cenário alternativo apresentam uma ligeira diferença. Em 2031, a semelhança de resultados ocorre entre o PNLT com obras PAC e PNLT e PNLP (cenários 3a e 5a e cenários 3b e 5b), enquanto os resultados oriundos da análise do PHE (cenários 6a e 6b), em comparações com esses dois planos, tem demandas entre 150-200 mil m³ acima desses valores.

5.2.3 Síntese dos Resultados das Projeções de Demanda dos Combustíveis Marítimos

Caso não houvesse nenhum planejamento para o setor, um modelo baseado em algum método estatístico poderia gerar um resultado único dentro de condições de contorno (informações históricas e premissas futuras) para os anos analisados. Como a presente dissertação se depara com diversos planos governamentais que estimam distintamente a expansão do transporte aquaviário nacional, sendo essa a principal motivação para a elaboração deste trabalho, as múltiplas respostas para as demandas de combustíveis encontradas, como é o caso, dificultam o entendimento do que seria a ordem de grandeza do consumo do óleo diesel e óleo combustível marítimos em 2015, 2020, 2025 e 2031. Portanto, a execução de uma análise consolidada de projeção de demanda de combustíveis marítimos até 2031 torna-se importante como um resumo contendo os resultados obtidos até então.

Dessa forma, para se representar valores referenciais de demanda de combustíveis marítimos, serão adotados valores médios contabilizando todos planos considerados, tanto nos cenários de referência, que possuem consumos específicos constantes, quanto nos cenários alternativos, que possuem medidas de eficiência energética sendo executadas até 2031 nas embarcações existentes e a serem substituídas por novas. Porém, como se tratam de projeções para longo prazo e altamente dependentes da execução de melhorias nas hidrovias, portos e terminais, não é possível afirmar se existe uma projeção mais exata do que outra, e embora haja incertezas, o objetivo desse trabalho foi alcançado, demonstrando que os planos governamentais proporcionarão um crescimento do transporte aquaviário maior do que a taxa histórica. Por consequência, haverá um crescimento vultoso no consumo dos combustíveis marítimos nas embarcações que realizam movimentações de cargas dentro do nosso país.

5.2.3.1 Projeção Média do Diesel Marítimo nos Cenários de Referência e Alternativo

A projeção média da demanda de óleo diesel marítimo no Brasil ocorreria conforme a Figura 81, isto é, seriam demandados cerca de 1.500.000m³ em 2031 de óleo diesel marítimo, com uma variação de -25% a +56% nesse ano entre o menor e maior resultado, tendo como cenário de referência as variações de mínimos e máximos muitos próximas aos do cenário alternativo que, por sua vez, teria uma demanda média de ODM de 1.211.000m³, de acordo com

o apresentado na Figura 82. Tanto nos cenários de referência quanto nos cenários alternativos, o menor e maior valores foram respectivamente os cenários relativos ao crescimento do grupo de mercadoria e do PNIH.

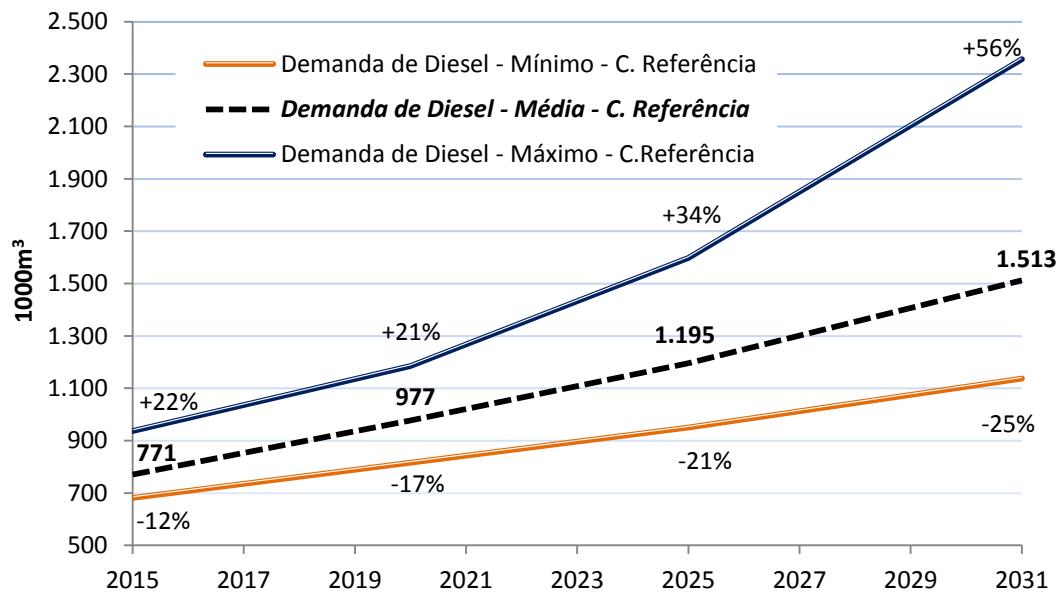


Figura 81 – Projeção de Consumo de Óleo Diesel Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas e Passageiros até 2031 no Cenário de Referência

Fonte: Elaboração própria

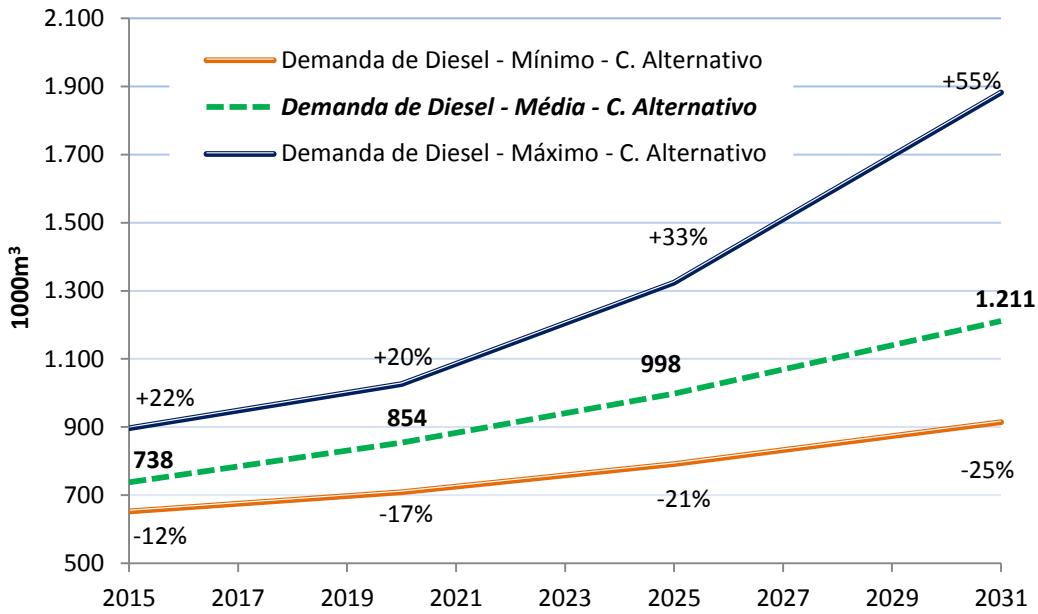


Figura 82– Projeção de Consumo de Óleo Diesel Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas e Passageiros até 2031 no Cenário Alternativo

Fonte: Elaboração própria

Entretanto, os resultados de demanda de óleo diesel marítimo encontrados por esta dissertação, baseados no Plano Nacional de Integração Hidroviária, foram muito discrepantes dos demais planejamentos do governo (PNLT, PHE e PNLP) e, por isso, também ter um valor médio com o PNIH expurgado da análise é de fundamental importância. Com isso, a diferença da média para os valores mínimos e máximos possíveis não ultrapassariam 20% nesta projeção, chegando aos mesmos valores nos cenários de referência e alternativo, com demandas de ODM correspondentes a 1.344.000m³ (Figura 83) e 1.077.000m³ (Figura 84).

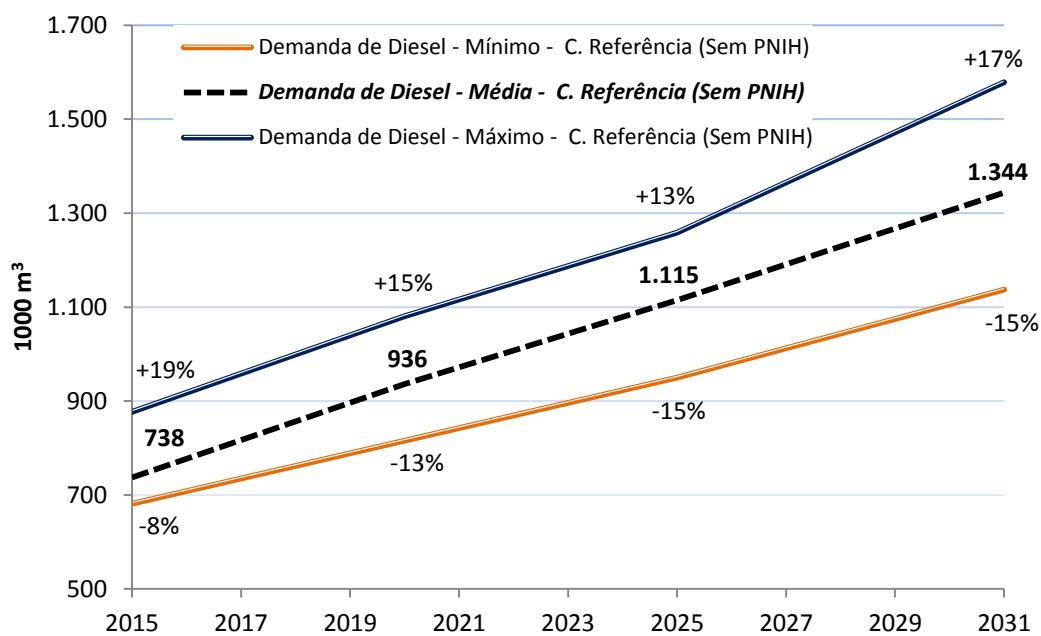


Figura 83– Projeção de Demanda de Óleo Diesel Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas e Passageiros até 2031 no Cenário de Referência sem considerar o PNIH

Fonte: Elaboração própria

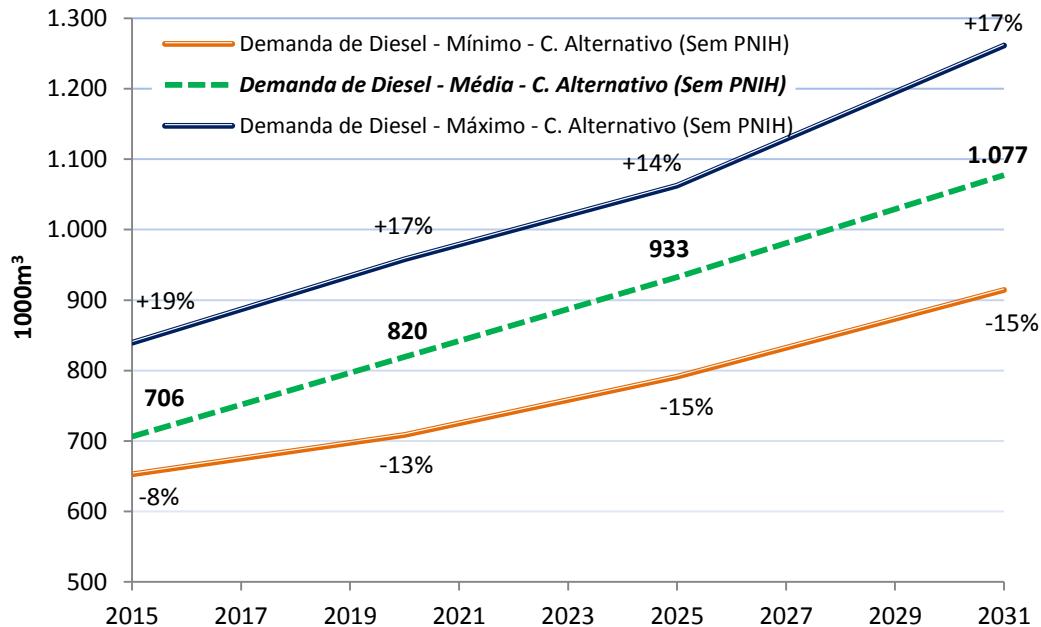


Figura 84– Projeção de Demanda de Óleo Diesel Marítimo para o Transporte Hidroviário de Cargas e Passageiros até 2031 no Cenário Alternativo sem considerar o PNIH

Fonte: Elaboração própria

5.2.3.2 Projeção Média do Óleo Combustível Marítimo nos Cenários de Referência e Alternativo

Embora com três diferentes demandas de OCM em virtude das três análises executadas, se comparada com a análise da projeção de ODM, torna-se menos suscetível a incertezas, em virtude de ter a metade da quantidade resultados. Os resultados provenientes do PNLT e do crescimento de transporte dos grupos de mercadorias são próximos, conforme já abordado, enquanto os resultados oriundos dos crescimentos portuários constantes no PNLP prevê uma demanda de óleo combustível marítimo alcançando cerca de 3.350.000m³ em 2031, o que seria quase o triplo do registrado em 2012.

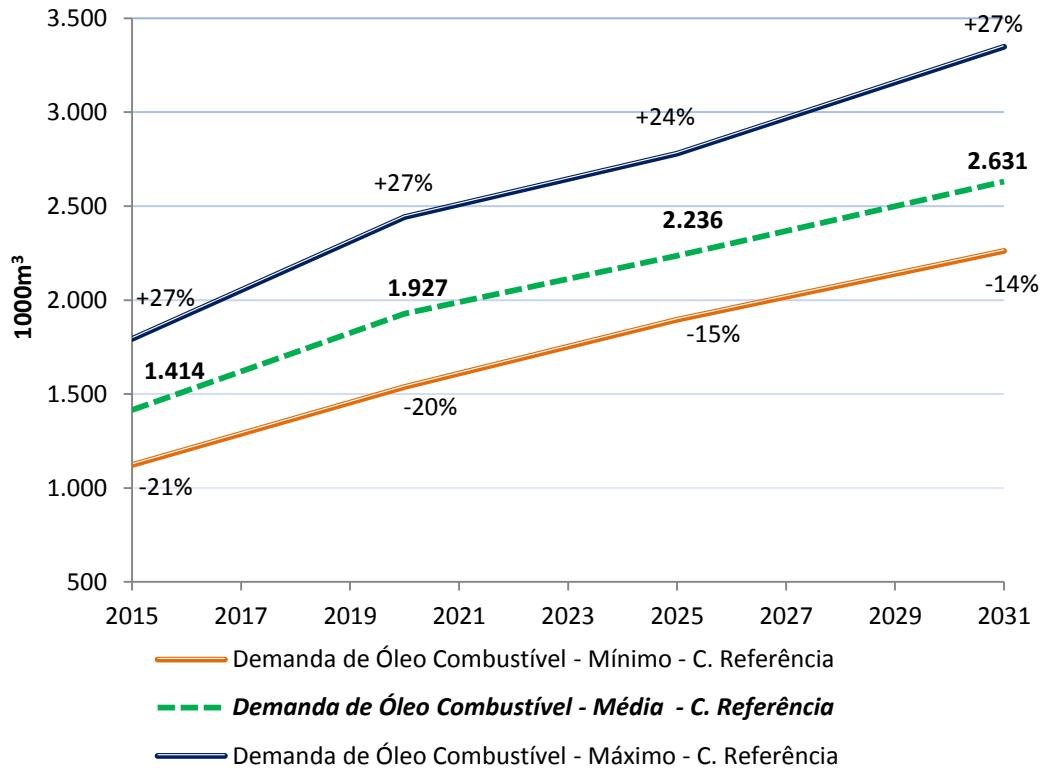


Figura 85– Projeção de Demanda de Óleo Combustível Marítimo para o Transporte de Cabotagem até 2031 no Cenário de Referência

Fonte: Elaboração própria

Com a execução do PNLP como o esperado pela Secretaria de Portos, este trabalho demonstrou que haverá um crescimento da demanda de *bunker* dois pontos percentuais ao ano superior do que as demais análises (aproximadamente 5,30% a.a contra 3,30% a.a dos outros dois resultados). A projeção média no cenário de referência apresenta uma demanda de óleo combustível marítimo de cerca de 2,6 milhões de metros cúbicos em 2031, conforme pode ser observado na Figura 85, mas caso sejam realizadas medidas de eficiência energética, na ordem de equivalência às propostas nesta dissertação (cenário alternativo), poderá ser economizado em torno de 23,5% de todo o combustível demandado na atividade da cabotagem nacional por ano a partir de 2031 (ver Figura 86).

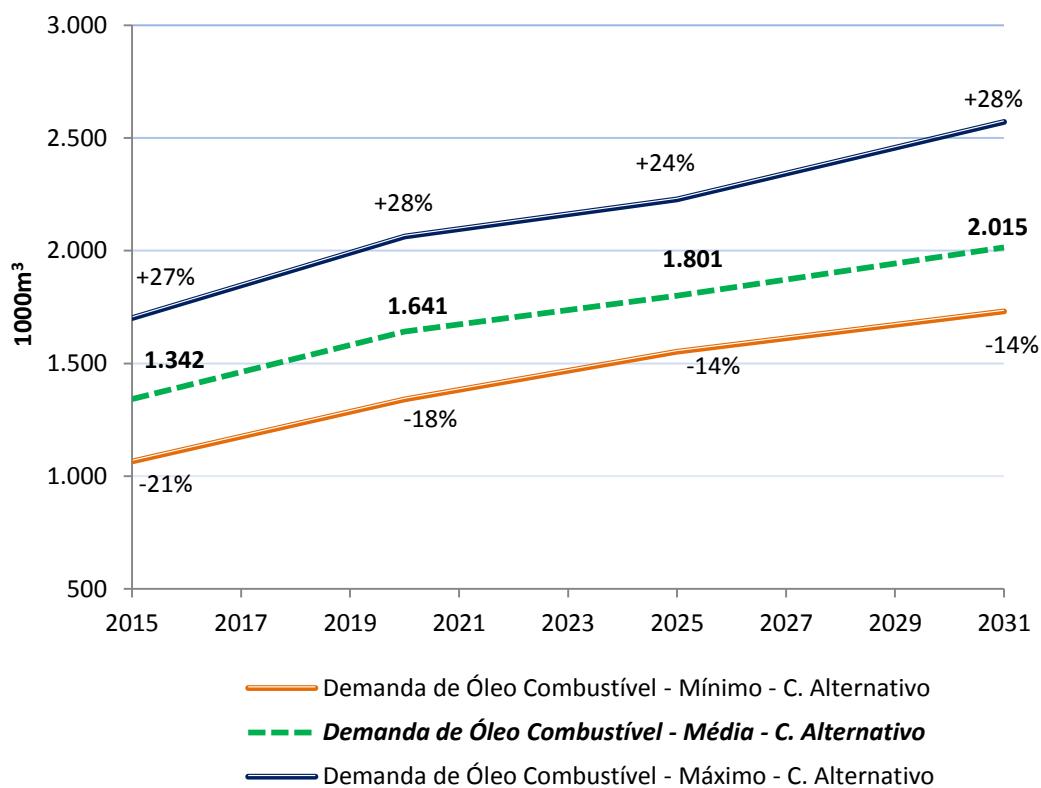


Figura 86– Projeção de Demanda de Óleo Combustível Marítimo para o Transporte de Cabotagem até 2031 no Cenário Alternativo

Fonte: Elaboração própria

5.2.3.3 Panorama Geral da Demanda de Combustíveis Marítimos no Transporte Aquaviário Nacional até 2031

Com o objetivo de sintetizar em um gráfico as projeções médias das doze análises realizadas para obtenção da demanda de óleo diesel marítimo e as seis análises para o óleo combustível marítimo, é apresentada a Figura 87, que demonstra que a demanda dos dois combustíveis alcançará cerca de aproximadamente quatro milhões de metros cúbicos em 2031 ($3.974.497\text{m}^3$), no cenário de referência, onde o óleo combustível representará 66,2% do total. Caso sejam adotadas ações de eficiência energética, conforme premissas expostas nesse trabalho, a demanda total seria de $3.092.403\text{m}^3$, onde o óleo combustível teria uma contribuição menor, com 65,2%. Cabe destacar que no cenário alternativo relativo à demanda de óleo diesel marítimo, a redução do consumo desse combustível por meio de medidas tecnológicas e de O&M seria suficiente para abastecer todo o setor de transporte aquaviário de passageiros em 2031, excedendo ainda

40% dessa demanda de ODM. A observação a ser feita é a desconsideração dos resultados de demanda de ODM oriundos da análise do PNIH (cenários 4a e 4b), devido às diferenças das projeções encontradas, em comparação com os outros cenários, conforme já explicado nas seções anteriores.

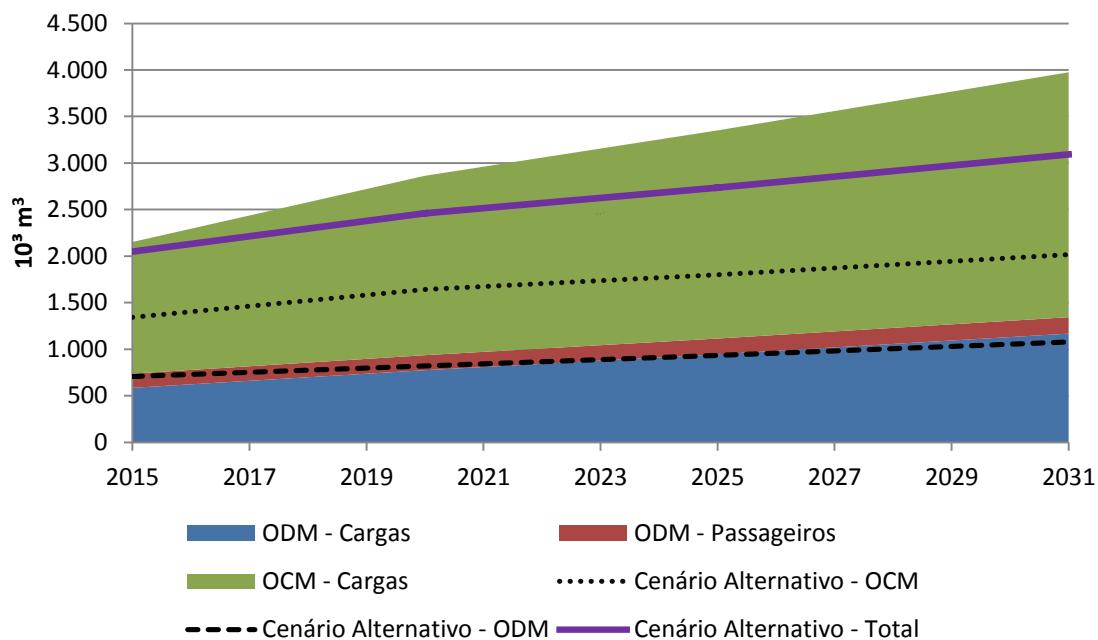


Figura 87– Projeção Média de Demanda de Óleo Diesel (sem o PNIH) e Óleo Combustível para o transporte aquaviário entre 2015 e 2031

Fonte: Elaboração própria

5.3 Comparação dos Resultados e com o Plano Nacional de Energia 2050

Após a obtenção dos resultados dos cenários analisados e do apontamento de um valor médio consolidado, é mister compará-los também com os resultados do estudo “Demanda de Energia 2050”, que compõe um dos cinco documentos do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), elaborado pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética). A referência utilizada pela EPE para elaboração da análise do setor de transportes foi o PNLT, não considerando assim os outros planos de órgãos governamentais que tratam das projeções do transporte hidroviário e cabotagem, também analisados desta dissertação (EPE, 2014a).

O PNE 2050 considerou em sua análise uma expansão do transporte hidroviário e cabotagem de cerca de 4% ao ano, entre 2013 e 2050. No transporte de passageiros, com análise de projeção no mesmo período, o crescimento considerado foi de 1% ao ano para a região amazônica e de 3% ao ano para áreas urbanas. Em relação a ganhos de eficiência energética, tanto para o transporte de cargas como para o de passageiros, o PNE considerou a premissa da redução de consumo de combustível de 1% ao ano até 2050, justificando-a pela falta de informações acerca de ganhos de eficiência esperados (EPE, 2014a). Os resultados obtidos pela EPE são apresentados na Tabela 34. Nota-se que as projeções realizadas pela EPE para os anos 2020, 2030, 2040 e 2050, mostram que há uma convergência com os valores encontrados nesse trabalho para os cenários PNLT com obras do PAC (cenário 2a) e análise do crescimento dos grupos de mercadorias (cenário 1a), o que pode ser atestado ao se comparar com os resultados indicados na Tabela 32 e na Tabela 33.

Todavia, a análise elaborada pela EPE considera ganhos de eficiência para transporte aquaviário de cargas e passageiros, que leva a um ganho acumulado de 20,81% de 2013 a 2031, isto é, a análise da EPE é mais próxima dos cenários alternativos realizados por esse trabalho no seu conceito de redução da intensidade energética, mas no âmbito dos resultados é mais próxima a alguns cenários de referência, como os dois descritos acima. Se for feita a comparação do estudo da EPE com a projeção média elaborada a partir de todos os cenários (seção 5.2.3), ir-se-á constatar relativa proximidade da demanda do óleo diesel marítimo em 2031, que alcançaria 1.077.239m³. Do restante dos valores médios, seja no cenário de referência ou no alternativo, há significativa diferença, não sendo possível fazer alguma comparação.

Tabela 34 – Demanda de combustível do transporte hidroviário e cabotagem

Combustível (10 ³ m ³)	2013	2015	2020	2025	2030	2031	2040	2050
Óleo diesel	564	617	771	810	916	932	1.094	1.296
Óleo combustível	1.303	1473	2.001	2098	2.361	2.398	2.754	3.228

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE, 2014a

5.4 Discussões Relacionadas ao Aumento da Demanda dos Combustíveis Marítimos

Podemos interpretar os resultados obtidos dos cenários dos planos governamentais, que são os cenários 2a/2b a 6a/6b para as demandas de combustível marítimo, como as possíveis consequências da expansão do transporte aquaviário, além do consumo esperado caso nada seja feito, que seriam os cenários 1a e 1b, que dependem exclusivamente das taxas de crescimento dos grupos de mercadorias, embora também possa sofrer influência em caso de necessidade de ampliação de portos e terminais para alguns fluxos de transporte. Desse modo, leva-se a crer que a produção e a distribuição de combustíveis sofrerão algum impacto. O fato é que o deslocamento de TKU de outros modais (principalmente o rodoviário) para o transporte em vias interiores e cabotagem nunca será integral porque o transporte aquaviário de cargas é intermodal pela limitação própria de não se poder construir vias e sim tornar as existentes aptas para navegação, bem como os portos e terminais capazes de receber o embarque e desembarque de cargas.

Tomemos como exemplo a análise feita por CNT (2013a), que compara uma das rotas atuais de escoamento de soja da cidade de Lucas do Rio Verde-MT ao porto de Santarém, no estado do Pará, com uma rota futura utilizando a hidrovia Teles Pires-Tapajós, que será objeto de intervenções de acordo com as previsões do PNLT, PNIH e PHE. Nessa comparação, a rota 1 é a atualmente praticada, que utiliza o modal rodoviário em direção estado de Rondônia, passando pelo oeste do estado do Mato Grosso (via rodovias federais BR-163 e BR-364) com destino ao rio Madeira, para que depois de mais de 1600km possa chegar em Santarém, passando também pelo Rio Amazonas. Já a rota 2, que utilizaria o Rio Tapajós, que hoje não é comercialmente navegável, reduziria a distância percorrida no modal rodoviário em 1.175km, passando pela rodovia estadual MT-320. A Tabela 35 e a Figura 88 ilustram essa nova rota, que será possível, caso sejam realizadas as obras necessárias.

Tabela 35 – Diferença das rotas de escoamento de Soja entre Lucas do Rio Verde e Santarém

Rota	Origem	Destino	Modal	km
Rota 1	Lucas do Rio Verde	Santarém	Rodoviário	1.497
			Hidroviário	1.670
Rota 2	Lucas do Rio Verde	Santarém	Rodoviário	322
			Hidroviário	1.425

Fonte: CNT, 2013a

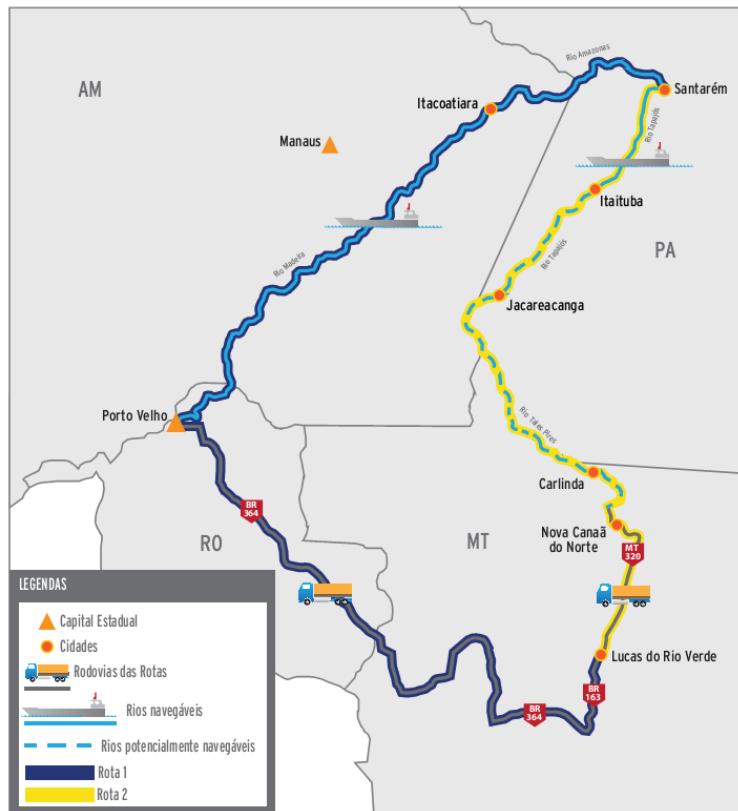


Figura 88 – Rotas de Escoamento de Soja entre Lucas do Rio Verde e Santarém

Fonte: CNT, 2013a

Em 2012, segundo ANTAQ (2013a), foram transportadas 460.364 toneladas de soja através do rio Madeira com origem em Porto Velho e destino à Santarém-PA. Na hipótese de toda essa carga transportada ser deslocada para a rota 2, acima explicada, em virtude do menor custo de frete, que seria 60,9% inferior de acordo com CNT (2013a), há duas análises que podem ser feitas para demonstrar o quanto do consumo de diesel que será evitado. A primeira seria utilizando os consumos específicos indicados na Figura 6, e a segunda alterando o consumo específico do transporte hidroviário para 7,45 litros/1000TKU, conforme premissa de cálculo desta dissertação nos cenários de referência. Em um ano, a opção pela rota 2, em detrimento da

rota 1 economizaria 8.793m³ de diesel ou 9.171m³ no caso do consumo específico de 7,45litros/1000TKU e mantendo o consumo específico do modal rodoviário de 15,4 litros/1000TKU. No caso das distribuidoras de derivados de petróleo praticarem uma margem média de 50 reais por metro cúbico, a perda aproximada em lucro bruto em um ano seria de 450 mil reais, porém a economia dos produtores de soja somente com combustível seria entre 21 e 22 milhões de reais, sendo o preço médio do diesel de R\$ 2,43/litro praticados pelas distribuidoras de combustível, verificado no mês de dezembro de 2014 do diesel tipo B para uso rodoviário (com mistura de 7% de biodiesel) nas regiões Norte e Centro-Oeste, e considerando o mesmo preço final para o ODM (ANP, 2014b).

Esse é um exemplo que não retrata a substituição plena do modal rodoviário pelo hidroviário, e sim a execução de um trajeto menor, tanto que o trecho em hidrovia interior também reduz em 245 quilômetros. Tal como a escolha da hidrovia Teles Pires-Tapajós, deverá haver outras mais econômicas globalmente na intermodalidade ou na migração de fato para o transporte hidroviário. Caso sejam realizadas as intervenções sugeridas pelo PNLT, adicionais ao PAC, mostradas no Cenário PAC+PNLT de projeção de TKU, haverá um acréscimo expressivo do consumo de óleo diesel marítimo (comparação dos cenários 3a e 3b com os cenários 2a e 2b). A questão para o setor produtivo nacional, bem como os setores de refino e distribuição de derivados de petróleo, é o quanto de diferença de demanda de óleo diesel ocorrerá em substituição ao modal rodoviário pelo hidroviário em vias interiores.

Esse mesmo tema se repete no transporte de cabotagem que, apesar de seu crescimento ser muito associado em função da produção de petróleo devido ao pré-sal até 2031, de acordo com a projeção feita a partir do PNLP, 30% das cargas não serão produtos da indústria do petróleo e terão crescimento no período de 5% a.a. Sem as obras de infraestrutura previstas, tal fato seria ineqüívvel, pois as capacidades dos portos já estão próximas ao seu limite (SEP/PR, 2012), levando a um deslocamento do fluxo de cargas transportadas realizado pela cabotagem para o transporte rodoviário, menos eficiente energeticamente.

É relevante esclarecer que tanto o mercado de ODM quanto o de OCM não se resumem às projeções estabelecidas nesta dissertação. O óleo diesel marítimo também é consumido por embarcações de apoio marítimo às atividades de exploração e produção, embarcações de recreio

(diesel náutico) e por navios que realizam o transporte marítimo internacional (longo curso). De acordo com a ANP (2013a), foram exportados, na forma de combustíveis marítimos, 3.442 mil m³ de óleo combustível e óleo diesel para fins de transporte marítimo internacional em 2012, onde de forma estimada 10% desse montante são relativos ao ODM e 90% ao OCM (ANP, 2013a). Ou seja, em 2012, o mercado de longo curso marítimo representou 40% do mercado de óleo diesel marítimo e 72% do mercado de óleo combustível marítimo. A Figura 89 indica as projeções de demanda e produção de óleo combustível, com a indicação em separado da demanda de óleo combustível marítimo (*bunker*) para os trajetos de longo curso internacional, apresentando também demanda obrigatória, sendo composta por óleo combustível a ser consumido pelas usinas termelétricas, pelos processos térmicos das indústrias e pelo OCM demandado pela navegação de cabotagem. Nessa análise, é demonstrado que esse mercado opcional de *bunker* é integralmente atendido pela produção nacional de óleo combustível até 2023, embora a produção seja decrescente até 2022.

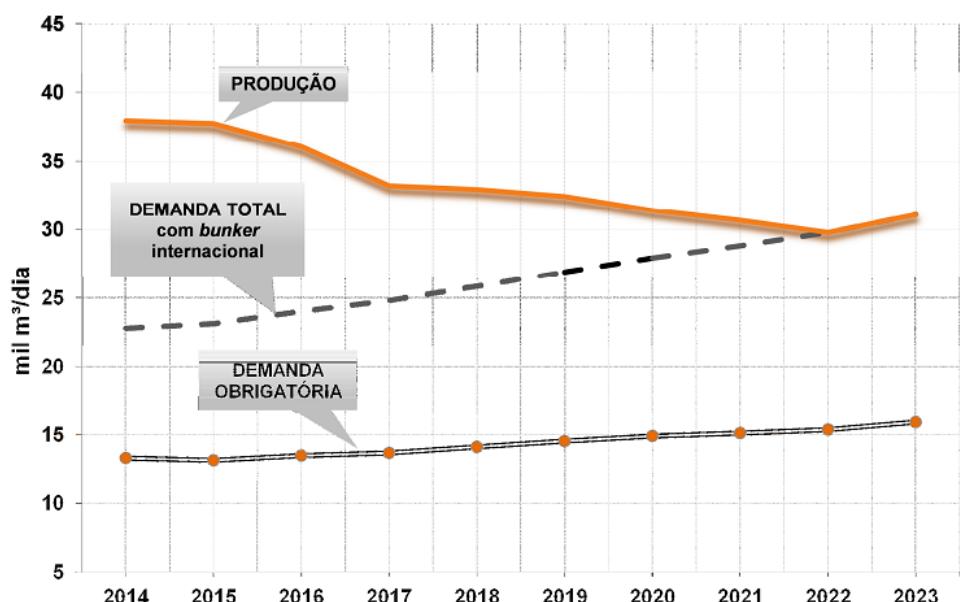


Figura 89 – Balanço de demanda e produção de óleo combustível até 2023

Fonte: EPE, 2014b

Devido à alta capacidade de conversão das novas refinarias (RNEST e COMPERJ), há a flexibilidade de redução da produção de óleo combustível em prol de derivados médios como o QAV e óleo diesel, bem como as novas unidades de conversão das refinarias que sofreram expansão/adequação, que objetivam reduzir o percentual de óleo combustível produzido,

elevando a capacidade conversão da refinaria em derivados médios e leves, tornando-as versáteis em relação à carga processada (EPE, 2014b). Por isso, após 2023, não haverá maiores problemas para ocorrer uma compatibilização entre demanda e produção de óleo combustível, conforme mostra a Figura 89. Em relação ao aumento da demanda de OCM para o transporte de cabotagem, objeto desta dissertação, o raciocínio é o mesmo, isto é, as refinarias nacionais têm condições de atender a esse crescimento, ou como se prevê a exportação de derivados médios como o diesel S-10 a partir de 2019 (EPE, 2014b), em lugar de reduzir a produção de diesel, pode-se analisar a importação cargas de óleo combustível, que possui menor valor agregado.

Com um aumento da demanda dos combustíveis marítimos acima da média histórica, o setor de distribuição de derivados de petróleo também deve se adequar para suprir o abastecimento com a análise da necessidade de expansão de bases e terminais, bem como a ampliação da tancagem disponível nos portos e terminais aquaviários. No caso do óleo diesel marítimo, conforme projeção desta dissertação, poderá haver um crescimento de 9,13% a.a do transporte hidroviário interior até 2031 caso os fluxos transportados correspondam ao definido no PHE, por exemplo, ou até superior, no caso da análise do PNIH se realizar, e tal fato levará principalmente as bases de combustíveis das regiões Norte e Centro-Oeste a ampliarem as suas capacidades de tancagem. Em outro exemplo, no âmbito das perspectivas de expansão contidas no PNLP, os portos de Vila do Conde e Santarém aumentarão suas atuais participações no transporte hidroviário, e por consequência, terão uma necessidade de aumento de tancagem de ODM, enquanto os portos de Suape e Pecém terão as atividades de cabotagem aumentadas, demandando mais óleo combustível marítimo (MT, 2013; SEP/PR, 2012).

Em relação à adequação dos terminais e bases do setor de distribuição de combustíveis, de acordo com ANP (2011), na maioria das vezes, os reservatórios de ODM das distribuidoras de combustíveis, tanto de terra como no transporte aquaviário, são os mesmos usados para armazenamento e transporte do diesel tipo A de uso rodoviário, o que indica uma facilitação no uso de tanques de armazenamento sem necessidade de limpeza, o que não seria o caso para a conversão de tanques próprios para o diesel tipo B, que é a mistura do diesel tipo A com o biodiesel a 7%.

Outro aspecto relevante de ser abordado, para o setor de transporte aquaviário e para o setor da indústria do petróleo, embora esteja fora do escopo desta dissertação, é o consequente aumento da demanda de óleos lubrificantes para as embarcações destinadas a cabotagem e navegação hidroviária devido à maior utilização desses modais. Segundo MWM (2011), pode haver um consumo de lubrificante do tipo marítimo de até 0,5% do total consumo de combustível, enquanto para CATERPILLAR (2012) essa relação pode variar de 0,15% a 0,51% e para WARTSILA (2013) esse consumo de óleo lubrificante seria aproximadamente de 0,26% do total do combustível consumido. Esse indicador varia para cada aplicação (potência da embarcação, rotação do motor, tipo de combustível marítimo empregado, entre outros parâmetros), de acordo com a tecnologia desenvolvida pelo fabricante, e normalmente é fornecida na unidade de g/kWh. Tal tema é merecedor de pesquisas futuras para análise do impacto do aumento da demanda de óleos lubrificantes marítimos nos próximos 15 a 20 anos.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo da dissertação foi criar cenários de demanda de óleo diesel e combustível marítimos para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2031 baseados nos planos governamentais que preveem a expansão do transporte aquaviário brasileiro. Para tal, foi elaborado um diagnóstico do setor para o ano base do trabalho (2012), em que por meio de dados oficiais da ANTAQ, foram obtidas as toneladas e passageiros transportados, as distâncias médias percorridas, e as toneladas quilômetro útil e passageiros quilômetro. No transporte de carga, a distribuição foi feita por grupos de mercadoria enquanto no transporte de passageiros, utilizaram-se as linhas de navegação existentes. A partir desses dados de entrada, foram consideradas as hipóteses e as indicações de crescimentos esperados de cada plano governamental até 2031 para a determinação das projeções de TKU e pkm. Em seguida, através de diferentes consumos específicos para cenários de referência e alternativo (com ações de eficiência energética), foram obtidas as demandas futuras dos combustíveis marítimos.

Sobre os resultados de toneladas quilômetro úteis transportadas provenientes dos planos de órgãos governamentais, PNLT, PNLP, PHE e PNIH, este estudo mostra que até 2031 deverá haver um crescimento superior à taxa de crescimento dos grupos de mercadorias transportadas, o que indica um deslocamento da carga transportada de outros modais. Tais crescimentos anuais encontrados no período para todos os planejamentos referenciados foram de 3,8% a 5,9% no transporte de cabotagem e 4,17% a 8,5% no transporte hidroviário, enquanto na análise baseada no crescimento de fluxo transportado dos grupos de mercadorias, os aumentos foram de 3,8% a.a e 4,0% a.a, respectivamente. No aspecto do atendimento ao crescimento “natural” dos grupos de mercadorias transportados, abordado na seção 3.1, nota-se que a execução do PNLT na versão “Cenário PNLT” é o mínimo que deve ser feito em investimentos para que o transporte aquaviário alcance um crescimento de acordo com o perfil das cargas atualmente transportadas sem mudança de modal, pois as duas análises geraram valores muito semelhantes em TKU em todos os períodos analisados. Já o crescimento de passageiro quilômetro no período analisado, que foi baseado na taxa de crescimento demográfico nas regiões onde há linhas de navegação, foi de 0,9% a.a.

Os resultados divergentes no transporte de cargas demonstram que a inexistência de um planejamento unificado, que incorpore hipóteses, investimentos e projeções consolidadas pelos diferentes órgãos governamentais envolvidos (Ministério dos Transportes, ANTAQ, Secretaria de Portos, etc.), leva a incertezas, principalmente dos investidores da iniciativa privada, os quais serão fundamentais para o alcance do crescimento do transporte aquaviário nacional, e concomitantemente propiciarão a redução do frete das mercadorias no nosso país. A inexistência de uma centralização governamental no planejamento da expansão do transporte aquaviário, o que deve ser revisto, leva ao desalinhamento entre os próprios órgãos do Governo Federal, cujas metas, sejam quais forem, também dependem de investimentos e incentivos dos órgãos responsáveis locais dos estados da federação. Em suma, com todos os agentes públicos envolvidos com parâmetros e metas uniformes, tornaria a chance de um aumento significativo dos fluxos de carga e passageiros nas vias fluvial e marítima mais exequível.

Em relação aos cenários de demanda de combustíveis marítimos, objeto principal dessa dissertação, foram elaborados dois tipos de análises para cada resultado de TKU e pkm encontrado, uma de cenário de referência, que mantém os consumos específicos atuais das embarcações e a segunda, intitulada de cenário alternativo, que contempla ações gradativas de eficiência energética até 2031 para diferentes tipos de embarcações. Uma observação importante a ser feita é que os consumos específicos de combustíveis considerados na linha de base de 2012, calculados a partir das médias históricas de consumo por TKU e pkm, é bem superior ao que as embarcações poderiam consumir segundo os padrões existentes.

Sendo assim, pode-se afirmar que existem significativas oportunidades de eficiência energética através da aplicação de tecnologias disponíveis bem como o uso de medidas operacionais e de manutenção. Tais ações, como foram as propostas por esta dissertação no cenário alternativo, gerariam ganhos para o setor de transporte aquaviário, tornando-o ainda mais competitivo. Dentre as oportunidades em eficiência energética identificadas, destacam-se a redução da velocidade em 10% para as embarcações de transporte de carga e abrangendo também as embarcações de passageiros, a redução das resistências hidro e aerodinâmica por meio da limpeza do casco e melhoria do sistema propulsor. De acordo com as premissas consideradas, até 2031 a redução do consumo médio de combustíveis das embarcações de carga seria superior a 20%, enquanto com o transporte de passageiros haveria um ganho de cerca de 10%.

Em resumo, o objetivo deste trabalho foi alcançado e os resultados de uma projeção média elaborada estão constantes na subseção 5.2.3.3. Esses resultados, compostos pela média de todas as análises executadas excetuando-se a do PNIH por apresentar resultados muitos superiores e divergentes aos demais planos governamentais, demonstraram que deverá ocorrer um aumento anual até 2031 das demandas de óleo diesel e óleo combustível marítimos relativas ao transporte aquaviário brasileiro de respectivamente 5,04% e 4,28% no cenário de referência enquanto no alternativo estes combustíveis cresceriam 3,82% e 2,82%, considerando o ano base de 2012. Em virtude dos investimentos previstos, a projeção média de demanda de combustíveis marítimos encontrada apresenta taxa de crescimento de 4,52% a.a no cenário de referência, muito superior à ocorrida no período 1996-2012, que obteve um crescimento de 0,97% a.a (EPE, 2008; 2013).

Tal crescimento, caso se torne exequível por meio das obras de infraestrutura previstas, teria reflexo para os produtores e compradores das mercadorias, operadores das embarcações e o setor de distribuição de derivados de petróleo. Os produtores e compradores das mercadorias, independentemente quem for responsável pelo frete, terão benefícios diretos com um preço final da mercadoria menor ou maximização do lucro. Já os operadores das embarcações, terminais e portos terão em 2031 um mercado muito maior do que existe hoje, podendo transportar até três vezes mais tonelada quilômetro útil em comparação com 2012. No caso do setor de distribuição de derivados de petróleo, haverá um aumento importante da comercialização de combustíveis marítimos, que representará uma migração das vendas do óleo diesel tipo B, relacionado principalmente ao transporte rodoviário de cargas, o que deverá resultar em um menor crescimento da demanda por combustíveis, no total, do que se não houvesse planos governamentais para expansão do transporte hidroviário e cabotagem.

Como propostas de estudos futuros, sugere-se, primeiramente, uma avaliação que considere todos os modais de transporte de carga e passageiros por meio de uma modelagem baseada no menor custo do frete por trecho dentre as alternativas existentes e futuras já apresentadas pelos planos governamentais. Desse modo, será possível identificar o deslocamento dos fluxos de outros modais para o aquaviário, e o estimar pormenorizadamente a economia de combustível.

Outro estudo que pode ser realizado é a análise do tipo *bottom-up* com dados amostrais provenientes das empresas de transporte aquaviário para se avaliar o consumo específico de diversos tipos de embarcações e as oportunidades de eficiência energética possíveis de serem aplicadas. A partir desses dois trabalhos sugeridos e da própria dissertação, pode-se ainda analisar a mitigação das emissões de gases de efeito estufa como um trabalho futuro.

Acerca da projeção da demanda de óleo combustível marítimo, um outro trabalho passível de ser feito ainda se refere à análise de sua evolução esperada de especificação, como, por exemplo, a dessulfurização, para se atingir eventuais metas de redução de emissões no setor de transporte aquaviário brasileiro, com a análise de possíveis políticas públicas possíveis de serem aplicadas.

Agregando os resultados à própria dissertação, caso sejam disponibilizados dados dos fluxos transportados pelas embarcações de apoio offshore e portuário, mais uma sugestão de trabalho seria elaborar a projeção de demanda de combustíveis marítimos dessas embarcações .

Por fim, como a expansão do transporte aquaviário proporcionará um aumento do consumo de óleo lubrificante marítimo, trata-se de um outro assunto passível de ser analisado por futuros estudos na forma de projeção de demanda.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALERJ (2007).** *Jornal da ALERJ – Ano V nº 152 de 1º a 15 de Abril de 2007.* Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.alerj.rj.gov.br/jornalalerj/jornalalerj152.pdf>
- ANP (2010a).** *Resolução ANP Nº 52, de 29.12.2010 - DOU 30.12.2010.* Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2010/dezembro/ranp%2052%20-%202010.xml.
- ANP (2010b).** *Resolução ANP Nº 1766, de 23.07.2010 - DOU 02.08.2010.* Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdfSistema/publicacao/0000002677.pdf>
- ANP (2011).** *Relatório do Grupo de Trabalho – Estudo das Consequências Legais e de Segurança Associadas à Adição do Biodiesel ao Óleo Diesel Marítimo.* Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Superintendência de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos, Rio de Janeiro, Brasil. 109 pp.
- ANP (2013a).** *Relatórios de Atividade Econômica - Planilhas de Vendas por Estado da Federação.* Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro, Brasil.
- ANP (2013b).** *Anuário Estatístico Brasileiro de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2013.* Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?dw=68644>
- ANP (2014a)** *Dados Estatísticos Mensais.* Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?id=548>.
- ANP (2014b).** *Síntese dos Preços Praticados – Brasil por Região no Período de dezembro de 2014.* Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Mensal_Regiao.asp.
- ANTAQ (2011a).** *Estatísticas da Navegação Interior.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, Brasil. 109 pp. Disponível em: www.antaq.gov.br/portal/pdf/EstatisticaNavInterior/EstatisticaInterior2010.pdf.
- ANTAQ (2011b).** *Transporte de cargas nas Hidrovias Brasileiras.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, Brasil. 66 pp. Disponível em: www.antaq.gov.br/portal/pdf/EstatisticaNavInterior/Transporte_Cargas_Hidrovias_Brasileiras_2011.pdf.
- ANTAQ (2012a).** *Anuário Estatístico de Transportes Aquaviários 2011.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, Brasil. Disponível em: www.antaq.gov.br/portal/anuarios/anuario2011/body/index.htm.

ANTAQ (2012b). *Panorama da Navegação Marítima e de Apoio.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, Brasil. 33 pp. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/BoletimPortuario/PanoramaNavegacaoMaritimaApoio2012.pdf>.

ANTAQ (2012c). *Raio X da Frota Brasileira na Navegação Marítima de Apoio.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, Brasil. 13 pp. Disponível em: http://www.antaq.gov.br/Portal/pdf/BoletimPortuario/Frota_Apoio_Mar%C3%ADtimo_Outubro_2012.pdf

ANTAQ (2013a). *Anuário Estatístico de Transportes Aquaviários 2012.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, Brasil. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Anuario2012/index.htm>.

ANTAQ (2013b). *Cenário da Cabotagem Brasileira - 2010 a 2012.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, Brasil. 16 pp. Disponível em: www.antaq.gov.br/Portal/Pdf/PublicacoesTecnicas/EstudoCabotagem.pdf.

ANTAQ (2013c). *Caracterização da Oferta e da Demanda do Transporte Fluvial de Passageiros na Região Amazônica.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, Brasil. 108 pp. Disponível em: www.antaq.gov.br/portal/pdf/TransportePassageiros.pdf.

ANTAQ (2013d). *Hidrovias Brasileiras: Indicadores do Transporte de Cargas: Tonelada útil Transportada (t) e tonelada quilômetro útil (TKU).* Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, Brasil. 50 pp. Disponível em: http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/EstatisticaNavInterior/Transporte_de_Cargas_Hidrovias_Brasileiras_2012TKU.pdf.

ANTAQ (2013e). *Relatórios Executivos, Relatórios Técnicos e Fluxos por Bacias Hidrográficas do Plano Nacional de Integração Hidroviária.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, Brasil. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/PNIH.asp>.

ANTAQ (2014a). *Consulta Agência Nacional de Transportes Aquaviários - Frota Geral - Analítica e Sintética.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/Frota/ConsultarFrotaGeral.aspx>.

ANTAQ (2014b). *Perguntas Frequentes.* Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/PerguntasFrequentes.asp>.

Barcas (2014). Linhas, horários e tarifas. *CCR Barcas.* Disponível em: <http://www.grupoccr.com.br/barcas/linhas-horarios-tarifas>.

Boff D., Jorge S.L., Macedo C.L., Serejo R., Pinto T.W., Fonseca S.W., (2012). *Demonstração Experimental do Efeito Magnus Utilizando Material de Baixo Custo,* XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém, Brasil. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104139.pdf>

BNDES (1999). *Transporte Hidroviário Urbano de Passageiros.* Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Área de Projetos de Infraestrutura Urbana, Cadernos de Infraestrutura, número 13, setembro de 1999, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bnDES_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/cadernos/hidro.pdf.

CATERPILLAR (2012). *M43C – Project Guide - Propulsion.* Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG, Alemanha. 108 pp. Disponível em: https://marine.cat.com/cda/files/953492/7/Project%20Guide%20M43C%20Propulsion_08.2012.pdf

CNT (2011). *Pesquisa CNT de Ferrovias.* Confederação Nacional de Transportes, Brasília, Brasil. 184 pp. Disponível em: http://www.cnt.org.br/Paginas/Pesquisas_Detalhes.aspx?p=7.

BR (2014a). *Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico do Óleo Combustível Marítimo Bunker C.* Petrobras Distribuidora, Rio de Janeiro, Brasil. 11 pp. Disponível em: <http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/ccd98c0043a7b0f88f7d8fecc2d0136c/fispq-oleocombo-c-mar-bunker-c.pdf?MOD=AJPERES>

BR (2014b). *Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico do Óleo Combustível Marítimo MF 30.* Petrobras Distribuidora, Rio de Janeiro, Brasil. 13 pp. Disponível em: <http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/73f4930043a7a1dfbfebbfecc2d0136c/fispq-oleocombo-c-mar-mf-30.pdf?MOD=AJPERES>

CNT (2013a). *Pesquisa CNT do Transporte Aquaviário - Navegação Interior.* Confederação Nacional de Transportes, Brasília, Brasil. 311 pp. Disponível em: http://www.cnt.org.br/Paginas/Pesquisas_Detalhes.aspx?p=4.

CNT (2013b). *Pesquisa CNT do Transporte Aquaviário - Cabotagem.* Confederação Nacional de Transportes, Brasília, Brasil. 116 pp. Disponível em: http://www.cnt.org.br/Paginas/Pesquisas_Detalhes.aspx?p=9.

EPE (2008). *Balanço Energético Nacional.* Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, Brasil. 246 pp. Disponível em: <http://ben.epe.gov.br/>.

EPE (2012). *Estudo Associado ao Plano Decenal de Energia PDE 2021 - Consolidação de Bases de Dados do Setor Transporte: 1970-2010.* Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, Brasil. 59 pp. Disponível em: http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_28.

EPE (2013). *Balanço Energético Nacional 2012.* Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, Brasil. 294 pp. Disponível em: <http://ben.epe.gov.br/>.

EPE (2014a). *Estudos de Demanda de Energia. Nota Técnica DEA 13/14. Demanda de Energia 2050.* Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, Brasil. 245 pp. Disponível em: <http://epe.gov.br/>.

EPE (2014b). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2023. Demanda de Energia 2050.* Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, Brasil. 434 pp. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2023.pdf>

EPE (2014c). *Cenário Econômico 2050. Nota Técnica DEA 12/14. Demanda de Energia 2050.* Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, Brasil. 125 pp. Disponível em: http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PNE2050_Premissas%20econ%C3%B4micas%20de%20longo%20prazo.pdf

Erhard M., e H. Strauch (2013). Control of Towing Kites for Seagoing Vessels. *IEEE Control Systems Society* 21, 1629 – 1640. (DOI: 10.1109/TCST.2012.2221093).

Faber J., H. Wang, D. Nelissen, B. Russell, e D. St Amand (2010). *Reduction of GHG emissions from ships.* International Maritime Organization, Londres, Inglaterra. 161 pp. Disponível em: www.cedelft.eu/?go=home.downloadPub&id=1090&file=7225_rapport.pdf.

FIESP (2012). *Carga Extra na Indústria Brasileira Parte 2 – Custos com Logística. Departamento de Competitividade e Tecnologia.* Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. São Paulo, Brasil. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/carga-extra-na-industria-brasileira-parte-2-custos-com-logistica/>

Goldemberg J., R. Schaeffer, A. Szklo e R. Lucchesi (2014). Oil and natural gas prospects in South America: Can the petroleum industry pave the way for renewables in Brazil? *Energy Policy* 64 (2014) 58–70. (DOI: 10.1016/j.enpol.2013.05.064).

GOVRJ (2014). Estado negocia antecipação da entrega de barcas chinesas. Disponível em: <http://www.rj.gov.br/web/imprensa/exibeconteudo?article-id=1837338>.

IEA (2013). World Energy Outlook 2013 – Executive Summary. International Energy Agency, Paris, França. 12 pp. Disponível em: <http://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2013SUM.pdf>

IBGE (2013). Projeção da População do Brasil 2000 a 2060 e Projeção da População das Unidades da Federação. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/

ICCT (2011). *Reducing Greenhouse Gas Emissions from Ships.* International Council on Clean Transportation, Washington DC, Estados Unidos. 24 pp. Disponível em: http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_GHGfromships_jun2011.pdf.

IMO (2009). *Second IMO Study 2009.* International Maritime Organization, Londres, Inglaterra. 240 pp. Disponível em: http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=27795.

IMO (2011). *ANNEX 19. Resolution Mepc.203(62). Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to Amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto.* International Maritime Organization, Londres, Inglaterra. 17 pp. Disponível em: <<http://www.imo.org/MediaCentre/HotTopics/GHG/Documents/eedi%20amendments%20RESOLUTION%20MEPC203%2062.pdf>>

IPP (2014). *Passageiros transportados no sistema hidroviário - Município do Rio de Janeiro - 1994-2012.* Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/>.

Kolieb E., e J. Savitz (2010). *Shipping Solutions: Technological and Operational Methods available to reduce CO₂.* Oceana. 28 pp. Disponível em: http://oceana.org/sites/default/files/reports/Shipping_report_2010.pdf.

Liang Y., G. Shu, H. Tian, H. Wei, X. Liang, L. Xiu, X. Wang (2014). *Theoretical analysis of a novel electricity-cooling cogeneration system (ECCS) based on cascade use of waste heat of marine engine.* *Energy Conversion and Management* 85 (2014) 888–894. (DOI: 10.1016/j.enconman.2013.12.070).

MAPA (2013). Brasil Projeções do Agronegócio 2012/13 a 2022/23 – Projeções de Longo Prazo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília, Brasil. 98 pp. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/projecoes%20-%20versao%20atualizada.pdf00de2be644b1

McCollum D., G. Gould, e D. Greene (2009). *Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Aviation and Marine Transportation.* Pew Center on Global Climate Change, Califórnia, Estados Unidos. 56 pp. Disponível em: <http://www.c2es.org/docUploads/aviation-and-marine-report-2009.pdf>.

MITSUI (2014). *MOL Completes Concept for Series of New-Generation Vessels — Third in the Series: ISHIN-III Large-Scale Iron Ore Carrier,* MITSUI O.S.K Lines, Tóquio, Japão. Disponível em: <http://www.molhk.com/news/detail/122>

MME (2011). *Plano Nacional de Mineração 2030.* Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Brasília, Brasil. 180 pp. Disponível em: http://mme.gov.br/documents/10584/1595593/PNM_2030.pdf/584e906a-8bdc-4c80-bd34-00de2be644b1

MT (2007). *Relatório Executivo PNLT.* Ministério dos Transportes e Secretaria de Política Nacional de Transportes, Brasília, Brasil. 401 pp. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/61-relatorios/2820-pnlt-relatorio-executivo-2007.html>.

MT (2009). *Relatório Executivo PNLT.* Ministério dos Transportes e Secretaria de Política Nacional de Transportes, Brasília, Brasil. 98 pp. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/61-relatorios/2819-pnlt-relatorio-executivo-2009.html>.

MT (2010). *Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário.* Ministério dos Transportes, Brasília, Brasil. 38 pp. Disponível em: www2.transportes.gov.br/Modal/Hidroviario/PNHidroviario.pdf.

MT (2012). *Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT.* Ministério dos Transportes e Secretaria de Política Nacional de Transportes, Brasília, Brasil. 260 pp. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/69407>.

MT (2013). *Plano Hidroviário Estratégico*. Ministério dos Transportes, Brasília, Brasil. 184 pp. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/public/arquivo/arq1381776889.pdf>.

MT (2014). Glossário. *Ministério dos Transportes*. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/glossario>.

MT (2014b). Dados solicitados do PNLT 2011 através do Sistema de Informações ao Cidadão, Nota informativa nº 05/2014, Protocolo 50650001538201469. *Ministério dos Transportes*.

Petrobras (2013). *Combustíveis Marítimos Informações Técnicas*. Petrobras, Rio de Janeiro, Brasil. 8 pp. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/>

Padovezi C.D (2003). *Conceito de Embarcações Adaptadas à Via APLICADO à Navegação Fluvial no Brasil*. Tese de Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 284 pp. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde-26112003-154811/publico/PADOVEZI_TESE.PDF

Pereira N.N (2007). *Um Estudo sobre Instalações Propulsoras para Empurreadores Fluviais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 259 pp. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde-12072007-191834/publico/Newtonfinalpdf.pdf>

PIL (2014). *Site do Programa de Investimentos em Logística – PIL*. Disponível em: <http://www.logisticabrasil.gov.br/portos>

MF (2014). *Instrução Normativa SRF nº 162, de 31 de dezembro de 1998*. Secretaria da Receita Federal do Brasil. Ministério da Fazenda. Disponível em: <http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/ins/ant2001/1998/in16298ane1.htm>

MWM (2011). *Manual de Operação e Manutenção dos Motores Marítimos MaxxForce 3.0/4.0/5.0*. MWM Internacional Motores. São Paulo, Brasil. Disponível em: http://www.mwm.com.br/Portal/%25PORTAL%25/Arquivos/Download/Upload/1053_36.pdf

SEP/PR (2012). *Planos Mestres de 28 Portos do Plano Nacional de Logística Portuária – PNLP*. Secretaria de Portos da Presidência da República. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/planos-mestres-versao-completa>

Trindade J. (2012). *Hidrodinâmica e Propulsão*. Escola Superior Náutica Infante D. Henrique. Disponível em: <http://www.enautica.pt/publico/professores/jorgetrindade/HidroProp/Docs/HidroPropulsaو.pdf>

Valle Filho G.D (2011). *Avaliação das Instalações de Máquinas em Navios Visando a Redução de Combustível Fóssil*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 122 pp. Disponível em:

<http://www.pnv.poli.usp.br/fAulas/RGlzc2VydGFjYW9fR2lsYmVydG9fRF9WX0ZpbGhvLnBkZg==.pdf>

Vergara J., C. McKesson, e M. Walczak (2012). Sustainable energy for the marine sector. *Energy Policy* 49, 333–345. (DOI: 10.1016/j.enpol.2012.06.026).

WARTSILA (2010). *Boosting Energy Efficiency.* Wärtsilä Corporation, Finlândia. 16 pp. Disponível em: <http://www.wartsila.com/file/Wartsila/en/1270037230672a1267106724867-wartsila-sp-b-wartsila-boosting-energy.pdf>.

WARTSILA (2013). *WÄRTSILÄ 26 Product Guide.* Wärtsilä Corporation, Finlândia. 168 pp. Disponível em: <http://www.wartsila.com/file/Wartsila/en/1278529591949a1267106724867-wartsila-o-e-w-26-pg.pdf>