



**PROPOSTA ALTERNATIVA DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA
APLICADA A INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA
HIDROVIÁRIA BRASILEIRA UTILIZANDO OPÇÕES REAIS**

ELIEZÉ BULHÕES DE CARVALHO

TESE DE DOUTORADO EM TRANSPORTES

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**PROPOSTA ALTERNATIVA DE AVALIAÇÃO
ECONÔMICA APLICADA A INVESTIMENTOS EM
INFRAESTRUTURA HIDROVIÁRIA BRASILEIRA
UTILIZANDO OPÇÕES REAIS**

ELIEZÉ BULHÕES DE CARVALHO

ORIENTADOR: CARLOS HENRIQUE MARQUES DA ROCHA

TESE DE DOUTORADO EM TRANSPORTES

**PUBLICAÇÃO: T.D. – 004A/2015
BRASÍLIA/DF: outubro – 2015**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**PROPOSTA ALTERNATIVA DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA
APLICADA A INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA
HIDROVIÁRIA BRASILEIRA UTILIZANDO OPÇÕES REAIS**

ELIEZÉ BULHÕES DE CARVALHO

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO
DO GRAU DE DOUTOR EM TRANSPORTES.**

APROVADO POR:

**Prof. Carlos Henrique Marques da Rocha, PhD. (PPGT/FT - UnB)
(Orientador)**

**Prof. José Augusto Abreu Sá Fortes, Dr. (PPGT/FT – UnB)
(Examinador Interno)**

**Prof. Sérgio Ronaldo Granemann, Dr. (PPGT/FT – UnB)
(Examinador Interno)**

**Profa. Máisa Santos Joaquim, Dra. (FAV – UnB)
(Examinadora Externa)**

**Prof. Tito Belchior Silva Moreira, Dr. (PPGE/ UCB)
(Examinador Externo)**

BRASÍLIA/DF, 23 DE OUTUBRO DE 2015.

FICHA CATALOGRÁFICA

CARVALHO, ELIEZÉ BULHÕES DE

Proposta alternativa de avaliação econômica aplicada a investimentos em infraestrutura hidroviária brasileira utilizando opções reais [Distrito Federal] 2015.

xvii, 141p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Doutor, Transportes, 2015).

Tese de doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1.Hidrovias

2.Avaliação econômica

3.Teoria das Opções Reais

4.Infraestrutura

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Carvalho, E. B. (2015). Proposta alternativa de avaliação econômica aplicada a investimentos em infraestrutura hidroviária brasileira utilizando opções reais. Tese de doutorado em Transportes, Publicação T.D. – 004A/2015, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 141p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Eliezé Bulhões de Carvalho.

TÍTULO: Proposta alternativa de avaliação econômica aplicada a investimentos em infraestrutura hidroviária brasileira utilizando opções reais.

GRAU: Doutor ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Eliezé Bulhões de Carvalho

Programa de Pós-Graduação em Transportes. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Anexo SG12, 1º andar, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

CEP: 70910-900

eliezec@gmail.com

DEDICATÓRIA

Ao meu amor Ana e ao nosso amor Francisco.

AGRADECIMENTOS

À minha família, meu pai Antônio, minha mãe Gilcéa, meus irmãos Patrícia e Henrique, a minha cunhada Grazi e meus sobrinhos Bê e Tom pelo apoio incondicional em mais esta etapa da minha vida acadêmica. À Família Oliveira Fonseca, representada aqui pelo meu sogro Abel, minha sogra Ângela, minha cunhada Maria Beatriz, o tio Marcelo, a tia Elaine, a Gabi e a Rafa que sempre perguntavam sobre o andamento da pesquisa com muito carinho.

Às minhas famílias de amigos (irmãos de coração) que sempre me acompanharam desde a graduação em Engenharia Civil, depois no Mestrado, e agora no Doutorado: Peter da Silva (Leo, Chris, Arthur, tio Wilmar, tia Vick, tio Fernandes e tia Arilda), Canavarro Alves (André, Raquel, tio Giovanne, tia Lourdinha), Souza Maciel (Clay e Deusinha), Verano (Bernardo, Flavia e Leo). Sei que em alguns momentos fiquei ausente, mas era por uma causa em que sempre acreditei. À Creusa e à Regiane que entraram na minha vida quando da chegada do Chico e se tornaram os anjos da guarda da minha família. Este trabalho é para todos vocês!

Ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, aos meus amigos e colegas de trabalho da Diretoria de Infraestrutura Aquaviária – DAQ pela oportunidade de concluir meu Doutorado em tempo integral. Em especial aos amigos Valter Casimiro, Gleilson Mendes e Cmte. Wilson Cruz, que me ajudaram no momento de tramitação do processo de afastamento.

A todos os professores, servidores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília (PPGT/UnB), pelas aulas, conversas, trabalhos realizados, artigos escritos. Agradeço ao professor Carlos Henrique por me apresentar a Teoria das Opções Reais e acreditar no meu trabalho. Ao amigo Prof. Evaldo Cesar, que estava no mesmo momento acadêmico e que me ajudou no processo de submissão do projeto de doutoramento. Aos professores membros das bancas de seminário e qualificação pelas contribuições para a tese. E aos professores membros da banca final: Prof. Sérgio, Prof. José Augusto, Profa. Maísa e Prof. Tito, pelas contribuições.

Aos meus amigos que criaram o Grupo de Pesquisa em Economia dos Transportes – GPET (Thaís, Grazi, Nilo) e os novos integrantes (Adriano, Abimael, Laís e Robert) pelas nossas conversas, discussões, almoços e apoio nas pesquisas e artigos. Vocês foram fundamentais para a finalização deste trabalho.

Em especial quero agradecer ao Professor José Augusto Abreu Sá Fortes, um grande amigo que tenho desde os tempos de graduação e que sempre acreditou no meu potencial e me incentivou a continuar meus estudos mesmo quando eu mesmo não acreditava. Obrigado Zeca!

RESUMO

PROPOSTA ALTERNATIVA DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA APLICADA A INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA HIDROVIÁRIA BRASILEIRA UTILIZANDO OPÇÕES REAIS

O objetivo da tese é a proposição de um modelo alternativo de avaliação econômica dos investimentos em infraestruturas governamentais no setor de transporte hidroviário de forma a auxiliar os gestores públicos com ferramentas de flexibilidade gerencial quando da tomada de decisão para execução dos projetos. Como os recursos do governo são escassos e um grande número de projetos para o setor hidroviário precisam ser executados, a tomada de decisão sobre qual deve ser a prioridade na aplicação dos recursos deve ser pautada em ferramentas que possam quantificar o valor do projeto e que considerem alternativas gerenciais para a sua implantação. Uma dessas ferramentas é a da Teoria das Opções Reais (TOR), que busca incorporar às abordagens tradicionais de avaliação de projetos a precificação de opções como: o seu adiamento, a sua expansão, ou até mesmo o seu abandono. Diferente dos estudos já realizados que utilizaram a TOR com o foco na análise de projetos para o investimento privado, este buscou uma alternativa para a avaliação dos projetos para os investimentos governamentais. Ao estudar a forma de avaliação atual dos projetos realizados para o setor hidroviário foi proposta uma alternativa que incorpora novos elementos para a apropriação das futuras receitas para os fluxos de caixa dos projetos, diferentes taxas de desconto do fluxo de caixa relacionado ao momento do projeto, e a utilização da TOR como ferramenta para a futura carteirização dos projetos do setor. A metodologia de pesquisa foi composta por aprofundamento teórico, análises documentais, proposição do modelo alternativo para a avaliação de projetos do setor hidroviário, e o estudo de caso com aplicação do modelo proposto em um projeto governamental de infraestrutura de transporte hidroviário no rio Tocantins – derrocamento do Pedral do Lourenço. Os resultados indicaram que a alternativa proposta é válida, que para os projetos governamentais as opções a serem consideradas são as de adiamento do projeto e ou a sua expansão, e no projeto estudado, considerando essas opções gerenciais acrescentaram valores significativos ao VPL tradicional. A principal limitação do estudo se mostra na possibilidade de

aplicação do modelo proposto com o atual arcabouço jurídico de licitação das obras do Governo.

ABSTRACT

ALTERNATIVE PROPOSAL FOR THE ECONOMIC EVALUATION OF INVESTMENTS IN BRAZILIAN WATERWAY INFRASTRUCTURE USING REAL OPTIONS

The aim of the thesis is to propose an alternative model of economic evaluation of investments in public infrastructure in the water transport sector in order to assist policy makers with tools of managerial flexibility when facing the decision-making process during project execution. As government resources are scarce and a large number of projects for the waterway sector need to be run, the decision making process about what should be the priority in the application of resources must be based on tools that can quantify the value of the project and consider management alternatives for its implementation. One such tool is the Real Options Theory (ROT). The ROT seeks to incorporate options to traditional approaches to project evaluation pricing, such as its postponement, its expansion, or even its abandonment. Unlike previous studies that used the ROT with the focus on project analysis for private investment, here we sought an alternative to the evaluation of projects for government investments. After considering how the current evaluation of the projects to waterway sector is being made, this thesis proposed an alternative that incorporates new elements for the appropriation of future revenues to the project cash flows, different discount rates of the cash flows related to the project timing, and the use of ROT as a tool for building a portfolio of projects in this sector. The research methodology consisted of theoretical studies, desk reviews, the alternative model proposition for the evaluation of the waterway sector projects, and case study application of the proposed model in a government project of water transport infrastructure on the Tocantins River - the overthrow of “Pedral do Lourenço”. The results indicated that the proposed alternative is valid, that for the government projects the options to consider are the design of the postponement and or its expansion, and, considering these two management options, in our case study, these options added significant value to the traditional NPV. The main limitation of the study is the possibility of implementing the model with the current legal framework for government contracts and acquisitions.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	18
1.1 Contextualização	18
1.2 Definição do Problema	20
1.3 Hipótese.....	20
1.4 Objetivo.....	20
1.5 Justificativa.....	20
1.6 Metodologia.....	23
2. Referencial Teórico.....	26
2.1 Indicadores de rentabilidade e risco para análise do fluxo de caixa.....	26
2.1.1 Avaliação geral das técnicas tradicionais	29
2.2 Risco de um projeto	29
2.3 Teoria das Opções Reais	30
2.3.1 Variáveis das Opções Reais.....	31
2.3.2 Classificações das Opções Reais.....	32
2.4 Modelo Black e Scholes.....	34
2.5 Árvore de Decisão e o Modelo Binomial	35
2.6 Método Monte Carlo (MMC)	39
2.7 Proposta Metodológica de Copeland e Antikarov	40
2.8 Estudos sobre a aplicação da Teoria das Opções Reais em infraestruturas.	47
2.8.1 A Teoria das Opções Reais no setor de infraestrutura de transportes.....	48
2.9 Tópicos Conclusivos	52
3. setor hidroviário nacional.....	53
3.1 Diretrizes do Plano Nacional de Logística de Transportes - PNLT	53
3.2 Investimentos no setor hidroviário nos próximos anos	55
3.3 Organização do setor aquaviário brasileiro.....	59
3.4 Programa de Investimento Logístico Brasileiro	60
3.4.1 Programa de Investimentos em Logística – Rodovias	60
3.4.2 Programa de Investimentos em Logística – Ferrovias.....	61
3.4.3 Programa de Investimentos em Logística – Aeroportos.....	61
3.4.4 Programa de Investimentos em Logística – Portos.....	62
3.5 Alternativa de Financiamento: Concessões, <i>Project Finance</i> ou PPP.	63
3.6 Tópicos Conclusivos.....	65

4. flexibilidade gerencial em um projeto de investimento governamental	
68	
4.1 Possíveis riscos de um projeto de infraestrutura governamental	68
4.2 Processo de escolha do tipo de opção para o setor público.....	71
4.3 Justificativa do uso da opção de adiamento	73
4.4 Justificativa do uso da opção de alteração de escala.....	73
4.5 Elemento base do projeto: VPL sem flexibilidade	74
4.6 A apropriação de receitas para o projeto de investimento.....	75
4.7 Definição do modelo a ser utilizado para o cálculo da Opção Real	79
4.8 Tópicos Conclusivos	79
5. Aplicação da proposta em um Projeto de investimento governamental	
hidroviário.....	83
5.1 Histórico	83
5.2 Importância da região do projeto de derrocamento do Pedral do Lourenço	
84	
5.3 Projeto de Engenharia	89
5.4 Receitas.....	93
5.4.1 Demanda Estimada.....	93
5.5 Modelagem do Fluxo de Caixa Descontado.....	97
5.6 Modelo de Black & Scholes do projeto.....	99
5.6.1 Estudo 1. Opção de Adiamento de dois anos.....	100
5.6.2 Estudo 2: Opção de Adiamento para seis anos.	102
5.6.3 Estudo 3: Opção de Expansão do investimento.....	103
5.6.4 Análise da Sensibilidade da taxa de retorno do projeto.	104
5.7 Tópicos Conclusivos	106
6. Conclusões	108
6.1 Recomendações e Restrições	109
7. Referências	111
apêndices	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 - Extensão territorial e distribuição modal em alguns países, excluindo os modos dutoviário e cabotagem.	54
Tabela 3-2 – Vias Economicamente Navegáveis no Brasil.....	55
Tabela 3-3 - Participação percentual das Regiões Brasileiras no PIB 2002-2010.....	56
Tabela 4-1 – Análise da sensibilidade do VPL em um projeto hipotético de acordo com a variação da taxa de desconto (em milhões de reais).	70
Tabela 5-1 - Resumo das alternativas para o derrocamento e respectivos valores de investimento para embarcações tipo B em canal natural.....	90
Tabela 5-2 - Resumo das alternativas para o derrocamento e respectivos valores de investimento para embarcações tipo B em canal projetado de 120m e curvas retificadas.....	91
Tabela 5-3 Resumo das alternativas para o derrocamento e respectivos valores de investimento para embarcações tipo B em canal projetado de 120m e sem curvas retificadas.....	91
Tabela 5-4 - Valores consolidados da movimentação de cargas gerais para a hidrovia, considerando o cenário pessimista.....	93
Tabela 5-5 - Valores consolidados da movimentação de cargas gerais para a hidrovia, considerando o cenário conservador.....	94
Tabela 5-6 Valores consolidados da movimentação de cargas gerais para a hidrovia, considerando o cenário otimista.....	95
Tabela 5-7 Projeção consolidada das receitas do projeto para os três cenários, pessimista, conservador e otimista.....	97
Tabela 5-8 Valores de VPL tradicional para diferentes taxas de desconto.....	98
Tabela 5-9 Valor do VPL expandido com o valor da opção do adiamento em 2 anos.	102
Tabela 5-10 Valor do VPL expandido com o valor da opção do adiamento em 6 anos.	102

Tabela 5-11 Valor do VPL expandido com o valor da opção de expansão para o 12 ano.....	104
Tabela A 1 - Valores de Exportação de soja em grãos por estado no período de 24 anos, cenário otimista (em mil toneladas).....	121
Tabela A 2 - Valores de Exportação de milho em grãos por estado que utilizarão a hidrovia no período 24 anos, cenário otimista (em mil toneladas).....	122
Tabela A 3 Valores de Exportação de soja em grãos por estado que utilizarão a hidrovia no período de 24 anos, cenário conservador (em mil toneladas).....	123
Tabela A 4 Valores de Exportação de soja em grãos por estado que utilizarão a hidrovia no período de 24 anos, cenário pessimista (em mil toneladas)	124
Tabela B 1 Frete para a Hidrovia Tocantins-Araguaia	125
Tabela B 2 - Distâncias entre os Polos dos Estados e a cidade de Marabá-PA	126
Tabela B 3 - Custos do frete total entre os polos dos Estados e a cidade de Marabá-PA	127
Tabela B 4 - Custos do frete total, valor da redução do custo do frete e principal produto a ser movimentado entre os polos dos Estados e a cidade de Marabá-PA	129
Tabela B 5 - Custos do frete total, valor da redução do custo do frete, e principal produto a ser movimentado – Soja - entre os polos dos Estados que apresentaram menor custo de frete com a utilização da hidrovia do Tocantins (cenário otimista)	130
Tabela B 6 - Custos do frete total, valor da redução do custo do frete e principal produto a ser movimentado – Soja - entre os polos dos Estados que apresentaram menor custo de frete com a utilização da hidrovia do Tocantins (cenário conservador).....	131
Tabela B 7 Custos do frete total, valor da redução do custo do frete e principal produto a ser movimentado – Soja - entre os polos dos Estados que apresentaram	

menor custo do frete com a utilização da hidrovia do Tocantins (cenário pessimista).....	132
Tabela B 8 Valores de movimentação de minério de ferro pela hidrovia para 20 anos nos três cenários.....	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 – Metodologia da Tese	25
Figura 2-1 - Flexibilidades Gerenciais.....	31
Figura 2-2 - Exemplo de Árvore de Decisão	36
Figura 2-3 - Dois projetos S e F, sem flexibilidade e com flexibilidade, com dois estados da natureza	36
Figura 2-4 - Projeto considerando a sua probabilidade neutra do risco (p).....	37
Figura 2-5 - Árvore Binominal de três passos	37
Figura 3-1 - Matriz de transportes brasileira atual e futura definida no PNLT 2007 ..	53
Figura 3-2 - Matriz de transporte brasileira com e sem minério de ferro	57
Figura 3-3 - Programa de Aceleração do Crescimento 2011-2014 (PAC 2) – setor hidroviário.....	57
Figura 5-1 - Diagnóstico de Navegabilidade no rio Tocantins, trecho Vila do Conde-PA Peixe-TO	84
Figura 5-2 - Eixo de Empreendimentos no rio Tocantins, trecho Vila do Conde-PA - Marabá-PA até jusante UHE-Serra da Quebrada.....	85
Figura 5-3 Eixo de Empreendimentos no rio Tocantins, trecho UHE-Serra da Quebrada até Palmas-TO.....	86
Figura 5-4 - Fluxo de carga previsto para a região do MATOPIBA e Pará para a Hidrovia do Tocantins.....	87
Figura C 1 – Avaliação do VPL cenário otimista utilizando MMC.....	134
Figura C 2 - Avaliação do VPL cenário conservador utilizando MMC	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1 Classificação das Opções Reais.....	33
Quadro 2-2 Panorama da utilização da Teoria das Opções Reais em projetos de transportes no Brasil.	51
Quadro 3-1 - Tipos de projetos de concessões.....	64
Quadro 4-1 - Tipos das opções reais e suas aplicabilidades para o setor de infraestrutura de transportes público e privado.....	72
Quadro 4-2 – Proposta para análise e avaliação de projetos governamentais em infraestrutura de transportes hidroviárias.....	80

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo reúne as ideias centrais da tese, sua contextualização, o problema de pesquisa, além da hipótese do trabalho e seus objetivos. Além disso, traz a justificativa e a delimitação da metodologia da pesquisa.

1.1 Contextualização

No Brasil, os escassos recursos para investimento em infraestruturas nos serviços de transporte, sejam eles rodoviários, ferroviários, marítimos ou fluviais, bem como nos sistemas portuários, criam obstáculos para a atividade econômica, prejudicando o crescimento do país e o bem-estar da população. O prejuízo desse cenário faz-se sentir por toda a sociedade, que percebe a dificuldade de deslocamento de pessoas e produtos. Como consequência, tem-se o aumento dos gastos logísticos e a sua ineficiência (MESQUITA E MARTINS, 2008).

Investimento é o ato onde um interessado, pessoa física ou jurídica, incorre em um custo com expectativa de obter recompensa futura (DIXIT E PINDYCK, 1994). Indústrias investem na expansão de seu parque produtivo, pessoas investem seu tempo em estudos avançados, governos investem recursos na expansão das redes de infraestrutura, por exemplo.

Nas duas últimas décadas do século XX o Governo Federal realizou investimentos no âmbito da infraestrutura federal de transportes que corresponderam em média a 0,4% do PIB brasileiro, bem menor que o valor investido na década anterior (1970), 1,0% do PIB brasileiro (CNT, 2014). Porém, o setor inicia o século XXI com vontade política e orçamento específico para alterar esse cenário (BRASIL, 2011a). Fatores como a estabilização da economia, aumento da renda da população, aumento crescente da arrecadação fiscal federal e, principalmente, o aumento das exportações e importações levaram os últimos governos a tentativa de retomada dos investimentos em manutenção, ampliação e construção da infraestrutura viária.

No entanto, o governo não pode desconsiderar a escassez de recursos. Se a prioridade é de um setor, outros estão sendo preteridos. Por isso, deve-se trabalhar com alto grau de eficiência e

otimização dos recursos para garantir o retorno esperado pela sociedade (ROCHA, OLIVEIRA E DELAMARO, 2008).

Nesta década, mais de 278 obras de infraestrutura de transportes estão em andamento, sem contar outras obras estruturais, como saneamento e habitação. São obras de aeroportos, ferrovias, hidrovias, portos e rodovias, somente para citar aquelas em que o Governo Federal tem investimentos diretamente aplicados. Como exemplo, a carteira de obras sob responsabilidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para o período 2011-2014 soma mais de R\$ 50 bilhões, a preços de 2011 (DNIT, 2011).

Analisando especificamente o caso do transporte hidroviário, o planejamento apresentado no Plano Nacional de Logística e Transporte –PNLT (MT e MD, 2007), que orienta os investimentos a serem realizados entre 2008 e 2023, recomendava para o período de 2008 a 2011 valores de R\$ 7,2 bilhões em navegação interior. Porém, o valores aprovados no Orçamento Geral da União – OGU para o período 2007-2010 e para o período 2011-2014, foram respectivamente R\$740 milhões e R\$3,2 bilhões (BRASIL, 2011a), um crescimento entre os dois períodos da ordem de 432%. Mas ao avaliar os valores executados, até o ano de 2011 foram de apenas R\$ 1,6 bilhão – 22% dos investimentos recomendados pelo PNLT ou 50% do disponibilizado no OGU para o setor até aquele ano (CNT, 2014).

Os baixos valores de investimentos no setor hidroviário no período pré-2011 podem ser explicados por dois motivos principais: o primeiro é a desestruturação do setor hidroviário interior nacional nas últimas duas décadas do século XX, com a extinção em 1990 da Empresa de Portos do Brasil S/A (Portobrás), empresa responsável pela área aquaviária: Portos Marítimos e Hidrovias no Brasil. O segundo é a ausência de uma política nacional para o setor. Diante desse cenário, no período anterior a 2011, fez-se a alocação mínima de recursos somente para garantir a navegabilidade em locais já consolidados, como as hidrovias do Paraná - Tiête, Madeira, Paraguai, Jacuí-Taquari-Lagoa dos Patos. Porém, esse crescimento nos valores pós-2011 e a necessidade de novos investimentos para garantir o aumento da participação do modo hidroviário na matriz de transportes brasileira deve acompanhar uma busca pela eficiência na sua alocação.

1.2 Definição do Problema

As necessidades de investimento no setor aquaviário são prementes. O Brasil dispõe de capacidade potencial para utilização do modo de transporte hidroviário em volumes superiores aos atualmente realizados. Existe uma necessidade de redução dos custos de transporte das commodities que são a base das exportações brasileiras. Entretanto, mesmo com a alocação prevista de recursos para a execução de obras de melhorias, e principalmente, expansão da malha hidroviária, não foram encontrados estudos com propostas de investimento e análises para o modo hidroviário.

Neste cenário, o problema de pesquisa desta tese foi o uso da Teoria das Opções Reais para a análise quantitativa dos investimentos em projetos governamentais de infraestrutura de transportes para o modo hidroviário, de forma a complementar as avaliações utilizadas atualmente, que não consideram a flexibilidade em suas análises.

1.3 Hipótese

A análise de investimentos governamentais para projetos de infraestrutura hidroviária por meio da Teoria das Opções Reais pode proporcionar a melhoria quantitativa na avaliação dos riscos dos projetos dessa natureza e auxiliar na sua classificação para os processos de tomada de decisão em comparação às análises tradicionais de investimentos.

1.4 Objetivo

O objetivo desta tese é desenvolver uma proposta alternativa de avaliação da viabilidade econômica de investimentos governamentais no setor hidroviário brasileiro. Especificamente, serão três os objetivos secundários:

- I. Identificar e analisar os métodos utilizados na análise da viabilidade econômica e na priorização de projetos hidroviários nos investimentos públicos; e
- II. Aplicar a Teoria das Opções Reais no estudo de viabilidade econômica do projeto de investimento público, comparando com as técnicas tradicionais de avaliação de projetos.

1.5 Justificativa

Data de 1989 o último grande plano que apresentou as necessidades de obras de engenharia para o setor hidroviário nacional em relação aos corredores de transporte nacional, trata-se do

Plano Nacional das Vias Navegáveis Interiores (PNVNI). O documento tentou sistematizar tecnicamente as principais vias navegáveis em relação a suas características físicas: presença de pedrais, de corredeiras, de grandes bancos de areia, de cidades às suas margens, sua extensão navegável para o aproveitamento comercial, gabaritos das embarcações para a navegação, tipos de comboio e principais cargas que poderiam ser transportadas. Em relação ao potencial econômico, o PNVNI se ateve somente a informar os rios que, por suas características físicas, teriam potencial econômico para navegação (PORTOBRAS, 1989).

Essas informações são fundamentais para se iniciar um estudo das necessidades de melhoramentos na via navegável, porém são insuficientes para se avaliar a economicidade dos investimentos que deveriam ser realizados para inserir a via navegável na matriz de transportes nacional. Como, então, fazer essa avaliação?

Essa é uma pergunta essencial, já que o investimento em infraestrutura cada vez mais se torna objeto de vantagem competitiva para os países (PORTER, 1992). A análise da viabilidade econômica de um projeto tem como uns dos objetivos estimar as perspectivas de desempenho financeiro de produtos e serviços (ROZENFELD, 2009). No investimento público, o Estado, por limitações do seu próprio orçamento, deve considerar, dentro do rol de projetos, aqueles que irão maximizar o bem-estar da sociedade.

Poderiam ser utilizados métodos qualitativos para a avaliação dos investimentos e tomada de decisão, como por exemplo, o Método de Análise Hierárquica (MAH) porém o foco deste trabalho foi a incorporação da flexibilidade gerencial nos investimentos governamentais, buscando um modelo quantitativo.

Por meio das análises de viabilidade de forma quantitativa, é possível selecionar e priorizar os projetos a serem executados pelo setor público e que darão origem a bens públicos, cujo consumo por um indivíduo não prejudica as possibilidades de consumo dos outros (CONTADOR, 1981).

Estudo realizado por Ronchi, Moura e Rocha (2013) apresenta os efeitos dos custos sociais da utilização da atual frota autônoma de caminhões, com idade média de 23 anos de uso, no escoamento de importantes produtos da agropecuária nacional. Suas conclusões afirmam que esses custos sociais correspondem a 15% do preço de um caminhão novo.

Nesse contexto, a viabilidade do projeto hidroviário é representada não somente pelo lucro que proporcionará ao investidor, como no caso de um tradicional investimento privado, mas, por exemplo, pela redução de acidentes nas rodovias, pela diminuição dos custos dos fretes e pela redução das emissões de gases do efeito estufa provocada pela troca do modo de transporte a ser viabilizado pelo projeto: rodoviário pelo hidroviário.

Entretanto, o que se nota é que, no setor público, há ainda muito a se avançar no que diz respeito à análise de viabilidade de projetos, e esse avanço é urgente, pois existe uma demanda reprimida de infraestrutura de transporte no Brasil. Isso tornará a responsabilidade dos gestores cada vez maior, porque tanto a sociedade, quanto o Estado buscarão respostas eficientes e concretas em função da alocação mais eficiente dos investimentos dentro de orçamentos cada vez mais limitados.

Para os gestores públicos existe uma grande pergunta que necessita de resposta: como deve ser a priorização das obras para a alocação de recursos escassos de maneira mais eficaz e eficiente possível?

Para tentar responder a essa pergunta, o Governo Federal determinou que projetos de grande dimensões devam apresentar Estudos de Viabilidade de Projetos de acordo com o Manual de Investimentos em Obras de Grande Vulto (MP, 2009). Foram considerados como projetos de grande vulto aqueles com custo total ou superior a R\$ 50 milhões que utilizem recursos dos orçamentos fiscal e da seguridade social e aqueles com custo total igual ou superior a R\$ 100 milhões financiados pelos recursos do orçamento de investimentos das estatais (BRASIL, 2008). O objetivo do Manual é a orientação dos órgãos na apresentação de projetos que, após avaliação e aprovação, receberão autorização para sua execução.

No Governo Federal com a determinação legal para o uso do Manual de Investimentos avaliam-se os projetos de investimento por meio de métodos como o Valor Presente Líquido (VPL), o cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR), a relação custo/benefício e o *Payback*. Usualmente, os melhores projetos serão aqueles com VPL positivo e TIR superior à taxa de desconto empregada no projeto (RIGOLON, 1999).

No caso de projetos de infraestrutura de transportes, o governo somente solicita àqueles que elaborarão o EVTEA que apresentem os estudos de fluxo de caixa sob a ótica dos indicadores de viabilidade de Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), relação entre o Benefício e o Custo (B/C) e a análise de sensibilidade, que é obtida majorando os custos e minorando os benefícios (DNIT, 2008). A utilização dos métodos tradicionais acima descritos são as ferramentas consolidadas e difundidas nos ambientes públicos e privados (BREALEY e MYERS, 1992).

Entretanto, novos métodos surgiram para a análise de investimentos. Dentre eles, destaca-se a Teoria das Opções Reais (TOR), cujo modelo de avaliação pretende justamente incorporar as dinâmicas de mudanças nos projetos de investimentos, que podem trazer novas alternativas para o tomador de decisão. Trigeorgis (1993), um dos principais autores sobre o assunto, recomenda que sejam realizadas mais pesquisas de campo com a TOR para verificar sua utilidade no processo gerencial.

Assim sendo, neste trabalho pretende-se realizar a análise de investimento para a implantação de infraestruturas hidroviárias utilizando-se a TOR e compará-la com a abordagem tradicional de análise de projetos utilizada pelo Governo Federal. Busca-se, dessa forma, avaliar a possibilidade de incorporar, nos estudos de viabilidade econômica de empreendimentos governamentais, ferramentas mais modernas que possam auxiliar os gestores públicos na tomada de decisão.

1.6 Metodologia

A pesquisa divide-se em quatro etapas principais: a) estudo da teoria tradicional, das teorias das opções financeiras e das opções reais e suas aplicações, modelo de Black & Scholes, modelo de binomial, Método Monte Carlo; b) apresentação do setor hidroviário nacional; c) proposição de uma modelo de avaliação de investimentos governamentais hidroviários; d) análise e avaliação da viabilidade econômica de um investimento público na hidrovia do rio Tocantins utilizando a Teoria das Opções Reais.

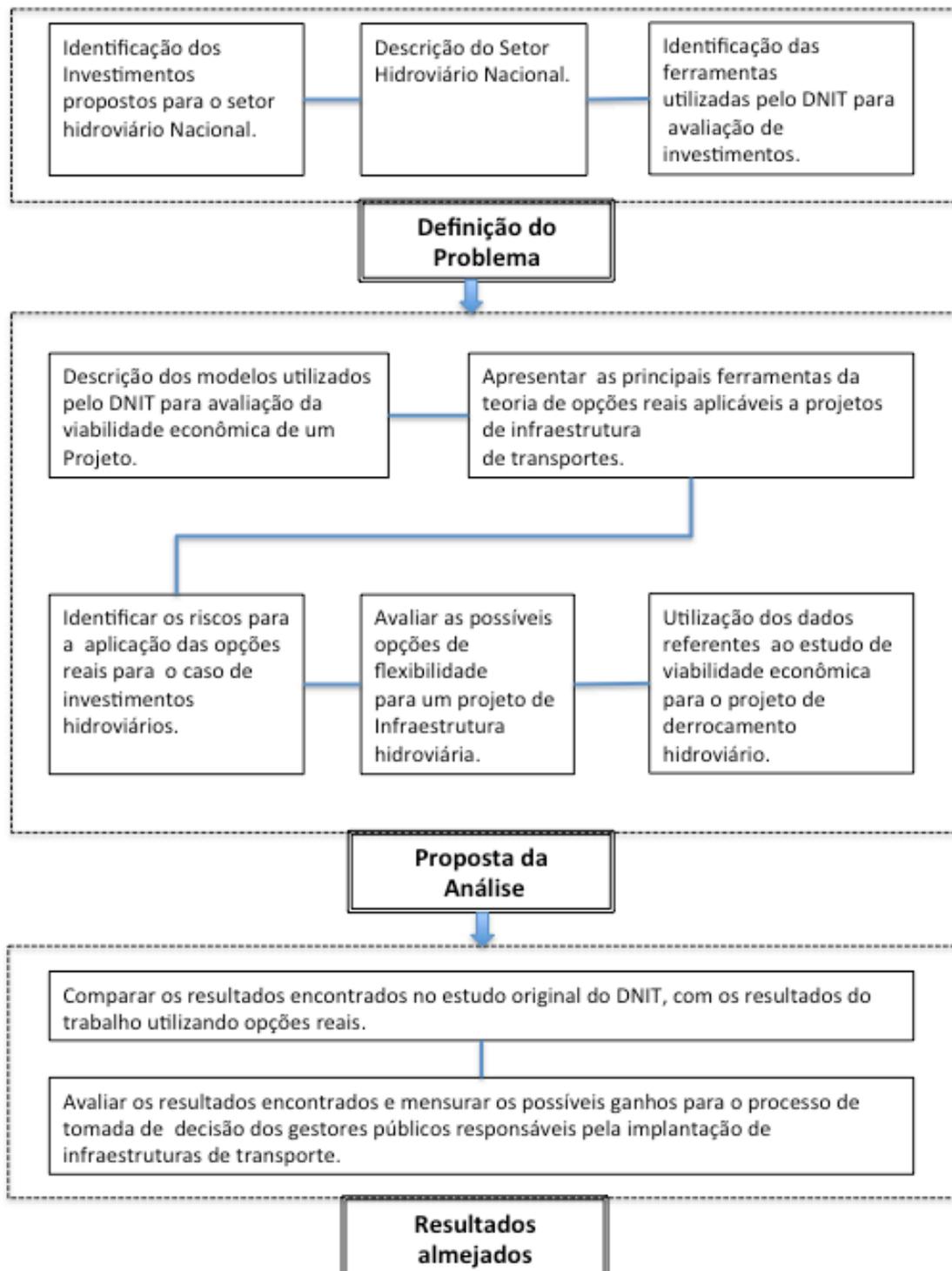
Durante a primeira etapa, Capítulo 2, a pesquisa buscou a compressão das ferramentas e modelos que serviram de base para a análise dos projetos governamentais e da sua aplicação em um caso concreto no setor.

Na segunda etapa, Capítulo 3, apresentou-se o setor hidroviário nacional: seu histórico, características que o diferem dos outros modos de transporte, sua institucionalidade e potenciais de investimento em comparação com os planos de investimento já apresentados pelo Governo para os setores rodoviário, ferroviário, portuário e aeroviário.

A terceira etapa, Capítulo 4, foi apresentada a proposta para avaliação econômica de investimentos governamentais para o setor hidroviário e as flexibilidades mais adequadas com base na Teoria das Opções Reais.

A quarta etapa, Capítulos 5 e 6 foi a análise e avaliação do estudo mais recente de Viabilidade Técnica e Econômica realizado para o modo hidroviário: a obra de derrocamento do Pedral do Lourenço no rio Tocantins. Nesse estudo, o Governo avaliou a viabilidade do investimento orçado em R\$690 milhões sob a ótica do VPL, TIR e *Pay-back*. O investimento será agora avaliado utilizando a Teoria das Opções Reais e o resultado será comparado com o estudo já realizado pelo Governo. No Capítulo 6 estão as conclusões e recomendações da tese. A Figura 1-1, a seguir, apresenta as etapas do trabalho.

Figura 1-1 – Metodologia da Tese



2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta brevemente as ferramentas tradicionais de avaliação econômica de projetos, a Teoria das Opções Reais (TOR) e alguns estudos de viabilidade de infraestrutura de transportes já realizados com a TOR. Somando-se a este capítulo foi elaborado um apêndice com um maior detalhamento de termos e conceitos que estão descritos na tese.

2.1 Indicadores de rentabilidade e risco para análise do fluxo de caixa.

As avaliações dos investimentos permitem estimar as vantagens e desvantagens de um projeto seja no setor privado ou no público. Com isso, pode-se determinar em qual projeto investir os escassos recursos. As avaliações de projetos governamentais focam basicamente, o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Índice de benefício-custo (IBC), o Retorno sobre o investimento adicionado (ROIA), e o *Pay-Back*. Os indicadores descritos neste tópico são baseados nos livros de Gitman (2008) e Ehrhardt e Brigham (2015).

O VPL é obtido subtraindo-se o investimento inicial (FC_0) do valor presente de suas entradas de caixa (FC_t), descontadas a uma taxa igual ao custo de oportunidade de capital da empresa (k).

Para um projeto convencional temos, Equação 1:

$$VPL = -FC_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+r)^j} \quad [1]$$

onde

r é a taxa de desconto;

j é o enésimo período genérico ($j = 1$ a $j = n$), percorrendo todo o fluxo de caixa;

FC_j é um fluxo genérico para $t = [1... n]$ que pode ser positivo (ingressos) ou negativo (desembolsos);

VPL é o valor presente líquido descontado a uma taxa r ;

n é o número de períodos do fluxo de caixa.

Um projeto será considerado atrativo se $VPL > 0$. É fácil perceber que o VPL é uma função decrescente de r , significando que quanto maior for r , menor será o VPL e, assim, mais difícil fica encontrar projetos com $VPL > 0$.

A primeira questão que deve ser respondida é qual deve ser o valor da taxa r . Usualmente, emprega-se a chamada taxa mínima de atratividade (TMA). Essa taxa deve expressar o custo de oportunidade das várias fontes de capital, ponderado, é claro, pela participação relativa de cada uma delas na estrutura de financiamento do projeto. Em projetos governamentais é comum a utilização do valor da TJLP durante todo o período do projeto. Esses valores devem ser observados uma vez que para o cálculo do VPL, se ele for muito distante da taxa utilizada pelo mercado pode incorrer em avaliações superestimadas de projetos.

A decisão de investimento sempre se pauta em duas alternativas: 1) investir no projeto; ou 2) investir na taxa mínima de atratividade. Então, deve-se considerar riqueza gerada pelo projeto somente o excedente sobre aquilo que seria obtido pela aplicação do capital na TMA. Enfim, um $VPL > 0$ indica que o projeto merece continuar sendo analisado.

A TIR é um índice que indica a rentabilidade de um investimento por uma unidade de tempo. Ele representa a taxa de juros compostos que irá retornar o VPL de um investimento com valor 0 (zero). Logo, considerando a fórmula na equação 1 o $VPL=0$, a Equação 2 fica assim descrita:

$$0 = -FC_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1 + TIR)^j} \quad [2]$$

A TIR pode ser usada no processo de avaliação de alternativas de investimentos. Ela pode ser interpretada como um limite superior para a rentabilidade de um projeto de investimento. Se $TIR > TMA$, pode-se dizer que há mais ganho investindo no projeto do que na taxa de mínima atratividade. Diga-se que um dos enganos mais comuns é referir-se à TIR como a rentabilidade do projeto.

O critério de referência para uso da TIR como medida de risco é: o risco do projeto é tanto maior quanto mais próxima for a TIR da TMA.

Já o critério de índice benefício/custo (IBC) é a relação entre o valor presente dos benefícios (FC) e o valor presente dos investimentos (I). Então para o cálculo do IBC os fluxos de caixa do projeto devem ser descapitalizados à taxa mínima de atratividade. De acordo com sua

regra, um projeto deve apresentar um B/C maior que a unidade para que seja viável, e quanto maior essa relação, mais atraente será o projeto.

$$IBC = \frac{VP(\text{do benefício})}{VP(\text{Investimento})} \quad [3]$$

Onde:

VP(do benefício) é o valor presente dos benefícios (receitas menos custos, exceto investimentos).

VP(Investimento) é o valor presente dos investimentos.

Se o $IBC > 1$, indica-se que o projeto merece continuar sendo analisado.

Já o retorno adicional sobre o investimento (ROIA) conforme o nome já indica é o retorno adicional sobre o investimento, sendo considerado pelos autores referenciados como a melhor estimativa de rentabilidade para um projeto de investimento. O ROIA representa, em termos percentuais, a riqueza gerada anualmente pelo projeto.

O ROIA pode ser calculado assim, Equação 4:

$$ROIA = (IBC^{(1/n)} - 1) \quad [4]$$

Onde,

n é o número de períodos de capitalização.

O último indicador é o *pay-back* descontado. Ele apresenta o número de períodos necessários para que o fluxo de benefícios (receitas - custos) supere o capital investido.

Algumas empresas só aceitam os projetos que recuperam o seu investimento inicial dentro de um certo período de tempo. Daí o *pay-back* descontado ser considerado um critério adhoc (arbitrário).

Para fluxo de caixa convencional ($CF_0, j CF$ e i conhecidos), a Equação 5 descreve o *pay-back*:

$$CF_0 = \sum_{j=1}^k \frac{CF_j}{(1+r)^j} \quad [5]$$

Trata-se do prazo de recuperação do investimento. Em geral, quanto maior for o prazo, menos interessante é o investimento.

2.1.1 Avaliação geral das técnicas tradicionais

Vale lembrar que, além dos anteriormente citados, existem outros métodos e índices utilizados em economia financeira para análise das demonstrações financeiras e de investimentos, conforme pode ser observado nos manuais de análise de investimentos, cite-se Damodaran (1997), Motta e Calôba (2002).

As críticas sobre o uso dos métodos descritos anteriormente foram feitas, por Dixit e Pindyck (1994), em especial ao uso do VPL e da TIR, na análise de projetos de investimento, e estão ligadas ao fato de que as técnicas tradicionais não acompanham as mudanças ocorridas no cenário econômico, no qual as incertezas são parte dominante nos mercados. E essa ausência de percepção pode conduzir a erros de avaliação.

2.2 Risco de um projeto

Projetos de investimentos apresentam uma boa dose de incertezas. Arelada a incerteza está o risco, que é a ocorrência do evento que prejudica o investimento.

Por isso, os gestores devem construir cenários de fluxos de caixa, dos mais pessimistas aos mais otimistas, possibilitando uma análise e tomada de decisão mais seguras.

Dado o conhecimento da distribuição de probabilidade do fluxo de benefícios e o valor de sua média e de desvio padrão, é possível avaliar o projeto em termos de risco e incerteza. O suporte teórico para o desenvolvimento da análise é o teorema do limite central (ver SPIEGEL, 1985: 177).

Um fluxo de caixa de um projeto, por exemplo, tem n contribuições, sendo que cada contribuição, em tese, tem k estimativas associadas às respectivas probabilidades de ocorrência. O número de estimativas e as suas respectivas probabilidades podem variar de contribuição para contribuição.

2.3 Teoria das Opções Reais

Opções são instrumentos financeiros que conferem ao seu titular o direito de comprar (*call*) ou vender (*put*) um ativo, e não a obrigação, por um preço determinado. Já o vendedor ou comprador é obrigado a concluir a transação (HULL, 1996).

A Teoria das Opções Reais (TOR) surge como uma analogia ao conceito das Opções Financeiras (OFs): é um direito sem a obrigação de exercer a opção (SOUZA NETO, BERGAMIMI JR. e OLIVEIRA, 2008).

A partir dessa analogia, foi possível introduzir a flexibilidade sob o ponto de vista gerencial, por exemplo a possibilidade do adiamento do investimento, pois o gestor adquiriu o direito e não a obrigação de executar o investimento hoje. Assim, a metodologia de Fluxo de Caixa Descontado (FCD), que não captava essa variável, ganhou a complementação que lhe faltava. Dessa forma, os teóricos propuseram que, no caso de o projeto apresentar grandes incertezas e flexibilidades gerenciais, o VPL deve ser remodelado para absorver essa situação:

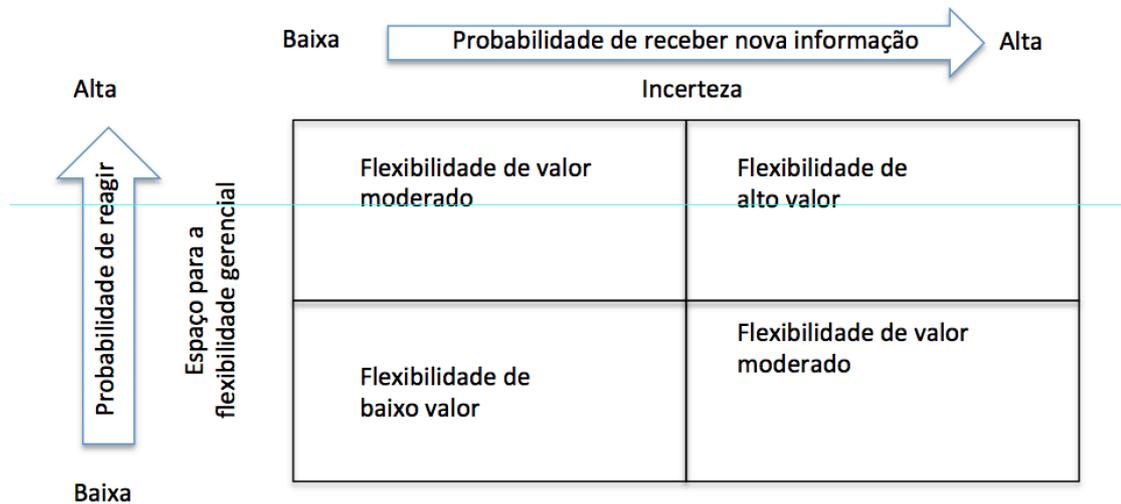
$$\text{VPL}_{\text{expandido}} = \text{VPL}_{\text{tradicional}} + \text{Valor da flexibilidade gerencial (opções)} \quad [6]$$

Dixit e Pindyck (1994) definiram Opções Reais como a flexibilidade que um gestor possui para tomar decisões de investimento. Durante um processo de investimento, é certo que novas informações surgirão, mudanças políticas e econômicas ocorrem e suas consequências no projeto trazem incertezas, principalmente sobre seus fluxos de caixa. No Governo, os contingenciamentos orçamentários e novas prioridades políticas são exemplos de fatores situacionais que podem ser avaliados pelos gestores utilizando as Opções Reais para reduzir a incerteza quando da tomada de decisão sobre o projeto.

Portanto, as opções reais permitem valorar a flexibilidade para reagir a eventos incertos. Dessa forma, a possibilidade de rever a estratégia inicial e alterar o plano de investimentos de acordo com as novas condições econômicas traz um ganho gerencial não previsto pelos métodos tradicionais. Essa flexibilidade gerencial é uma possibilidade, mas não uma obrigação de alteração do plano ou projeto (MINARDI, 2004; SAITO, TÁVORA JR. e OLIVEIRA, 2008).

Essa flexibilidade gerencial foi demonstrada por Copeland e Antikarov (2002), de forma concisa, como mostra a Figura 2-1.

Figura 2-1 - Flexibilidades Gerenciais



Fonte: Copeland e Antikarov (2002, pg 15.)

Segundo os autores da Figura 2.1, em projetos nos quais existe muita incerteza e quando os administradores têm flexibilidade para reagir a ela, as opções encontram um ambiente propício para auxiliar na tomada de decisão.

Levy (2009) considera que as Opções Reais integram a dimensão estratégica aos retornos financeiros sempre considerados nas avaliações de projetos. Dessa forma, a Opções Reais inserem, dentro do binômio de valoração de um ativo real (retorno/risco), um novo conjunto de fatores presentes na flexibilidade, criando-se assim, o trinômio retorno/risco/flexibilidade como norte para as avaliações.

2.3.1 Variáveis das Opções Reais

Souza, Oliveira e Bergamini Jr., (2008) descrevem as seis variáveis básicas das quais dependem tanto as Opções Financeiras (OFs) quanto as Opções Reais:

- Ativo subjacente sujeito a risco (ASSR): é o valor do ativo real sem considerar as flexibilidades gerenciais. Quanto maior o valor do ASSR, maior o valor da opção. Exemplo: o valor de um projeto, uma concessão, uma construção de grande vulto etc.

- Preço de exercício: nas OFs, é o valor do título no momento de sua maturidade. Na Opções Reais, é o montante necessário que deve ser investido para realizar a opção. Exemplo: o valor necessário do investimento para se seguir adiante no projeto.
- Prazo de vencimento da opção: é o período pelo qual a opção está disponível. Para as Opções Reais, é o montante necessário que deve ser investido para realizar a opção. Exemplo: uma concessão para exploração de uma rodovia cedida pelo Governo por 25 anos.
- Desvio Padrão do valor do ASSR: é a medida da volatilidade do ASSR. São os riscos e as incertezas relativos ao retorno futuro esperado do investimento. Quando se analisam as OFs, sua estimativa é facilitada, pois, os preços dos ativos negociados são observáveis. Desta feita, é possível estimar a variância de seus retornos. Para as Opções Reais, essa é a maior dificuldade de cálculo, pois, geralmente, os ativos (projetos, obras) não são negociáveis no mercado. Portanto, faz-se necessário recorrer a simulações das variáveis para encontrar a volatilidade do projeto ou obra. Uma alternativa é encontrar *proxies* no mercado, i.e., empresas ou ativos que tenham ações negociadas em bolsa e que tenham semelhança com o caso em análise.
- Taxa de juros livre de risco: é a taxa esperada livre de risco. À medida em que a taxa de juros aumenta, o valor da opção também aumenta, pois o valor do preço do exercício é realizado no futuro.
- Dividendos: para a Opções Reais, são os fluxos de caixa descontados futuros produzidos pelo projeto. Quando no projeto existe dividendo, o valor do mesmo diminui e, portanto, o valor da opção.

2.3.2 Classificações das Opções Reais

De acordo com Trigeorgis (1996), a classificação das Opções Reais se dá pelo tipo de flexibilidade oferecido, que pode ser: diferir, expandir, converter e abandonar. Existem também as opções compostas, que são comuns em projetos de investimento em fases, e aquelas opções que são influenciadas pelas combinações dos tipos singulares das opções. No Quadro 2-1, a seguir, há um resumo sobre a taxonomia das opções e possíveis aplicações.

Quadro 2-1 Classificação das Opções Reais

Tipo de Opção	Descrição	Aplicações
Diferir/adiar	Espera-se T anos para avaliar se os preços justificam a construção e o investimento na infraestrutura.	Extração de recursos minerais, exportações agrícolas, investimentos imobiliários etc.
Alterar a escala (expandir, contrair, interromper e retomar)	Considerando as condições de mercado favoráveis, é possível a expansão. Em casos restritivos (menos favoráveis) que o esperado, pode-se reduzir a operação/investimento, ou até paralisar para retomar no futuro.	Indústria energética, empreiteiras, mineração, indústria de bens de consumo, investimentos de longo prazo e realizados em etapas sucessivas, expansão viária.
Abandono	Se condições de mercado declinam drasticamente, existe a opção de abandonar o projeto permanentemente e vender (ativos, equipamentos)	Industria de capital intensivo, linhas aéreas, linhas férreas, novos produtos em mercados incertos.
Conversão	As alterações nos preços ou demandas mudam rapidamente no mercado, o gestor pode mudar o portfólio da fabrica, ou alterar os insumos para a produção (por alto custo do mesmo, p.ex).	Setor enérgico, químico, de eletrônicos, de maquinários.
Composta	Em investimento que são realizados em etapa, existe a opção de abandonar ou seguir para a fase adiante, considerando os resultados já alcançados e as condições específicas do momento. Neste caso, cada etapa pode ser considerada uma opção.	Indústria de capital intensivo, investimentos em P&D de novos produtos, projetos de longo prazo com uso de capital intensivo.
Crescimento com múltiplas interações	Quando um investimento é pré requisito para uma cadeia de projetos com múltiplas interações e futuras oportunidades de crescimento e desenvolvimento. Projetos que envolvam a combinação de várias opções acima descritas.	Indústrias de alta tecnologia, indústrias de inovação e investimento em P&D, operações multinacionais, aquisições estratégicas, projeto e negócios descritos nas opções anteriores.

Fonte: Trigeorgis (1996), adaptado.

Em analogia ao descrito por Rigolon (1999) sobre os conceitos de irreversibilidade, incerteza e possibilidade de adiamento para investidores privados, e considerando que a abordagem de opções é uma tentativa de modelar teoricamente as decisões dos investidores (Dixit e Pindyck, 1994), no caso do investimento público podem-se apresentar as seguintes situações:

- As despesas em um investimento devem ser consideradas, em grande parte, como um custo irreversível. Por exemplo: a construção de uma linha férrea dificilmente poderá ser recuperada após sua conclusão, exceto com a venda de alguns ativos rodantes; a construção de uma eclusa na qual, depois de pronta, verifica-se a falta de armadores e operadores com interesse em utilizá-la. Nesses casos, investimentos malsucedidos incorrerão em grandes ativos imobilizados pelo Estado sem o retorno esperado.
- As incertezas decorrem da incapacidade de predizer o futuro, sendo que atuam diretamente na decisão de investir. Variáveis como o valor de um insumo (aço, cimento etc.), taxas de juros, crises cambiais, mudanças de governo adicionam elementos suficientemente importantes nas análises dos projetos governamentais.
- A possibilidade de adiamento do investimento deve ser levada em consideração pelo gestor como uma opção. Nesse caso, deve-se estar atento ao custo de adiar o investimento, ao custo de deixar de prover melhorias de bem-estar à população, avaliando o benefício da entrada de uma nova tecnologia no futuro ou a maior maturidade futura do local para maximizar o usufruto do investimento.

2.4 Modelo Black e Scholes

No trabalho desenvolvido por Black e Scholes (1973), intitulado *The pricing of options and corporate liabilities*, é apresentada a ferramenta matemática que precifica o valor da opção financeira. O modelo desenvolvido pelos autores para precificar as opções segue as seguintes premissas (MINARDI, 2004):

- a) O preço da ação segue o movimento geométrico browniano com a média (μ) e desvio-padrão (σ) constantes, e distribuição do tipo lognormal, que não permite a existência de preços negativos. A taxa livre de risco é constante.
- b) A opção é do tipo europeia, podendo ser exercida somente no final do projeto;
- c) Não há custos de transação, nem tributação para compra ou venda;
- d) Não existe o pagamento de dividendos ou outro tipo de distribuição durante a vida do papel;
- e) Os papéis são perfeitamente divisíveis;
- f) O papel pode ser comercializado a qualquer tempo e continuamente;
- g) Não existem requerimentos de margem de garantia.

No modelo de Black e Scholes (1973), eles utilizam as seguintes equações para uma opção de compra:

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{-R_F \tau} N(d_2) \quad [7]$$

de acordo com o modelo, d_1 e d_2 são encontradas pelas seguintes expressões:

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (R_F + 0,5\sigma^2) \times \tau}{\sigma \sqrt{\tau}} \quad [8]$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{\tau} \quad [9]$$

com as seguintes descrições dos elementos:

C_0	Valor da opção de compra.
S_0	Preço corrente da ação ou do ativo-objeto (ativo-subjacente)
N	Função normal acumulada (valor tabelado, disponível em livros de estatística).
X	Preço de exercício da opção
e	Número neperiano
R_F	Taxa de juros livre de risco ao longo da vida da opção
τ	Tempo até o exercício da opção
σ	Desvio-padrão do retorno da ação

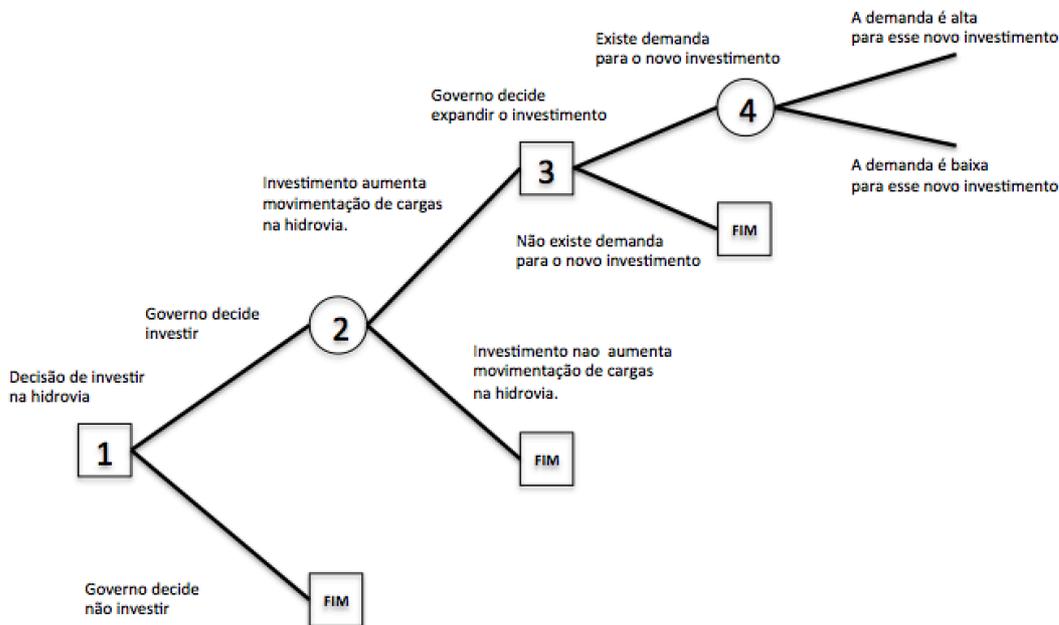
No caso de projetos de infraestruturas, em especial em modelos de concessão, onde existe a possibilidade do exercício antecipado da opção (opção tipo americana), o modelo proposto por Black e Scholes (1973) não se aplica, pois é restrito aos casos de opções do tipo europeias onde o exercício da opção é na data de seu vencimento.

2.5 Árvore de Decisão e o Modelo Binomial

Cox, Ross e Rubinstein publicaram em 1979 o artigo *Option Pricing: Simplified Approach*, que descreve a evolução da Teoria das Opções após a publicação do artigo de 1973, no qual Fischer Black e Myron Scholes apresentaram o modelo que ficou conhecido como Modelo Black e Scholes (MBS). Segundo Cox, Ross e Rubinstein (1979) as ferramentas empregadas no MBS requeriam uma matemática avançada e complexa para sua aplicação pelos tomadores de decisão. Na proposta dos três autores, eles utilizam uma árvore de decisão em tempo discreto e cada passo apresenta o caminho que segue o preço da ação de referência. Neste caso, a flexibilidade é a principal vantagem, pois a visualização de uma opção de compra ou venda é facilmente identificada.

A árvore de decisão é uma forma gráfica de visualizar consequências das escolhas atuais e futuras e seus eventos aleatórios considerados (CASAROTO e KOPITTKKE, 2010). A Figura 2-2 mostra um desenho esquemático de uma árvore de decisão.

Figura 2-2 - Exemplo de Árvore de Decisão

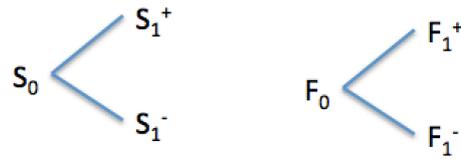


Fonte: Casarotto e Kopittke, (2010 adaptado)

Os nós quadrados são as decisões e os nós redondos as incertezas que representam eventos aleatórios. Nesse caso, podem ser consideradas as opções de expandir, prosseguir, prorrogar ou abandonar um investimento. Nos ramos da árvore de decisão devem ser inseridas as informações sobre as probabilidades após os nós de incerteza (nós redondos); os valores de investimentos nos nós de decisão (nós quadrados) e os retornos no final dos ramos (CASAROTTO e KOPITTKKE, 2010).

Uma forma encontrada para utilizar o MBS foi através do modelo binomial, que consiste em tornar discreto o processo de neutralidade ao risco da equação de Black e Scholes e na sequência usar a programação dinâmica para determinar o valor do ativo. Brandão (2002) aplicou esse modelo para a avaliação de uma concessão rodoviária. Ele considerou dois projetos: S_0 projeto sem flexibilidade, e F_0 projeto com flexibilidade (Figura 2-3).

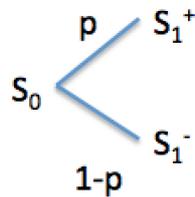
Figura 2-3 - Dois projetos S e F, sem flexibilidade e com flexibilidade, com dois estados da natureza



Fonte: Brandão (2002)

Para cada estado que o projeto pode seguir existe uma probabilidade neutra ao risco (p). Essa probabilidade garantirá o valor do ativo básico quando descontados os fluxos de caixa futuros à taxa livre de risco. Dessa forma, tem-se a seguinte situação (Figura 2-4).

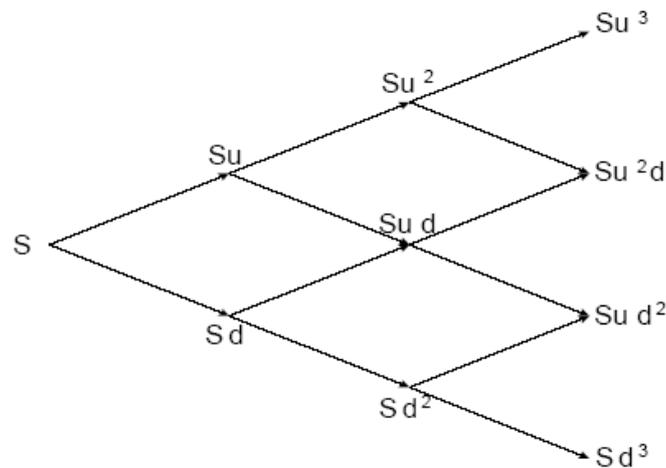
Figura 2-4 - Projeto considerando a sua probabilidade neutra do risco (p)



Fonte: Brandão (2002)

O trabalho de Brandão (2002) demonstra que essa distribuição de probabilidade segue uma curva do tipo lognormal, em que a cada passo (ou $t+1$) o preço do projeto (S ou F) é multiplicado por uma variável aleatória que pode tomar dois valores: superior (u) ou inferior (d) (Figura 2-5). Esse modelo foi originado pela pesquisa de Cox, Ross e Rubinstein (1979).

Figura 2-5 - Árvore Binominal de três passos



Fonte: Brandão (2002)

Esse processo multiplicativo ilustrado na Figura 2-6, consiste na utilização somente de dois caminhos possíveis em cada nó: um caminho ascendente (u) ou um caminho de descendente (d), e a eles deve ser considerada a probabilidade de alta (p) e de baixa (1-p). Para que a Figura 2-6 represente uma distribuição lognormal devem-se escolher valores apropriados de u, d e da probabilidade p, para que os valores da média (μ) e a variância (σ^2) dos retornos de S sejam os mesmos dos parâmetros do Movimento Geométrico Browniano (MGB) de S (DIXIT e PINDYCK, 1996; BRANDÃO, 2002).

A utilização da árvore binomial se mostra interessante quando se busca quantificar o risco do investimento, nesse caso adotando um portfólio de *hedging*, de proteção contra o risco em cada período de tempo ou passo admitindo dois valores possíveis (u ou d).

Para o cálculo da opção de compra em dois períodos, Copeland e Antikarov (2001) apresenta a Equação 10, a seguir:

$$C_0 = \frac{[Cu \left(\frac{(1+rf)-d}{u-d}\right) + Cd \left(\frac{u-(1+rf)}{u-d}\right)]}{(1+rf)} \quad [10]$$

substituindo os termos entre parênteses do numerador por suas probabilidades neutras ao risco: p e $(1-p)$, conforme as equações 11 e 12, teremos a equação 13 na sequencia:

$$p = \frac{(1+rf)-d}{u-d} \quad [11]$$

$$1-p = \frac{u-(1+rf)}{u-d} \quad [12]$$

logo a equação [10] ficará assim apresentada:

$$C_0 = \frac{pCu + (1-p)Cd}{1+rf} \quad [13]$$

observando que:

$$C_u = \text{Max}(uV - 1, 0) \quad [14]$$

$$C_d = \text{Max}(dV - 1, 0) \quad [15]$$

onde:

C = valor da opção de compra;

C_u = valor da ação em caso de aumento do valor bruto;

C_d = valor da ação em caso de queda do valor bruto;

V = valor bruto da ação;

p = probabilidade neutra ou risco;

r_f = taxa livre de risco;

$u = 1 + \Delta_u$ (mudança percentual no valor bruto da ação entre períodos, no caso de aumento);

$d = 1 + \Delta_d$ (mudança percentual no valor bruto da ação entre períodos, no caso de queda);

A expressão 13 demonstra que o valor da opção de venda será igual ao valor dos retornos esperados quanto esses forem multiplicados pelas probabilidades neutras ao risco.

Essas expressões foram utilizadas por Casaroto e Kopittke (2010) e Copeland e Antikarov (2001) para o cálculo do valor das opções de trás para frente. Dessa forma, iniciam-se os cálculos pelos nós finais até chegar no valor C no tempo t . Se o projeto tem 5 intervalos de tempo após o início, o processo se inicia em $t=5$ e segue regressivamente até encontrar o valor da opção no tempo t .

As múltiplas alternativas que a teoria das opções permite inserir no projeto são melhor apresentadas quando da utilização da árvore de decisão, sendo que seus valores são os novos fluxos de caixa, de acordo com cada período em função das alternativas apresentadas em cada nó calculado. Ao final do processo o cálculo informará o valor presente líquido considerando a flexibilidade inserida no projeto (BRANDÃO, 2001; COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

2.6 Método Monte Carlo (MMC)

O método Monte Carlo utiliza amostras baseadas em números aleatórios para gerar resultados e as distribuições de probabilidade correspondentes. Dessa forma, ele permite simular o comportamento de processos que necessitam de fatores aleatórios. Brandão (2002), Dias (2005) e Joaquim (2012) utilizaram Monte Carlo em seus estudos de concessões rodoviárias, exploração de petróleo e sistemas agroflorestais, respectivamente.

O Método Monte Carlo pode assim ser montado (TRIGEORGIS, 1996; BREALEY e MYERS, 1998):

- Construção do modelo do projeto: consiste na definição do problema e as características do projeto, modelando em uma planilha eletrônica todas as variáveis do modelo e suas relações de interdependência, considerando os períodos de tempo;
- Identificar a incerteza e/ou riscos: no modelo do projeto, identificar as variáveis mais significantes para o resultado do modelo. Essas serão consideradas as variáveis de entrada do modelo de simulação;
- Especificação das probabilidades: para cada variável mais significativa identificada, será definida a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta à série de dados;
- Identificar as variáveis de análise (saída do modelo): são as variáveis identificadas como aquelas que terão seu desempenho analisados, variáveis importantes são os fluxos de caixa em cada período e o respectivo VPL para a amostra;
- Gerar a simulação: executar o modelo N vezes, no caso N=100.000, gerando a série de valores para a variável de análise; e
- Análise do modelo simulado: obter a distribuição de frequência e distribuição de frequência acumulada para as variáveis de saída;

Atualmente, softwares de simulação são comuns e até mesmo em planilhas eletrônicas é possível criar rotinas para o cálculo de números aleatórios. O MMC está amplamente reconhecido como válido e com a facilidade de processamento dos novos computadores pessoais o modelo pode ser simulado e alterado repetidas vezes de forma simples e rápida (Pessoa, 2006). É muito utilizado nas áreas de gestão de projetos com o foco nos seus riscos, custos e tempo.

A utilização do MMC somente é aceita a partir do pressuposto de que qualquer preço ou fluxo de caixa antecipados flutuam de forma aleatória. Esse Teorema foi proposto por Samuelson (1965), e como o MMC fornece números aleatórios e esses serão aplicados ao fluxo de caixa do projeto, as estimativas do valor presente do projeto seguirão um caminho aleatório (COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

2.7 Proposta Metodológica de Copeland e Antikarov

Copeland e Antikarov (2001) propõe a divisão do processo de avaliação de investimento utilizando Teoria das Opções Reais em quatro etapas.

A primeira etapa consiste no cálculo e análise do Valor Presente Líquido (VPL) na forma tradicional sem considerar a flexibilidade e de acordo com o fluxo de caixa descontado – FCD.

O valor encontrado do VPL sem flexibilidade será usado como o valor do ativo subjacente sujeito ao risco (ASSR). A utilização do próprio VPL como ASSR é útil principalmente em projetos onde não existe similaridade (ou um portfólio replicante) com outros projetos. Essa hipótese da metodologia de Copeland e Antikarov é denominada Negativa do Ativo Negociado (MAD- *Market Asset Disclaimer*).

Em projetos de Opções Reais (OR) assim como nas Opções Financeiras (OF) faz-se necessário um valor para ASSR, mas enquanto nas OF pode-se utilizar de um valor de um ativo negociado no mercado, no caso das OR dificilmente existirá um projeto já definido para o investimento. Além disso, ao considerar o VPL sem flexibilidade do próprio projeto, este pode ser considerado a melhor estimativa não tendenciosa do valor do mesmo (SOUZA NETO, BERGAMIMI Jr. e OLIVEIRA, 2008).

Na segunda etapa, inicia-se a modelagem da incerteza com a construção da árvore de eventos. Neste momento, é fundamental a identificação do conjunto de incertezas do projeto e que influenciam a sua volatilidade. As considerações sobre as decisões gerenciais que podem ser tomadas não serão incorporadas nesse momento. A segunda hipótese da metodologia é a obtenção dessa volatilidade.

Para o cálculo da volatilidade do valor do projeto, representado pelo desvio padrão anualizado da distribuição dos retornos do projeto em condição de incerteza, serão utilizadas as Equações 16, 17 e 18, também utilizadas por Copeland e Antikarov (2001), Brandão (2002) e Joaquim (2012):

$$z_t = \ln VP_t - \ln VP_{t-1} \quad [16]$$

$$VP_{t-1} = \sum_{t=1}^T \frac{FC_{t-1}}{(1+r)^{t-1}} \quad [17]$$

$$VP_t = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+r)^t} \quad [18]$$

Onde:

z = variável estocástica;

\ln = logaritmo neperiano;

VP_{t-1} = Valor presente em $t-1$;

VP_t = Valor presente em t ;

FC_t = Fluxo de Caixa em t .

$t = 1, 2, \dots, T$

Com os resultados encontrados de acordo com as Equações 17 e 18 será calculado o valor da variável z (Equação 16), que será a variável estocástica do projeto. Aos valores encontrados será utilizada o Método Monte Carlo para obtenção da nova volatilidade.

Com a utilização do MMC as variáveis estocásticas passam a seguir o Movimento Geométrico Browniano com reversão à média, podendo assim ser utilizado em um modelo binominal (COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

As incertezas do projeto podem ser agrupadas em uma única para fins de simplificação, que em muitos casos de obras de investimentos consistem em preços, quantidade, custos etc. da obra. A combinação dessas incertezas gera a distribuição dos retornos do projeto e utilizando a Método Monte Carlo (MMC) e assim uma abordagem consolidada da incerteza.

Se as variações desses elementos são eventos aleatórios, o retorno do projeto também será. Essa possibilidade está lastreada no Teorema de Samuelson (1965). Ele provou que a taxa de retorno de qualquer título seguirá um caminho aleatório, seja qual for o padrão futuro do fluxo de caixa esperado. Somente se os investidores tivessem todas as informações completas dos fluxos de caixa eles conseguiriam prever exatamente seus ganhos futuros e os valores atuais do investimento. Mas como isso não ocorre, e como a taxa de retorno é afetada por eventos aleatórios, os desvios do retorno esperado também são aleatórios.

Para combinarmos todas as incertezas do projeto em uma única incerteza do retorno do projeto, a ferramenta mais utilizada atualmente é a MMC. A grande questão a ser equacionada com a MMC é a estimativa da volatilidade do retorno do ativo subjacente sujeito ao risco. A dificuldade desse processo reside na definição das propriedades estocásticas das variáveis que influenciam a volatilidade combinada do projeto (SOUZA NETO, BERGAMINI Jr. e OLIVEIRA, 2008), que é definida por exemplo, pela correlação do preço com a quantidade e

custo para chegar no valor do projeto. As alternativas propostas pelos autores já citados neste item são: a abordagem histórica e a abordagem subjetiva.

A abordagem histórica pressupõe que informações passadas podem direcionar um comportamento futuro. Dessa forma, a utilização de dados históricos de projetos podem servir para captar os valores de incertezas e das correlações entre as variáveis que influenciarão a volatilidade do projeto em análise. Por exemplo, sendo possível obter informações de projetos de restauração, duplicação ou construção de infraestruturas já realizadas, e essas apresentando características semelhantes ao projeto em estudo, podem ser utilizadas para prever cenários futuros. Para capturar o valor da correlação entre as variáveis e seus respectivos intervalos de confiança utilizam-se técnicas econométricas. Após isso, com os dados encontrados, aplica-se a MMC para encontrar a volatilidade do projeto em análise.

Quando não é possível obter nenhuma informação histórica sobre projetos ou este novo projeto é tão inovador que, após sua realização, os novos projetos não seguirão os anteriores, será necessário a utilização da abordagem subjetiva, que consiste na busca de informações dos responsáveis pelo projeto. Neste caso, é fundamental que o analista saiba fazer as perguntas corretas e que os gerentes e executivos do projeto sejam capazes de fornecer as informações necessárias das possíveis volatilidades subjetivas e informais do mesmo.

Deve-se observar que a avaliação de projetos que consideram a incerteza de suas variáveis, como no caso da desta tese, segue uma distribuição probabilística de comportamento. Para se calcular esse evento devem ser utilizados os processos estocásticos, e entre os mais utilizados na literatura estão o Modelo Geométrico Browniano (MGB) e a Reversão à Média de Longo Prazo.

O MGB é um processo estocástico que considera o valor da variável no período seguinte igual ao seu valor multiplicado por um fator de crescimento (positivo ou negativo) contínuo. O fator de crescimento é uma variável aleatória de distribuição normal, de crescimento esperado e desvio padrão constante. Como o nível da variável aleatória em cada período é determinado pelo valor do fator de crescimento, deve-se definir seus limites superiores e inferiores. Com os dados dos limites é possível deduzir a volatilidade da variável. Por isso, as informações que serão buscadas com os gestores do projeto devem ser aquelas que definam os limites máximos e mínimos aceitáveis dentro de um intervalo de confiança que uma variável pode

alcançar. Lembrando que, pela análise do VPL padrão do projeto, o fator de crescimento e os valores esperados da variável já serão conhecidos.

A reversão à média de longo prazo representa a evolução de muitas incertezas, considerando que as amplitudes delas se mantenham constantes, mesmo quando as projeções avançam no futuro. Os preços das commodities e os custos unitários são categorias típicas de incertezas que registram reversão à média. E, para esses casos, as informações necessárias para sua definição são com qual velocidade a variável retorna a média, e os valores mínimos e máximos que a variável pode alcançar. Comparando com o MGB, ele aumenta a variância com a evolução do tempo inicial.

Após a definição da volatilidade do projeto, será montada a árvore de eventos com base nos valores da ASSR. Para tal montagem são necessários os seguintes parâmetros: o valor do ASSR (calculado na primeira etapa); o desvio padrão dos retornos dos projetos (resultado do Método Monte Carlo); a vida da opção em anos; o número de passos por ano; e a taxa anual livre de risco. De posse dos valores dos parâmetros calculam-se os movimentos ascendentes (u) e descendentes (d) que o ASSR assumirá durante o tempo do projeto.

Conforme a proposição apresentada por Cox, Ross e Rubinstein (1979), utilizada por Copeland e Antikarov (2001) e Joaquim (2012), a árvore de eventos será criada com valores de movimentos ascendentes (u) e descendentes (d), as probabilidades neutras ao risco p e $(1-p)$, taxa de juros livre de risco (r_f), volatilidade do projeto (σ) e variação do tempo (Δt), de acordo com as Equações 19,20,21,22,23 e 24 a seguir:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad [19]$$

$$d = \frac{1}{u} \quad [20]$$

$$p = \frac{(1 + r_f) - d}{u - d} \quad [21]$$

$$q = (1 - p) \quad [22]$$

$$FC_{n \text{ ascendente}} = FC_{n-1} * u \quad [23]$$

$$FC_{n \text{ descendente}} = FC_{n-1} * d \quad [24]$$

Onde:

u = movimento ascendente – valor que multiplica o projeto com uma evolução positiva. O valor de u será sempre maior que 1;

d = movimento descendente assumido no momento 1 do projeto. O valor de d será sempre menor que 1.

σ = volatilidade do projeto;

e^{σ} = intervalo de tempo limitado a 1.

p = probabilidade neutra ao risco (risco-neutro);

Δt = variação do tempo.

Assim, será concluída a montagem da árvore de eventos sem a consideração de qual opção real será utilizada para o projeto. A inclusão da flexibilidade no projeto será realizada no passo seguinte.

O terceiro e o quarto passos do modelo de Copeland e Antikarov (2001) partem da identificação das opções reais disponíveis para a gerência realizar o projeto. Nessa etapa o gestor deve identificar o VP do projeto e o seu momento de exercício. Lembrando que as opções dependem necessariamente do tipo de projeto e podem ser do tipo: de abandono ou diferir, alterar a escala, composta, múltipla. Cada nó de decisão conterà uma opção e sua disponibilidade temporal.

Assim, será concluída a montagem da árvore de eventos sem a consideração de qual opção real será utilizada para o projeto. A inclusão da flexibilidade no projeto será realizada no passo seguinte.

a. Cálculo da opção real. O cálculo da opção real será realizado de trás para frente (do último período até o primeiro período) e terá o seu valor analisado em cada nó da árvore de eventos. A regra geral para exercer a opção é descrita na Equação 25 (COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

$$V_{OR} = \text{Max}_{(em t=T)} [0, V_T - X] \quad [25]$$

Onde:

V_{OR} = valor da opção real;

V_T = valor presente da árvore de eventos;

X = preço de exercício da opção.

Lembrando que o valor de V_{OR} é aplicado para o movimento ascendente e descendente.

Se o valor presente for maior que o valor a ser investido, a opção deve ser exercida e seu valor será $V_T - X$. Se não, a opção não deve ser exercida e seu valor será zero.

Com os valores calculados em cada nó, teremos agora uma árvore de decisão que representa as possíveis alternativas existentes que deverão ser consideradas pelo gestor quando da avaliação do projeto de investimento hidroviário.

O quarto passo é o cálculo efetivo da opção real. Aqui será quantificado o impacto da opção e suas flexibilidades no valor do projeto original. Para seu valor final estarão presentes: o cálculo das probabilidades objetivas e a abordagem do portfólio replicado, o valor do ASSR, a volatilidade dos retornos do projeto, taxa livre de risco, a árvore de eventos e seus valores ascendentes (u) e descendentes (d), e as opções identificadas no projeto.

Outra variável que será quantificada é a probabilidade objetiva do projeto. Ela é composta implicitamente pelo preço do ASSR e os retornos esperados no final do período t para os valores da volatilidade e o custo do capital.

O valor do projeto, com a flexibilidade, será dado pelo somatório dos valores encontrados em cada nó tendo seu início sempre no final da árvore de decisão, buscando os retornos ótimos de acordo com o caminho a ser percorrido de trás para frente. Neste momento final, cabe ao gestor analisar cada nó de decisão e definir se a opção será exercida ou não. Em cada nó de decisão será informado para o gestor o valor entre o ativo subjacente sujeito a risco (ASSR) e o valor da decisão. O retorno em cada nó será o máximo valor entre esses dois.

Ao final, teremos o valor do VPL expandido que será a soma do VPL tradicional e o Valor Presente a opção, Equação 26:

$$VPL_{exp} = VPL_{Trad} + VP_{OR} \quad [26]$$

2.8 Estudos sobre a aplicação da Teoria das Opções Reais em infraestruturas.

Uma pesquisa bibliográfica permitiu identificar uma série de estudos que tratam sobre o assunto da Teoria das Opções Reais para investimentos em infraestrutura. Neste tópico, apresenta-se uma breve descrição de algumas dessas pesquisas e seu objeto de análise, organizadas em ordem cronológica. E com maior detalhamento, pesquisas realizadas utilizando a TOR na área de infraestrutura de transportes.

Em relação ao tema de recursos naturais, Brennan e Schwartz (1985), Ekern (1988), Paddock, Siegel e Smith (1988) utilizam as Opções Reais para avaliar projetos de exploração de recursos naturais (petróleo e mineração), em relação às opções de adiar ou iniciar imediatamente os investimentos.

Ainda no assunto da exploração de recursos naturais, Samanéz e Levi (1998) abordaram os problemas de valoração sob condições de incerteza, como taxa de crescimento da floresta e o preço da madeira empregando o cálculo do Valor Presente Líquido Estratégico (que consiste no VPL com opções).

Dias (2005) trabalhou opções reais híbridas no mercado de exploração e petróleo. Já avaliações e demonstrações dos cálculos baseados em cenários com restrições de orçamento e tempo, somadas às oportunidades de investimentos que se apresentam para uma empresa, foram o objeto de pesquisa de Costa e Paixão (2005).

Por outro lado, Pereira e Pamplona (2006) apresentam o uso da TOR para analisar investimentos em Tecnologia da Informação. Nessa mesma linha, Saito, Távora Jr. e Oliveira (2008) utilizam as Opções Reais em um estudo sobre a opção de postergar do investidor da área de inovação tecnológica.

Alves (2007) utiliza as Opções Reais para avaliar o mercado de carros *flex-fuel* no Brasil, considerando a flexibilidade na escolha do tipo de combustível e a incerteza em relação ao preço do álcool e da gasolina. A autora valora as vantagens do carro flex em relação ao automóvel movido somente a gasolina e revela em seus resultados que a opção do carro flex é relevante para a decisão de adquirir um automóvel, podendo representar de 5% a 10% do seu valor.

Oliveira e Delamaro (2008) aplicam a Opções Reais no gerenciamento de projetos, especificamente, nos seus processos decisórios entre as fases ao longo do ciclo de vida do produto e do projeto.

No trabalho apresentado por Levy (2009), discutem-se as dificuldades práticas de se avaliar e quantificar as opções de um ativo real, em virtude das formas inadequadas de se precificar os derivativos financeiros. E, para isso, apresenta-se uma revisão sobre os modelos utilizados nas avaliações por Opções Reais: Binominal, Black e Scholes, Programação Dinâmica.

2.8.1 A Teoria das Opções Reais no setor de infraestrutura de transportes

Costa (2014) elabora um estudo bibliométrico sobre as Opções Reais no Brasil. Sua pesquisa identifica 202 dissertações de mestrado (acadêmico e profissionalizante) e teses de doutorado no período de 1999 até 2012, que formam a amostra de sua pesquisa. Dessas, somente oito trabalharam as Opções Reais na área de infraestrutura e transportes. Exceto Brandão (2002) já citado, todas as outras sete pesquisas estão concentradas nos anos de 2007-2011 e estudam as concessões rodoviárias (três), concessão ferroviária para o Trem de Alta Velocidade – TAV e metrô (três), projetos de infraestrutura governamental em PPPs (uma). Em nenhum dos casos, foi estudado o setor hidroviário ou o enfoque da contratação do investimento sendo realizado pelo Governo diretamente.

Cabe destacar que, de acordo com a pesquisa de Costa (2014), mais de 85% das pesquisas com a utilização da Teoria das Opções Reais foram publicadas em Universidades e Faculdades do Rio de Janeiro e São Paulo. Dessas se destaca a PUC-RJ com aproximadamente 50% das publicações totais sobre o método.

No estudo realizado por Massotti (2007) foi utilizada a TOR como método para precificar as garantias propostas pelo governo para a concessão do projeto de investimento do Trem de Alta Velocidade (TAV) a ser executado pelo setor privado em uma PPP, ligando o Aeroporto de Guarulhos à cidade de São Paulo com extensão de 31 km. Neste estudo a autora utilizou o modelo de quatro etapas proposto por Copeland e Antikarov (2001) como ferramenta para auxiliar a modelagem da futura garantia que poderia ser utilizada pelo governo no processo licitatório. Foi avaliado um nível mínimo de 75% da demanda projetada nos estudos técnicos do projeto como referência para o cálculo das opções reais e comparado com o fluxo de caixa sem garantia.

Estudo semelhante foi realizado por Salgado (2009) para avaliar o projeto de construção da linha 4 do metro de São Paulo com extensão de 12,8 km e período de concessão de 30 anos, porém a autora adotou faixas de mitigação do risco do projeto para 10 e 20 anos de concessão como a opção real a ser incorporada ao projeto tradicional. Essa inclusão de faixas de mitigação garantiu um aumento 10% no valor do VPL do projeto original, que para a autora aumentaria a atratividade do setor privado para a PPP.

Ainda seguindo a proposta de avaliação de futuras concessões rodoviárias Blank (2008) apresenta a aplicação da TOR em um projeto hipotético de concessão rodoviária com as opções de garantia de tráfego mínimo, repasse de receita por tráfego máximo e possibilidade de abandono por parte do acionista, com a utilização de financiamento do tipo *Project Finance* e estrutura de Parceria Público Privada (PPP) foi o objeto de pesquisa do trabalho. Em suas conclusões a autora descreve ainda que estudando as possíveis garantias dos projetos e identificando as suas Opções Reais as estruturas de *Project Finance* e PPP podem agregar valor e diminuir os seus riscos.

Já Oliveira (2008) apresenta a possibilidade de utilização da Opções Reais na concessão rodoviária da BR-116/324 com aplicação do modelo de Menor Valor Presente das Receitas (LPVR) com prazo de concessão variável e garantia de tráfego mínimo para a avaliação do projeto. Em suas conclusões, o autor informa que com a utilização do modelo, esse, permite ao governo uma redução dos riscos pela limitação dos ganhos excessivos da concessionária e para o concessionário a flexibilidade do prazo do investimento e a garantia de tráfego concedida. No estudo a associação de uma garantia de tráfego mínimo de 80% gerou o aumento do VPL do projeto em 60%, a autora justifica esse aumento dos custos para o Governo com a possibilidade de aumento da atratividade do investimento pelo setor privado.

Ainda no ano de 2008, Saraiva (2008) propõe um modelo para avaliar a demanda de tráfego, considerada a principal fonte de risco, em um projeto de concessão rodoviária que combina técnicas matemáticas de interpolação com modelos econométricos de previsão como alternativa para estimar e projetar o volume de tráfego nas rodovias brasileiras. Mais uma vez é proposta a criação de garantias financeiras da parte do Governo para viabilizar os investimentos em infraestrutura de transportes pelo setor privado. Após a definição do

modelo, ele o aplica no estudo de caso para a BR-163 para valorar o nível ótimo de garantias para futuros projetos de PPPs.

Lopes (2010) aplica a TOR no caso do investimento para a construção do TAV Rio-Campinas, onde a incerteza quanto ao tráfego futuro é o principal fator que pode inviabilizar o processo, compara o valor do VPL com garantia governamental e o valor do VPL apresentado nos estudos para a concessão. Ao final, mostra que a incorporação de uma garantia de 60% da demanda reduz o risco de perda do investidor de 50,8% para 33,2% contribuindo para aumentar a viabilidade econômica e financeira do projeto.

Por último, Massa (2011) estuda o caso do projeto do TAV Rio – Campinas avaliando a utilização de um modelo híbrido de garantia de tráfego mínimo combinado com a garantia de Menor Valor Presente das Receitas (LPVR) e a importância da análise da sensibilidade dos parâmetros de entrada no projeto que foram: o custo de capital próprio do parceiro privado e o nível de tráfego projetado para o início da concessão.

O que se constata em todos os estudos que utilizaram a Teoria das Opções Reais para avaliar investimentos governamentais é a busca de ferramentas e modelos que garantam a participação privada em futuras concessões mitigando seus riscos. Em todos os casos aplicados foram para o transporte terrestre, e o foco foi a quantificação dos riscos e garantias para o sucesso do projeto.

Até onde se sabe, não foram realizadas pesquisas para a aplicação em projetos de investimentos diretos governamentais, tampouco para a área hidroviária. Contudo, Trigeorgis (1996) diz que a TOR têm potencial para ser aplicada em projetos de governo. O Quadro 2-2, apresenta um resumo dos trabalhos que utilizaram a Teoria das Opções Reais no setor de infraestrutura.

Quadro 2-2 Panorama da utilização da Teoria das Opções Reais em projetos de transportes no Brasil.

Título, Autor e ano	Infraestrutura de transporte analisada	Tipo de modelo de contratação da infraestrutura	Elemento de incerteza do investimento	Modelagem Financeira ou Econômica	Opção Real calculada
Uma aplicação da teoria das Opções Reais em tempo discreto para avaliação de uma concessão rodoviária no Brasil, (Brandão, 2002).	Rodovia (BR-163)	Concessão	Risco de Demanda; Cambial; de Inflação e taxa de juros; e político	Financeira	Abandono; Expansão.
Uso de opções reais para precificação das garantias de contratos: o caso do expresso aeroporto, (Massotti, 2007).	Trem de Alta Velocidade – TAV	PPP	Risco de demanda. O governo de São Paulo bancará a diferença.	Financeira	Abandono.
Teoria de Opções Reais em Project Finance e Parceria Público-Privada: Uma Aplicação em Concessões Rodoviárias, (Blank, 2008).	Concessão Rodoviária (caso hipotético)	PF e PPP	Risco de tráfego	Financeira	Abandono.
Projetos de Infraestrutura Pública: risco, incerteza e incentivos, (Saraiva, 2008).	Rodovia – BR-163	PPP	Demanda de tráfego na rodovia	Financeira.	Opção não calculada.
Garantias Governamentais em Projetos de PPP: Uma Aplicação do Modelo LPVR ao Caso da BR-116/324, (Oliveira, 2008).	Rodoviária – BR 116/324	PPP	Demanda de Tráfego de veículos	Financeira	Abandono
Avaliação do Projeto de Construção da Linha 4 do Metrô de São Paulo pela Metodologia de Opções Reais, (Salgado, 2009).	Ferroviária Urbana –	PPP	Demanda de tráfego de passageiros	Financeira	Faixas de receitas.
Uma Aplicação da Teoria das Opções Reais ao Caso do Trem de Alta Velocidade Rio-Campinas, (Lopes, 2010).	Trem de alta velocidade.	Concessão	Demanda de tráfego.	Financeira	Abandono.
Uso da teoria de opções reais para valoração de garantias governamentais em projetos de infraestrutura: uma aplicação no caso do trem de alta velocidade entre o Rio de Janeiro e São Paulo, (Massa, 2011).	Trem de alta velocidade	PPP	Demanda de tráfego	Financeira	Abandono.

Percebe-se, portanto, que os fundamentos da TOR são bastante aplicáveis às obras governamentais, abrindo-se, assim, a possibilidade de criação de uma alternativa para a avaliação de projetos governamentais de infraestrutura.

2.9 Tópicos Conclusivos

Ao longo desse capítulo buscou-se agregar, de uma forma sintética, as principais referências que darão o suporte teórico para a elaboração desta tese. Os conceitos norteadores da pesquisa para o projeto de infraestrutura aquaviária aqui se fizeram presentes. Ao final, foram apresentadas pesquisas que já se utilizaram das opções reais para o cálculo de projetos nas mais variadas áreas, que mostram as possibilidades de sua aplicação no setor governamental de infraestrutura aquaviária.

A proposta de um modelo para auxiliar os gestores públicos na melhoria da tomada de decisão sobre a melhor forma de alocação dos recursos públicos em investimentos necessariamente deve vir acompanhada das ferramentas certas para cada caso. Nos últimos anos, o aumento da capacidade de processamento dos computadores pessoais e o avanço das planilhas eletrônicas com a inclusão de novos tipos de análises potencializaram as respostas e as possibilidades de avaliação dos riscos. Porém, no setor público a pouca qualificação dos gestores cria obstáculos quando da proposição de novos modelos. O reconhecimento dessas fraquezas e a busca de uma melhor explicação e simplificação de um modelo, para garantir sua futura aceitabilidade, deve ser a preocupação permanente de um pesquisador.

No próximo capítulo, será apresentado um panorama do setor aquaviário nacional. E, na sequência da tese, o seu cerne: a análise e avaliação da aplicabilidade da metodologia para um caso governamental.

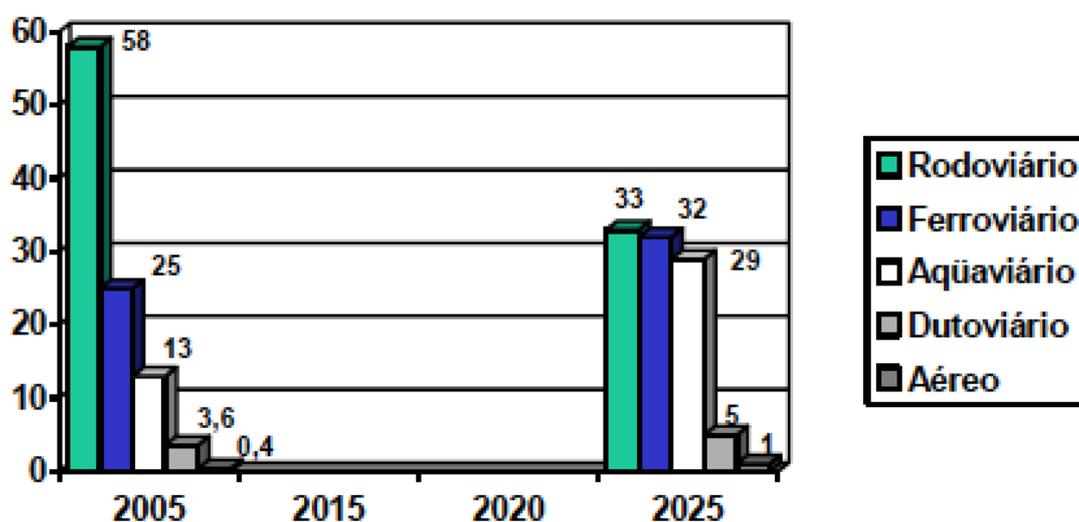
3. SETOR HIDROVIÁRIO NACIONAL

Este capítulo apresenta um panorama do setor aquaviário nacional, em especial o da navegação interior, nos últimos 10 anos. Cabe destacar que o setor hidroviário faz parte do modal aquaviário de transporte e que no Brasil dispõe naturalmente de uma grande quantidade de vias navegáveis com potencial de uso, mais de 60.000km. Assim, os investimentos devem ser melhor observados nas políticas de desenvolvimento da infraestrutura de transportes, tanto em relação as prioridades quanto aos riscos da aplicação dos recursos.

3.1 Diretrizes do Plano Nacional de Logística de Transportes - PNLT

Em 2007, foi publicado o Plano Nacional de Logística de Transportes – PNLT (MT e MD, 2007), objeto muito aguardado, após quase duas décadas sem que o Governo sintetizasse em um documento os principais projetos logísticos para o país. De acordo com o Plano, o modal aquaviário no Brasil (cabotagem e hidroviário) corresponde a 13 % da movimentação de mercadorias, enquanto o transporte rodoviário de cargas e ferroviário correspondem respectivamente a 58 % e 25 % do volume transportado. Esse mesmo documento informa que, até o ano de 2025, ocorreria o equilíbrio nos modos de transporte no Brasil, ou seja, o modos rodoviário, ferroviário e aquaviário responderiam por aproximadamente 33 %, 32 % e 29 % da movimentação de cargas no Brasil (Figura 3-1). Vale destacar que isso representaria um aumento de 123% na participação do transporte aquaviário (de 13% para 29%).

Figura 3-1 - Matriz de transportes brasileira atual e futura definida no PNLT 2007



Fonte: MT e MD (2007)

Desses percentuais dois pontos devem ser destacados: o sub-setor hidroviário corresponde hoje a 5 % da movimentação aquaviária, sendo os outros 8% referentes à cabotagem, isto é, navegação marítima entre portos de um mesmo país (MT, 2012), e que até o momento, nenhum país no mundo conseguiu alcançar o equilíbrio entre os modos de transportes (Tabela 3-1).

Tabela 3-1 - Extensão territorial e distribuição entre os modos de transporte em alguns países, excluindo os modos dutoviário e cabotagem.

Países	Extensão Territorial (mil km²)	Rodoviário (em %)	Ferroviário (em %)	Aquaviário (em %)	Total (em %)
Rússia	17.098,24	8	81	11	100
Canadá	9.984,67	43	46	11	100
Estados Unidos	9.857,31	32	43	25	100
Austrália	7.692,02	53	43	4	100
França	640,68	81	17	2	100
Alemanha	357,17	71	15	14	100
Áustria	83,86	49	45	6	100

Fonte: MT e MD (2007), adaptado.

No ano de 2012, o Ministério dos Transportes encomendou a atualização do PNLT. Nesse novo documento foi revista a previsão de equilíbrio da matriz de transporte nacional. Na atualização, na previsão no Brasil para 2031, excluindo o carregamento de minério de ferro (transportado, em geral, por ferrovias), os modos rodoviário, ferroviário e hidroviário passariam a responder por 55 %, 21 % e 17%, respectivamente (MT, 2012).

Carvalho e Huguet (2013) apontaram que, mesmo com os dez projetos de infraestrutura aquaviária previstos para os próximos quatro anos, com taxas internas de retorno variando de 16 % a 24 % e custo estimado de 2,6 bilhões de reais, o impacto positivo na participação da navegação interior na matriz de transporte será de apenas 1 %. No novo PNLT, a prioridade de investimentos, em termos de quantidades de projetos, obras e valores, ficou para os modos rodoviário e ferroviário.

Observa-se que, em cinco anos (2007 a 2012), o setor aquaviário passa de importante modo de transporte para equilibrar a matriz brasileira para um modo auxiliar, desconsiderando-se o seu potencial.

Enquanto isso, outros países buscam aproveitar ao máximo o potencial de seus rios para diversificar e aumentar sua rede de transportes. A França, por exemplo, tem o projeto do Canal Seine-Nord com a proposta inicial de parceria público-privada, e previsão de transporte em 2020 de 13,3 até 14,9 milhões de toneladas, alcançando em 2050 valores entre 20 milhões até 27,7 milhões de toneladas (VNF, 2009). Já o Peru tem o projeto de ligação entre os portos de Yurimagas, na Amazônia peruana, e seu porto marítimo de Paita, no oceano Pacífico, em uma proposta de concessão de 20 (vinte) anos para o empreendedor que realizará as obras de dragagem, sinalização, instalação de sistemas de medição dos níveis d'água e monitoramento das condições de navegação. Segundo os estudos peruanos, em 2032 a movimentação de cargas será da ordem de 7,2 milhões de toneladas (PROINVERSION, 2013).

3.2 Investimentos no setor hidroviário nos próximos anos

Estudos realizados pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ informam que no Brasil existem quase 21.000 km de vias navegáveis economicamente utilizadas (ANTAQ, 2012). De acordo com a Lei 12.379/11 (BRASIL, 2011b), que institui o Sistema Nacional de Viação (SNV), temos hoje uma malha planejada de 42.000 km de vias navegáveis, onde por hora se navega, do ponto de vista econômico, em menos da metade das vias já identificadas com esse potencial. A Tabela 3-2 descreve a distribuição das vias economicamente navegadas.

Tabela 3-2 – Vias Economicamente Navegáveis no Brasil

VIAS ECONOMICAMENTE NAVEGADAS - TOTAL	Quilometragem	%
PARAGUAI	592	3
PARANÁ-TIETÊ	1.495	7
SÃO FRANCISCO	576	3
SOLIMÕES-AMAZONAS	16.798	80
SUL	514	2
TOCANTINS	982	5
TOTAL	20.956	100

Fonte: ANTAQ (2012).

Comparando os dados da Tabela 3-2 com o produto interno bruto brasileiro por região (Tabela 3-3), poder-se-ia encontrar a justificativa para o pouco investimento no setor

aquaviário. Nota-se que 80 % dos quilômetros atualmente navegados encontram-se na bacia do Solimões-Amazonas, na região norte do país, área historicamente de menor desenvolvimento econômico do que as regiões sul e sudeste. De fato, essa bacia é a que apresenta os rios de mais fácil navegação. As vias que cortam as regiões mais ricas do país demandariam mais investimentos para se tornarem plenamente navegáveis, o que fez com que o modo hidroviário recebesse menos atenção do que os demais.

Tabela 3-3 - Participação percentual das Regiões Brasileiras no PIB 2002-2010.

Grandes Regiões	Participação percentual no Produto Interno Bruto (%)								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Brasil	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Norte	4,6	4,8	4,9	5	5,1	5	5,1	5	5,3
Nordeste	13	12,8	12,7	13,1	13,1	13,1	13,1	13,5	13,5
Sudeste	56,7	55,7	55,9	56,5	56,8	56,4	56	55,4	55,4
Sul	16,9	17,7	17,4	16,6	16,3	16,6	16,6	16,5	16,5
Centro-Oeste	8,8	9	9,1	8,8	8,7	8,9	9,2	9,6	9,3

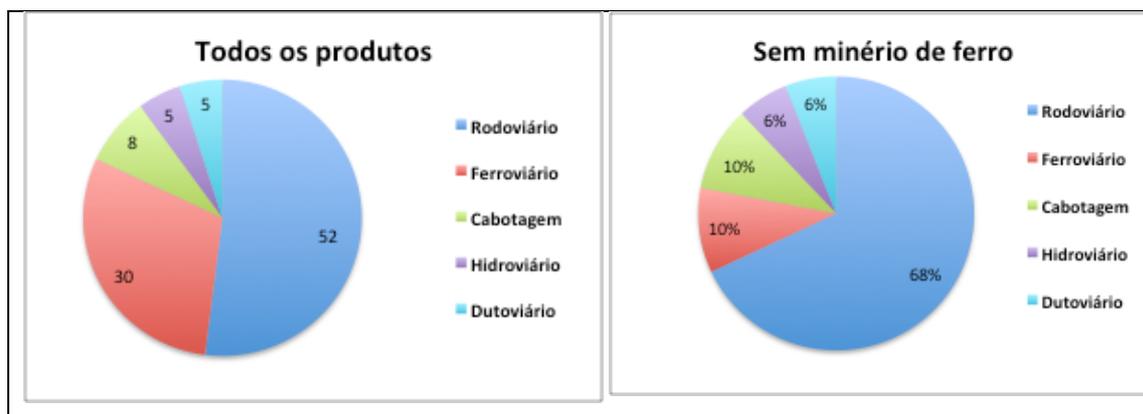
Fonte: IBGE (2010)

Mesmo exigindo investimentos para garantir a navegabilidade comercial de algumas vias, é preciso lembrar uma característica do transporte hidroviário, que é a capacidade de escoamento, com economicidade, de produtos de baixo valor agregado. Um produto de exportação nacional, soja em grãos, é escoado em sua grande maioria pelas rodovias. A atual fronteira agrícola dessa commodity encontra-se na região Centro-Norte do país, mas não se utilizam com frequência os rios das bacias da região para o escoamento da produção. O potencial do setor hidroviário encontra-se, portanto, subaproveitado.

Outro exemplo é o caso do minério de ferro brasileiro. Ele é escoado principalmente por ferrovias, como mostra a Figura 3-2. Duas ferrovias são bastante utilizadas: a estrada de ferro Carajás, no Estado do Pará, levando o minério até o porto de Itaqui, no Estado do Maranhão, e a estrada de ferro Vitória-Minas, que movimenta o minério de ferro do Estado de Minas Gerais para o porto de Tubarão, no Estado do Espírito Santo. Nos dois casos a empresa responsável pela exploração das minas, escoamento do produto e administração portuária é a Vale S/A. Ainda sobre a Figura 3-2, com a retirada do minério de ferro, a preponderância do transporte rodoviário para transporte

de carga fica mais evidente ainda.

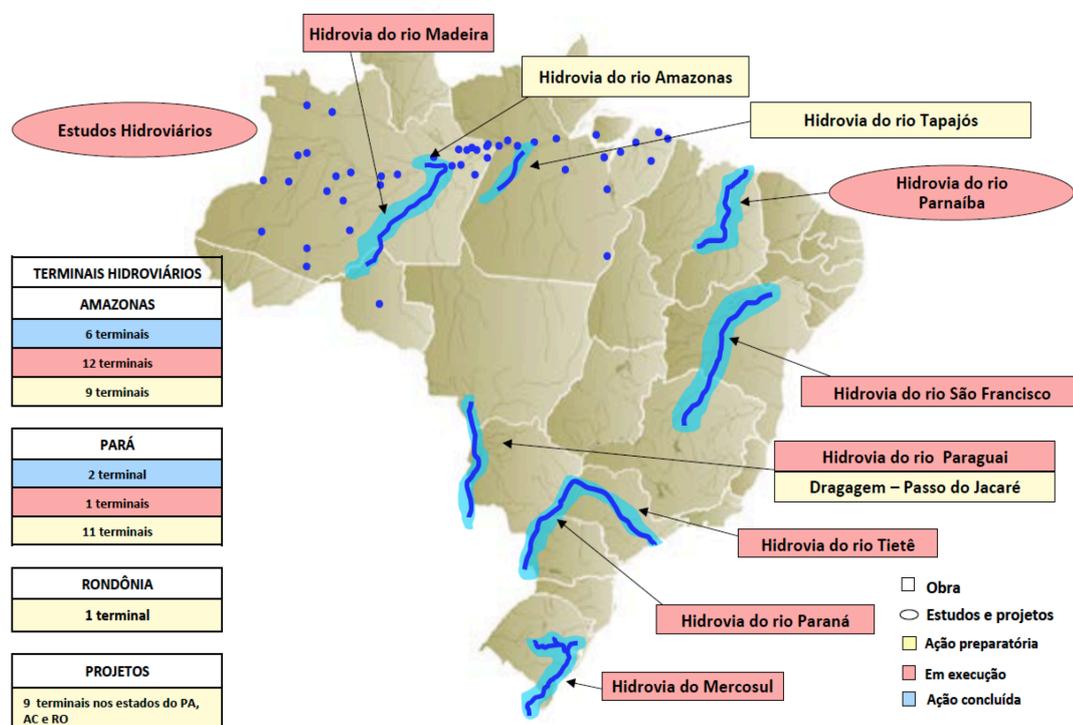
Figura 3-2 - Matriz de transporte brasileira com e sem minério de ferro



Fonte: MT, (2013).

Dentro do Programa de Aceleração do Crescimento 2011-2014 (PAC 2), pode-se observar que as execuções e projetos buscam tão somente o atendimento em vias navegáveis de forma pontual (SPI, 2011 e 2013). Com as informações prestadas pelo próprio governo no sítio oficial do programa não fica claro do que tratam as intervenções e qual a lógica do investimento para alavancar o setor (Figura 3-3).

Figura 3-3 - Programa de Aceleração do Crescimento 2011-2014 (PAC 2) – setor hidroviário



Fonte: SPI (2013).

Além desses investimentos já contemplados no PAC 2, o Ministério dos Transportes publicou em 2010 o documento intitulado Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário. Nesse documento, são estabelecidas diretrizes para a implantação da navegação interior no Brasil, com o foco na priorização de Eclusas – um total de 62 devem ser construídas até o horizonte de 2026. Os valores orçamentários apresentados no documento são da ordem de R\$ 26 bilhões para o período compreendido de 2011 – 2026, o equivalente a R\$ 1,7 bilhões/ano (MT, 2010).

Ainda nesse documento são destacadas as 14 diretrizes para o fomento da navegação interior: fortalecer a gestão pública no setor hidroviário; melhorar o nível de serviço do transporte de passageiros; implantar as eclusas prioritárias; regulamentar o licenciamento ambiental de intervenções em hidrovias; implantar o Programa Nacional de Manutenção Hidroviária (PNHM); ampliar o conhecimento das condições de navegabilidades; priorizar os trechos de interesse; apoiar a Marinha do Brasil no programa de formação de fluviários; implantar terminais de transbordo e acesso rodoferroviários nas hidrovias; garantir acesso hidroviário aos portos do Norte do Brasil; propor medidas institucionais de fomento à navegação interior; criar conselhos de usuários do transporte hidroviário nas bacias hidrográficas; ampliar a articulação com os órgãos de controle; estabelecer articulação para a promoção da navegação interior.

Todas essas diretrizes são observadas por propensos interessados na concessão de infraestruturas de transporte e, sobre esse aspecto, o Ministério dos Transportes sinaliza positivamente ao demonstrar que conhece o setor e já identificou seus gargalos. Os significativos valores dos investimentos mostram a necessidade do desenvolvimento de uma metodologia que minimize os riscos e perdas de recursos.

No entanto, apenas uma pequena parte dos valores orçados já saiu do papel. Possivelmente aspectos históricos, ligados à organização do setor aquaviário no Brasil, ajudem a explicar tais desajustes entre planejamento e execução.

3.3 Organização do setor aquaviário brasileiro

A organização do setor aquaviário brasileiro passou por grandes mudanças nas duas últimas décadas. Mas essas mudanças foram uma constante durante todo o século XX. O setor rodoviário, durante mais de 50 anos, dispunha de uma autarquia específica que planejava e executava as obras de infraestrutura do setor, o Departamento Nacional de Estrada de Rodagem (DNER). Já o setor ferroviário, durante 40 anos, teve sua gestão sob responsabilidade da Rede Ferroviária Federal S. A. (RFFSA). Entretanto, o setor de aquaviário passou por seis estruturas diferentes, quais sejam: Departamento Nacional de Portos e Navegação – DNPN, Departamento Nacional de Portos, Rios e Canais – DNPRC, Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis – DNPVN, Portos do Brasil S/A – Portobrás – Ministério da Infraestrutura e Ministério dos Transportes (CARVALHO, 2013 e HUGUET *at all*, 2012). Esse desarranjo institucional, influenciado pela implantação da indústria automobilística nacional e pela perda significativa da importância do setor hidroviário nacional, cria impedências quando da alocação de recursos para garantir os investimentos de longo prazo que são uma característica do setor de transportes.

No início deste século, com a publicação da Lei 10.233/2001 (BRASIL, 2001), foi criado o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, que consolidou em uma única autarquia o planejamento e a execução das políticas dos modos ferroviário, hidroviário e rodoviário nacionais. Porém, a proposta de integração da execução das políticas de infraestrutura de transportes em um órgão somente foi alocada nas bases do antigo DNER. Essa realidade foi uma das justificativas utilizadas pelo setor aquaviário para a proposta de saída do DNIT e criação de órgão governamental exclusivo para o setor. No ano de 2007, foi publicada a Lei n. 11.518 (BRASIL, 2007), que criou a Secretaria Especial de Portos – SEP, ligada à Presidência da República para tratar exclusivamente do setor Portuário Marítimo. Neste momento, mais uma cisão ocorre: o setor aquaviário nacional fica dividido entre dois ministérios: o setor portuário nacional fica com a SEP e o setor hidroviário fica no DNIT/MT.

A consequência do desmembramento até os dias de hoje é a desproporcionalidade de alocação de recursos orçamentários e institucionais para o atendimento das políticas oriundas do Ministério dos Transportes. No ano de 2013, dos R\$ 12,53 bilhões de

reais do orçamento do DNIT, 90% desses recursos foram alocados no modo rodoviário (DNIT, 2014).

Mesmo congregando a gestão de três modos de transporte em um só lugar – rodoviário, ferroviário e aquaviário, o Governo não tem fôlego para, sozinho, fazer os investimentos necessários para manutenção e expansão da infraestrutura de transportes do país. Em virtude disso, programas de concessões e propostas de parcerias público-privadas começaram a ser estudadas nos últimos anos.

3.4 Programa de Investimento Logístico Brasileiro

Em 2012, o Governo Federal lançou o Programa de Investimentos Logísticos – PIL para estimular o desenvolvimento das infraestruturas de transporte em parceria com a iniciativa privada. Segundo o sítio da Empresa de Planejamento e Logística, criada em 2012 e vinculada ao Ministério dos Transportes, esse programa, em conjunto com o PAC 2, garantirá a redução dos custos de transportes, que são parte importante da expressão denominada Custo Brasil (EPL, 2012a). Neste tópico estão descritos brevemente os Programas propostos pelo Governo.

3.4.1 Programa de Investimentos em Logística – Rodovias

Em agosto de 2012, o Governo Federal brasileiro lançou o PIL-Rodovias, que consiste na concessão de 7.000 quilômetros de rodovias federais já implantadas pelo governo e consideradas eixos de desenvolvimento. Os principais objetivos desse programa são o desenvolvimento de um sistema de transportes moderno e eficiente e a promoção de sinergias entre os modais rodoviário, ferroviário, hidroviário, portuário e aeroportuário (EPL, 2012b).

Pelos cálculos do Governo serão investidos nesse programa R\$ 46 bilhões, distribuídos em nove lotes. Com o foco na modicidade tarifária, diferentemente de outras formas de concessão já realizadas no Brasil (p. ex: a concessão pelo maior ágio ofertado ao governo para explorar a concessão – utilizada na Rodovia Rio-São Paulo), os interessados somente poderão iniciar o processo de cobrança do pedágio após o atendimento de requisitos mínimos determinados no edital. Dos nove lotes previstos para esta etapa de concessões, seis editais foram lançados e somente um lote, BR-262 (ES/MG), não foi concluído, por falta de interessados.

3.4.2 Programa de Investimentos em Logística – Ferrovias

Também lançado no início do segundo semestre de 2012, o PIL-Ferrovias, assim como o PIL-Rodovias, busca o desenvolvimento do modo ferroviário com uma parceria com o setor privado e a integração com as outras redes de transportes brasileiras. Para o setor estão previstos investimentos de R\$ 99,6 bilhões em construção e/ou melhoramentos de onze mil km de linhas férreas (EPL, 2012c).

Diferentemente da concessão prevista para o modo rodoviário, onde a infraestrutura já existe e, em muitos casos, os investimentos serão de ampliação de capacidade (por exemplo, por meio da duplicação de trechos), no caso ferroviário os concessionários serão responsáveis, na maioria dos lotes, pela infraestrutura, sinalização e controle da circulação de trens. E, por isso, o prazo de concessão será maior, de 35 anos. A infraestrutura deverá ser composta de bitola larga (1.600 mm) com alta capacidade de carga e traçado geométrico otimizado que permita maiores velocidades (80 km/h).

Ainda sobre o modelo proposto, toda a capacidade operacional da ferrovia será comprada pela Empresa Valec S/A, empresa do Governo Federal, vinculada ao Ministério dos Transportes, a fim de se permitir a redução de riscos ao investidor no que diz respeito aos custos e receitas operacionais da via. Além disso, o usuário pagará ao concessionário uma tarifa de fruição na medida que utiliza a ferrovia. A Valec ainda poderá antecipar receitas durante o período inicial da concessão, na fase de obras, desde que o concessionário cumpra o cronograma de execução física. Até o final de 2014 nenhuma licitação para a concessão de ferrovias tinha sido lançada pelo Governo.

3.4.3 Programa de Investimentos em Logística – Aeroportos

No final do ano de 2012, com os objetivos de melhorar a qualidade dos serviços e a infraestrutura aeroportuária para os usuários; ampliar a oferta de transporte aéreo à população brasileira; e reconstruir a rede de aviação regional, foi lançado o PIL-Aeroportos. O programa garantiu o processo de concessão dos aeroportos do Galeão, no Estado do Rio de Janeiro, e de Confins, no Estado de Minas Gerais. Os investimentos para os dois aeroportos foram estimados em R\$ 9,2 bilhões. No caso da segunda parte, que será o investimento em 270 aeroportos regionais, estão previstos mais de R\$ 7,3 bilhões. Para a terceira parte do programa, o Governo não informou os

valores de investimentos. No total, o setor aeroportuário receberá investimentos superiores as R\$ 16,5 bilhões (EPL, 2012d).

3.4.4 Programa de Investimentos em Logística – Portos

No mesmo período de lançamento do PIL-Aeroportos foi lançado o PIL-Portos, com investimentos previstos de R\$ 54,6 bilhões para os próximos cinco anos. Esse plano só foi inferior em valores ao PIL-Ferrovias. Seu objetivo é similar aos outros programas: expansão e modernização da infraestrutura e integração com outras redes de transporte. Mas, nesse caso, foram incluídas diretrizes para a organização do setor, tais como o planejamento sistêmico, aumento da concorrência, reorganização dos portos, planejamento de longo prazo (EPL, 2012e).

Basicamente os vencedores das licitações relativas ao PIL-Portos serão os candidatos a concessionários que oferecerem uma maior capacidade de movimentação com menor tarifa e/ou menor tempo de movimentação. Esse programa foi dividido em duas partes: Arrendamentos de Terminais em Portos Públicos, composto de quatro Blocos, e Terminais de Uso Privado – TUP, que totalizam 67 empreendimentos em todas as regiões do Brasil. É permitida a participação de empresas ou entidades constituídas sob as leis brasileiras, com sede e administração no país, isoladamente ou em consórcio.

No caso do PIL-Portos, não se trata apenas de arrendamento de área em um porto público. Pela proposta do programa e de acordo com as alterações legais fundamentadas na Lei 12.815/12 (BRASIL, 2013a e 2013b), os interessados em explorar o setor portuário podem fazê-lo mediante a obtenção de uma autorização para instalação portuária fora da área do porto organizado.

A possibilidade de maior descentralização do sistema portuário é, segundo o Governo, a garantia de maior concorrência para o setor, o aumento da competitividade e a capacidade de escoamento dos produtos, permitindo, além disso, a garantia da entrada de mais investimento privados em infraestrutura.

Souza *et all* (2013) apontam que a proposta apresentada pelo Governo para atrair investimentos para o setor portuário marítimo brasileiro ainda traz uma grande

insegurança jurídica para os investidores. O novo instituto da autorização vem em grande parte substituir o já tradicional e consolidado pela jurisprudência brasileira: o da Concessão.

O Governo Federal até o momento, não apresentou qualquer informação sobre o PIL –Hidroviás. Por isso, o autor, no tópico conclusivo deste capítulo, descreve suas proposições sobre o tema.

3.5 Alternativa de Financiamento: Concessões, *Project Finance* ou PPP.

No Brasil, sempre que se apresenta um projeto que envolve concessões de ativos, as discussões acabam sendo levadas tendenciosamente para a ideia equivocada de privatização. Na concessão, existe um contrato com tempo determinado para o uso e exploração do bem público. O bem ao final do prazo é devolvido ao governo. De acordo com o contrato, o concessionário tem que realizar investimentos para garantir padrões de atendimento do serviço, e pode ser recompensado pelo usuário direto do serviço, ou o governo o remunera de acordo com o serviço entregue ou a combinação dos dois. Durante a vigência do contrato o governo aloca recursos para acompanhar e fiscalizar a qualidade do serviço que está sendo prestado pelo concessionário. Já no caso da privatização, o bem é vendido para um interessado e o governo não tem mais gerenciamento sobre sua utilização (GUASCH, 2004; RIBEIRO, 2011).

A Quadro 3-1, apresenta nove tipos de projetos de concessão comuns no setor de infraestrutura.

Quadro 3-1 - Tipos de projetos de concessões

Tipo de Projetos de Concessão	Descrição
BT - Build and Transfer	O proponente financia e constrói o empreendimento que, uma vez terminado, é transferido.
BLT - Build, Lease and Transfer	O empreendimento, após concluído, é entregue ao Governo em operação de leasing.
BOT - Build, Operate and Transfer	O empreendedor constrói, opera e, após um prazo previsto, transfere ao poder concedente.
BOO - Build, Own and Operate	O empreendedor financia, constrói e toma posse do empreendimento.
BTO - Build, Transfer and Operate	O empreendedor financia, constrói e transfere e, após, contrata os serviços de operação.
CAO - Contract Add and Operate	O empreendedor é contratado para expansão de uma unidade já existente e explora esta atividade.
MOT/O - Modernize, Operate, Transfer or Own	O empreendedor moderniza instalações existentes, opera e transfere ou não.
BOTT - Build, Operate, Train and Transfer:	Idêntico ao BOT, acrescentando-se o treinamento. Empreendimentos com necessidade de transferência de tecnologia.
DBFOM (Design, Build, Finance, Operate and Maintain.	Neste caso DBFMO, o empreendedor será o responsável por todas as etapas do empreendimento: pré-obra (Projeto e Financiamento), obra (construção) e pós-obra (operação e construção).

Fonte: Moreira (1999) e Yescombe (2007) adaptado.

As concessões inseridas no Programa de Investimentos Logísticos se encaixam nos modelos BOT, CAO e MOT.

A depender do próprio Governo sinalizando positivamente para o setor privado de infraestrutura a possibilidade de Parcerias Públicos Privadas (PPPs) para investimentos no setor já existe arcabouço legal, pesquisas e casos no Brasil de

utilização das PPPs e *Project Finance*. Como exemplo pode-se citar o caso da Linha 4 do Metrô de São Paulo (BRANDÃO *et al*, 2011), no qual o Governo do Estado de São Paulo utilizou a Lei n. 11.079/04 (BRASIL, 2004) para reduzir os riscos do projeto de construção dos 12,8 km de linhas metroviárias ao custo de R\$ 3,34 bilhões. O principal risco identificado no projeto era a incerteza da demanda na linha, o que viabilizaria o investimento privado. Para mitigar esse risco, no edital da concessão foram oferecidos o pagamento de uma contraprestação pecuniária, uma garantia parcial de taxa de câmbio e uma garantia de demanda que variava entre 10% e 40% da demanda projetada, conforme o nível de tráfego observado.

Porém, no setor hidroviário, concessões e PPPs não foram objeto de estudos no Brasil. Villela (2013) apresentou uma proposta de estruturação do setor Portuário com financiamento da infraestrutura utilizando o *Project Finance*. Essa tese buscou na alternativa de parceria privada com o poder público uma forma de exploração dos portos na qual os riscos de financiamento inteiramente privado fossem minimizados com a criação de concessões nas quais o governo seria parceiro dos novos investimentos.

3.6 Tópicos Conclusivos

O Governo Federal ainda não anunciou o já previsto PIL-Hidrovias. Analisando os documentos já divulgados dos Programas de Investimentos Logísticos, pode-se observar que, nesse primeiro momento, a prioridade foi dada às infraestruturas já consolidadas: rodovias com tráfego e demanda já conhecidos; grandes aeroportos em movimentação de passageiros e cargas; portos marítimos com a maioria dos investimentos em infraestrutura de retroporto e dragagens já realizados. Exceção deve ser feita somente aos investimentos em Ferrovias, que, na maioria dos casos, serão novas infraestruturas a serem construídas e operadas. Por razão dos programas já lançados, o PIL-Hidrovias é o mais atrasado no cronograma governamental.

Em propostas de investimentos para o setor hidroviário, os valores a serem realizados neste modo costumam ser, em sua maioria, inferiores aos de programas dos outros modos de transportes. Mesmo com o estudo realizado pelo próprio Ministério dos Transporte, que aponta para uma viabilidade financeira com taxas de retorno entre 12% a 18%, no caso da hidrovía do Tocantins, chegando até a 24% para a hidrovía do

Teles Pires-Tapajós (MT e MD, 2007 e MT, 2012), essas hidrovias ainda não foram objeto de qualquer estudo mais específico para o seu desenvolvimento e implantação.

A falta de priorização do setor hidroviário pode ser melhor entendida quando o próprio Ministério dos Transportes apresenta quatorze diretrizes para o fomento do setor, indicando a falta de conhecimentos básicos para o seu desenvolvimento: a ausência de política de manutenção nas vias, os entraves nas questões ambientais, e a carência de informações sobre os rios.

A esses elementos soma-se ainda a questão da real viabilidade econômica dos futuros investimentos no setor. Até o final de 2013, os estudos de viabilidade econômica já apresentados não foram modelados com técnicas modernas de análise de viabilidade. Em alguns casos, tiveram tratamento diferenciado, pois se tratavam de obras incluídas no Plano de Aceleração do Crescimento que, por força de lei, não seguem o rito previsto no Manual de Apresentação de Estudos de Viabilidade de Projetos de Grande Vulto, publicado pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, característico de obras com valores acima de 50 milhões de reais (BRASIL, 2008 e MP, 2009).

Diferentemente dos outros modos de transporte utilizados no Brasil, que, ao longo de todo o século passado, foram objeto de políticas de desenvolvimento e investimentos por parte do Governo, o modo hidroviário, do ponto de vista de estruturação setorial e alocação de investimentos, sempre foi relegado a um plano secundário e, nos últimos anos, pode ser considerado um plano terciário.

A alocação de recursos para o setor nos orçamentos federais e nos Plano de Aceleração do Crescimento não foram suficientes para garantir uma maior participação do setor hidroviário na matriz de transportes brasileira. O próprio Ministério dos Transportes, que havia projetado, em 2007, no Plano Nacional de Logística de Transportes – PNLT, para um cenário de 25 anos, o aumento em mais de duas vezes a participação do setor, em 2012, por ocasião da revisão das metas do Plano, desconsidera essa possibilidade e volta a apresentar a mesma matriz desequilibrada para o ano de 2031.

O modelo de investimentos em hidrovias, seguindo a alternativa da concessão ou PPP, que pode ser uma alternativa para a alocação de recursos para o desenvolvimento do setor hidroviário nacional, ainda não foi apresentado pelo Governo. Até o final de 2014 as programas de investimento focaram somente outras infraestruturas de transporte e seguindo o modelo tradicional de concessão ou autorização. E até mesmo para esses casos os modelos apresentados ainda carecem de regras mais claras e objetivas. Prova disso são as concessões ferroviárias, que ainda não saíram do papel, e também os adiamentos de todos os cronogramas dos editais de concessão, após o lançamento do Programa de Investimento em Logística – PIL.

Ressalta-se que, antes de se pensar em um modelo de concessão para o setor hidroviário, é importante avaliar a real viabilidade econômica das infraestruturas hidroviárias brasileiras e seus arranjos institucionais. No cenário econômico atual, estudos que apontam para investimentos em infraestruturas com taxas internas de retorno superiores a 14%, chegando até a 24% (MT e MD, 2007 e MT, 2010), ainda não foram objeto de implantação. Pode ser que o modelo que apresentou esses percentuais não tenha sido robusto o suficiente para garantir o interesse de investidores, ou até mesmo ainda restem dúvidas sobre essa viabilidade econômica para futuras concessões.

4. FLEXIBILIDADE GERENCIAL EM UM PROJETO DE INVESTIMENTO GOVERNAMENTAL

Quando um governo decide investir em uma infraestrutura de transporte, sua premissa é a tentativa de início imediato da execução da obra. Para a administração pública executar uma obra, deve passar por todo o trâmite administrativo do processo licitatório, que após o sucesso desse processo, parte-se para a Ordem de Serviço, que é o instrumento legal de início dos trabalhos para construção. Porém, entre o anseio da administração e sua realização, duas legislações devem ser obedecidas: a Lei n. 8.666/93 – Lei Geral das Licitações, e mais recentemente a Lei n. 12.462/11 – Lei do Regime Diferenciado de Contratações – RDC. Nesse arcabouço legal residem as etapas que devem ser seguidas para a contratação de uma obra pública (BRASIL, 1993 e 2011).

No caso das concessões, a exemplo do que já ocorreu com as rodovias, após adjudicada a vencedora da concessão e vencidas todas as etapas administrativas, é assinado o termo que passa a responsabilidade para o concessionário da exploração do serviço. Desde os últimos projetos concessionados, garante-se a renda do pedágio quando a empresa concluir e entregar para o usuário 10% do trecho concessionado duplicado (ANTT, 2013 e EPL 2014).

4.1 Possíveis riscos de um projeto de infraestrutura governamental

Ao longo do desenvolvimento desse estudo foram pesquisados inúmeros trabalhos (teses, dissertações, artigos) que versavam sobre projetos de investimentos governamentais. O governo brasileiro há mais de 20 anos domina o processo de concessão de infraestruturas, especialmente no setor energético no modelo de concessão para a construção e geração de energia elétrica e exploração de petróleo. No campo dos transportes, o modelo de concessões já é aplicado com aceitação pelo mercado e a sociedade, em especial nas infraestruturas rodoviárias e ferroviárias.

Quando da concessão da infraestrutura de transportes já é do conhecimento do interessado qual o prazo de exploração da concessão, o valor que deve ser investido nos primeiros anos em maior grau e, após o período inicial, os valores de manutenção em quantidade menor e normalmente constante, além do valor a ser pago ao Governo no caso da concessão seguir o modelo de maior ágio a ser pago pelo interessado para

prestar o serviço. Nos últimos leilões para concessões rodoviárias realizados pelo Governo Federal, o foco não era mais o valor a ser pago ao Governo, mas o menor valor a ser cobrado pelo concessionário ao usuário por 100 quilômetros percorridos (ANTT, 2013).

Visto dessa forma, se o interessado tem conhecimento do fluxo de tráfego da rodovia, e sendo alto o valor da tarifa de pedágio, o seu fluxo de caixa também será elevado, reduzindo assim seus riscos. Porém, quando se desconhece o real fluxo de caixa da concessão da rodovia, os riscos do investidor se tornam muito elevados. No atual Programa de Investimentos Logísticos – Rodovias (PIL-Rodovias), o Governo buscou concessionar rodovias já existentes onde o tráfego médio diário já é conhecido.

No caso de empreendimentos para o setor hidroviário a avaliação desses riscos descritos se dará com o enfoque do governo e não do investidor privado. Até o momento, ainda não se tem conhecimento de modelo de concessão de infraestrutura hidroviária. O primeiro projeto dessa natureza que seria realizado em um modelo não de concessão, mas de parceria público privada, o Canal Norte do rio Sena na França, com valores estimados de 7,0 bilhões de euros, foi suspenso após a crise econômica de 2008. Informações recentes indicam que o projeto do canal será reestruturado, com perspectivas de redução de sua capacidade operacional e novos valores estimados em 4,2 bilhões de euros (BOUR e DELEU, 2010; MIMAUT, 2014).

Villela (2013) identificou o risco de finalização do investimento como sendo o mais crítico devido a sua probabilidade de ocorrência e impacto no projeto da obra. Outro elemento que deve ser considerado é a taxa de desconto para o projeto. Em obras governamentais é usual a utilização da TJLP de forma constante para todo o fluxo de caixa do investimento. A variação percentual da taxa de desconto impacta diretamente o valor do projeto, e por isso deve ser melhor avaliada nos EVTEA. A tabela 4-1 apresenta a sensibilidade de um projeto hipotético com investimento estimado em R\$ 700 milhões de reais, vida útil de 21 anos, custos operacionais e receitas pré-determinadas ao longo do período, variando somente a taxa de desconto de forma constante entre 5,00% até 14,50%.

Tabela 4-1 – Análise da sensibilidade do VPL em um projeto hipotético de acordo com a variação da taxa de desconto (em milhões de reais).

5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	7,00%	7,50%	8,00%
R\$2.279,00	R\$2.122,22	R\$1.976,29	R\$1.840,35	R\$1.713,63	R\$1.595,41	R\$1.485,05
8,50%	9,00%	9,50%	10,00%	10,50%	11,00%	11,50%
R\$1.381,95	R\$1.285,56	R\$1.195,38	R\$1.110,95	R\$1.031,86	R\$957,72	R\$888,16
12,00%	12,50%	13,00%	13,50%	14,00%	14,50%	
R\$822,86	R\$761,53	R\$703,88	R\$649,66	R\$598,62	R\$550,56	

Fonte: autor

Se o Governo decide aplicar como taxa de desconto de um projeto de investimento o valor da TJLP atual de 6,00% a.a. o VPL do projeto terá um valor aproximado de dois bilhões de reais. Agora, se fosse aplicado o valor da taxa de 14,00% a.a, valor próximo da SELIC atual, o valor de VPL do projeto seria de R\$ 598,62 milhões. Essa variabilidade dos valores deve ser observada nos projetos governamentais hidroviários para melhor quantificá-los.

Atualmente, o tráfego comercial na Hidrovia do Tocantins é muito variável, o que dificulta assumi-lo como valor base para a projeção do volume futuro considerando como referência sua correlação com o valor do PIB. Essa premissa que considera o uso do PIB como fator de crescimento é considerada uma vez que o aumento da renda gera um aumento da produção e dos deslocamentos das pessoas, como também a maior demanda pelo transporte de produtos (ANTT, 2013).

O risco político deve ser tratado em obras governamentais em relação ao adiamento da execução da obra. O setor hidroviário nacional já experimentou adiamentos de obras já iniciadas que reduziram a capacidade de escoamento de produtos das regiões por este modo de transporte. Um exemplo é do próprio rio Tocantins, a construção das Eclusas de Tucuruí demoraram 30 anos para a sua conclusão (de 1981 até 2011) com sucessivas paralizações e retomadas. Outro exemplo, é o das eclusas de Boa Esperança, no rio Parnaíba, que tiveram as obras iniciadas há mais de 40 anos e ainda não foram concluídas.

Neste caso, o risco político está diretamente associado ao aumento dos custos do transporte dos produtos que poderiam ser escoados pela hidrovia e que são escoados

por outros modos: rodoviário em sua maioria e o ferroviário quando existe essa possibilidade.

Para esse estudo, não será incorporado o risco político, uma vez que o adiamento do projeto implicará na redução drástica do possível fluxo de caixa, pois somente será possível navegar com comboios em segurança por 6 meses ao ano, no período de águas altas do rio Tocantins na região. E os projetos de infraestrutura hidroviária tem como premissa a garantia de navegação em 100% do tempo.

Outros riscos inerentes aos projetos de infraestrutura já descritos na literatura, como cambial e risco de inflação (Brandão, 2002) também não serão considerados neste estudo uma vez que a modelagem não terá como objetivo a concessão da infraestrutura, sendo o Governo o único investidor e interessado na execução da obra. Mas esses elementos devem fazer parte de estudos de viabilidade quando projetos de infraestrutura hidroviária forem realizados em modelos de concessão ou parcerias público privadas. Nesses casos, o investimento e as receitas a serem auferidas demandam financiamentos externos e a forma de retorno se realiza com cobrança da prestação do serviço (p.ex: pedágio).

4.2 Processo de escolha do tipo de opção para o setor público

O relevante neste ponto é compreender o processo de uma opção e sua aplicabilidade em uma obra de infraestrutura de transporte governamental. Conforme visto no capítulo 2 da tese, as opções reais podem ser de adiar/diferir, alterar a escala, abandonar, de conversão, composta, crescimento com múltiplas interações (TRIGEORGIS, 1996).

A utilização da Teoria das Opções Reais pelo Governo com o objetivo de planejamento dos seus investimentos e melhor gestão orçamentária deve ser considerada de acordo com as características específicas de cada uma delas. O Quadro 4-1 apresenta as possibilidades de aplicação de acordo com o gestor: público ou privado.

Quadro 4-1 - Tipos das opções reais e suas aplicabilidades para o setor de infraestrutura de transportes público e privado.

Tipo de Opção	Público	Privado
Diferir/Adiar	Sim	Sim
Alterar a escala	Sim	Sim
Abandono do investimento	Não	Sim
Conversão	Não	Sim
Composta	Não	Sim
Crescimento com múltiplas interações	Não	Sim

Para investimentos públicos em infraestrutura, a não conclusão da obra causará prejuízos a sociedade, sendo que a opção de abandonar o investimento não deverá ser considerada.

Já a opção de conversão também não deve ser objeto de avaliação devido à peculiaridade da obra. Um investimento em infraestrutura de transporte não pode ser transformado em outra obra de infraestrutura de transportes, um derrocamento só serve para este fim, a construção um dispositivo de transposição de nível não pode ser converter em uma rodovia ou uma malha ferroviária, tampouco outro tipo de investimento.

No caso das opções do tipo composta e de crescimento com múltiplas interações, consideram na definição das etapas posteriores do desenvolvimento do projeto a opção de abandonar o projeto se ele não atingir o valor esperado, ou seguir para a próxima etapa. E no ultimo caso, se aplicam a projetos com múltiplas cadeias de projetos e interações, que não fazem parte do portfólio de investimentos no setor de transportes governamental no Brasil.

Conforme pesquisado, as aplicações das opções reais no Brasil foram em projetos de extração de combustível, mineral, concessões, *Project Finance* e PPPs na área de transportes, manejo florestal agrícola e projetos de P&D. Observa-se que, em todos os casos citados, o setor privado estava presente avaliando o possível investimento ou em parceria com o governo para a execução de uma obra. Para esses casos a

possibilidade de adiar é viável, pois os projetos em sua maioria são de longo prazo para exercer a opção de investimento.

Como o investimento na infraestrutura governamental hidroviária ainda carece de maiores dados e maturidade estrutural para sua execução, e considerando as alternativas geométricas propostas, e a incerteza em relação à quantidade de carga que será escoada pela hidrovía, as opções de alteração de escala e adiamento do investimento serão as estudadas neste trabalho.

4.3 Justificativa do uso da opção de adiamento

Adiamentos em projetos de infraestrutura governamentais no Brasil já ocorreram e ainda ocorrem, e o setor hidroviário não será exceção a essa regra. Novos projetos do setor de transportes ainda não eliminarão esse risco. Por isso, avaliar investimentos sob a perspectiva do adiamento de seu início, pode ser considerado uma estratégia na tomada de decisão e não uma incompetência em executar do governo.

Um exemplo de sua aplicação no setor de transportes foi apresentado por Rocha e Britto (2012). Eles trabalharam a opção de adiamento para a oferta de serviço não convencional para uma linha de transporte interestadual de passageiros. Nesse trabalho, após a demonstração da viabilidade de uma opção de adiamento da entrada do serviço não convencional utilizando o modelo do portfólio replicado, os autores propõem uma “calendarização” do início da prestação do serviço.

Seguindo a ideia dos autores, para o caso de obras e projetos de infraestrutura de transportes, o governo poderá trabalhar com uma carteira de projetos contingenciais. O vencedor da licitação teria o direito de exercer a opção de realizar o investimento e o governo o retorno futuro com a redução do frete, emissão de poluente e acidentes nas estradas se, e somente se, os valores de demanda para o escoamento da produção agrícola ou mineral na região apresentasse a viabilidade para sua implantação.

4.4 Justificativa do uso da opção de alteração de escala

A proposta de trabalhar com as opções reais com alteração de escala é vantajosa para o planejamento da execução de infraestruturas hidroviárias para o Brasil, pois não existe um levantamento da demanda a ser transportada na maioria dos rios com

potencial de utilização como hidrovias e ainda, na maioria dos casos, não existe a operação de transporte de cargas.

Porém, esse fator de incerteza já foi apontado por Santana (2008) que afirma o alto potencial de uso econômico do transporte hidroviário em função do alto potencial agrícola, e a possibilidade de sua utilização para o escoamento de produção de etanol e biodiesel, como no caso da hidrovia Paraná-Tietê.

Desta forma, se o planejamento da construção de sistemas hidroviários conseguir capturar o valor de sua execução com a opção da alteração da escala em virtude do crescimento da demanda agrícola, por exemplo, este elemento pode ser um atrativo ao investimento. O ganhador da licitação para a execução da obra teria também uma opção de expansão do serviço, se a demanda apresentada durante um tempo pré-determinado pelo governo fosse alcançada.

Essa proposta a ser estudada pode auxiliar o governo em uma resposta mais rápida na expansão da infraestrutura, reduzindo o tempo que será despendido pela administração na realização de uma nova licitação para atendimento de uma demanda não claramente definida no primeiro edital.

4.5 Elemento base do projeto: VPL sem flexibilidade

Em projetos de infraestrutura hidroviária são observadas alternativas de traçado para sua execução. Essas alternativas consideram questões de engenharia que definem o detalhamento da obra e valores para sua execução.

A depender da alternativa escolhida, essa pode não garantir o uso da infraestrutura para toda a demanda prevista, ou ao contrário, a alternativa garante uma possibilidade de escoamento muito superior a demanda da região. Para todas as alternativas de traçado deve ser calculado o VPL para avaliação do futuro investimento.

Deve então calcular o VPL do projeto sem flexibilidade, utilizando o método do fluxo de caixa descontado. O cálculo do VPL deve ser realizado para os três cenários possíveis de movimentação das cargas identificadas como potenciais utilizadoras da infraestrutura de transporte hidroviário.

Devido a particularidade dos projetos de engenharia, dificilmente será encontrado outro projeto similar que possa ser considerado como replicante do projeto atual. Na ausência de outro ou outros projetos similares já realizados é possível utilizar o atual projeto calculado sem flexibilidade como replicante dele. Copeland e Antikarov (2001, p. 96) descrevem que “o valor presente líquido dos fluxos de caixa do projeto sem flexibilidade é a melhor estimativa não tendenciosa do valor de mercado do projeto, se este fosse um ativo negociado”. Portanto, os valores encontrados de VPL para o projeto, neste caso, podem ser utilizados para dar continuidade ao estudo.

Para o cálculo do VPL, em se tratando do investimento a ser realizado pelo governo, a taxa de desconto a ser utilizada para o cálculo do valor presente do investimento será considerada de 10,5% a.a. Taxa esta disponibilizada pelo BNDES para o financiamento da construção e modernização da frota hidroviária.

4.6 A apropriação de receitas para o projeto de investimento

Considerando que o governo ao investir em uma infraestrutura de transporte hidroviário não cobra de seus futuros usuários contrapartida monetária, p.ex. pedágio, para a sua utilização, para avaliar a viabilidade do investimento, ele se apropria de valores calculados de economia de frete que serão obtidos pelos operadores fluviais como referência para calcular o retorno financeiro da obra.

Por esse motivo, a taxa de desconto a ser utilizada na composição das receitas oriundas da apropriação da economia de frete, deve ser a utilizada pelo futuro operador hidroviário para o pagamento de seus investimentos, que no caso serão as embarcações. O BNDES atualmente financia a aquisição de embarcações fluviais a uma taxa de TJLP + 3,5% a.a. (BNDES, 2015).

Porém, somente a utilização do custo do frete como realizado atualmente, garante um elemento financeiro. Como a pesquisa propõe uma análise econômica do investimento, outros elementos podem ser utilizados para a avaliação do projeto.

Ronchi, Moura e Rocha (2013) estudaram os custos evitáveis da poluição de veículos antigos no transporte de cargas rodoviário, avaliando esses custos para o

financiamento da renovação da frota de caminhões. Considerando as premissas dos autores, pode-se incorporar as questões de poluição ambiental do modo de transporte da carga como variável do retorno do investimento em infraestrutura hidroviária.

Outro elemento que pode ser considerado é o potencial de redução de acidentes quando da utilização do modo hidroviário para o transporte de cargas. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA em conjunto com o Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN apresentaram em 2006 um estudo que avaliou os impactos econômicos dos acidentes de trânsito.

No caso do transporte hidroviário, estudo realizado na hidrovía Paraná-Tietê apontou que nos últimos cinco anos de sua operação, aconteceram dois acidentes ao longo de todo o trecho de navegação. Em nenhum dos casos com vítimas fatais (DH, 2012). No modo rodoviário em 2011 foram mais de 93.000 acidentes em rodovias federais com veículos de carga, que ocasionaram mais de 2.000 mortos (DNIT e DPRF, 2011).

Considerando esses três fatores: frete, poluição e acidentes, como possíveis fontes de receita a serem apropriadas pelo governo para o cálculo do retorno do investimento, é proposta a Equação 27:

$$\text{Receita} = A_{\text{fre}} + A_{\text{pol}} + A_{\text{aci}} \quad [27]$$

Onde

A_{fre} = valor da redução da diferença do frete entre o modo de transporte rodoviário, ou ferroviário, ou rodoviário e ferroviário, e o modo hidroviário (em R\$);

A_{pol} = valor da redução da emissão de poluição, do poluente considerado, entre o modo de transporte rodoviário, ou ferroviário, ou rodoviário e ferroviário, e o modo hidroviário (em R\$);

A_{aci} = valor do número de mortes evitadas no transporte rodoviário de carga pela utilização do transporte hidroviário (em R\$).

O termo A_{fre} será calculado pela Equação 28:

$$A_{fre} = [\text{Min}(F_{rod}; F_{rod-fer}) - F_{rod-Hid}] \times Q \quad [28]$$

Onde,

F_{rod} , = valor do frete rodoviário,

$F_{rod-fer}$ = valor do frete rodo-ferroviário,

$F_{rod-Hid}$, = valor do frete rodo-hidroviário.

Q = quantidade de carga transportada na hidrovia (em t);

Para o cálculo do termo A_{pol} é proposta a seguinte Equação 29:

$$A_{pol} = [\text{Min}(P_{rod}; P_{fer}) - P_{Hid}] \times Q \quad [29]$$

Sendo P_{rod} , P_{fer} e P_{Hid} calculados pelas Equações 30, 31, 32 respectivamente,

$$P_{rod} = D_1 \times \alpha_{rod} \quad [30]$$

$$P_{fer} = D_2 \times \alpha_{fer} \quad [31]$$

$$P_{Hid} = D_3 \times \alpha_{hid} \quad [32]$$

Onde,

D_1 , D_2 e D_3 : distância percorrida pelo modo rodoviário, ferroviário e hidroviário respectivamente para transportar a carga (em km),

Q : quantidade de carga a ser transportada (em t),

α_{rod} , α_{fer} e α_{hid} = valor da emissão do poluente (em R\$/1000tkm).

Os valores de D serão de acordo com a distância até o ponto de embarque no porto marítimo considerado para o escoamento da produção. No caso do transporte rodoviário será considerado como a distância da origem da carga, e para o modo hidroviário, esse tem uma parcela que deve ser considerada da movimentação da carga pelo modo rodoviário até o terminal hidroviário.

Os valores de α para cada modo de transporte foram considerados de acordo como o estudo realizado pela União Europeia (DELFT, 2008) para a avaliação dos custos de poluição que são da ordem de: €7,5/1000tkm; €4,0/1000tkm; e €3,5/1000tkm. A taxa

de conversão do Euro a ser considerada é de €1,0 igual a R\$3,55 (cotação dia 11/06/2015). Os valores serão em reais: 26,63/1000tkm; 14,20/1000tkm; e 12,43/1000tkm para os modos rodoviário, ferroviário e hidroviário respectivamente.

Como no transporte hidroviário os casos de acidentes com vítimas fatais no Brasil não foram relatados nos últimos anos, pode-se considerar que o valor de A_{aci} será dado pelo número de acidentes fatais por ano com caminhões de carga que ocorreram na rodovia utilizada para o escoamento da commodities que ao final do investimento governamental será escoada pela hidrovia, calculado pela Equação 33:

$$A_{acid} = \lambda_{rod} \times \Omega \times C_{aci} \quad [33]$$

Onde,

λ : relação entre a capacidade de carga a ser transportada no modo de transporte e a capacidade de carga de um veículo tipo, calculada pela Equação 34:

$$\lambda = (Q/K_{mod}) \quad [34]$$

Ω = Índice de acidentes com caminhões na rodovia (quantidade de acidentes nas rodovias federais com caminhões de carga dividido pelo total da frota de veículos de carga)

C_{aci} = custo do acidente do caminhão (em R\$)

A quantificação dos elementos para apropriação dos acidentes nos cálculos da receita do projeto utilizando essa formulação, podem apresentar dificuldades na sua obtenção, pois o índice de acidentes (Ω) envolve dados estatísticos que ainda carecem de coleta, em especial, nas rodovias federais da região Norte do Brasil. Esta questão foi abordada no estudo do IPEA (2006) sobre o banco de dados utilizado na sua pesquisa. Os dados mais recentes disponibilizados pelo DNIT e PRF (2011) apontam para um índice de 0,04% de acidentes com caminhões em relação à frota nacional.

Enquanto novas pesquisas e coletas de dados não surgem com uma quantificação mais precisa dos acidentes em rodovias envolvendo caminhões de transporte de carga, a Equação 33 será adaptada considerando a pesquisa realizada por Ronchi, Moura e Rocha (2013) que estima um valor do acidente envolvendo caminhão da ordem de

R\$2.200,00 por caminhão/ano. E considerando que os acidentes hidroviários fatais foram nulos nos últimos anos, a retirada dos caminhões do transporte da carga do investimento será apropriada para a elaboração da receita.

4.7 Definição do modelo a ser utilizado para o cálculo da Opção Real

Conforme já apresentado no capítulo 2 da tese, os dois principais modelos para o cálculo da Opção Real de um investimento são os Modelos de Black&Scholes e o proposto por Cox, Ross e Rubinstein. Sendo que a preferência nos estudos já realizados para as concessões de infraestrutura foi dada ao modelo Binomial.

A preferência de um modelo em relação a outro pode ser considerada pelo tipo de opção a ser calculada. Enquanto no Modelo Binomial a opção pode ser exercida a qualquer momento até a data do vencimento (opção americana), no modelo de precificação das opções reais de Black&Scholes ela deve ser exercida no vencimento da opção (opção européia). Em ambos os casos, a medida que se aumenta o número de períodos a serem calculados, os valores estimados da opção convergem (EHRHARDT e BRIGHAM, 2015).

Nos casos estudados para o setor de infraestrutura de transporte, com o foco na concessão, ficou clara que a utilização do modelo binomial era o mais interessante, pois naqueles, a avaliação da opção de abandono foi considerada na maioria dos projetos. Por isso, a visualização de uma árvore de eventos e de decisão onde fica fácil identificar o ano ótimo para exercer a opção de abandono do investimento pode ser o ponto a se buscar.

Na ótica do Governo, no interesse de planejar o investimento deve-se avaliar o ponto (ano) onde o investimento pode ser iniciado de forma eficaz. O gestor pode analisar os cenários de produção de determinada região e avaliar o melhor momento para a realização do investimento público. Neste caso, a aplicação do modelo Black e Scholes se torna mais interessante para o gestor.

4.8 Tópicos Conclusivos

Este capítulo teve como base a proposição do uso da flexibilidade gerencial para avaliação econômica de projetos de infraestrutura de transportes por parte do governo.

Uma forma de se realizar isso é com a possibilidade de utilização das Opções Reais no cálculo da viabilidade dos projetos.

Para o cálculo das receitas que formarão o fluxo de caixa de um projeto dessa natureza, foi proposta a utilização de três elementos que irão compor a avaliação econômica do investimento a ser realizado pelo Governo: economia no frete da commodity a ser transportada pela hidrovía, o custo evitado na emissão de poluentes atmosféricos quando comparada a quantidade de poluição que cada modo de transporte libera por quilômetro e o custo evitado dos acidentes fatais que ocorrem em rodovias quando comparados com as hidrovias.

Na sequência, foi definido que o método de precificação das opções para o cálculo dos projetos governamentais será o Modelo Black e Scholes (1973).

Ao final do capítulo, foram apresentadas as duas proposta de estudo das opções reais para o investimento governamental em hidrovias: expansão e adiamento. No capítulo seguinte será apresentado o projeto de infraestrutura governamental hidroviário, derrocamento do Pedral do Lourenço, que será avaliado sob a ótica das opções reais.

Desta forma, diferente do que é apresentado hoje para a avaliação econômica dos investimentos governamentais em hidrovias serão propostas as seguintes alterações para os EVTEAs, Quadro 4-2 .

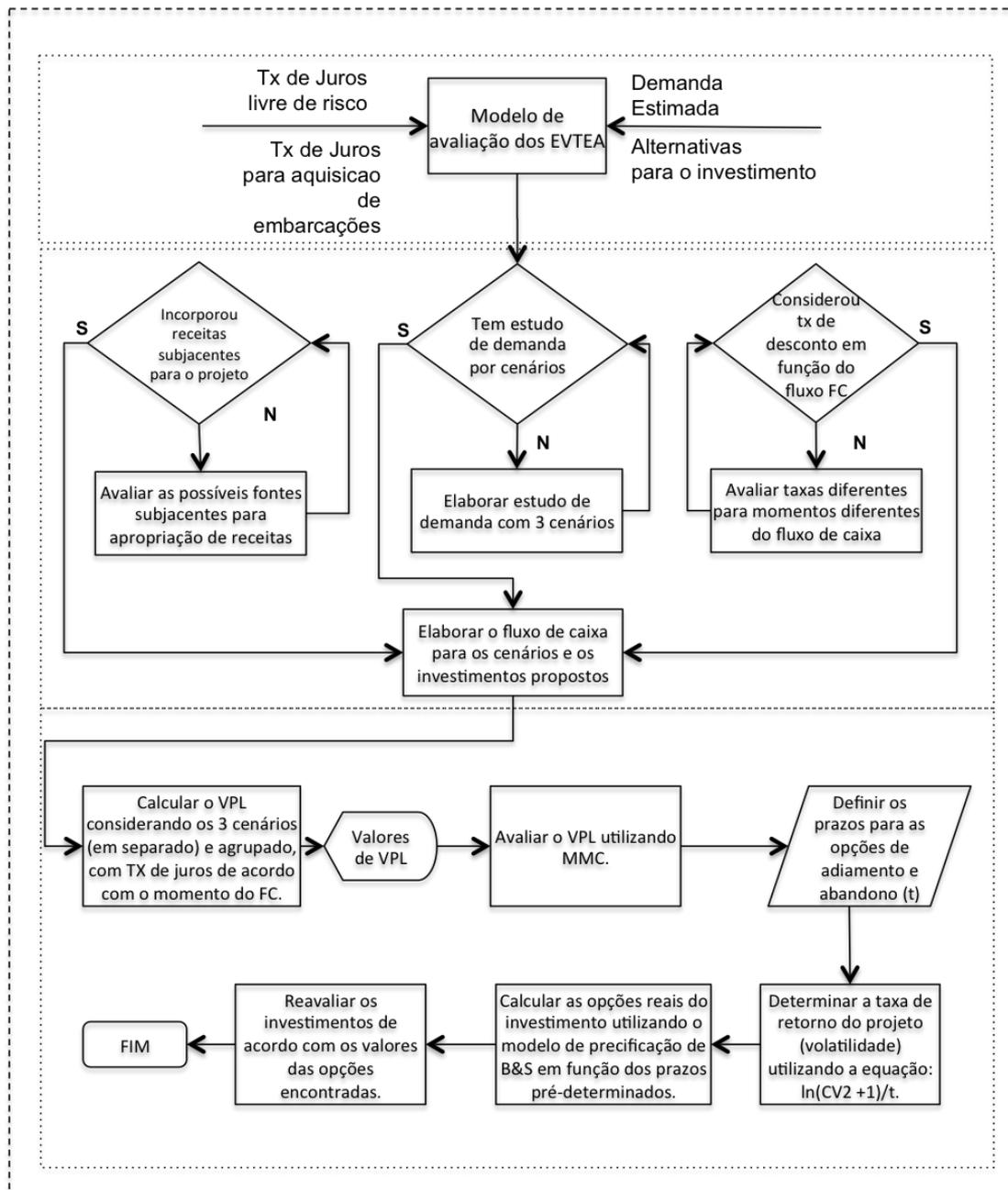
Quadro 4-2 – Proposta de modelo para análise e avaliação de projetos governamentais em infraestrutura de transportes hidroviários.

Atualmente	Proposta
<p>Análise Financeira</p> <ul style="list-style-type: none"> • Redução do Frete (custo) 	<p>Análise Econômica (triáde econômica)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissão de Poluentes (Meio Ambiente) (Delft, 2008) e (Ronchi, Moura e Rocha (2013). • Redução de Acidentes (fator Humano) (Ronchi, Moura e Rocha (2013). • Redução do Frete (custo)
<p>Cálculo de FC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demanda estimada em relação a redução do frete 	<p>Cálculo do FC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demanda estimada em relação a triáde econômica

Taxa de Desconto <ul style="list-style-type: none"> • TJLP 	Taxa de desconto <ul style="list-style-type: none"> • Taxa de financiamento para construção ou reforma de embarcações
Análise de Cenários separados de demanda de carga: Pessimista, Conservador e Otimista.	Análise de Cenários em conjunto da demanda de carga, com avaliação da probabilidade dos três cenários.
Cálculo da Viabilidade <ul style="list-style-type: none"> • Utiliza VPL e TIR para avaliar a viabilidade do projeto. • Considera o projeto como sendo agora ou nunca. 	Cálculo da Viabilidade <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar a Teoria das Opções Reais (Modelo de B&S) para avaliar o investimento. • Opções de Adiar e Expandir

Na sequência é descrito um fluxo simplificado dos processos que devem ser seguidos pelos gestores hidroviários para utilização do modelo proposto, Figura 4-1.

Figura 4-1 Fluxo simplificado do modelo proposto.



5. APLICAÇÃO DA PROPOSTA EM UM PROJETO DE INVESTIMENTO GOVERNAMENTAL HIDROVIÁRIO

Neste capítulo será apresentado o projeto para o investimento no setor hidroviário nacional, suas particularidades e o material base para a aplicação das Opções Reais. Nos dois capítulos anteriores, buscou-se caracterizar o setor hidroviário nacional e, a proposição de um modelo para avaliar os investimentos em infraestrutura para o setor. De acordo com o apresentado pelo Governo, até o presente momento, ainda não se conseguiu encaminhar propostas que levem a investimentos claros para o setor.

5.1 Histórico

Nos últimos 10 anos, das 60 obras de infraestrutura hidroviária interior apresentadas nos Programas de Aceleração do Crescimento (PAC) 1 e 2, foram concluídas 16. Em valores financeiros, de um total de 4,2 bilhões de reais, aproximadamente 1,5 bilhão de reais foram efetivamente pagos. Neste ponto, deve ser observado que somente as obras de conclusão das Eclusas de Tucuruí respondem por 65% do montante investido no setor, nos últimos 10 anos (Vetter e Carvalho, 2014).

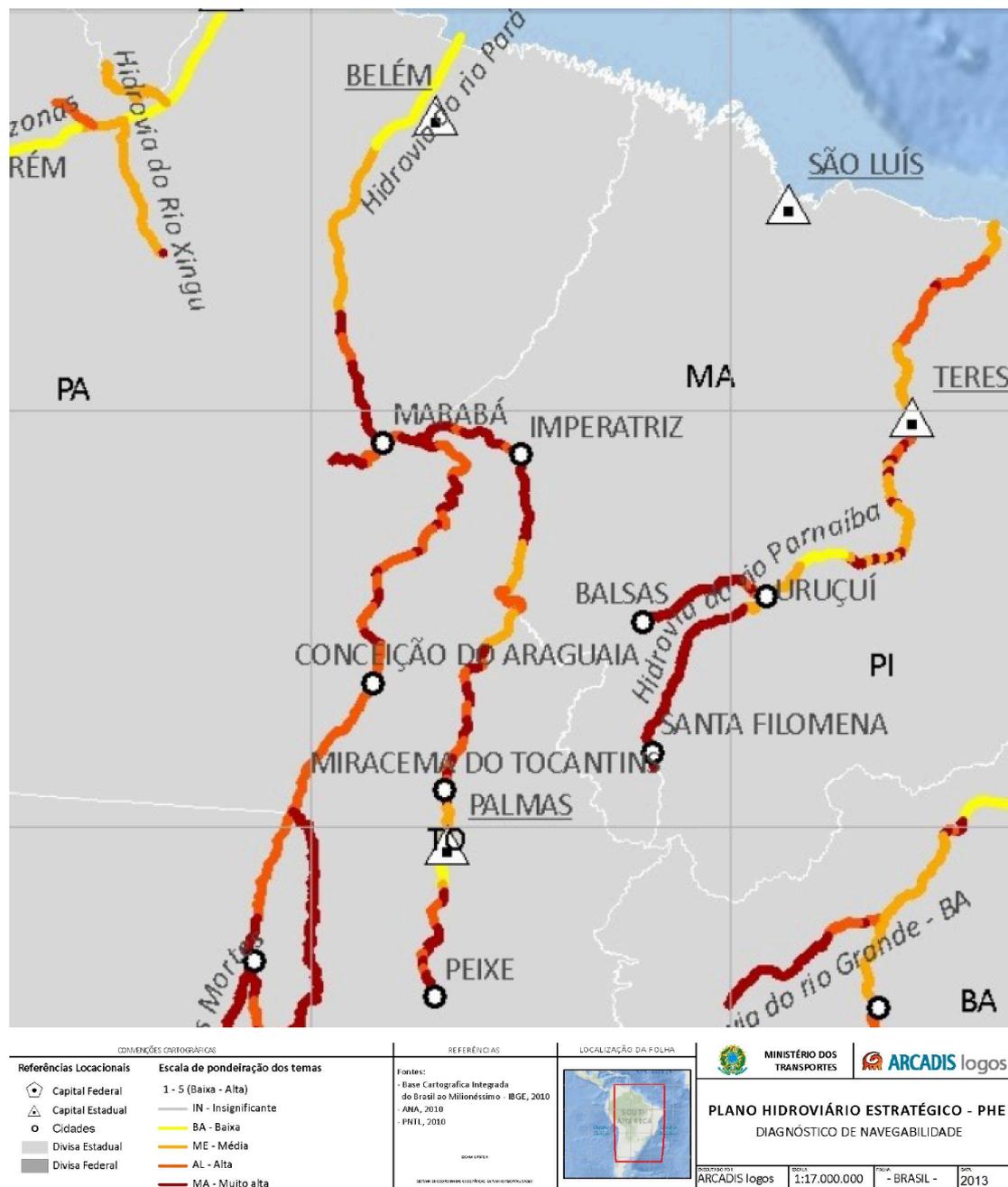
Neste cenário de baixa execução em infraestrutura aquaviária, deve-se observar que os investimentos em infraestrutura de transporte tem como características básicas seu elevado custo e longo prazo de retorno do investimento. Para outros modos de transporte (rodoviário, ferroviário, portuário e aeroviário), já existem modelagens para a participação do setor privado no investimento em construção e expansão das infraestruturas. O transporte hidroviário ainda carece de estudos e um maior entendimento de suas características para sua maior compreensão e avaliação do seu potencial por parte do próprio governo.

Na busca dessa compreensão, o foco desta tese foi apresentar um caso concreto de investimento governamental em infraestrutura hidroviária em um eixo de desenvolvimento já identificado como de grande potencial, mas ainda sem infraestrutura viária consolidada. Esse caso será o do Derrocamento do Pedral do Lourenço, na Hidrovia do Tocantins.

5.2 Importância da região do projeto de derrocamento do Pedral do Lourenço

O projeto do Pedral do Lourenço é parte de um conjunto de obras necessárias para garantir a utilização da Hidrovia do Tocantins. A Hidrovia já foi identificada pelo Ministério dos Transportes: se inicia na sua foz, próxima à cidade de Belém (Porto de Vila do Conde-PA) vai até a Usina Hidroelétrica (UHE) de Peixe (Figura 5-1), percorrendo um total de mais de 2.000 km (MT e MD, 2007).

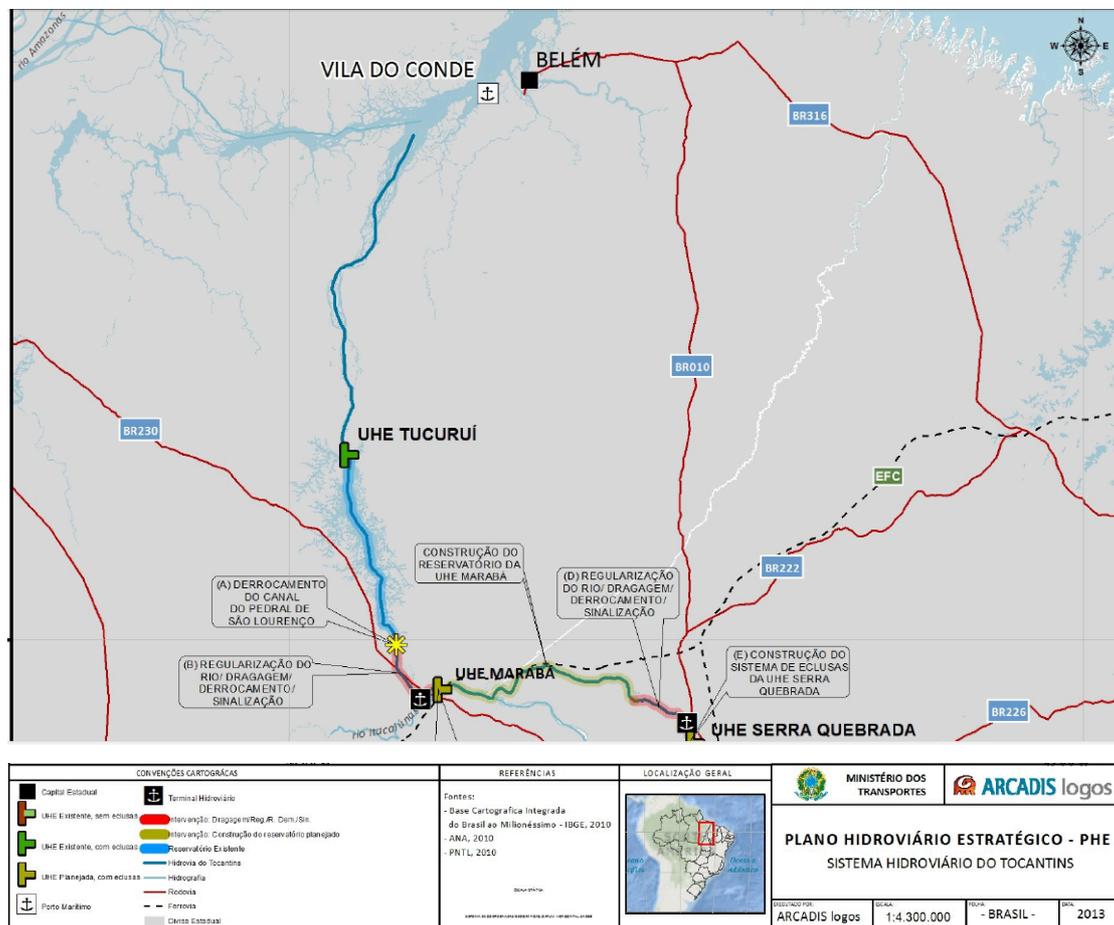
Figura 5-1 - Diagnóstico de Navegabilidade no rio Tocantins, trecho Vila do Conde-PA Peixe-TO



Fonte: MT (2013)

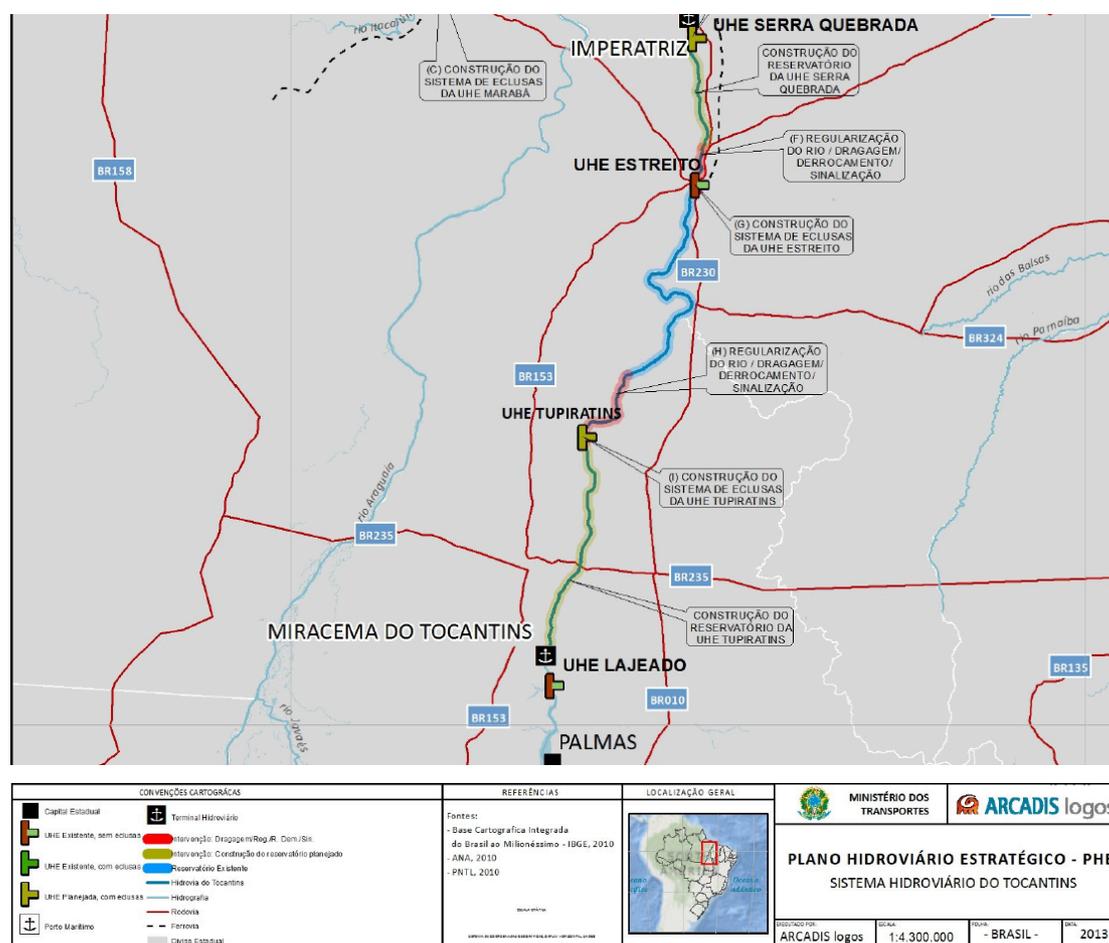
Mesmo já identificado o potencial dessa via com a extensão definida (2.000km), o Ministério dos Transportes elaborou um novo plano hidroviário em 2013. Nesse plano foi reduzida a extensão comercialmente utilizável do rio Tocantins para o trecho compreendido da foz em Vila do Conde-PA até a cidade de Miracema do Tocantins-TO, próxima a UHE de Lajeado, em um total de 1.230km. Essa redução foi considerada em virtude das restrições de navegabilidade no trecho a montante da cidade de Miracema do Norte- TO até o limite de navegação do rio Tocantins: a UHE de Peixe (MT, 2013).

Figura 5-2 - Eixo de Empreendimentos no rio Tocantins, trecho Vila do Conde-PA - Marabá-PA até jusante UHE-Serra da Quebrada



Fonte: MT (2013)

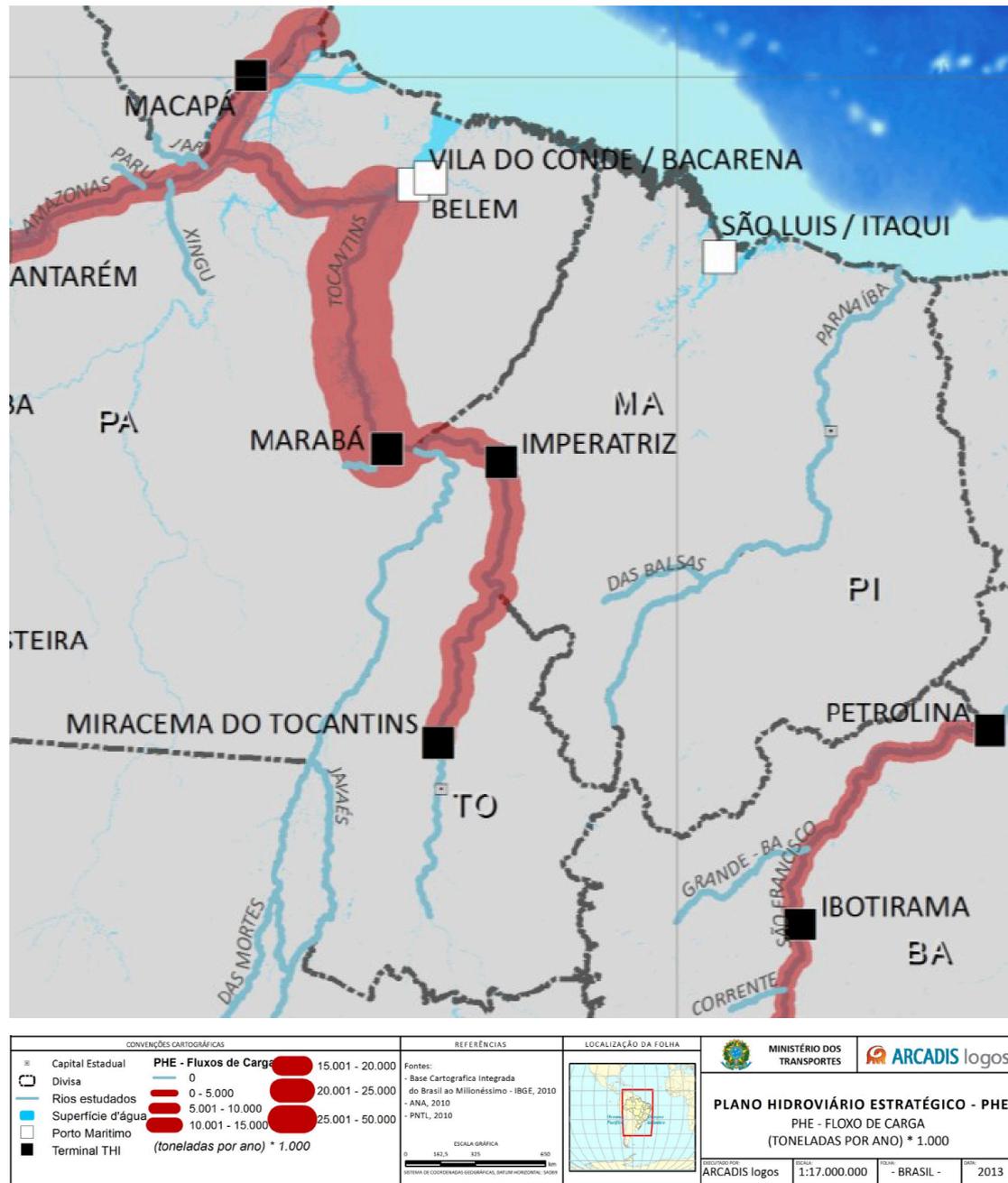
Figura 5-3 Eixo de Empreendimentos no rio Tocantins, trecho UHE-Serra da Quebrada até Palmas-TO.



Fonte: MT (2013)

Ao considerar esses trechos (Figuras 5-2 e 5-3), o Governo busca a estruturação de uma infraestrutura considerada fundamental para garantir o escoamento de cargas, para o horizonte até 2031, de 41,1 milhões de toneladas, sendo que o trecho da Hidrovia entre a cidade de Marabá-PA e o Porto de Vila do Conde será responsável por 32,5 milhões de toneladas. Os outros 8,6 milhões de toneladas corresponderão à produção agrícola da região denominada MATOPIBA (Maranhão-Tocantins-Piauí-Bahia) principalmente de soja, farelo de soja e milho (Figura 5-4).

Figura 5-4 - Fluxo de carga previsto para a região do MATOPIBA e Pará para a Hidrovia do Tocantins



Fonte: MT (2013)

Constatando essa produção prevista e considerando a incapacidade logística de atendimento dessa demanda pelos outros modos de transporte já implantados na região (Rodovias BR-010/153; BR-222; BR-230; BR-234; BR-230 e da Estrada de Ferro Carajás, que atende exclusivamente a demanda da Mineradora Vale), a utilização do rio Tocantins como alternativa de escoamento se torna imperiosa e fundamental para a região. A execução do derrocamento do Pedral do Lourenço é a

principal barreira para o atendimento de aproximadamente 80% do escoamento previsto.

Os investimentos que transformam vias navegáveis em hidrovias podem ser classificados em três tipos: (1) estruturantes, p.ex., derrocamentos, construção de dispositivos de transposição de nível, dragagens de aprofundamento, retificação de meandros; (2) de manutenção, p.ex., dragagens para garantia de calado mínimo, retirada de paliteiros, retirada de vegetação do canal de navegação, da sinalização já implantada; e (3) operacionais: p.ex., criação de centro de operação e controle do tráfego hidroviário (CCO), implantação de sinalização e elaboração de cartas náuticas.

Santana (2008), apresenta na sua tese uma proposta de diretrizes para o planejamento e gestão ambiental para o setor de transporte hidroviário no Brasil. Na sua pesquisa, ele divide o projeto hidroviário em etapas de planejamento, implantação, operação, manutenção e desativação/descarte que devem ser seguidas como proposições para políticas públicas para o setor. Ainda em 2008, Almeida busca a elaboração de uma rede de transportes multimodal para o escoamento de cargas na região Amazônica que garantisse o desenvolvimento econômico da região.

Mesmo, considerando o potencial natural brasileiro para a implantação de projetos de infraestrutura hidroviária, deve-se considerar a questão dos usos múltiplos das águas. Em vários rios brasileiros hoje já utilizados para a navegação comercial, esses apresentam um compartilhamento do uso dominical da água para outros fins: geração de energia elétrica, captação para agricultura e abastecimento industrial e de cidades. Essas situações de compartilhamento da infraestrutura natural devem ser levadas em consideração quando da avaliação econômica dos projetos, pois, em casos extremos, a navegação pode ser inviabilizada, por restrição de calados operacionais, em detrimento a outros setores. Em 2001 e agora em 2014, a navegação comercial no sistema Tietê-Paraná foi interrompida em função da redução dos níveis dos reservatórios dos diversos barramentos por uma política de geração de energia elétrica.

Na região do rio Tocantins, mesmo já existindo três usinas hidroelétricas em operação (Tucuruí, Estreito e Lajeado), os níveis operacionais mínimos determinados pela Agência Nacional de Águas – ANA garantem para os projetos hidroviários o calado necessário para a navegação.

5.3 Projeto de Engenharia

O projeto de engenharia contratado pelo Governo consiste no serviço de retirada de pedras – derrocamento ou derrocagem, no caso específico utilizando-se de explosivos, além da sinalização a posteriori e elaboração das cartas eletrônicas de navegação em um trecho de 42 km. Após a conclusão dessa obra, será possível a navegação pelo rio Tocantins em uma extensão de 567 km.

Nesse caso, como o transporte de cargas (agrícola e mineral) será utilizado para a estimativa dos valores de cargas de acordo com os levantamentos preliminares dos estudos de viabilidade realizados. Esses dados em sua grande maioria utilizaram como fontes o PNLT e as informações de produção dos municípios divulgados pelo IBGE e Ministério da Agricultura.

Para o escoamento da safra identificada nos estudos de viabilidade, o projeto trabalhou com 15 alternativas de obra definidas para dois padrões de comboios (A e B) na Hidrovia considerando o trecho Marabá – Vila do Conde. O comboio A tem as seguintes características: formação E - 2x2, empurrador e quatro chatas, comprimento total de 200,00m, boca de 32,00m e calado de 3,50m que garantem uma capacidade de 16.000 toneladas. Já o comboio B conta com formação E - 3x2, empurrador e seis chatas, comprimento total de 150,00m, boca de 32,00m e calado de 2,10m que garantem uma capacidade de 6.000 toneladas.

A capacidade operacional das Eclusas de Tucuruí são para comboios de 16.000t (comboio A) o que garante uma capacidade operacional de 85.000.000t ano (16 eclusagens/dia X 330 dias do ano X 16.000t). Para a execução do serviço de derrocamento, os gestores optaram pela utilização do comboio B. Definido no projeto de derrocamento e considerando que não serão acopladas mais chatas para a passagem pelas eclusas. Considerando o comboio B a capacidade operacional será de

31.680.000 toneladas (16 eclusagens/dia X 330 dias do ano X 6.000t). Esse valor será fixado como a capacidade máxima de movimentação da hidrovia por ano.

Foram estudadas quinze alternativas para o derrocamento que consideraram como características para definição do volume a ser derrocado a cota do reservatório da UHE de Tucuruí, a profundidade requerida para a navegação segura da embarção tipo com diferentes calados operacionais, e as vazões (em m³) na seção do derrocamento. Para cada uma delas, foi estimado o volume de rocha, em metros cúbicos, que deveria ser removido.

Nos estudos das alternativas propostas os valores variaram de R\$695.007.484,00 até R\$28.359.002.341,98. Sendo que a opção de menor valor proposto (alternativa #1) foi a indicada para o processo licitatório (Tabela 5-1). As várias alternativas estudadas correspondem ao estudo do traçado na região do Pedral do Lourenço. As opções para a movimentação do comboio com dimensões menores que a capacidade das Eclusas de Tucuruí e passagem singular (com execução de pontos de cruzamento/ultrapassagem) correspondem às alternativas 1, 2 e 3.

Tabela 5-1 - Resumo das alternativas para o derrocamento e respectivos valores de investimento para embarcações tipo B em canal natural

Canal Natural 70 metros de largura					
n# Alternativa	cota do reservatório (m)	vazão (m3)	profundidade (m)	volume de derrocagem (em mil m3)	investimento derrocagem (em mil R\$)
1	62,00	5.000	3,00	691,47	695.007,48

Canal Natural 80 metros de largura					
n# Alternativa	cota do reservatório (m)	vazão (m3)	profundidade (m)	volume de derrocagem (em mil m3)	investimento derrocagem (em mil R\$)
2	58,00	2.000	4,00	6.177,86	5.999.022,00
3	62,00	5.000	4,00	1.625,15	1.592.488,65

Fonte: DNIT (2009 e 2013).

As alternativas 4 a 9 (Tabela 5-2) correspondem ao projeto com maiores intervenções de engenharia: retificação de curvas com raios de curvatura que obrigam a redução de velocidade e largura que possibilitam o cruzamento de embarcações.

Tabela 5-2 - Resumo das alternativas para o derrocamento e respectivos valores de investimento para embarcações tipo B em canal projetado de 120m e curvas retificadas

Canal Projetado (120m de largura) com retificacao de curva					
n# Alternativa	cota do reservatório (m)	vazão (m3)	profundidade (m)	volume de derrocagem (em mil m3)	investimento derrocagem (em mil R\$)
4	58,00	2.000	3,00	14.841,35	14.296.239,04
5	58,00	2.000	3,50	15.668,66	15.091.471,59
6	58,00	2.000	4,00	29.471,37	28.359.002,34
7	60,00	5.000	3,00	5.748,08	5.555.556,05
8	60,00	5.000	3,50	7.694,29	7.426.298,31
9	60,00	5.000	4,00	8.349,79	8.056.385,45

Fonte: DNIT (2009 e 2013).

No caso das alternativas 10 a 15 (Tabela 5-3) foi considerada a possibilidade do canal projetado com a execução de pontos de cruzamento/ultrapassagem.

Tabela 5-3 Resumo das alternativas para o derrocamento e respectivos valores de investimento para embarcações tipo B em canal projetado de 120m e sem curvas retificadas

Canal Projetado (120m de largura) com curva natural					
n# Alternativa	cota do reservatório (m)	vazão (m3)	profundidade (m)	volume de derrocagem (em mil m3)	investimento derrocagem (em mil R\$)
10	58,00	2.000	3,00	12.663,98	12.203.295,55
11	58,00	2.000	3,50	13.822,59	13.316.986,16
12	58,00	2.000	4,00	27.028,27	26.010.624,24
13	60,00	5.000	3,00	4.860,85	4.702.727,64
14	60,00	5.000	3,50	6.249,42	6.037.458,32
15	60,00	5.000	4,00	7.119,36	6.873.665,80

Fonte: DNIT (2009 e 2013).

Em relação aos valores das cotas dos reservatórios, a cota de 58,00 metros corresponde ao mínimo operacional da UHE de Tucuruí. Quando o nível d'água for inferior a esse valor a usina deve parar sua operação. O valor de 60,00 metros

corresponde ao mínimo *minimorum* da cota da usina já identificado. E o valor de 62,00 metros corresponde ao valor de operação normal da usina.

As profundidades estudadas são referentes aos valores possíveis de calado operacional para as embarcações operarem nesse trecho do rio Tocantins. Para projetos em vias navegáveis, deve ser observado que a medida que se desloca da foz em direção as nascentes do rio – jusante para montante – existe uma restrição de calado e também um aumento da sinuosidade (curvas) do curso d'água. Por isso, em projetos estruturantes hidroviários é comum existir não somente um comboio padrão para toda a hidrovia, mas comboios de acordo com as características do leito fluvial.

No caso de obras dessa natureza – derrocamentos - não é considerada a necessidade de outros investimentos além dos realizados no primeiro momento, que incluem a mobilização e a desmobilização. As despesas ao longo do investimento após o período inicial somente serão de manutenção da sinalização instalada e atualização das cartas náuticas eletrônicas, que, no caso, tiveram um custo previsto para sua implantação e elaboração da ordem de R\$ 2.400.000,00. Mas cabe destacar que a execução de um projeto com escala de derrocamento menor não cria obstáculo para execução de outros projetos de derrocamento. Nestes casos, se for realizada outra obra de derrocamento no mesmo local, os custos serão reduzidos da quantidade de material já extraído, porém o custo com mobilização e desmobilização de canteiro de obras deverá ser considerado novamente.

Observa-se que a variação na escala do investimento desse empreendimento é da ordem de 40 vezes.

Para a elaboração das planilhas de cálculo do projeto licitatório foram considerados anualmente custos de 50% do valor investido para a implantação inicial do sistema de sinalização e elaboração de cartas náuticas (R\$1.200.000,00) para garantia de continuidade do serviço. Esse valor será considerado como custos operacionais do empreendimento, além do valor de R\$695,00 milhões, da alternativa número 1, de investimento na obra. Outros custos operacionais decorrentes da manutenção da hidrovia, como dragagens rotineiras e retiradas de paliteiros ao longo de toda a sua

extensão navegável, não serão considerados nos cálculos, uma vez que o foco é a obra de derrocamento e a implantação inicial da hidrovia.

5.4 Receitas

O projeto será financiado totalmente pelo Governo, que considera a política de investimentos nas infraestruturas viárias como instrumento dinamizador da economia. Considera-se, portanto, que a hidrovia será uma alternativa viária para o escoamento da produção agrícola-mineral da região, desde que seu valor de custo frete seja inferior ao custo do frete de outras alternativas: rodoviária até um porto exportador; rodo-ferroviária até um porto exportador.

As receitas associadas aos custos sociais em projetos oriundos da redução da poluição atmosférica que determinado modo de transporte leva vantagem em relação a outro modo, e a redução da quantidade de acidentes que, estatisticamente, um modo de transporte tem em comparação com outros modos foram considerados nos cálculos de receita. A Equação 27, apresentada no capítulo 4 considera esses três fatores (vide apêndice).

5.4.1 Demanda Estimada

Para avaliar as possíveis cargas com potencial de uso da hidrovia do Tocantins após a conclusão das obras de derrocamento e a área de influencia do rio, no primeiro momento, foram considerados os Estados de Goiás, Maranhão (região sul do estado), Tocantins, Mato Grosso (região nordeste e sudeste do Estado), Pará (região sudeste), Bahia (região oeste) e Piauí (região sudoeste) e os produtos: a soja, o milho e o minério de ferro. No apêndice 1, estão discriminadas as tabelas que orientaram os cálculos da receita do estudo, nas Tabelas 5-4, 5-5 e 5-6, a seguir, estão os valores consolidados da movimentação das cargas, soja e minério, para a hidrovia no horizonte do projeto determinado em 21 anos, nos cenários pessimista, conservador e otimista respectivamente.

Tabela 5-4 - Valores consolidados da movimentação de cargas gerais para a hidrovia, considerando o cenário pessimista

Produto	Soja (em mil t)	Minério (em mil t)	Total (em mil t)
Ano			

1	1.338	1.100	2.438
2	1.365	2.300	3.665
3	1.392	3.300	4.692
4	1.420	3.450	4.870
5	1.448	3.550	4.998
6	1.477	3.650	5.127
7	1.507	3.650	5.157
8	1.537	3.650	5.187
9	1.567	3.850	5.417
10	1.599	3.850	5.449
11	1.631	3.850	5.481
12	1.663	3.850	5.513
13	1.697	3.850	5.547
14	1.731	3.850	5.581
15	1.765	3.850	5.615
16	1.801	3.850	5.651
17	1.837	3.850	5.687
18	1.873	3.850	5.723
19	1.911	3.850	5.761
20	1.949	3.850	5.799
21	1.988	3.850	5.838

Fonte: DNIT (2013) e MAPA (2013) adaptado.

Nos valores apresentados na Tabela 5.4 observa-se que a capacidade de carga total em que foi projetada a hidrovia do Tocantins neste trecho não será alcançada durante todo o horizonte do projeto.

Tabela 5-5 - Valores consolidados da movimentação de cargas gerais para a hidrovia, considerando o cenário conservador

Produto	Soja (em mil t)	Minério (em mil t)	Total (em mil t)
Ano			
1	1.427	1.131	2.558
2	1.487	2.365	3.852
3	1.550	3.393	4.943
4	1.615	3.547	5.163
5	1.684	3.650	5.334
6	1.755	3.753	5.508
7	1.829	3.859	5.688
8	1.906	3.968	5.874
9	1.986	4.080	6.066
10	2.070	4.195	6.265
11	2.158	4.313	6.470
12	2.249	4.435	6.683
13	2.343	4.560	6.903
14	2.442	4.688	7.131

15	2.545	4.820	7.366
16	2.653	4.956	7.609
17	2.765	5.096	7.861
18	2.881	5.240	8.121
19	3.003	5.388	8.391
20	3.130	5.539	8.669
21	3.262	5.696	8.958

Fonte: DNIT (2013) e MAPA (2013) adaptado.

O mesmo ocorre quando da apresentação das futuras movimentações de cargas para o cenário conservador (Tabela 5.5), o que já aponta para uma subutilização da capacidade operacional das Eclusas de Tucuruí.

Tabela 5-6 Valores consolidados da movimentação de cargas gerais para a hidrovia, considerando o cenário otimista.

Produto	Soja (em mil t)	Minério (em mil t)	Total (em mil t)
Ano			
1	1.895	3.050	4.945
2	2.053	6.424	8.477
3	2.225	13.540	15.765
4	2.411	14.770	17.181
5	2.613	16.112	18.725
6	2.832	17.576	20.408
7	2.932	19.173	22.106
8	3.037	20.915	23.952
9	3.145	22.816	25.960
10	3.257	24.889	28.145
11	3.373	27.150	30.523
12	3.493	28.962	32.454
13	3.617	30.894	34.511
14	3.746	32.955	36.701
15	3.879	35.154	39.034
16	4.017	37.500	41.517
17	4.160	39.820	43.981
18	4.309	42.285	46.593
19	4.462	44.901	49.363
20	4.621	47.680	52.300
21	4.785	50.630	55.415

Fonte: DNIT (2013) e MAPA (2013) adaptado.

Observa-se nos valores apresentados nos projeto do governo para o cenário otimista uma forte variação da movimentação do minério de ferro que será escoado pela

hidrovia, e de acordo com a composição hidroviária escolhida (comboio tipo B) a capacidade operacional da hidrovia será alcançada no ano 14 do projeto.

Considerando os valores das estimativas de carga, foi calculada a economia anual com a utilização da Hidrovia do Tocantins considerando a apropriação no projeto governamental das receitas de frete, redução da poluição e dos acidentes, a Tabela 5-7 apresenta os valores consolidados para os três cenários.

Tabela 5-7 Projeção consolidada das receitas do projeto para os três cenários, pessimista, conservador e otimista.

Ano	Pessimista	Conservador	Otimista
	Total Anual receitas (em mil R\$)	Total Anual receitas (em mil R\$)	Total Anual receitas (em mil R\$)
1	47.295	49.379	102.446
2	78.035	81.462	189.628
3	103.724	108.381	371.575
4	107.923	113.234	404.814
5	110.866	116.827	441.038
6	113.816	120.464	480.515
7	114.246	124.219	522.186
8	114.685	128.095	567.573
9	120.191	132.095	617.010
10	120.647	136.225	670.863
11	121.113	140.489	729.531
12	121.587	144.890	776.874
13	122.072	149.434	827.329
14	122.566	154.126	881.102
15	123.069	158.970	938.411
16	123.583	163.972	999.492
17	124.108	169.136	1.059.999
18	124.642	174.469	1.124.202
19	125.188	179.977	1.192.329
20	125.744	185.664	1.264.620
21	126.311	191.538	1.341.331
Total	2.391.411	2.923.044	15.502.868

5.5 Modelagem do Fluxo de Caixa Descontado

A elaboração do plano financeiro considerará o custo determinado do projeto de R\$ 695.007.483,68. Como ainda não foi identificada, até o momento, qualquer proposta de concessão para o setor hidroviário no mundo, será avaliado o plano com o financiamento integral das obras pelo Governo. De forma a ilustrar as variações do VPL do projeto serão apresentadas em um primeiro momento três valores para o seu cálculo considerando a taxa de retorno constante atribuída pelo Governo para os seus investimentos: 6%, uma segunda alternativa considerando a taxa de retorno do investimento linear de 10,5%, que é o valor do financiamento pelo BNDES para a construção de embarcações fluviais.

Na terceira alternativa será aplicada como referência a Taxa Selic de 13,65% a.a. (referência junho de 2015). Todos os valores foram considerando os cenários pessimista, conservador e otimista, Tabela 5-8.

Tabela 5-8 Valores de VPL tradicional para diferentes taxas de desconto.

Cenário	Valores de VPL (em R\$ 1.000,00)		
	Taxa de desconto (6%)	Taxa de desconto (10,5%)	Taxa de desconto (13,65%)
Pessimista	317.106,21	(22.974,44)	(163.125,11)
Conservador	457.067,93	52.644,43	(112.141,21)
Otimista	4.109.540,53	2.200.111,69	1.418.592,94

Observa-se que, para valores de taxa superiores consideradas pelo Governo e servindo de referência a taxa de juros cobrada pelo BNDES para o financiamento das embarcações fluviais, o cenário pessimista não seria justificável para o investimento. Outro detalhe em relação aos EVTEA governamentais é a ausência de avaliação dos cenários atribuindo probabilidades entre eles.

O Governo em seus projetos considera cada cenário de forma estanque. Se fosse considerado neste projeto a probabilidade de ocorrência dos cenários na relação 25% otimista, 50% conservador e 25% pessimista valores comuns em livros de administração financeira (EHRHARDT e BRIGHAM, 2015), o valor do VPL seria de R\$ R\$ 1,67 bilhões para a taxa de desconto de 6% a.a., R\$ R\$ 743,30 milhões para a taxa de 10,5% a.a. e de R\$ R\$ 381,11 milhões para a taxa de 13,65% a.a..

Ao utilizar o Método Monte Carlo com 100.000 iterações para analisar a volatilidade dos fluxos de caixa e, por consequência, o Valor Presente Líquido do projeto governamental original para o cenário otimista, 15% dos valores do VPL ficaram abaixo de zero. Para os cenários conservador e pessimista, considerando as premissas

do projeto original, foram encontrados respectivamente 18% e 16% dos valores de VPLs positivo (Apêndice C).

Essa avaliação dos investimentos hidroviários atualmente realizados pelo Governo, incorre em um grande risco para o sucesso do projeto. Ao anunciar que um projeto com valores de recursos públicos elevados é viável sem uma análise da volatilidade da principal variável de risco do projeto, sua demanda de carga, fragiliza o processo de análise dos investimentos.

Além disso, quando se projetam estimativas de demanda com cenários otimista, conservador e pessimista, deve ser avaliado o projeto considerando uma probabilidade de ocorrência dos cenários, e não somente analisá-los separadamente.

Esse tipo de avaliação realizada atualmente pelo setor público, pode ser um dos motivos que levam o setor hidroviário, ao apresentar seus projetos para a área, a não despertar o interesse de parceiros privados em um modelo de investimento do tipo PPP.

Considerando que o projeto tem uma grande incerteza na estimativa da demanda das cargas que utilizarão a hidrovia, o que leva a um elevado risco no seu investimento, foi proposta a utilização da Teoria da Opções Reais para avaliar os investimentos no setor.

5.6 Modelo de Black & Scholes do projeto

Nesta parte do capítulo, serão calculados os valores das opções para o projeto de investimento hidroviário. Conforme já descrito em etapas anteriores serão incorporados ao projeto tradicional as opções de adiamento e expansão.

Para o caso da opção de adiamento, foram consideradas duas opções: adiamento de dois anos e de seis anos. Esses valores consideram as possibilidades que podem incorrer em um projeto de infraestrutura dessa natureza, tais como, entraves ambientais e ou legais para o início da obra, a avaliação de demandas de carga como a identificada no cenário pessimista que utilizarão a hidrovia. Também será apresentada

a precificação da opção para o caso do aumento da capacidade de cargas que se utilizarão da hidrovia, e que, por consequência necessitará de investimentos de expansão.

5.6.1 Estudo 1. Opção de Adiamento de dois anos.

Conforme já descrito neste trabalho, os adiamentos de obras realizadas pelo governo são comuns no Brasil. Entraves ambientais e legais são as principais justificativas apresentadas quando um cronograma de execução não segue o planejamento informado. A possibilidade de precificar o adiamento de determinada obra com vistas ao melhor planejamento e, por consequência, a carteirização dos projetos deve ser incorporada nos cálculos de viabilidade dos empreendimentos. O tempo de adiamento de dois anos foi utilizado considerando o tempo médio da assinatura da ordem de serviço que autoriza o início das obras.

Considerando o grande número de obras hidroviárias necessárias e a crescente limitação dos recursos públicos, é importante considerar opções de adiamento dos empreendimentos.

Com base nos três cenários apresentados de possíveis demandas de carga, foi calculado o fluxo de caixa e o respectivo VPL do projeto, considerando a probabilidade de 25%-50%-25% para a ocorrência da demanda otimista, conservadora e pessimista, respectivamente. Para a utilização do modelo de Black&Scholes são necessários cinco elementos para o cálculo da opção, a saber: 1) taxa de juros livre de risco; 2) tempo de expiração da opção; 3) preço de exercício da opção; 4) preço atual do projeto; e 5) variação da taxa de retorno do projeto.

Para o cálculo da variação da taxa de retorno do projeto Ehrhardt e Brigham (2015) propõem três diferentes abordagens: utilizar uma opinião avalizada por técnicos do setor que de acordo com suas experiências em outros projetos poderiam informar a variação média da receita desses; outra abordagem seria a utilização da estimativa da taxa de retorno para cada resultado, complementada com o cálculo da variação de tais

retornos; por último pode ser calculada a variação utilizando os dados base dos cenários, calculando o valor esperado dos fluxos de caixa e o desvio padrão do projeto. Desta forma, será calculado o Coeficiente de Variação (CV) do fluxo de caixa, dividindo o desvio padrão pelo valor esperado. De posse do valor de CV é calculada a taxa de retorno de acordo com a Equação [30]:

$$\sigma^2 = \frac{\ln(CV^2 + 1)}{t} \quad [30]$$

Onde:

σ^2 = variação do retorno esperado do projeto

ln = logaritmo neperiano

CV = coeficiente de variação, que é o desvio padrão dividido pelo valor esperado do fluxo de caixa considerando os cenários e suas respectivas probabilidades.

t = tempo em anos para expirar a opção.

Os cálculos da taxa de retorno utilizados para a precificação das opções seguiram o proposto na Equação 30.

De acordo com o modelo proposto, o valor da taxa livre de risco a ser considerada será o valor de 6%; o tempo de expiração será de 2 anos; o preço do exercício da opção é o valor do próprio projeto de derrocamento R\$695 milhões; o preço atual do projeto será calculado considerando o valor presente do fluxo de caixa esperado do projeto adiado com a taxa de desconto correspondente a 10,5%, que será o valor do financiamento das embarcações que irão operar na hidrovia e a variação da taxa de retorno do projeto segue o descrito na Equação [30].

A tabela 5-9 apresenta os valores encontrados, considerando as opções de adiamento de dois anos. O valor da opção de adiamento do investimento em anos foi de R\$754,6 milhões.

Tabela 5-9 Valor do cálculo da opção considerando o adiamento do projeto em dois anos.

r_{RF} =	Taxa livre de Risco	6,0%
t =	Tempo até expirar a Opção.	2
X =	Custo para execução do projeto (em mil R\$)=	695.007,48
P =	Valor presente do projeto (em mil R\$)=	1.330.937,70
σ^2 =	Variância da taxa de retorno do projeto=	23,8%
d_1 =		1,4600
d_2 =		0,7696
N(d1)=		0,9279
N(d2)=		0,7792

Valor da opção (em mil R\$)=	754.597,50
------------------------------	------------

Observa-se que ao considerar a opção de adiamento de 2 anos, fez-se a exclusão do cenário pessimista calculado no projeto original, pois com o adiamento, o Governo fez a opção esperar e avaliar a demanda futura. As tabelas base para o cálculo da opção de adiamento para dois anos encontram-se no Apêndice D.

5.6.2 Estudo 2: Opção de Adiamento para seis anos.

O opção de adiamento para o início da obra para seis anos foi considerado uma vez que projetos de investimentos hidroviários de grande valor demandam maior planejamento e de preferência a consolidação de cenários de demanda de cargas elevados que garantam o retorno do investimento. Neste caso o governo somente executaria o derrocamento se o cenário de demanda otimista estive acontecendo. Para o cálculo do valor dessa opção os cenários pessimista e conservador foram excluídos e o tempo de expiração da opção a ser utilizado será de seis anos. A Tabela 5-10 apresenta o valor da opção de adiamento do investimento para essa alternativa.

Tabela 5-10 Valor do cálculo da opção considerando o adiamento do projeto em seis anos.

rRF =	Taxa livre de Risco	6,00%
t =	Tempo até expirar a Opção (anos)	6
X =	Custo para execução do projeto (em mil R\$)	695.007,48
P =	Valor presente do projeto (em mil R\$)	892.706,33
σ^2 =	Variância da taxa de retorno do projeto	7,95%

d1 =	1,2292
d2 =	0,5387
N(d1)	
=	0,8905
N(d2)	
=	0,7050
<hr/>	
Valor da opção (em mil R\$)=	453.125,14

Os valor elevado da opção dá-se porque o cenário otimista apresenta os valores de demanda muito superiores aos dos cenários pessimista e conservador. As tabelas base para o cálculo da opção de adiamento para 6 anos encontram-se no Apêndice D.

5.6.3 Estudo 3: Opção de Expansão do investimento

Considerando a necessidade de se avaliar o comportamento do investimento em um cenário de expansão da utilização da hidrovia e, por consequência, uma futura necessidade de aumento de sua capacidade de carga, deve ser observado o momento que o limite operacional da via será alcançado. Além disso, para a execução da obra de expansão, deve ser avaliado o prazo da obra e a redução ou até a interrupção da navegação, elemento este que afetará os futuros fluxos de caixa da expansão do projeto.

Para avaliar a opção de expansão da infraestrutura hidroviária, foi considerada para o caso estudado a execução das obras de aumento de capacidade em três anos e com a redução da demanda em 25% somente nos anos de expansão. De acordo com o dados utilizados como referência, no ano doze do projeto, considerando o cenário otimista, a demanda por movimentação das cargas atingirá o limite do investimento inicial da obras, necessitando dessa forma, a expansão da hidrovia.

Para o cálculo da opção de expansão foram considerados os seguintes valores: taxa livre de risco de 6%; o tempo de expiração será de 14 anos; o preço do exercício da opção é o valor do próprio novo do projeto de derrocamento descontando do valor do primeiro derrocamento totalizando R\$897 milhões; o preço atual do projeto será

calculado considerando o valor presente do fluxo de caixa esperado do projeto expandido com a taxa de desconto correspondente a 10,5% e a variação da taxa de retorno do projeto calculado de acordo com a Equação [30].

A Tabela 5-11 apresenta o valor da opção de expansão do investimento para o ano 14. Os cálculos para a precificação da opção de expansão no ano 14, encontram-se no Apêndice D.

Tabela 5-11 Valor do cálculo da opção considerando o valor da opção de expansão para o 14 ano.

rRF =	Taxa livre de Risco	6,00%
t =	Tempo até expirar a Opção.	14
X =	Custo para execução do projeto (em mil R\$)	897.481,17
P =	Valor presente do projeto (em mil R\$)	332.601,16
σ^2 =	Variância da taxa de retorno do projeto	4,1%
d1 =		0,1744
d2 =		-0,5794
N(d1)		
=		0,5692
N(d2)		
=		0,2812
Valor da opção (em mil R\$) =		80.381,97

De acordo com os cálculos realizados a opção de expansão do investimento irá acrescentar R\$80,4 milhões de reais ao projeto.

5.6.4 Análise da Sensibilidade da taxa de retorno do projeto.

Em projetos que apresentam cenários com grandes variações nas estimativas de demanda de carga deve-se avaliar se o comportamento da taxa de retorno do projeto tem sua utilidade para a análise do valor da opção escolhida pelo gestor. As figuras a seguir apresentam o comportamento do valor da opção para cada estudo realizado e o seu comportamento quando da variação do valor da taxa de retorno do projeto.

Figura 5-5 Sensibilidade do valor da opção de adiamento para dois anos.



Figura 5-6 Sensibilidade do valor da opção de adiamento para seis anos.



Figura 5-7 Sensibilidade do valor da opção de expansão.



O que se observa nas figuras apresentadas é o incremento nos valores das opções, à medida que a volatilidade aumenta, porém em determinado valor da variação ocorre o processo de estabilização da precificação das opções.

5.7 Tópicos Conclusivos

Neste capítulo, inicialmente, foram apresentadas as características do projeto de investimento governamental a ser realizado na hidrovía do rio Tocantins, sua inserção no cenário logísticos nacional e os valores potenciais de cargas que serviram de base no estudo de viabilidade apresentado pelo Governo. Além disso, foram indicados os cálculos que determinaram os valores de economia de frete, que podem ser auferidos após a execução do derrocamento, quando comparados com os valores de frete utilizando os modos rodoviários e ferroviários na região, a apropriação do valor evitável de emissões de poluentes e acidentes quando da troca do modo rodoviário pelo hidroviário.

Após a apresentação dos dados de entrada para o estudo da viabilidade do investimento foram calculados os valores do FCD e VPL. Considerando que nas análises de investimentos governamentais hidroviários não são considerados os valores de probabilidade de ocorrência para cada cenário, de forma a melhor qualificar os resultados obtidos, foi proposta a sua avaliação utilizando-se de probabilidades de ocorrência dos cenários pessimista, conservador e otimista.

Quando se avaliam cenários de forma separada a decisão de executar ou não a obra será realizada com somente um elemento, o cenário escolhido pelo gestor. Neste projeto utilizado como exemplo, o valor positivo do VPL pode ser de R\$2,20 bilhões para o cenário otimista, R\$52,6 milhões no cenário conservador e R\$-22,9 milhões para o cenário pessimista.

Se o gestor se apropriar de probabilidades de ocorrência para cada cenário, essa variação altera-se para o valor positivo do VPL de R\$550,97 milhões para o cenário otimista ou R\$26,30 milhões no cenário conservador e R\$-5,74 milhões para o cenário pessimista.

Após essas avaliações, foi proposta a inclusão da Teoria das Opções Reais como instrumento gerencial de incorporação de flexibilidade para projetos governamentais no setor hidroviário. O modelo de precificação das opções escolhido foi o proposto

por Black e Scholes (1973) que trabalha com opções europeias onde o seu exercício ocorre somente na data do vencimento. A escolha desse modelo de precificação foi em virtude do tipo de opções que o gestor público pode utilizar: adiamento e ou expansão e a sua necessidade de especificar objetivamente um ponto de referencia, no caso, o ano de exercício da opção escolhida para flexibilidade de execução do projeto.

Em todos os casos estudados as opções reais se mostraram válidas para utilização pelo governo. No projeto utilizado como base para essa tese, ela incorporou um valor aproximado de R\$754,59 milhões de reais no caso do adiamento da obra em dois anos, R\$453,12 milhões de reais no caso do adiamento da obra em seis anos. E no caso de sua implantação no ano 1 e posterior expansão quando a demanda estimada pelo cenário otimista alcançasse o limite da capacidade de carga operacional da hidrovía, no ano 14, foi incorporado ao projeto o valor de R\$80,38 milhões.

6. CONCLUSÕES

O estudo proposto nesta tese buscou a utilização da Teoria das Opções Reais pelos gestores públicos que trabalham com investimentos na área de infraestrutura hidroviária.

A proposta foi apresentar de uma forma simples e com a utilização de planilhas eletrônicas disponíveis para os gestores públicos a avaliação dos investimentos com a possibilidade de incorporação da flexibilidade nos projetos. Nos EVTEAs elaborados pelo governo somente se avalia a futura infraestrutura para implantação no momento presente (agora). Além disso, as fontes de incerteza de um projeto não são avaliados da melhor forma quando não se considera o tempo para execução futura do empreendimento.

Como o foco foi a incorporação da opções reais no ambiente governamental, foi feita a opção de utilização do modelo de precificação de opções de Black e Scholes para a incorporação das flexibilidades gerenciais, escolha pelo gestor público do ano para início do investimento em função da demanda, e valoração – precificação- da oportunidade do investimento. Uma vez que os recursos públicos tornam-se mais escassos, a possibilidade de avaliação, utilizando-se de ferramentas que incorporam outros elementos ao que já é realizado, deve ser encorajada para melhor qualificar o gasto público.

Foram propostas também mudanças na forma de análise da viabilidade econômica dos projetos hidroviários. Atualmente o setor se apropria somente da redução do custo do frete, na troca do modo rodoviário e ou ferroviário para o hidroviário, para compor o futuro fluxo de caixa do projeto. Nesta tese, foram apropriados os componentes de poluição e de acidentes para a composição do fluxos de caixa do projeto. Além disso, foi usada uma taxa de desconto diferenciada daquela utilizada pelo Governo em seus projetos. Cabe ressaltar que a principal fonte de incerteza em projetos dessa natureza é a demanda de carga estimada que será transportada pela via.

Como caso empírico para a proposta com o uso das opções reais para o setor hidroviário, foi modelado o investimento para a obra de derrocamento no rio

Tocantins. Os resultados mostraram que o valor do projeto aumenta quando se adia o investimento. Além disso, foi calculada a opção de expansão, uma vez que o próprio projeto já apresentava uma restrição de utilização se o cenário otimista ocorresse. Neste caso, a opção de expansão gerou resultados de ganho para o projeto.

O Método de Black e Scholes mostrou-se coerente com a proposta apresentada de determinação do ano para implantação do projeto ou sua expansão. O valores encontrados de precificação das opções foram: R\$754,59 milhões de reais no caso do adiamento da obra em dois anos, R\$453,12 milhões de reais no caso do adiamento da obra em seis anos e no caso de sua implantação inicial e posterior expansão do projeto no ano 14 foi de R\$80,38 milhões.

6.1 Recomendações e Restrições

Como recomendações para novos estudos deve ser considerada a possibilidade de apropriação de outros fatores para a composição do fluxo de caixa de projetos hidroviários, como exemplo, a redução da manutenção da malha rodoviária em função do uso das hidrovias.

Para o caso da avaliação ambiental de novos empreendimentos fica como sugestão o estudo de novos investimentos no setor, utilizando mecanismos de desenvolvimento limpo para o financiamento e um estudo considerando as características de emissão dos poluentes nos modos de transporte no Brasil.

Outra sugestão é estudo de um modelo para a incorporação nos atuais instrumentos legais das possibilidades do investimento governamental ser realizado em etapas. O Governo realizaria as licitações para expansão da infraestrutura, o vencedor da licitação não executaria o serviço de imediato, pois teria a opção de executar a obra em um momento oportuno para o governo, ou no caso da possibilidade do projeto ter a opção de expansão, o interessado teria uma opção para executar uma obra se o cenário previsto ocorresse, neste caso, sem necessidade de nova licitação.

Por se tratar de um trabalho seminal no setor hidroviário nacional restrições quanto aos dados de demanda estimada que ainda são escassos em virtude dos poucos

projetos do setor, e aliado a ainda incipiente sistematização de informações sobre os operadores fluviais e o potencial de utilização das vias navegáveis, esses merecem estudos específicos e complementares a este trabalho.

Deve-se ainda dar continuidade na incorporação de novas ferramentas e modelos de avaliação de projetos por parte do Governo de forma a garantir a melhoria da eficiência dos gastos públicos.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. F. (2008). *Elaboração de Rede de Transporte Multimodal de Carga para a Região Amazônica sob o Enfoque de Desenvolvimento Econômico*. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

ALVES, M. L. (2007) - *Carro Flex Fuel: Uma Avaliação por Opções Reais*. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2012). *PNIH – Extensão das vias Economicamente Navegadas*. Nota Técnica n. 009/2012 GDI. ANTAQ, Brasília.

_____ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2013). *PNIH – Plano Nacional de Integração Hidroviária*. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/PNIH.asp>>, acesso em: 03 de março de 2013.

ANTT (2013) - Agência Nacional de Transportes Terrestres. Dados Complementares. Reunião Participativa n. 13/2013.

BLACK, F., e SHOLES, M. (1973). *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*. *The Journal of Political Economy*, 81(3), pp. 637-654. The University of Chicago Press. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1831029>.

Blank, F. F. (2008). *Teoria de Opções Reais em Project Finance e Parceria Público-Privada: uma Aplicação em Concessões Rodoviárias*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BNDES (2015) – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Custos Financeiros – TJLP. Disponível em http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Ferramentas_e_Normas/Custos_Financeiros/Taxa_de_Juros_de_Longo_Prazo_TJLP/ . Acessado em 03-02-2015.

BOUR, N. e DELEU, B. *Seine-Nord Europe canal: Central Segment of the Seine-Scheldt Waterway Link*. PIANC MMX Congress Liverpool UK 2010. England.

BRANDÃO, L. E. T. (2002) – *Uma Aplicação da teoria das opções reais em tempo discreto para avaliação de uma concessão rodoviária no Brasil*. Tese de Doutorado -

Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 132p.

BRASIL (2001). Lei no 10.233 – Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providência. Diário Oficial da União, 06/06/2001.

_____ (2007). LEI Nº 11.518, Acresce e altera dispositivos das Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.893, de 13 de julho de 2004, 5.917, de 10 de setembro de 1973, 11.457, de 16 de março de 2007, e 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, para criar a Secretaria Especial de Portos, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 05/09/2007.

_____ (2008). *Lei n. 11.653 – Dispõe sobre o Plano Plurianual para o período 2008/2011*. Diário Oficial da União, Brasília.

_____ (2011a) – República Federativa do Brasil – Relatório de Investimentos Federais – PAC 2. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/pac/pac-2/>

_____ (2011b). *Lei n. 12.379 – Dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação - SNV; altera a Lei no 9.432, de 8 de janeiro de 1997; e dá outras providências*. Senado Federal, Brasília.

_____ (2013a) Lei n. 12.815 - *Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários; altera as Leis nos 5.025, de 10 de junho de 1966, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.683, de 28 de maio de 2003, 9.719, de 27 de novembro de 1998, e 8.213, de 24 de julho de 1991; revoga as Leis nos 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, e 11.610, de 12 de dezembro de 2007, e dispositivos das Leis nos 11.314, de 3 de julho de 2006, e 11.518, de 5 de setembro de 2007; e dá outras providências*. Diário Oficial da União – edição extra, 05/06/13.

_____ (2013b) Decreto no 8.033 - *Regulamenta o disposto na Lei no 12.815, de 5 de junho de 2013, e as demais disposições legais que regulam a exploração de portos organizados e de instalações portuárias*. Diário Oficial da União, 28/06/13

BREALEY, R. A. e MYERS, S. C. (1992). Principles of corporate finance. McGraw-Hill. New York.

BRENNAN, M. J., e SCHWARTZ, E. S. (1985). Evaluating Natural Resource Investments. The Journal of Business, 58(2), 135. doi: 10.1086/296288.

- CARVALHO, E. B et al. (2013). Vias Navegáveis no Brasil: Desenvolvimento. Como fazer. *Revista de Direito Aduaneiro, Marítimo e Portuário*, nº 12. IOB, São Paulo.
- CARVALHO, E. B., HUGUET, C. (2013). Obstáculos às Vias Navegáveis Interiores: a Barragem da Judicialização não tem Eclusas. *Revista de Direito Aduaneiro, Marítimo e Portuário*, nº 15. IOB, São Paulo.
- CASAROTTO FILHO, N., & KOPITTKE, B. H. (2010). Análise de Investimentos. 11ª edição. Atlas. *São Paulo*.
- CNT (2014). Confederação Nacional dos Transportes. Plano CNT de transporte e logística 2014. – Brasília.
- CONTADOR, C. R. (2008) – Projetos Sociais: avaliação e prática, 4 ed., São Paulo, Ed. Atlas.
- COPELAND, T. e ANTIKAROV V. (2002) – Opções reais – um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos. Rio de Janeiro. Editora Campus.
- COSTA, B. E. (2014) – Estudo Bibliométrico sobre Opções Reais no Brasil. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Gestão e Negócios. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 254p.
- COSTA, A., e PAIXÃO, J. P. (2005). Uma Aproximação Heurística para o Modelo de Investimento , baseado em cenários , com restrições de orçamento e tempo. Centro de Investigação Operacional. Lisboa.
- COX, J., S. ROSS, M. RUBINSTEIN. (1979) Option pricing: A simplified approach. *Journal Financial Economics*. n. 07, 229-263.
- DAMODARAN, A. (1997) Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação de qualquer ativo. Tradução: Bazán Tecnologia e Linguística. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed, 1997.
- DH (2012) Departamento Hidroviário – Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica – EVTE – Plano de Investimentos 2011-2014.
- DIAS , M. A. G. (2005). Opções Reais Híbridas com Aplicações em Petróleo Departamento de Engenharia Industrial. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- DIXIT, A. K. e PINDYCK, R. S. (1994) Investment Under Uncertainty. Princeton University Press, New Jersey.
- DNIT (2007) Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Instrução de Serviço/DG n. 06, de 20 de novembro de 2007.

_____ (2008) Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental, publicação da Diretoria de Planejamento e Pesquisa – DPP. Brasília.

_____ (2009) Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Estudo de viabilidade técnica e econômica do derrocamento no trecho de 43 km entre a ilha do Bogéa (km 330) e a cidade de Santa Terezinha do Tauri (km 393) no rio Tocantins – Estado do Pará. Relatório Final.

_____ (2011) Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa – Resumo das ações orçamentárias 2011.

_____ (2013) Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Anteprojeto de Derrocamento Hidrovia do Tocantins. Relatório Final.

_____ (2014) Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Relatório de Gestão do Exercício de 2013.

DNIT e DRPF (2011) Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e Departamento de Polícia Rodoviária Federal. Dados Estatísticos de Acidentes de Trânsito.

EKERN, S. (1988). An option pricing approach to evaluating petroleum projects. *Energy Economics*, 10(2), 91-99. doi: DOI: 10.1016/0140-9883(88)90023-0.

EPL – Empresa de Planejamento e Logística (2012a). *Programa de Investimento em Logística*. Brasília, DF. Disponível em <<http://www.logisticabrasil.gov.br>> 2012, acesso em 03/01/2014.

_____ (2012b). *PIL-RODOVIAS – Programa de Investimento em Logística Rodoviária*. Brasília, DF. Disponível em <<http://www.epl.gov.br/programa-de-investimentoem-rodovias1>>, acesso em 03/01/2014.

_____ (2012c). *PIL-FERROVIAS – Programa de Investimento em Logística Ferroviária*. Brasília, DF. Disponível em <<http://www.epl.gov.br/programa-de-investimentoem-ferrovias1>>, acesso em 03/01/2014.

_____ (2012d). *PIL-AEROPORTOS – Programa de Investimento em Logística dos Aeroportos*. Brasília, DF. Disponível em <<http://www.epl.gov.br/programa-de-investimentoem-aeroportos1>>, acesso em 03/01/2014.

_____ (2012e). *PIL-PORTOS – Programa de Investimento em Logística dos Portos*. Brasília, Distrito Federal. Disponível em <<http://www.epl.gov.br/programa-de-investimentoem-portos1>>, acesso em 03/01/2014.

EHRHARDT, M. C e BRIGHAM, E. F. (2015). Administração Financeira: teoria e prática. 2. Reimpressão da 2 Edição Brasileira. Editora Cengage Learning, São Paulo.

GITMAN, L. J. (2008). Princípios de Administração Financeira. 10ª Edição. Editora Pearson, São Paulo.

GUASCH, J. (2004). Granting and renegotiating infrastructure concessions. World Bank Publications.

HUGUET, C. et al. (2012). História e Atualidade das Vias Navegáveis no Brasil: Porque o país não pode continuar desperdiçando essa vocação natural. *Revista de Direito Aduaneiro, Marítimo e Portuário*, nº 11, São Paulo, Ed. IOB.

HULL, J. C. Introdução aos mercados futuros e de opções. São Paulo: BM&F, 1996.

JOAQUIM, M. S. (2012). Aplicação da Teoria das Opções Reais na Análise de Investimentos em Sistemas Agroflorestais, Brasília. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília.

LEVY, N. C. (2009). Avaliação de Investimentos sob Incerteza: Um Enfoque Crítico. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

LOPES, A. C. K. (2010). Uma Aplicação da Teoria das Opções Reais ao Caso do Trem de Alta Velocidade Rio-Campinas. Dissertação de Mestrado Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

MAPA (2013). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio : Brasil 2012/2013 a 2022/2023 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília : Mapa/ACS.

MASSA, A. O. N. (2011). Uso da Teoria de Opções Reais para Valoração de Garantias Governamentais em Projetos de Infraestrutura: uma Aplicação no Caso do Trem de Alta Velocidade entre Rio de Janeiro e São Paulo. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

MASSOTTI, M. B. (2007). Uso de Opções Reais para Precificação das Garantias de Contratos: O Caso Expresso Aeroporto. Dissertação de Mestrado. Faculdades Ibmecc Rio de Janeiro.

MERTON, R. C. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 4(1), pp. 141-183. The RAND Corporation. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3003143>.

- MESQUITA, A. M., e MARTINS, R. S. (2008). Desafios logísticos às redes de negócios no Brasil: o que podem as parcerias público-privadas (PPPs)? *Revista de Administração Pública*, 42(4), 735-763. doi: 10.1590/S0034-76122008000400006.
- MINARDI, A. M. A. F. (2004) - Teoria de Opções Aplicada a Projetos de Investimentos. São Paulo: Editora Atlas.
- MIMAUT C. (2014) . Les travaux du canal Seine-Nord débiteront en 2017. Franceinfo. Disponível em <http://www.franceinfo.fr/actu/economie/article/les-travaux-du-canal-seine-nord-debuteront-en-2017-575491>. Acessado em 20/12/2014.
- MOREIRA, H. C. (1999) Project Finance, In: Palestra ministrada para os alunos do Curso de Avaliação de Empresas e Projetos da EPGE/FGV-RIO, BNDES.
- MOTTA, R. da R. e CALÔBA, G. M. (2002) - Análise de Investimentos: Tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: Editora Atlas.
- MP – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (2009). Manual de apresentação de estudos de viabilidade de projetos de grande vulto. Versão 2.0. MP, Brasília.
- _____ (2011) SPI – Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. 1º ao 11º Balanço Programa de Aceleração do Crescimento 1, PAC 2007-2010. SPI, Brasília.
- _____ (2013). Plano de Aceleração do Crescimento 2011-2014 (PAC 2) 8º Balanço. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/pub/up/pac/8/05_PAC_8_transportes.pdf>, acesso em 05/01/2014.
- MT – Ministério dos Transportes e MD – Ministério da Defesa (2007). *PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes*. MT, Brasília.
- MT – Ministério dos Transportes (2010). *Diretrizes da política nacional de transporte aquaviário*. MT, Brasília.
- _____ (2012). *Plano Nacional de Logística e Transportes. Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNL T – Relatório Final*. Consórcio Logit GisTran, Brasília.
- _____ (2013). *Plano Hidroviário Estratégico - PHE*. MT, Brasília
- OLIVEIRA, A. T. M. (2008). Garantias governamentais em projetos de PPP: uma aplicação do modelo LPVR ao caso da BR-116/324 Dissertação de Mestrado em Administração – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Riode Janeiro.

- PADDOCK, J. L., SIEGEL, D. R., e SMITH, J. L. (1988). Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. *The Quarterly Journal of Economics*, 103(3), 479. DOI: 10.2307/1885541.
- PEREIRA, U. N. C. e Pamplona, E. de O. (2006). O uso da Teoria das Opções Reais (TOR) na análise de investimentos em Tecnologia da Informação – TI. XXVI ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. (p. 8). Fortaleza, CE.
- PESSOA, G. A. (2006). Avaliação de Projetos de Mineração Utilizando a Teoria Das Opções Reais em Tempo Discreto - Um Estudo de Caso em Mineração de Ferro. Rio De Janeiro, 2006, 174p. Dissertação De Mestrado Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas. Fundação Getúlio Vargas.
- PORTER, M. E. (1992). Capital disadvantage: America's failing capital investment system. *Harvard Business Review*, p.65-82.
- PORTOBRÁS – Empresa de Portos do Brasil S.A (1989) – Plano Nacional de Vias Navegáveis Interiores – PNVNI, 10 volumes.
- PROINVERSIÓN – Agencia de Promoción de la Inversión Privada – Peru (2009). *Amazon Waterways – Lima*. ProInversión, Lima.
- RIBEIRO, M.P. (2011) Concessões e PPPs: Melhores Práticas em Licitações e Contratos. Ed. Atlas, São Paulo.
- RIGOLON, F. J. Z. (1999). Opções Reais e Análise de Projetos. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES: Texto 36.
- ROCHA, C. H. e BRITTO, P. A. P. (2012) Marco regulatório do transporte rodoviário interestadual de passageiros e opções reais. *Journal of Transport Literature*, vol. 6, n. 3, pp. 34-48.
- ROCHA, H. M., OLIVEIRA, U. R. e DELAMARO, M. C. (2008) Uso das opções reais na avaliação de fases do projeto: Uma Proposição. *Rio's International Journal on Sciences of Industrial and Systems Engineering and Management*. Vol 2 – 2008.
- RONCHI, R. D. C., MOURA, G. A. and ROCHA, C. H. (2013). Mensuração do custo social subjacente à atual frota autônoma de caminhões da agropecuária nacional - um estudo de caso: soja, café e boi em pé. *Journal of Transport Literature*, vol. 7, n. 2, pp. 52-77.
- ROSS, S.; WESTERFIELD R. W.; JAFFE J. F (2015). *Administração Financeira*. São Paulo. Ed. Atlas 1995.
- ROZENFELD, H. (2009) – Melhores Práticas – Análise de Viabilidade Econômica – artigo disponível em <http://www.portaldeconhecimentos.org.br/>

<index.php/por/content/view/full/9502>, acessado em 05-05-2011.

SAITO, M. B., TÁVORA Jr., J. L. T., e OLIVEIRA, M. R. G. de. (2008). A teoria das opções reais: uma aplicação a projetos de investimento em inovação tecnológica considerando-se o valor da flexibilidade gerencial. V Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - SEGeT.

SALGADO, M. S. (2009) - Avaliação do projeto de construção da linha 4 do metro de São Paulo pela metodologia de opções reais . Dissertação de Mestrado em Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SAMANÉZ, C. P., e LEVI, S. H. G. (1998). Exploração de projetos de recursos naturais: avaliação e gestão pela teoria de ativos contingentes e simulação. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Matemáticas de la UNMSM, 1(n. 1), 103-128. Lima - Perú.

SAMUELSON, P. (1965). Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. Industrial Management Review. P. 41 – 49, SPRING, 1965.

SANTANA, W. A. (2008) Proposta de diretrizes para o planejamento e gestão ambiental do transporte hidroviário no Brasil. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo.

SANTOS, E. M. e PAMPLONA, E. de O. (2005) Teoria das Opções Reais: uma atraente opção no processo de análise de investimentos. Revista de Administração da USP – RAUSP. V.40 n. 3.

SARAIVA, E. C. G. (2008). Projeto de Infraestrutura Pública: Risco, Incerteza e Incentivos. Tese de Doutorado. Escola de Pós-graduação em Economia – EPGE. Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro.

SOUZA, M. A. SILVEIRA Jr. A. BARROS, C.F.S., SHIMIOSHI, J. M. , MONTEIRO M. A. (2013). *Modelo de Concessão para os portos brasileiros*. Anais do XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET. 20-25 de setembro de 2013. Belém.

SOUZA JR., T., MEDEIROS, B., DOS SANTOS, A., ALEXANDRE, R. C., PENA, A. (2011). Análise de viabilidade econômica: implantação de uma indústria de cerâmica vermelha de pequeno porte no estado do Pará-Amazônia-Brasil. Observatório de la Economía Latinoamericana, Número 159.

SOUZA NETO, J. A de, BERGAMINI Jr. L. C. e OLIVEIRA, V. I de (2008). Opções Reais: introdução à teoria e à prática. Qualitymark. Rio de Janeiro.

TRIGEORGIS, L (1993). The nature of option interactions and the valuations of investment with multiple real option. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v.28, n.1, p 1-21.

_____ (1996). *Real options: managerial flexibility and strategy in resource allocation*. Cambridge, Mass: The MIT Press.

VETTER, S. O. e CARVALHO, E. B (2014). *Avaliação dos Prazos e Valores das Obras de Infraestrutura Aquaviária do PAC 1 e PAC 2*. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário do Distrito Federal – UDF. Brasília – DF.

VILLELA, T. M. A. (2013). *Estrutura para exploração de portos com autoridades portuárias privadas*. Tese de doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

VNF – Voies Navigables de France (2009). *Canal Seine Nord Europe – Information File*. VNR, Paris.

YESCOMBE, E. R (2007). *Public–Private Partnerships Principles of Policy and Finance*. 1.Ed. Elsevier. Londres.

APÊNDICES

A- Dados preliminares

Para avaliar as possíveis cargas com potencial de uso da hidrovia do Tocantins após a conclusão das obras de derrocamento e a área de influencia do rio, no primeiro momento, foram considerados os Estados de Goiás, Maranhão (região sul do estado), Tocantins, Mato Grosso (região nordeste e sudeste do Estado), Pará (região sudeste), Bahia (região oeste) e Piauí (região sudoeste) e os produtos: a soja, o milho e o minério de ferro. Considerando os valores a serem exportados de soja e milho nos sete anos, a quantidade de grãos a ser movimentada pela hidrovia alcançaria em vinte anos 17.891.818,00 toneladas no cenário otimista. (Tabelas A 1 e A 2).

Tabela A 1 - Valores de Exportação de soja em grãos por estado no período de 24 anos, cenário otimista (em mil toneladas)

<u>Estado</u>	Goiás	Maranhão	Tocantins	Mato Grosso	Mato Grosso	Pará	Bahia	Piauí	TOTAL
Ano		região sul		região NE	região SE	região SE	região O	região SO	ANUAL
1	1.170	898	337	726	1.324	26	344	391	5.216
2	1.258	1.045	370	754	1.376	28	374	427	5.631
3	1.352	1.216	406	783	1.429	31	405	466	6.088
4	1.454	1.416	446	813	1.484	34	440	509	6.595
5	1.533	1.542	476	839	1.532	36	466	540	6.963
6	1.617	1.679	508	867	1.581	38	494	572	7.355
7	1.705	1.828	542	895	1.632	40	523	607	7.773
8	1.798	1.991	579	923	1.685	43	554	644	8.217
9	1.896	2.168	618	953	1.739	45	587	683	8.690
10	1.963	2.245	640	987	1.801	47	608	707	9.000
11	2.033	2.325	663	1.022	1.866	48	630	732	9.320
12	2.106	2.408	687	1.059	1.932	50	652	758	9.652
13	2.181	2.494	711	1.096	2.001	52	675	786	9.995
14	2.258	2.582	737	1.135	2.072	54	699	813	10.351
15	2.339	2.674	763	1.176	2.146	56	724	842	10.720
16	2.422	2.770	790	1.218	2.222	58	750	872	11.101
17	2.508	2.868	818	1.261	2.301	60	777	903	11.497
18	2.597	2.970	847	1.306	2.383	62	804	936	11.906
19	2.690	3.076	877	1.352	2.468	64	833	969	12.330
20	2.785	3.186	909	1.401	2.556	66	863	1.003	12.769
21	2.885	3.299	941	1.450	2.647	69	893	1.039	13.223
22	2.987	3.416	974	1.502	2.741	71	925	1.076	13.694
23	3.094	3.538	1.009	1.556	2.839	74	958	1.114	14.181
24	3.204	3.664	1.045	1.611	2.940	76	992	1.154	14.686

Fonte: DNIT (2013) e MAPA (2013) , adaptado.

Tabela A 2 - Valores de Exportação de milho em grãos por estado que utilizarão a hidrovia no período 24 anos, cenário otimista (em mil toneladas)

Exportação Ano	Goiás	Mato Grosso região NE	Mato Grosso região SE	TOTAL ANUAL
1	121,62	30,10	198,44	350,16
2	127,70	32,21	222,25	382,16
3	134,05	34,46	248,92	417,43
4	140,79	36,87	278,80	456,46
5	147,83	39,46	312,25	499,54
6	155,22	42,22	349,72	547,16
7	162,98	45,17	391,69	599,84
8	171,13	48,33	438,69	658,16
9	179,69	51,72	491,33	722,74
10	188,67	55,34	550,29	794,30
11	198,11	59,21	616,33	873,64
12	208,01	63,36	690,29	961,65
13	218,41	67,79	773,12	1.059,32
14	229,33	72,54	865,90	1.167,76
15	240,80	77,61	969,80	1.288,22
16	252,84	83,05	1.086,18	1.422,07
17	265,48	88,86	1.216,52	1.570,86
18	278,75	95,08	1.362,50	1.736,34
19	292,69	101,74	1.526,00	1.920,43
20	307,33	108,86	1.709,12	2.125,31
21	322,69	116,48	1.914,22	2.353,39
22	338,83	124,63	2.143,92	2.607,38
23	355,77	133,36	2.401,20	2.890,32
24	373,56	142,69	2.689,34	3.205,59

Fonte: DNIT (2013) e MAPA (2013) , adaptado.

Avaliando os valores de cargas de cargas para o período de 24 anos com o limite operacional da hidrovia que foi fixado em 31.680.000 toneladas, a infraestrutura ainda apresenta uma folga operacional de 13.788.181,00 toneladas para a movimentação de grãos.

Deve-se ressaltar que esse valores consideraram as regiões com o potencial de atratividade de cargas para a hidrovia do Tocantins. Seguindo a tendência de tipos de cargas preferencialmente movimentadas nas hidrovias: graneis agrícolas e minérios.

No estudo apresentado pelo Governo, foram calculados valores de produção considerando cenários de crescimento médio para soja em grãos na região de 6,28% ao ano, e para o milho em grãos de 8% ao ano. Esses valores de crescimento médio são superiores as projeções de crescimento de safra de grãos divulgado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA para o período de 2012-13/2022-23 que foi da ordem de 1,84% a.a. em média e limite superior de 4,50% a.a. para o milho em grãos e da ordem de 2,00% a.a. em média e limite superior de 4,22% a.a. para a soja em grãos (MAPA, 2013).

Considerando esses números divulgados pelo MAPA foram elaboradas as tabelas com valores de exportação dos grãos para a região de estudo do DNIT criando dessa forma 3 cenários possíveis: otimista com os dados apresentados pelo DNIT, conservador utilizando o limite superior divulgado (Tabela A-3), e o cenário pessimista (tabela A-4) de acordo com as informações do MAPA.

Tabela A 3 Valores de Exportação de soja em grãos por estado que utilizarão a hidrovia no período de 24 anos, cenário conservador (em mil toneladas)

Estado	Goiás	Maranhão região sul	Tocantins	Mato Grosso região NE	região SE	Pará região SE	Bahia região O	Piauí região SO	TOTAL ANUAL	
Ano	1	1.170	898	337	726	1.324	26	344	391	5.216
	2	1.219	936	351	756	1.380	27	359	407	5.436
	3	1.271	976	366	788	1.439	28	374	424	5.665
	4	1.325	1.017	381	822	1.499	29	390	442	5.905
	5	1.380	1.060	397	856	1.563	30	406	461	6.154
	6	1.439	1.105	414	892	1.629	32	423	480	6.413
	7	1.499	1.151	431	930	1.697	33	441	501	6.684
	8	1.563	1.200	450	969	1.769	34	460	522	6.966
	9	1.629	1.250	468	1.010	1.844	36	479	544	7.260
	10	1.697	1.303	488	1.053	1.921	37	499	567	7.566
	11	1.769	1.358	509	1.097	2.002	39	520	591	7.886
	12	1.844	1.415	530	1.144	2.087	41	542	616	8.219
	13	1.921	1.475	553	1.192	2.175	42	565	642	8.565
	14	2.003	1.537	576	1.242	2.267	44	589	669	8.927
	15	2.087	1.602	600	1.295	2.362	46	614	697	9.304
	16	2.175	1.670	626	1.349	2.462	48	640	726	9.696
	17	2.267	1.740	652	1.406	2.566	50	667	757	10.105
	18	2.363	1.814	680	1.466	2.674	52	695	789	10.532
	19	2.462	1.890	708	1.527	2.787	54	724	822	10.976
	20	2.566	1.970	738	1.592	2.905	57	755	857	11.439
	21	2.674	2.053	769	1.659	3.027	59	787	893	11.922
	22	2.787	2.140	802	1.729	3.155	61	820	931	12.425
	23	2.905	2.230	836	1.802	3.288	64	855	970	12.950
	24	3.028	2.324	871	1.878	3.427	67	891	1.011	13.496

Fonte: DNIT (2013) e MAPA (2013) , adaptado.

Tabela A 4 Valores de Exportação de soja em grãos por estado que utilizarão a hidrovia no período de 24 anos, cenário pessimista (em mil toneladas)

Estado	Goiás	Maranhão região sul	Tocantins	Mato Grosso região NE	Mato Grosso região SE	Pará região SE	Bahia região O	Piauí região SO	TOTAL ANUAL
Ano									
1	1.170	898	337	726	1.324	26	344	391	5.216
2	1.193	916	343	740	1.351	26	351	399	5.320
3	1.217	935	350	755	1.378	27	358	406	5.427
4	1.242	953	357	770	1.406	27	365	415	5.535
5	1.267	972	364	786	1.434	28	373	423	5.646
6	1.292	992	372	801	1.462	28	380	431	5.759
7	1.318	1.012	379	817	1.492	29	388	440	5.874
8	1.344	1.032	387	834	1.521	30	395	449	5.991
9	1.371	1.052	394	850	1.552	30	403	458	6.111
10	1.398	1.074	402	867	1.583	31	411	467	6.234
11	1.426	1.095	410	885	1.615	31	420	476	6.358
12	1.455	1.117	418	902	1.647	32	428	486	6.485
13	1.484	1.139	427	921	1.680	33	437	495	6.615
14	1.514	1.162	435	939	1.713	33	445	505	6.747
15	1.544	1.185	444	958	1.748	34	454	516	6.882
16	1.575	1.209	453	977	1.783	35	463	526	7.020
17	1.606	1.233	462	996	1.818	35	473	536	7.160
18	1.638	1.258	471	1.016	1.855	36	482	547	7.304
19	1.671	1.283	481	1.037	1.892	37	492	558	7.450
20	1.705	1.309	490	1.057	1.930	38	502	569	7.599
21	1.739	1.335	500	1.079	1.968	38	512	581	7.751
22	1.773	1.362	510	1.100	2.007	39	522	592	7.906
23	1.809	1.389	520	1.122	2.048	40	532	604	8.064
24	1.845	1.417	531	1.145	2.089	41	543	616	8.225

Fonte: DNIT (2013) e MAPA (2013) , adaptado.

O estudo ainda apresenta uma previsão de movimentação de minério com 3 cenários: pessimista, conservador e otimista. A vantagem que o projeto apresenta para o minério se dá pela localização do polo de exportação e importação para o produto, a cidade de Marabá, que é o concentrador das cargas que utilizará a hidrovia quando da conclusão do derrocamento.

De acordo com o estudo de viabilidade realizado, o cenário pessimista foi elaborado com pesquisas realizadas junto aos agentes exportadores, operadores portuários e produtores locais, para os cenários conservador e otimista foram utilizadas projeções de cargas informadas pelo DNIT.

B - Custos de frete na região

Para as estimativas de carga foi considerada as regiões com potencial para o transporte de suas commodities utilizando o modo hidroviário. Porém, uma característica do modo hidroviário é a sua necessidade de parceria com outro modo de transporte, principalmente no Brasil, com modo rodoviário e salvo a exceção da hidrovía do Tietê-Paraná onde existem terminais Hidro-Ferrovíarios em funcionamento: Anhembi e Pederneiras, é necessário percorrer trechos terrestres para realizar o transbordo da carga nas barcaças.

Considerando essa singularidade a Administração das Hidrovias do Tocantins e Araguaia – AHITAR elaborou um estudo base onde apresentou as estimativas de custos de frete por modo de transporte que foram considerados no projeto do Derrocamento (Tabela B-1).

Tabela B 1 Frete para a Hidrovía Tocantins-Araguaia

Frete (R\$/tkm)	
Rodoviário	0,084
Ferrovíario	0,064
Hidroviário	0,025

Fonte: DNIT (2013)

Para todos os Estados que foram considerados no estudo de viabilidade do DNIT foram definidos seus respectivos polos concentradores de cargas e para cada um deles avaliada a opção de transporte existente até a cidade de Marabá-PA de onde as cargas sairão pela hidrovía do Tocantins em direção ao Porto de Vila do Conde-PA. Neste valor do custo do frete, de acordo com o DNIT, foram considerados valores de transbordo da carga, seguros, combustíveis, etc. A tabela B-2 apresenta as distâncias calculadas nesta parte do projeto.

Tabela B 2 - Distâncias entre os Polos dos Estados e a cidade de Marabá-PA

Estado	Pólo	Modo	Distancia			Porto Destino
			Rodovia	Ferrovias	Hidrovia	
Maranhão	Balsas	Rodoviário	734			Itaqui
		Rodo-Ferro	268	738		
		Rodo-Hidro	521		567	
Bahia	Luis Eduardo Magalhães	Rodoviário	936			Aratu
		Rodo-Ferro	537	1113		
		Rodo-Hidro	1105		567	
Piauí	Uruçuí	Rodoviário	780			Itaqui
		Rodo-Ferro	495	738		
		Rodo-Hidro	750		567	
Pará	Paragominas	Rodoviário	350			Itaqui
		Rodo-Ferro	248	513		
		Rodo-Hidro	394		567	
	Santana do Araguaia	Rodoviário	1007			Itaqui
		Rodo-Ferro	546	738		
		Rodo-Hidro	546		567	
	Marabá	Rodoviário	479			Itaqui
		Rodo-Ferro	50	738		
		Rodo-Hidro	50		567	
Tocantins	Miracema do Tocantins	Rodoviário	1144			
		Rodo-Ferro	418	731		
		Rodo-Hidro	576		567	
	Gurupi	Rodoviário	1376			Santos
		Rodo-Ferro	651	731		
		Rodo-Hidro	576		567	
Goiás	Rio Verde	Rodoviário	983			Santos
		Rodo-Ferro	234	1090		
		Rodo-Hidro	1650		567	
	Campos Belos	Rodoviário	1144			Aratu
		Rodo-Ferro	234	1090		
		Rodo-Hidro	1097		567	
Mato Grosso	Água Boa	Rodoviário	1542			Santos
		Rodo-Ferro	624	1090		
		Rodo-Hidro	1222		567	

observações

- Os Estados que podem utilizar a Hidrovia tem os seguintes portos como destino final de seus produtos: **Santos-SP/Itaqui-MA/Aratu-BA/Vitória-ES**
- Dos Pólos concentradores de carga foram calculadas as distancias do pólo ao porto mais próximo utilizando-se do transporte Rodoviário e seu a combinacao dele com os outros modos.
- A utilização da rodovia combina a chegada da carga por rodovia até o pólo de Marabá. Logo sempre será uma alternativa Rodo-Hidro
- A **ferrovia Norte-Sul** que tem origem em **Estreito(TO)** e **termina em Açailandia/MA**, conectando com a Estrada Ferro Carajás que tem como destino o **Porto de Itaqui**.
FCA que tem diversos Terminais ferroviários no Estado de Goiás possibilitando duas opções a primeira com ALL que tem como destino final o **Porto de Santos** e a segunda com a **Estrada de Ferro Vitória Minas** que tem como destino final o **Terminal de Tubarão (Vitória)**.
- No caso do Pólo de Marabá foi considerada uma distancia média de 50km da área produtora até a o Terminal de Cargas

Fonte: DNIT (2013) adaptado.

A esses valores encontrados das distâncias, foram multiplicados pelos valores dos custos dos fretes (Tabela B-1) para cada polo concentrador nos Estados e a alternativa de modo de transportes. A seguir, a Tabela B-3 apresenta os valores dos custos de frete para cada polo considerando o centro de carregamento para a hidrovia a cidade de Marabá-PA.

Tabela B 3 - Custos do frete total entre os polos dos Estados e a cidade de Marabá-PA

Estado	Pólo	Modo	Distancia			Custo Frete Total (R\$)
			Rodovia	Ferrovia	Hidrovia	
Maranhão	Balsas	Rodoviário	734			61,66
		Rodo-Ferro	268	738		69,74
		Rodo-Hidro	521		567	57,94
-						
Bahia	Luis Eduardo Magalhães	Rodoviário	936			78,62
		Rodo-Ferro	537	1113		116,34
		Rodo-Hidro	1105		567	107,00
Piauí	Uruçuí	Rodoviário	780			65,52
		Rodo-Ferro	495	738		88,81
		Rodo-Hidro	750		567	77,18
Pará	Paragominas	Rodoviário	350			29,40
		Rodo-Ferro	248	513		53,66
		Rodo-Hidro	394		567	47,27
	Santana do Araguaia	Rodoviário	1007			84,59
		Rodo-Ferro	546	738		93,10
		Rodo-Hidro	546		567	60,04
	Marabá	Rodoviário	479			40,24
		Rodo-Ferro	50	738		51,43
		Rodo-Hidro	50		567	18,38
Tocantins	Miracema do Tocantins	Rodoviário	1144			96,10
		Rodo-Ferro	418	731		81,90
		Rodo-Hidro	576		567	62,56
	Gurupi	Rodoviário	1376			115,58
		Rodo-Ferro	651	731		101,47
		Rodo-Hidro	576		567	62,56
Goiás	Rio Verde	Rodoviário	983			82,57
		Rodo-Ferro	234	1090		89,42
		Rodo-Hidro	1650		567	152,78
	Campos Belos	Rodoviário	1144			96,10
		Rodo-Ferro	234	1090		89,42
		Rodo-Hidro	1097		567	106,32
Mato Grosso	Água Boa	Rodoviário	1542			129,53
		Rodo-Ferro	624	1090		122,18
		Rodo-Hidro	1222		567	116,82

Fonte: DNIT (2013).

Dos onze polos definidos na primeira parte do estudo como aqueles com potencial de utilização da hidrovia do Tocantins, após o cálculo do custo do frete de acordo com as distâncias e o modo de acessar a hidrovia, restaram somente 6 polos: Balsas-MA, Santana do Araguaia-PA e Marabá-PA, Miracema do Tocantins-TO e Gurupi-TO, e Água Boa-MT. Nos demais polos o custo do frete para a utilização da hidrovia não compensaria a sua utilização.

No caso considerado, para a fonte dos recursos para o pagamento do investimento na obra do derrocamento, o governo avaliou somente a redução do custo do frete que será realizado quando da execução da obra do derrocamento. Mesmo que essa fonte de recursos não retorne diretamente para o caixa do governo esse valor foi a referência usada para a montagem do FCD e cálculo do VPL do projeto.

Além disso, para que se possa utilizar uma das premissas da aplicação da Teoria da Opções Reais: a utilização do VPL próprio do projeto sem flexibilidade como o ativo do objeto, que será a melhor estimativa não tendenciosa do valor do projeto, esse estudo utilizará somente os dados apresentados pelo governo para a avaliação financeira do mesmo. Para termos uma base comparável entre as ferramentas que foram utilizadas pelo Governo e este pesquisa, o dados relativos a região de Água Boa –MT que apresentaram um valor de frete menor para o uso do modo hidroviário não serão usados neste trabalho, pois também não foram utilizados na montagem do fluxo de caixa governamental.

A Tabela B-4, apresenta a matriz de custos de fretes somente para os polos que apresentaram a alternativa hidroviária como sendo a mais econômica e o valor da economia levando em consideração menor diferença entre o frete que utiliza a hidrovia e aquele segundo mais caro.

Tabela B 4 - Custos do frete total, valor da redução do custo do frete e principal produto a ser movimentado entre os polos dos Estados e a cidade de Marabá-PA

Estado	Pólo	Modo	Distância			Custo Frete Total (R\$)	Redução no Custo Frete (R\$)	produto	Porto Destino
			Rodovia	Ferrovía	Hidrovia				
Maranhão	Balsas	Rodoviário	734			61,66			
		Rodo-Ferro	268	738		69,74			
		Rodo-Hidro	521		567	57,94	3,72	soja	Vila do Conde
Pará	Santana do Araguaia	Rodoviário	1.007			84,59			
		Rodo-Ferro	546	738		93,10			
		Rodo-Hidro	546		567	60,04	24,55	soja	Vila do Conde
	Marabá	Rodoviário	479			40,24			
		Rodo-Ferro	50	738		51,43			
		Rodo-Hidro	50		567	18,38	21,86	minério de ferr	Vila do Conde
Tocantins	Miracema do	Rodoviário	1.144			96,10			
		Rodo-Ferro	418	731		81,90			
		Rodo-Hidro	576		567	62,56	19,34	soja	Vila do Conde
	Gurupi	Rodoviário	1.376			115,58			
		Rodo-Ferro	651	731		101,47			
		Rodo-Hidro	576		567	62,56	38,91	soja	Vila do Conde
Mato Grosso	Água Boa	Rodoviário	1.542			129,53			
		Rodo-Ferro	624	1.090		122,18			
		Rodo-Hidro	1.222		567	116,82	5,35	soja e milho	Vila do Conde

Fonte: DNIT (20013) adaptado.

Como o projeto restringiu a movimentação das cargas considerando somente os cinco polos que apresentaram os custos de frete favoráveis a utilização da hidrovia. As tabelas de movimentação e soja e milho sofreram uma redução de seus valores para refletir essa realidade (Tabelas B-5, B-6 e B-7), bem como a alteração da quantidade de anos de vinte e quatro para vinte e um anos para compatibilizar com os valores estimados de movimentação de minério de ferro. O valores de movimentação de minério de ferro ficaram inalterados, pois o polo de escoamento do minério pela hidrovia é a cidade de Marabá-PA.

Tabela B 5 - Custos do frete total, valor da redução do custo do frete, e principal produto a ser movimentado – Soja - entre os polos dos Estados que apresentaram menor custo de frete com a utilização da hidrovia do Tocantins (cenário otimista)

Ano	Exportação Maranhão		Tocantins		Pará		TOTAL ANUAL	Total Anual
	Soja (em mil t)	Economia no frete (em mil R\$)	Soja (em mil t)	Economia no frete (em mil R\$)	Soja (em mil t)	Economia no frete (em mil R\$)	Grãos (em mil t)	Economia (em mil R\$)
1	1.416	5.266	446	14.288	34	825	6.595	20.379
2	1.542	5.735	476	15.255	36	875	6.963	21.865
3	1.679	6.245	508	16.288	38	928	7.355	23.461
4	1.828	6.801	542	17.391	40	984	7.773	25.176
5	1.991	7.406	579	18.568	43	1.044	8.217	27.018
6	2.168	8.065	618	19.825	45	1.107	8.690	28.998
7	2.245	8.352	640	20.531	47	1.146	9.000	30.030
8	2.325	8.650	663	21.262	48	1.187	9.320	31.099
9	2.408	8.958	687	22.019	50	1.230	9.652	32.206
10	2.494	9.277	711	22.803	52	1.273	9.995	33.353
11	2.582	9.607	737	23.614	54	1.319	10.351	34.540
12	2.674	9.949	763	24.455	56	1.366	10.720	35.770
13	2.770	10.303	790	25.326	58	1.414	11.101	37.043
14	2.868	10.670	818	26.227	60	1.465	11.497	38.362
15	2.970	11.050	847	27.161	62	1.517	11.906	39.727
16	3.076	11.443	877	28.128	64	1.571	12.330	41.142
17	3.186	11.850	909	29.129	66	1.627	12.769	42.606
18	3.299	12.272	941	30.166	69	1.685	13.223	44.123
19	3.416	12.709	974	31.240	71	1.744	13.694	45.694
20	3.538	13.162	1.009	32.352	74	1.807	14.181	47.321
21	3.664	13.630	1.045	33.504	76	1.871	14.686	49.005
						Total Geral	220.017	728.915

Fonte: DNIT (2013), MAPA (2013) , adaptado.

Tabela B 6 - Custos do frete total, valor da redução do custo do frete e principal produto a ser movimentado – Soja - entre os polos dos Estados que apresentaram menor custo de frete com a utilização da hidrovia do Tocantins (cenário conservador)

Ano	Exportação Maranhão		Tocantins		Pará		TOTAL ANUAL	Total Anual
	Soja (em mil t)	Economia no frete (em mil R\$)	Soja (em mil t)	Economia no frete (em mil R\$)	Soja (em mil t)	Economia no frete (em mil R\$)	Grãos (em mil t)	Economia (em mil R\$)
1	1.017	3.783	381	12.215	29	717	6.595	16.715
2	1.060	3.942	397	12.731	30	747	6.963	17.420
3	1.105	4.109	414	13.268	32	779	7.355	18.155
4	1.151	4.282	431	13.828	33	812	7.773	18.921
5	1.200	4.463	450	14.411	34	846	8.217	19.720
6	1.250	4.651	468	15.019	36	882	8.690	20.552
7	1.303	4.848	488	15.653	37	919	9.000	21.419
8	1.358	5.052	509	16.314	39	957	9.320	22.323
9	1.415	5.265	530	17.002	41	998	9.652	23.265
10	1.475	5.487	553	17.720	42	1.040	9.995	24.247
11	1.537	5.719	576	18.468	44	1.084	10.351	25.270
12	1.602	5.960	600	19.247	46	1.130	10.720	26.337
13	1.670	6.212	626	20.059	48	1.177	11.101	27.448
14	1.740	6.474	652	20.906	50	1.227	11.497	28.607
15	1.814	6.747	680	21.788	52	1.279	11.906	29.814
16	1.890	7.032	708	22.707	54	1.333	12.330	31.072
17	1.970	7.329	738	23.665	57	1.389	12.769	32.383
18	2.053	7.638	769	24.664	59	1.448	13.223	33.750
19	2.140	7.960	802	25.705	61	1.509	13.694	35.174
20	2.230	8.296	836	26.790	64	1.572	14.181	36.658
21	2.324	8.646	871	27.920	67	1.639	14.686	38.205
						Total Geral	220.017	547.458

Fonte: DNIT (2013), MAPA (2013) , adaptado.

Tabela B 7 Custos do frete total, valor da redução do custo do frete e principal produto a ser movimentado – Soja - entre os polos dos Estados que apresentaram menor custo do frete com a utilização da hidrovia do Tocantins (cenário pessimista)

Ano	Exportação Maranhão		Tocantins		Pará		TOTAL ANUAL	Total Anual
	Soja (em mil t)	Economia no frete (em mil R\$)	Soja (em mil t)	Economia no frete (em mil R\$)	Soja (em mil t)	Economia no frete (em mil R\$)	Grãos (em mil t)	Economia (em mil R\$)
1	953	3.546	357	11.451	27	672	6.595	15.669
2	972	3.617	364	11.680	28	686	6.963	15.983
3	992	3.689	372	11.914	28	699	7.355	16.302
4	1.012	3.763	379	12.152	29	713	7.773	16.628
5	1.032	3.838	387	12.395	30	727	8.217	16.961
6	1.052	3.915	394	12.643	30	742	8.690	17.300
7	1.074	3.994	402	12.896	31	757	9.000	17.646
8	1.095	4.073	410	13.154	31	772	9.320	17.999
9	1.117	4.155	418	13.417	32	787	9.652	18.359
10	1.139	4.238	427	13.685	33	803	9.995	18.726
11	1.162	4.323	435	13.959	33	819	10.351	19.101
12	1.185	4.409	444	14.238	34	836	10.720	19.483
13	1.209	4.497	453	14.523	35	852	11.101	19.872
14	1.233	4.587	462	14.813	35	869	11.497	20.270
15	1.258	4.679	471	15.109	36	887	11.906	20.675
16	1.283	4.773	481	15.412	37	905	12.330	21.089
17	1.309	4.868	490	15.720	38	923	12.769	21.511
18	1.335	4.965	500	16.034	38	941	13.223	21.941
19	1.362	5.065	510	16.355	39	960	13.694	22.380
20	1.389	5.166	520	16.682	40	979	14.181	22.827
21	1.417	5.269	531	17.016	41	999	14.686	23.284
						Total Geral	220.017	404.007

Fonte: DNIT (2013), MAPA (2013) , adaptado.

A Tabela B-8 apresenta a previsão de movimentação de minérios para os cenários pessimista, conservador e otimista.

Tabela B 8 Valores de movimentação de minério de ferro pela hidrovia para 20 anos nos três cenários

Ano	Cenário Exportação / Importação (em mil t)	Total Anual Economia (em mil R\$)	cenário conservador (em mil t)	Total Anual Economia (em mil R\$)	Cenário Otimista (em mil t)	Total Anual Economia (em mil R\$)
1	1.100	24.046	1.131	24.724	3.050	66.673
2	2.300	50.278	2.365	51.696	6.424	140.435
3	3.300	72.138	3.393	74.172	13.540	295.984
4	3.450	75.417	3.547	77.544	14.770	322.877
5	3.550	77.603	3.650	79.791	16.112	352.214
6	3.650	79.789	3.753	82.042	17.576	384.216
7	3.650	79.789	3.859	84.355	19.173	419.126
8	3.650	79.789	3.968	86.734	20.915	457.207
9	3.850	84.161	4.080	89.180	22.816	498.749
10	3.850	84.161	4.195	91.695	24.889	544.065
11	3.850	84.161	4.313	94.280	27.150	593.499
12	3.850	84.161	4.435	96.939	28.962	633.100
13	3.850	84.161	4.560	99.673	30.894	675.343
14	3.850	84.161	4.688	102.484	32.955	720.405
15	3.850	84.161	4.820	105.374	35.154	768.474
16	3.850	84.161	4.956	108.345	37.500	819.750
17	3.850	84.161	5.096	111.401	39.820	870.476
18	3.850	84.161	5.240	114.542	42.285	924.341
19	3.850	84.161	5.388	117.772	44.901	981.539
20	3.850	84.161	5.539	121.093	47.680	1.042.276
21	3.850	84.161	5.696	124.508	50.630	1.106.772
Total	74.700	1.632.942	88.671	1.938.344	577.197	12.617.522

Fonte: DNIT (2013) adaptado.

C- Avaliação do VPL do projeto utilizando o Método de Monte Carlo

A avaliação dos FCD apresentados no projeto governamental pelo MMC mostram o risco que está associado ao investimento de aproximadamente R\$700 milhões de reais no derrocamento e seus valores de VPL. Mesmo no cenário otimista de demanda de carga existe uma probabilidade aproximada de 16% do VPL ser negativo (Figura C 1).

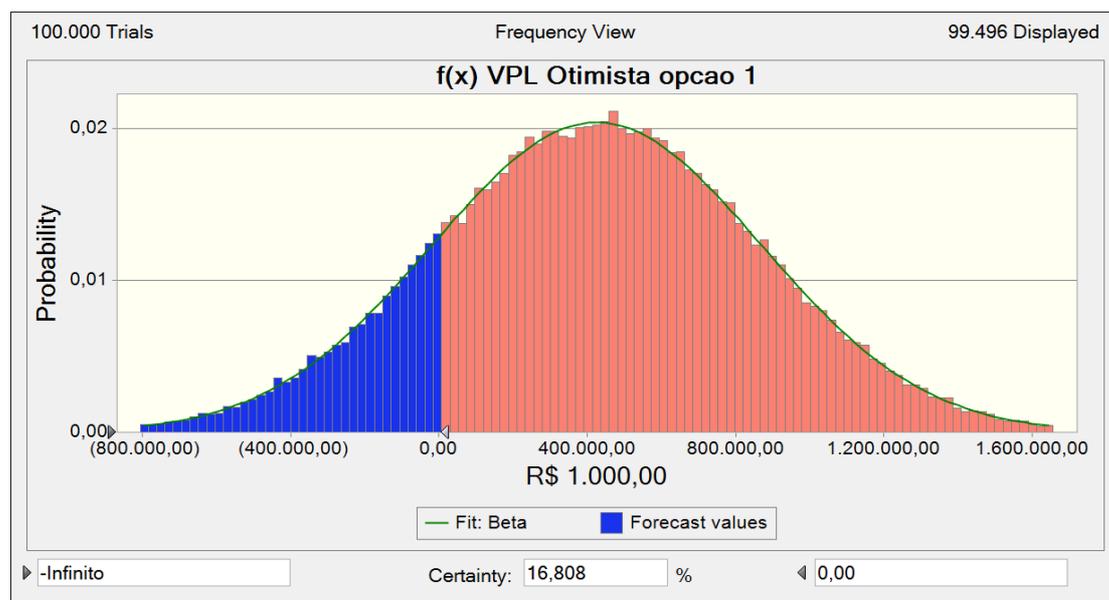


Figura C 1 – Avaliação do VPL cenário otimista utilizando MMC.

No caso do cenário conservador onde foi encontrado VPL positivo e por isso, de acordo com metodologia utilizado pelo Governo para aceitação do projeto, esse se confirma em somente 14,2% das simulações (Figura C 2).

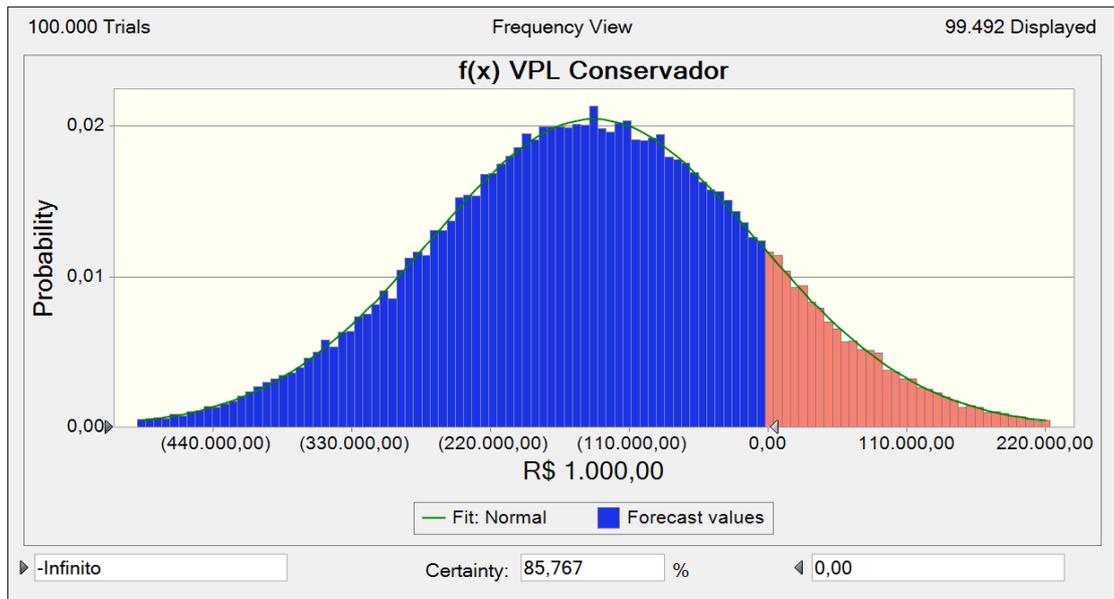


Figura C 2 - Avaliação do VPL cenário conservador utilizando MMC

D – Fluxos de Caixa

Fluxo de Caixa Base

	investimentos (custo)				Fluxos de Caixa						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Otimista	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	102.445,61	189.628,21	371.575,12	404.814,13	441.037,90	480.515,19	522.186,33	567.572,93
Conservador	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	49.379,34	81.462,02	108.380,69	113.233,64	116.826,53	120.464,17	124.218,86	128.094,52
Pessimista	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	47.295,35	78.034,99	103.724,05	107.923,04	110.865,55	113.816,32	114.246,35	114.684,98

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	VPL (em mil R\$)
617.010,04	670.863,07	729.530,55	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	R\$ 2.200.211,69
132.095,21	136.225,10	140.488,55	144.890,02	149.434,17	154.125,81	158.969,90	163.971,61	169.136,25	174.469,35	R\$ 52.644,43
120.190,73	120.647,08	121.112,55	121.587,34	122.071,61	122.565,58	123.069,42	123.583,34	124.107,54	124.642,23	-R\$ 22.974,44
									Média (em mil R\$)=	R\$ 743.293,89
									Desvio Padrão (em mil R\$)=	R\$ 1.030.658,90

Fluxo de caixa com probabilidade para os cenários.

		investimentos (custo)		Fluxos de Caixa										
	Prob.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Otimista	0,25	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	102.445,61	189.628,21	371.575,12	404.814,13	441.037,90	480.515,19	522.186,33	567.572,93	617.010,04	
Conservador	0,50	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	49.379,34	81.462,02	108.380,69	113.233,64	116.826,53	120.464,17	124.218,86	128.094,52	132.095,21	
Pessimista	0,25	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	47.295,35	78.034,99	103.724,05	107.923,04	110.865,55	113.816,32	114.246,35	114.684,98	120.190,73	

13	14	15	16	17	18	19	20	21	VPL por cenário (em mil R\$)	Prob. X VPL (em mil R\$)
670.863,07	729.530,55	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	2.200.211,69	550.052,92
136.225,10	140.488,55	144.890,02	149.434,17	154.125,81	158.969,90	163.971,61	169.136,25	174.469,35	52.644,43	26.322,22
120.647,08	121.112,55	121.587,34	122.071,61	122.565,58	123.069,42	123.583,34	124.107,54	124.642,23	-22.974,44	5.743,61
									Valor presente esperado (em mil R\$)=	570.631,53
									Desvio Padrão (em mil R\$)=	941.344,89
									Coefficiente de variação=	1,65

Fluxo de caixa do projeto sendo adiado em dois anos (excluindo o cenário pessimista).

	Probabilidade	investimentos (custo)					Fluxos de Caixa							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	13
Otimista	0,25	0	0	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	102.445,61	189.628,21	371.575,12	404.814,13	441.037,90	480.515,19	522.186,33	567.572,93
Conservador	0,50	0	0	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	49.379,34	81.462,02	108.380,69	113.233,64	116.826,53	120.464,17	124.218,86	128.094,52
Pessimista	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	VPL (em mil R\$)	Prob X VPL (em mil R\$)
617.010,04	670.863,07	729.530,55	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	R\$ 1.851.264,75	R\$ 462.816,19
132.095,21	136.225,10	140.488,55	144.890,02	149.434,17	154.125,81	158.969,90	163.971,61	169.136,25	174.469,35	R\$ 92.441,42	R\$ 46.220,71
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00
							Valor presente esperado (em mil R\$)=				R\$ 509.036,90
							Desvio Padrão (em mil R\$)=				R\$ 732.918,68
							Coeficiente de variação=				1,44

Fluxo de caixa do projeto sendo adiando em seis anos (excluindo o cenário pessimista e conservador).

	Probabilidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Otimista	0,25	0	0	0	0	0	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	102.445,61	189.628,21	371.575,12
Conservador	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pessimista	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
404.814,13	441.037,90	480.515,19	522.186,33	567.572,93	617.010,04	670.863,07	729.530,55	776.874,18	776.874,18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

22	23	24	25	26	VPL por cenário (em mil R\$)	Prob. X VPL (em mil R\$)
776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	776.874,18	1.486.621,85	371.655,46
0	0				R\$ 0,00	R\$ 0,00
0	0				R\$ 0,00	R\$ 0,00
					Valor presente esperado (em mil R\$)=	371.655,46
					Desvio Padrão (em mil R\$)=	R\$ 491.502,50
					Coefficiente de variação=	1,73

Fluxo de caixa do projeto expandir o investimento no ano 14 (excluindo o cenário pessimista e conservador).

	Probabilidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Otimista	0,25	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	102.445,61	189.628,21	371.575,12	404.814,13	441.037,90	480.515,19
Conservador	0,50	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	49.379,34	81.462,02	108.380,69	113.233,64	116.826,53	120.464,17
Pessimista	0,25	(208.502,25)	(312.753,37)	(173.751,87)	47.295,35	78.034,99	103.724,05	107.923,04	110.865,55	113.816,32

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
522.186,33	567.572,93	617.010,04	670.863,07	277.903,56	178.789,11	358.285,35	881.101,88	938.411,46	999.492,23
124.218,86	128.094,52	132.095,21	132.095,21	132.095,21	132.095,21				
114.246,35	114.684,98	120.190,73	120.190,73	120.190,73	120.190,73				

20	21	VPL por cenário (em mil R\$)	Prob. X VPL (em mil R\$)
1.059.998,96	1.124.202,07	2.030.486,86	507.621,72
		-107.237,93	- 53.618,96
		-141.895,38	-35.473,85
Valor presente esperado (em mil R\$)=			418.528,91
Desvio Padrão (em mil R\$)=			930.771,91
Coeficiente de variação=			2,22

