



Laura Ribeiro Abreu Muchinelli

**Decisões de investimento em terminais aquaviários de
petróleo e derivados**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Davi Michel Valladão

Rio de Janeiro
Setembro de 2018



Laura Ribeiro Abreu Muchinelli

**Decisões de investimento em terminais aquaviários de
petróleo e derivados.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Davi Michel Valladão

Presidente e Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Profa. Frances Fischberg Blank

Co-orientadora

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Antônio Márcio Tavares Thomé

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Marco Antônio Guimarães Dias

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordenador (a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 10 de setembro de 2018.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da autora, do orientador e da universidade.

Laura Ribeiro Abreu Muchinelli

Graduou-se em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) em 2008. Iniciou suas atividades na Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) em março de 2012 na área de Desenvolvimento de Soluções Logísticas no Edifício Sede (Rio de Janeiro, RJ), onde trabalhou com a Fase I de projetos de investimento, realizando estudos de viabilidade técnico-econômica. Desde junho de 2018 trabalha na área de Movimentação de Derivados, atuando no planejamento e programação das operações de navios de derivados de petróleo no Terminal de São Sebastião.

Ficha Catalográfica

Muchinelli, Laura Ribeiro Abreu.

Decisões de investimento em terminais aquaviários de petróleo e derivados / Laura Ribeiro Abreu Muchinelli; orientador: Davi Michel Valladão; co-orientadora: Frances Fischberg Blank. – 2018.

114 f.; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2018.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Portos e Terminais. 3. Análise de Investimentos. 4. Opções Reais. I. Valladão, Davi Michel. II. Blank, Frances Fischberg. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

Agradecimentos

A Deus, pelo encorajamento em todos os momentos da minha vida.

À Petrobras, pelo incentivo que dá ao aperfeiçoamento de seus funcionários.

À minha mãe, Denise, por ter me proporcionado acesso à Educação.

Ao meu marido, Bruno, pelo apoio incondicional que me dá nestes dezessete anos de relacionamento e, principalmente, por me ajudar, ao longo dos últimos anos, a não perder a autoconfiança, diante do meu transtorno de ansiedade e da minha deficiência auditiva.

À minha nova colega, Professora Frances, por toda atenção e orientação que me deu durante quase um ano, por ter compartilhado comigo um pouco do seu conhecimento em avaliação de investimentos, por todas as dicas preciosas em inúmeras horas de Skype e pelo carinho de sempre.

Aos colegas de trabalho, Angelo, por ter me proporcionado acesso à base de dados de sobreestadia do Terminal de São Sebastião, e Quioto, por ter me ajudado com a programação da área São Paulo em momentos decisivos na etapa final desta jornada.

Aos colegas de turma, Giuseppe, Rodrigo e Danilo, por terem tornado muitos momentos mais leves neste retorno à vida acadêmica.

Aos membros da banca, por todas as contribuições.

A Deus, novamente, por ter me abençoado com o maior presente que eu poderia receber por concluir este Mestrado: meu filho, Otto.

Resumo

Ribeiro Abreu Muchinelli, Laura; Valladão, Davi Michel (Orientador); Blank, Frances Fischberg (Co-orientadora). **Decisões de investimento em terminais aquaviários de petróleo e derivados**. Rio de Janeiro, 2018. 114p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Decisões de investimento em terminais aquaviários, onde são realizadas movimentações e armazenagem de petróleo e derivados, devem levar em conta aspectos relativos aos custos logísticos envolvidos bem como a existência de flexibilidades gerenciais. O objetivo principal deste trabalho é propor uma metodologia de avaliação de investimentos para este tipo de unidade com ênfase nas futuras incertezas e avaliar um projeto selecionado em um terminal aquaviário brasileiro com o intuito de solucionar uma de suas principais restrições que acaba por gerar custos excessivos de sobreestadia à operação. O passo a passo proposto deverá ser refletido em outras análises da companhia de óleo e gás, cuja subsidiária opera o terminal em questão. A avaliação econômica do projeto leva em conta a modelagem de incertezas e as flexibilidades existentes, à luz da Teoria de Opções Reais. A relevância deste trabalho para a literatura está na aplicação de uma avaliação de Opções Reais em um projeto de um terminal aquaviário privado brasileiro, cenário pouco explorado pelos autores desta área no país, dando ênfase à ocupação de seus berços e aos custos de sobreestadia. A contribuição se dá através do *framework* proposto para análises de investimentos em terminais e da quantificação dos ganhos com a implantação do projeto avaliado, que elimina algumas restrições operacionais atuais. Além disso, espera-se que a empresa de óleo e gás divulgue a metodologia internamente e passe a adotá-la formalmente em suas avaliações de investimentos em Logística, iniciando, inclusive, um processo de mudança cultural nas áreas responsáveis pelos projetos e na mentalidade dos tomadores de decisão. O desenvolvimento do estudo envolve coleta e análise estatística de dados, entrevistas com operadores do terminal e especialistas da empresa, aprofundamento em técnicas de Opções Reais, análise de sensibilidade nas variáveis relevantes e discussão com demais colaboradores interessados no assunto. Os resultados mostram que há valor na espera pela realização do investimento, aqui analisado em duas escalas.

Palavras-chave

Ocupação de berço; sobreestadia; análise de investimento; flexibilidade, opções reais.

Abstract

Ribeiro Abreu Muchinelli, Laura; Valladão, Davi Michel (Advisor); Blank, Frances Fischberg (Co-advisor). **Decisions to invest in waterway terminals for oil and oil products**. Rio de Janeiro, 2018. 114p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Decisions to invest in waterway terminals, where oil and oil products are moved and stored, should take into account aspects related to the logistics costs involved, as well as the existence of managerial flexibilities. The main objective of this work is to propose a methodology for the evaluation of investments for this type of unit with emphasis on future uncertainties and to evaluate a selected project in a Brazilian waterway terminal with the purpose of solving one of its main restrictions that ends up generating excessive costs of demurrage to the operation. The proposed step-by-step should be reflected in other analyzes of the oil and gas company, whose subsidiary operates the terminal in question. The economic evaluation of the project takes into account the modeling of uncertainties and the existing flexibilities, in the light of the Real Options Theory. The relevance of this work to the literature is the application of an evaluation of Real Options in a project of a Brazilian private waterway terminal, a scenario little explored by the authors of this area in the country, with emphasis on the occupation of its berths and the costs of demurrage. The contribution is made through the proposed framework for analysis of investments in terminals and the quantification of gains with the implementation of the evaluated project, which eliminates some current operational restrictions. In addition, the oil and gas company is expected to disclose the methodology internally and to formally adopt it in its Logistics investment assessments, including initiating a process of cultural change in the areas responsible for the projects and in the decision makers. The development of the study involves statistical data collection and analysis, interviews with terminal operators and company specialists, deepening of Real Options techniques, sensitivity analysis in the relevant variables and discussion with other collaborators interested in the subject. The results show that there is value in waiting for the investment, analyzed here in two scales.

Keywords

Berth occupation; demurrage; investment analysis; flexibility; real options.

Sumário

1. Introdução	13
1.1. Objetivo	17
1.2. Metodologia	18
1.3. Estrutura do trabalho	18
2. Referencial teórico	20
2.1. Indicadores de performance e produtividade	20
2.2. Opções Reais no ramo de petróleo e gás e no planejamento portuário	25
3. Metodologia	32
3.1. Estudo de caso	33
3.2. Revisão de literatura para Introdução e Referencial teórico	35
3.2.1. Busca por referências sobre produtividade de portos e terminais	35
3.2.2. Busca por referências sobre a Análise de Opções Reais	37
3.3. Modelo para seleção e avaliação de investimentos	39
3.3.1. Modelos de referência	39
3.3.2. Adaptações nos modelos de referência	41
3.4. Seleção do investimento	41
3.4.1. Visita ao terminal	41
3.4.2. Dados para a análise quantitativa	41
3.4.3. Entrevistas para a análise qualitativa	42
3.4.4. Triagem do investimento	43
3.5. Avaliação do investimento	43
3.5.1. Avaliação tradicional do investimento	43
3.5.2. Aplicação da Teoria de Opções Reais	45
3.5.2.1. Processos estocásticos	46
3.5.2.2. Opção de Espera	51
3.5.2.3. Opção de Escala	55
4. Estudo de caso: seleção e avaliação de um investimento no Terminal de São Sebastião	59
4.1. Terminal de São Sebastião	59
4.2. Proposta de um <i>framework</i> para seleção e avaliação de investimentos em terminais aquaviários com Opções Reais	62
4.3. Seleção do investimento para análise	64
4.3.1. Visita ao Terminal de São Sebastião	64
4.3.2. Estudo dos dados do terminal	66
4.3.3. Análise das informações obtidas com especialistas	76
4.3.4. Seleção do investimento	78
4.4. Avaliação do investimento	81
4.4.1. Avaliação tradicional	81
4.4.2. Definição das variáveis e processos estocásticos	83
4.4.3. Cálculo das Opções de Espera e Escala em tempo contínuo (opção de espera perpétua)	87

4.4.4. Cálculo das Opções de Espera e Escala em tempo discreto (opção de espera com prazo de expiração)	90
4.4.5. Análise de sensibilidade	93
4.5. Discussão dos resultados	96
5. Conclusões	99
5.1. Recomendações para trabalhos futuros	100
5.2. Recomendações de aplicações práticas	101
6. Referências bibliográficas	103
7. Apêndices	107
7.1. Apêndice 1: Definição das restrições do Terminal de São Sebastião	107
7.2. Apêndice 2: Planilha da triagem de projetos	108
7.3. Apêndice 3: Definição dos nove projetos pré-selecionados para análise	110
8. Anexos	113
8.1. Anexo 1: Estratificação do tempo de um navio em um porto	113
8.2. Anexo 2: Fórmulas utilizadas na análise para cálculo do Tempo em Fila	114

Lista de Figuras

Figura 1 – Mapas da Distribuição Geográfica do Sistema Portuário Brasileiro. ..	13
Figura 2 – Principais fontes de incerteza no planejamento portuário.....	28
Figura 3 – Táticas do estudo de caso para quatro testes de projeto.....	34
Figura 4 – Protocolo para o estudo de caso.	35
Figura 5 – Metodologia de avaliação de investimentos com flexibilidade no setor portuário proposta por Salminen.....	40
Figura 6 – Metodologia de avaliação de investimentos com flexibilidade no setor portuário proposta por Taneja et al.	40
Figura 7 – Métodos de solução de Opções Reais.	46
Figura 8 – Árvore binomial para aproximação do Movimento Geométrico Browniano.	57
Figura 9 – Terminal Aquaviário Almirante Barroso em São Sebastião, SP.	61
Figura 10 – Metodologia de avaliação de investimentos com flexibilidade de no setor portuário proposta por esta autora.	63
Figura 11 – Sistema de derivados do Terminal de São Sebastião.	65
Figura 12 – <i>Manifold</i> e braços de carregamento atuais do Píer Norte.	66
Figura 13 – <i>Manifold</i> de terra e bombas <i>Booster</i>	66
Figura 14 – Principais componentes do custo de sobreestadia médio dos navios de derivados claros e de petróleo.	73
Figura 15 – Escala 1 do projeto.	80
Figura 16 – Escala 2 do projeto.	80
Figura 17 – Parâmetros agregados do MGB para o valor da Escala 1 pelo método MAD Modificado.	87
Figura 18 – Parâmetros agregados do MGB para o valor da Escala 2 pelo método MAD Modificado.	88
Figura 19 – Árvore Binomial para evolução do valor das escalas 1 e 2.....	91
Figura 20 – Árvore de Decisão Binomial entre as opções de escala 1 e 2.	92
Figura 21 – Planilha da triagem de projetos – Parte 1.....	108
Figura 22 – Planilha da triagem de projetos – Parte 2.....	109
Figura 23 – Planilha da triagem de projetos – Parte 3.....	110
Figura 24 – Estratificação do tempo de um navio em um porto.....	113
Figura 25 – Fórmulas utilizadas na análise para cálculo do Tempo em Fila.....	114

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Evolução da movimentação de carga por tipo de instalação portuária de 2010 a 2016.	14
Gráfico 2 – Relação entre ocupação de berço e tempo de espera do navio: caso com 2 berços.	21
Gráfico 3 – Variação do custo total no porto com o crescimento no tráfego.	22
Gráfico 4 – Capacidade encontrando a demanda.	23
Gráfico 5 – Ranking de Movimentação Nacional.	59
Gráfico 6 – Ranking de Movimentação dos Terminais de Uso Privado.	60
Gráfico 7 – Movimentação por tipo de navegação, em toneladas (2017).	62
Gráfico 8 – Taxa de ocupação dos berços x Tempo de fila total no Terminal de São Sebastião.	68
Gráfico 9 – Comparação do lote médio e do tempo de fila médio entre os navios de derivados claros e de petróleo no Terminal de São Sebastião.	68
Gráfico 10 – Perfil de ocupação do berço PP1.	70
Gráfico 11 – Perfil de ocupação do berço PP2.	70
Gráfico 12 – Perfil de ocupação do berço PP3.	70
Gráfico 13 – Perfil de ocupação do berço PP4.	71
Gráfico 14 – Perfil de ocupação x Custo de sobreestadia dos navios de derivados claros.	72
Gráfico 15 – Perfil de ocupação x Custo de sobreestadia dos navios de petróleo.	72
Gráfico 16 – Comparação do <i>Hire</i> médio entre navios de derivados claros e de petróleo.	72
Gráfico 17 – Comparação do custo de sobreestadia médio entre navios de derivados claros e de petróleo.	73
Gráfico 18 – Distribuição dos eventos de sobreestadia dos navios de Petróleo.	75
Gráfico 19 – Distribuição dos eventos de sobreestadia dos navios de Claros.	75

Gráfico 20 – Distribuição das causas dos eventos de sobreestadia dos navios de derivados claros (2017) – excluindo “Pier” e “Programação”.	76
Gráfico 21 – Histórico de demanda mensal dessazonalizada de derivados do Terminal de São Sebastião.	84
Gráfico 22 – Histórico de <i>Hire</i> médio mensal deflacionado dos navios de derivados do Terminal de São Sebastião.	84
Gráfico 23 – Teste de razão de variância para os dados de demanda.	85
Gráfico 24 – Teste de razão de variância para os dados de <i>Hire</i> .	85
Gráfico 25 – Comparação do valor da opção de espera com o valor do exercício imediato para a Escala 1.	89
Gráfico 26 – Comparação do valor da opção de espera com o valor do exercício imediato para a Escala 2.	89
Gráfico 27 – Opção de Espera e Escala para as duas escalas.	90
Gráfico 28 – Opção de Espera e Escala com -30% no investimento de cada escala.	94
Gráfico 29 – Opção de Espera e Escala com +50% no investimento de cada escala.	94
Gráfico 30 – Opção de Espera e Escala com -10% no investimento da Escala 1 e +20% no investimento da Escala 2.	95

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Filtragem de artigos da sobre produtividade de portos e terminais (base <i>Scopus</i>)	37
Tabela 2 – Filtragem de artigos sobre Opções Reais (base <i>Scopus</i> e fonte nacional)	38
Tabela 3 – Valores críticos para o Teste da Raiz Unitária de Dickey-Fuller	50
Tabela 4 – Características do Terminal de São Sebastião	61
Tabela 5 – Restrições do Terminal de São Sebastião	67
Tabela 6 – Principais eventos de sobreestadia do Terminal de São Sebastião	74
Tabela 7 – Classificação dos projetos pré-selecionados para análise	79
Tabela 8 – Percentual de desembolso do investimento total	81
Tabela 9 – Resultados da Avaliação Tradicional	83
Tabela 10 – Parâmetros do Movimento de Reversão à Média para as séries de demanda e <i>Hire</i>	87
Tabela 11 – Premissas utilizadas para o cálculo da opção de espera	88
Tabela 12 – Parâmetros utilizados nas árvores binomiais dos valores das escalas 1 e 2	91

1

Introdução

Segundo dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2015), o sistema portuário brasileiro é composto por 34 portos públicos marítimos e 130 terminais portuários de uso privado (TUP's), de acordo com a Figura 1:



Figura 1 – Mapas da Distribuição Geográfica do Sistema Portuário Brasileiro.
Fonte: (ANTAQ, 2015).

A participação dos TUP's é significativa no cenário nacional, representando 66% da movimentação total em 2016, conforme o anuário da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2017). A evolução anual da movimentação total de carga por tipo de instalação é apresentada no Gráfico 1:

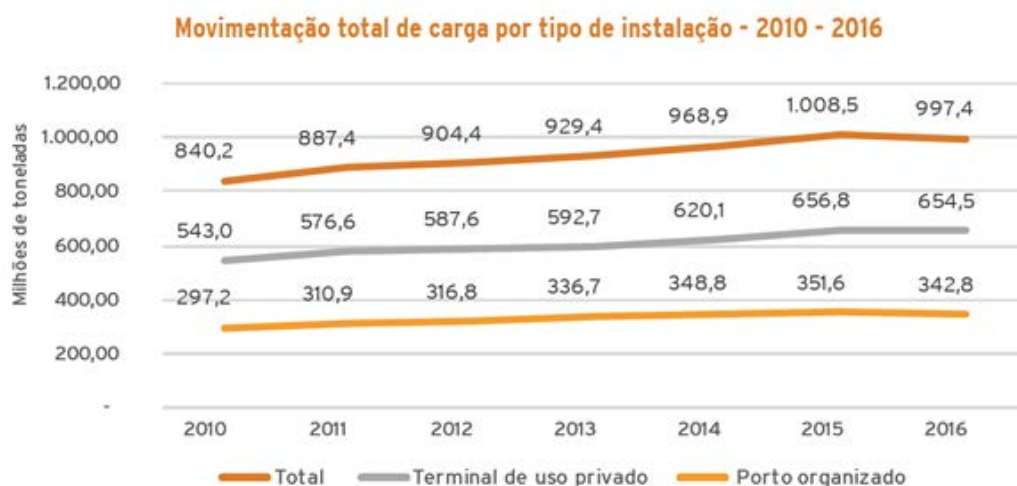


Gráfico 1 – Evolução da movimentação de carga por tipo de instalação portuária de 2010 a 2016.
Fonte: (CNT, 2017).

Os desafios para o crescimento e para a melhoria da produtividade dos portos e terminais brasileiros vêm sendo estudados nos últimos anos, tanto por parte da União quanto do setor privado. No que diz respeito ao domínio público, diversas organizações governamentais têm dedicado atenção à avaliação das restrições existentes no sistema portuário.

Em dimensionamento de investimentos realizado, o Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES, 2006) identificou dois principais problemas de infraestrutura para muitos portos brasileiros, que poderiam resultar em aumento de tempo de espera de navios e incorrer em multas por sobreestadia (valor pago quando o tempo de operação do navio excede o contratual): a necessidade de obras de dragagem dos canais de acesso e as restrições rodoferroviárias nos acessos aos portos, agravados pela baixa capacidade de investimento das Companhias Docas.

Em diagnóstico do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2010), foi identificada a necessidade de obras portuárias e de acesso para a expansão do setor portuário nacional e para o crescimento do comércio internacional e de cabotagem no país. A baixa eficiência dos portos e o déficit de infraestrutura observados na época alertaram sobre um possível colapso em caso de recuperação da economia mundial pós-crise de 2008. A partir de então o orçamento dos investimentos públicos passou a priorizar os projetos de ampliação de capacidade portuária, incluindo a construção ou recuperação de berços, píeres, terminais e

pátios. No mesmo estudo, o IPEA (2010) notou que, além dos problemas de infraestrutura, os aspectos burocráticos de funcionamento dos portos também contribuíam para a redução da competitividade do setor. Como consequência para os usuários do sistema portuário, o grave problema enfrentado era o maior tempo médio de espera para atracação nos portos, gerando custos de sobreestadia.

Na Pesquisa do Transporte Aquaviário sobre Cabotagem (CNT, 2013) consta que quase 80% do volume transportado por este tipo de navegação em 2012 correspondiam a combustíveis, óleos minerais e derivados. Entre as rotas utilizadas, destacavam-se aquelas com origem em plataformas marítimas de petróleo, que representavam mais de 50% da carga transportada, tendo como principais destinos os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, com 22,9% e 16,0% do total transportado, respectivamente. No mesmo trabalho foram elencados os principais fatores restritivos ao crescimento da cabotagem, com destaque para as altas tarifas incidentes no setor, grande nível de burocracia nas operações nos portos, alta carga tributária, carência em infraestrutura portuária, idade elevada da frota e número limitado de embarcações, recomendando investimentos em obras de infraestrutura logística, revitalização de equipamentos, aumento de áreas portuárias e construção de novos portos para redução do tempo necessário à realização deste transporte. A CNT (2013) apontou também que, como a navegação de cabotagem conta com portos de origem e destino no território nacional, os gargalos nos portos acabam por afetar sensivelmente o setor, desestimulando ou inibindo a sua utilização. Além disso, em geral, os navios de cabotagem têm menor prioridade de atracação do que os de longo curso nos portos e terminais nacionais, o que dificulta ainda mais a regularidade de suas escalas.

Diferentes trabalhos acadêmicos também já foram publicados, demonstrando a preocupação das organizações brasileiras com os custos operacionais e a performance de seus terminais. Wanke (2011) analisa as estatísticas de tempo de espera de navio e de custo de sobreestadia para um terminal privado de *containers* localizado no Rio de Janeiro sob quatro diferentes políticas de alocação de berço e oito diferentes disciplinas de filas, através de um modelo de simulação e de análise estatística multivariada. Barros et al. (2011) propõem um modelo de programação linear inteira baseado no problema de transporte para representar a questão da alocação de berço em portos de maré de cargas a granel com condições de nível de estoque, tendo como cenário o

complexo portuário industrial de São Luís. Moura et al. (2014) elaboram uma modelagem para a análise de eficiência de um conjunto de terminais aquaviários brasileiros de distribuição de petróleo utilizando como método a Análise Envoltória de Dados. Ribeiro et al. (2016) apresentam um problema de alocação em berços em um terminal de minério localizado em Vitória, considerando a existência de atividades de manutenção nos berços e taxas de sobreestadia e propondo um modelo de programação linear inteira mista e uma heurística de busca por vizinhança para resolvê-lo.

Alguns dos maiores custos logísticos de empresas do ramo de petróleo e gás são observados nos terminais aquaviários, onde são desenvolvidas operações de movimentação e armazenagem de petróleo e derivados. No maior terminal em volume de produtos movimentados de uma companhia brasileira deste setor, operado por uma subsidiária integral da mesma, são observadas algumas restrições operacionais que geram despesas significativas, sendo a principal delas o pagamento de multas devido à sobreestadia de navios. Dentre as restrições que levam a maiores taxas de ocupação de berço e, conseqüentemente, a maiores tempos de espera por parte dos armadores de navios que ali operam destacam-se: (i) a tancagem (capacidade total dos tanques) limitada para armazenagem de petróleo, (ii) a necessidade de tancagem para armazenagem de água oleosa para tratamento, (iii) o compartilhamento de linhas entre diferentes produtos claros (derivados com valor superior ao do petróleo), (iv) o compartilhamento de bombas para diferentes operações, (v) a ausência de Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno, a ausência de equipamentos de coleta de compostos orgânicos voláteis e (vi) o compartilhamento de píer entre navios de petróleo e derivados.

Para eliminar tais gargalos há alguns projetos em avaliação ou execução, outros já avaliados no passado, que, se implantados, poderiam trazer ganhos expressivos para a empresa. Além disso, quando consideradas as opções que poderiam oferecer tendo em vista as flexibilidades gerenciais envolvidas, estimam-se ganhos ainda maiores. A questão da flexibilidade no planejamento portuário vem sendo discutida internacionalmente ao longo dos últimos anos, sobretudo devido à característica dos investimentos do setor de serem de grande porte e irreversíveis. Taneja et al. (2012) propõem o Planejamento Portuário Adaptativo e o uso da Análise de Opções Reais como ferramenta de avaliação de

projetos. No contexto brasileiro de petróleo e gás também são encontrados trabalhos com este tipo de análise, com destaque para publicações existentes desde a década de 90 na área de Exploração e Produção, avaliando projetos relacionados às plataformas marítimas e campos de petróleo, como mostram Dias (1997) e Dias et al. (2003).

Este trabalho estuda possíveis investimentos no terminal definido para o caso, escolhendo um deles para avaliação econômica sob o enfoque da Teoria de Opções Reais e propõe um *framework* a ser seguido em avaliações deste tipo. Suas contribuições para a literatura são a inovação ao analisar um projeto de um terminal aquaviário privado brasileiro através de um método de Opções Reais e a ênfase ao indicador de ocupação de berço e aos seus impactos nos custos de sobreestadia de navios, através de análise estatística de dados.

E para a empresa de petróleo e gás também tem relevância, pois propõe o passo a passo de uma nova metodologia de avaliação de projetos com base em Opções Reais, que pode ser utilizada sistematicamente em outras avaliações, além de identificar as principais restrições atuais no maior terminal onde ela movimentava petróleo e derivados e mostrar os ganhos com a implantação de um projeto no terminal.

1.1

Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é propor uma metodologia de seleção e avaliação de investimentos em terminais aquaviários de petróleo e derivados no formato de um *framework* englobando os principais passos deste processo. Além disso, como recurso ilustrativo, é selecionado e avaliado um projeto de investimento em um terminal escolhido destinado a solucionar uma das principais restrições nele observadas atualmente.

Alguns objetivos secundários que também se espera alcançar são:

- Analisar estatisticamente as operações do terminal e identificar suas restrições, destacando as de maior impacto em termos de custos de sobreestadia para a empresa;
- Levantar os possíveis projetos para tratamento destas restrições, priorizando-os também com relação aos benefícios que podem trazer;

- Modelar variáveis de incerteza que são fontes de risco dos projetos;
- Aplicar a Teoria de Opções Reais para análise de um dos projetos e verificar as implicações das opções envolvidas.

Com o estudo de caso proposto, pretende-se responder às seguintes perguntas de pesquisa:

- Como a empresa de petróleo e gás deve avaliar seus investimentos em terminais aquaviários considerando as múltiplas variáveis envolvidas?
- Por que as flexibilidades gerenciais, tais como a opção de espera ou a opção de escala, devem ser consideradas?
- O projeto selecionado é viável?
- Quais outros investimentos devem ser priorizados e em qual momento a empresa deve implementá-los?
- Quais os principais pontos positivos observados com a utilização da Teoria de Opções Reais na avaliação do projeto analisado?

1.2

Metodologia

Este trabalho desenvolve uma metodologia de seleção e avaliação de investimentos a partir do estudo de caso de um terminal aquaviário brasileiro que movimenta petróleo e derivados e apresenta altos custos de sobreestadia devido às suas restrições operacionais. O *framework* sugerido resume os passos seguidos por esta autora de uma maneira estruturada que pode ser replicada. Seu desenho espelha-se em algumas referências pesquisadas, adaptando-se à realidade da empresa de óleo e gás.

1.3

Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro é a introdução, onde o tema é contextualizado e onde é declarada a motivação para a escolha do problema, bem como sua relevância para a literatura. Aqui também são expostos os objetivos do estudo de caso, as perguntas de pesquisa a serem respondidas e o escopo da análise.

O segundo capítulo apresenta uma revisão de literatura, com base em periódicos acadêmicos nacionais e internacionais e outras publicações clássicas ou recentes sobre o tema. Em seguida, o terceiro capítulo descreve a metodologia, onde são detalhadas as etapas e atividades do trabalho (construção do *framework*, coleta de dados, visita ao terminal, entrevistas, análise estatística para identificação das principais causas de sobreestadia de navios, seleção do projeto, análise de viabilidade tradicional e análise de opções reais). O quarto capítulo traz o estudo do caso, incluindo: (i) a proposta do *framework* para seleção e avaliação de investimentos em terminais aquaviários, (ii) a seleção do investimento (caracterização do terminal, apresentação e análise dos levantamentos quantitativos e qualitativos, descrição dos possíveis investimentos a serem implantados e identificação do projeto a ser avaliado), (iii) a análise do investimento (aplicação de dois métodos de Opções Reais na avaliação do projeto, apresentação dos resultados e realização de sensibilidades e (iv) a discussão com comentários sobre os resultados após apresentação aos especialistas da sede inicialmente entrevistados.

Finalmente, o quinto capítulo sumariza as conclusões da dissertação, com retomada da teoria exposta na revisão de literatura e indicação dos principais pontos conclusivos com relação aos objetivos e perguntas de pesquisa, além de recomendações para futuras pesquisas e aplicações práticas. Por último são citadas as referências bibliográficas utilizadas e mostrados alguns apêndices e anexos.

2

Referencial teórico

Esta revisão teórica apresenta o embasamento científico utilizado neste trabalho, por meio de referências a questões vivenciadas em portos e terminais nos cenários nacional e internacional e a aplicações da Teoria de Opções Reais em análises de investimentos no ramo de petróleo e gás e mais especificamente no contexto portuário.

2.1

Indicadores de performance e produtividade

Os estudos das restrições e propostas de soluções para a melhoria da produtividade de portos e terminais têm relevância no âmbito internacional. O próprio conceito, os fatores de influência e a metodologia de cálculo de alguns indicadores para avaliação das operações destas instalações têm sido analisados e divulgados. Monie (1987), em monografia elaborada para uma série da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD) voltada para a capacitação de gestores de portos de países em desenvolvimento, afirma que as duas principais medidas para avaliação da performance de um porto são a duração da estadia do navio no porto e a qualidade da movimentação da carga.

Além de exemplificar e diferenciar os indicadores de saída, de produtividade e secundários mais comuns para o gerenciamento portuário, Monie (1987) também dedica especial atenção ao detalhamento do tempo de estadia dos navios, relacionando as taxas de ocupação de berço para portos com diferentes números de berços com o tempo de espera dos navios em dias.

Os estágios padrões da passagem de um navio por um porto (detalhados no Anexo 1) são:

- Tempo de espera pelo berço, que inclui o tempo de atracação;
- Tempo no berço, que inclui os tempos de conexão e desconexão necessários para a operação;

- Tempo operacional no berço, que inclui os tempos de possíveis interrupções na operação;

- Tempo de desatracação e saída do porto.

Apesar de ser a principal medida de produtividade do navio no porto, o valor de tempo não é absolutamente significativo por si só. É importante também associá-lo ao total de carga movimentada e à composição de carga, geralmente apresentada em classes: líquidos a granel, sólidos a granel, carga geral, carga “*containerizada*”. Além disso, para uma avaliação econômica, os valores de produtividade devem ser expressos em termos monetários, considerando o custo diário do navio no porto (geralmente com base em valores médios por classes de tipo e idade).

A redução de qualquer um dos períodos de tempo pode melhorar a produtividade do navio no porto, mas dois deles requerem maior ênfase: o tempo de espera pelo berço e o tempo no berço. Estas duas medidas são comumente avaliadas devido ao seu relacionamento direto uma vez que navios regularmente esperam por berços porque os mesmos estão ocupados. O Gráfico 2 exibe esta relação, com dados baseados em Teoria de Filas, chegadas com distribuição Poisson, tempos de serviço com distribuição Exponencial e disciplina de filas onde o primeiro navio a chegar é o primeiro a ser servido.

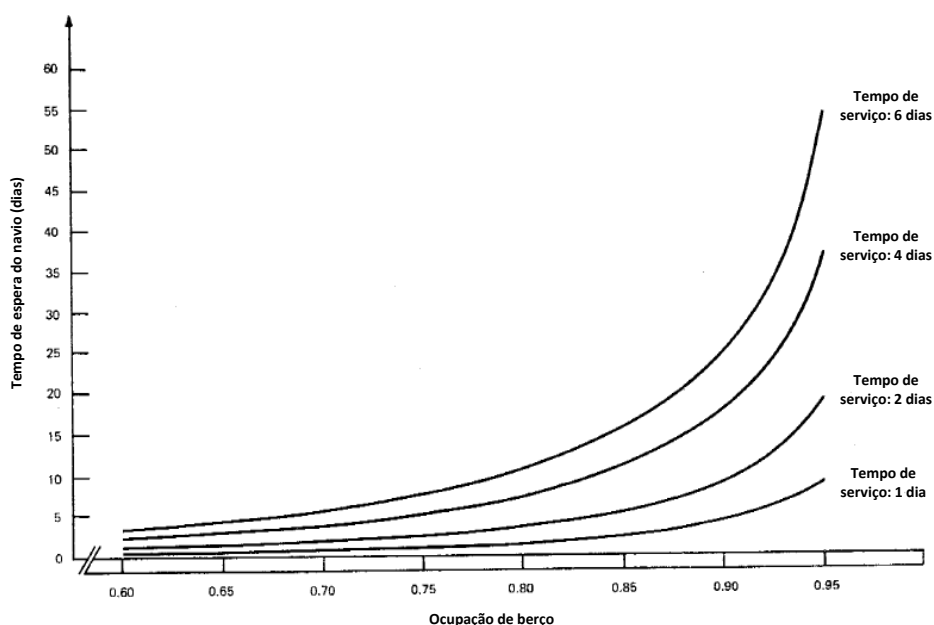


Gráfico 2 – Relação entre ocupação de berço e tempo de espera do navio: caso com 2 berços.

Fonte: (Adaptado de UNCTAD – “Berth throughput: systematic methods for improving general cargo operations”, Rev. 1, 1979)

O tempo de espera cresce rapidamente com valores maiores de ocupação de berço. Logo, uma redução relativamente pequena no tempo em que o navio permanece no berço pode ter um efeito considerável no tempo de espera estimado e na produtividade do navio no porto.

O ponto ótimo de ocupação de berço, entretanto, é difícil de ser atingido continuamente e no longo prazo. Primeiramente, porque depende de uma solução de compromisso entre o porto e os operadores de navios. Os operadores desejam atracar imediatamente, sem esperar e, por isso, demandam um número maior de berços do que o estritamente necessário. O porto prefere reduzir os investimentos em infraestrutura o máximo possível e alcançar maiores níveis de ocupação, utilizando mais suas instalações disponíveis. O custo total no porto por tonelada tem um mínimo que se dá com um volume de tráfego menor do que o melhor para o porto e maior do que o melhor para os navios (Gráfico 3).

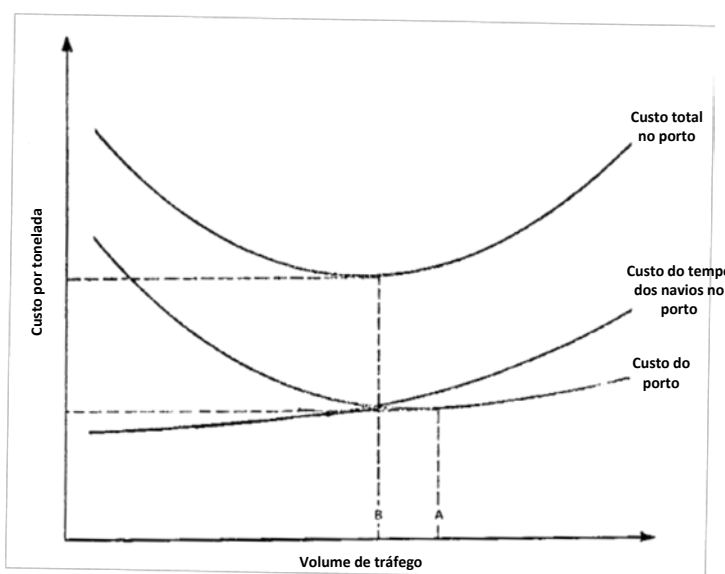


Gráfico 3 – Variação do custo total no porto com o crescimento no tráfego.

Fonte: (Adaptado de UNCTAD – “Berth throughput: systematic methods for improving general cargo operations”, Rev. 1, 1979).

Além de depender dos interesses, geralmente conflitantes, do porto e dos operadores de navios, o ponto ótimo de ocupação de berço também é influenciado por outros dois fatores, que são as flutuações de tráfego consideráveis e a indivisibilidade dos investimentos em infraestrutura portuária.

O Gráfico 4 mostra a dificuldade de compatibilização da capacidade com a demanda, sendo o desequilíbrio mais pronunciado no curto prazo.

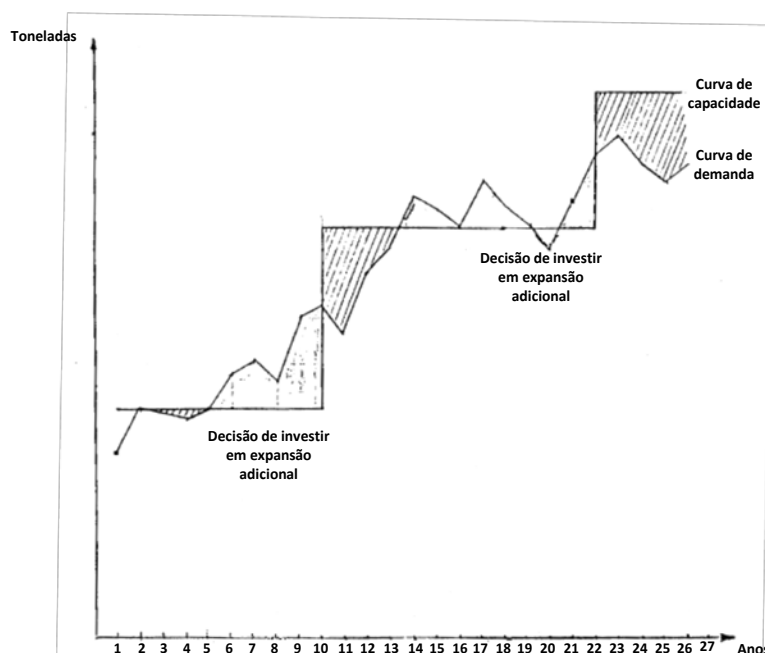


Gráfico 4 – Capacidade encontrando a demanda.

Fonte: (Adaptado de UNCTAD – “Measuring and evaluating port performance and productivity”, 1987).

Quando os volumes de tráfego começam a exceder a capacidade portuária, o porto é pressionado por seus usuários a ampliar suas instalações. A melhoria da produtividade dos navios, entretanto, também pode ser alcançada através de um melhor desempenho do porto durante os vários estágios do serviço prestado, especialmente na operação (movimentação da carga). A primeira reação dos gestores portuários, normalmente, é considerar a construção de novos berços em vez de procurar as causas mais básicas da alta ocupação, como a indisposição dos navios em operarem em horas mais caras ou o uso dos berços para razões outras que não a manipulação de carga puramente comercial. Nos países desenvolvidos, a opção por investimentos em excesso de capacidade (*overcapacity*) é comparada com as cobranças pelo congestionamento portuário e com as penalidades que o país enfrenta quando sua capacidade portuária está aquém da demanda.

Ainda sobre a análise da produtividade portuária, Tongzon (1995) desenvolve um modelo para especificar vários fatores que influenciam a performance e a eficiência de um porto. Com base nas respostas de 23 portos

internacionais com movimentação de *containers*, chega-se aos impactos relativos de cada fator avaliado, sendo dois deles gerenciáveis pelo porto: a eficiência do terminal (número médio de *containers* por hora por berço) e as cargas portuárias, tendo o primeiro a maior importância na performance geral do porto.

Steven & Corsi (2012) examinam os fatores que afetam a atratividade de um porto para carregamentos de *containers* importados pelos Estados Unidos, através de um modelo de escolha com variáveis gerenciáveis e concluem que a diminuição do congestionamento do porto, o aumento da produtividade dos guindastes e a privatização de gestão parecem afetar significativamente a escolha portuária. Ha et al. (2017) apresentam um modelo híbrido de medição de performance portuária e propõem um *framework*, baseado em ferramentas de análise de interdependência e comparação entre variáveis, validado através de estudos de caso em 4 grandes portos de *containers* da Coreia do Sul, chegando a uma classificação relativa dos mesmos. Em trabalho posterior, Ha & Yang (2017) fazem uma comparação do modelo híbrido com o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que provê soluções mais realistas.

Com relação à questão da capacidade dos portos, também são observados trabalhos que abordam o tema mais especificamente. Os dois aqui citados ponderam investimentos em ampliação de capacidade com custos da operação portuária, entre eles a sobreestadia de navios.

Singh et al. (2012) descrevem um modelo de suporte à decisão de melhoria de capacidade para a Cadeia de Carvão Hunter Valley, na Austrália, onde se concentra a maior movimentação de carvão do mundo, buscando minimizar o custo total com equipamentos adicionais e sobreestadia, sendo os dias de espera obtidos a partir da simulação de utilização dos berços. Cimpeanu et al. (2017) criam um modelo de simulação para o descarregamento de navios de bauxita na RUSAL Aughinish Alumina, a maior refinaria de alumina (óxido de alumínio) da Europa, localizada no sudoeste da Irlanda, com o propósito de avaliar o ganho de performance no sistema portuário a partir de 4 indicadores (custos de sobreestadia, taxa de ocupação de berço, horas de fila e material descarregado), comparando a infraestrutura existente com a infraestrutura após investimentos de longo prazo.

Como observado na maioria dos estudos sobre produtividade ou capacidade portuária, a performance dos portos é diretamente impactada pela ocupação de

seus berços e os tempos de espera geram custos de sobreestadia. A sobreestadia ou *demurrage* (termo em inglês) é uma multa (cobrada por dia) paga pelo afretador em contratos por viagem pelo tempo excedido nas estadias dos navios, além daquele estipulado contratualmente para suas operações de carga ou descarga. Alguns trabalhos internacionais demonstram maior interesse na avaliação deste custo.

Trenchard et al. (1991) comentam sobre um estudo realizado por uma consultoria para a refinaria Scanraff em Lysekil, na Suécia, com o objetivo de resolver os problemas nas instalações de carregamento de produtos, reduzir a ocupação de berço e cortar os custos de sobreestadia, tendo sido a construção de um novo píer para carregamento desconsiderada devido ao alto investimento demandado. Li et al. (2010) desenvolvem uma formulação baseada em bateladas (lotes com determinado volume do produto) para um tratamento integrado de regras de mistura, especificações e armazenagem de gasolina, incorporando muitas características da vida real e buscando: reduzir sobreestadia, melhorar a entrega dos pedidos, minimizar degradações de produto (perda de qualidade), evitar custos transacionais e geração de *slop* (resíduo) e reduzir custos de estoque. Srikanth et al. (2011) propõem um modelo para determinar a sequência ideal de descarregamento de GLP (gás liquefeito de petróleo – propano e butano) em um terminal, procurando minimizar perdas de material, sobreestadia e custos de energia, dada a necessidade de pré-resfriamento das linhas para recebimento do produto.

De modo geral, em linha com as ideias de Monie (1987), percebe-se que os trabalhos sobre produtividade de portos e terminais acabam se direcionando para as questões de capacidade, ocupação dos berços e custos de sobreestadia de navios. Nesta dissertação, a sobreestadia histórica do terminal foco da análise será avaliada e um projeto será escolhido para tentar melhorar a utilização da capacidade existente.

2.2

Opções Reais no ramo de petróleo e gás e no planejamento portuário

De acordo com Brealey et al. (2008), quando são utilizados fluxos de caixa descontados em avaliações de projetos supõe-se uma atuação passiva da empresa.

Entretanto, os gestores podem se manifestar de forma ativa. Depois de terem investido em um novo projeto, podem optar por expandi-lo, reduzi-lo ou abandoná-lo, por exemplo. Os projetos que podem ser assim modificados são mais valiosos do que os que não possuem esta flexibilidade, e, além disso, têm mais valor quanto maior for a incerteza futura. As análises de sensibilidade, de cenários e a simulação de Monte Carlo não reconhecem a oportunidade da modificação dos projetos, sendo que as opções para os modificar são designadas opções reais.

Para Minardi (2004), a Teoria de Opções Reais tenta superar as limitações dos métodos tradicionais, pois considera a flexibilidade gerencial na avaliação, sendo esta uma possibilidade, não uma obrigação de alteração do projeto, e não se preocupa em determinar uma taxa de desconto de acordo com o risco do projeto, pois trabalha em um ambiente neutro ao risco, utilizando a taxa de desconto livre de risco. As opções são um direito contingente, ou seja, o valor delas depende do valor de outro ativo, chamado ativo-objeto. Um projeto pode ser visto como um conjunto de opções reais, que tem como ativo-objeto o seu próprio valor, de forma análoga às opções financeiras, porém com maior complexidade.

No ramo de petróleo e gás, no contexto internacional, Smith & McCardle (1999) apresentam uma introdução aos métodos de precificação de opções, com foco em como eles podem ser integrados aos métodos de análise de decisão, e descrevem algumas lições aprendidas por um grupo de “Melhoria dos Métodos de Avaliação” de uma grande companhia do ramo de petróleo e gás com o uso destes métodos para avaliar alguns investimentos reais. Dikos (2008) cria modelos estatísticos para decisão de encomenda de novos navios de forma agregada na indústria de navios petroleiros, comparando com a opção de esperar, dados os períodos de altos e baixos fretes marítimos.

Entre os exemplos brasileiros, Dias (1997) analisa o problema de uma empresa de petróleo com direitos sobre campos, mas com limite de tempo para decidir sobre desenvolvê-los, mostrando o valor de um gerenciamento ativo. Para a opção de desenvolver o campo, as incertezas são modeladas de forma estocástica e é utilizada uma ferramenta de programação dinâmica para otimização da decisão gerencial. A opção de exploração é avaliada de duas formas que consideram tempo discreto: sem interação estratégica com os vizinhos (modelo de árvore de decisão) e com interação estratégica com os mesmos (jogo

de perfuração não cooperativo, também chamado de jogo de espera). Dias et al. (2003) avaliam uma oportunidade de investimento no desenvolvimento de um campo de petróleo por uma empresa de Exploração e Produção (E&P), de forma equivalente a uma opção de compra americana. O momento ótimo do investimento é calculado para três alternativas de escala mutuamente exclusivas e mostrado através de uma abordagem inovadora que considera regiões para exercício da opção e regiões de espera. Para tanto, são utilizadas opções com tempo de vida finito e não é permitida a opção de troca entre as escalas, de modo que se uma certa capacidade de produção é instalada, a mesma permanece até a exaustão da reserva de óleo. Os preços do petróleo são modelados por Movimento Geométrico Browniano e pelo processo de reversão à média.

Almeida et al. (2009), em linha com Dias (1997) e Dias et al. (2003), apresentam um estudo para um operador de uma plataforma de perfuração de petróleo decidir entre as opções de operação, suspensão temporária ou saída do negócio em função dos valores cobrados de frete diário. Fonseca et al. (2017) publicam um caso estudado de um campo de petróleo localizado em um país do continente africano. Os autores analisam a viabilidade de desenvolvimento do campo, em que o contrato de partilha de produção com a concessionária nacional é adotado, por meio do dimensionamento de seu perfil de produção, estimativa do comportamento do preço do petróleo pelo Movimento Geométrico Browniano e cálculo do valor do projeto e da opção de adiar seu desenvolvimento. Com o objetivo de disponibilizar uma ferramenta mais intuitiva aos tomadores de decisão também desenvolvem uma árvore binomial.

Ainda na área de óleo e gás, mas com foco em Refino (setor Petroquímico), encontra-se o trabalho de Costa & Samanez (2014), cujo objetivo é analisar um projeto na indústria de petróleo com tecnologia XTL (*Feed-to-liquid*) usando Opções Reais. Tal projeto apresenta flexibilidades de *inputs* (matérias-primas) usados no processo e de *outputs*, podendo variar o percentual dos produtos finais produzidos (diesel, parafinas, gasolina, lubrificantes, etc.), e os preços são considerados estocásticos seguindo um movimento de reversão à média (MRM) ou um movimento de reversão à média com saltos (MRMS). Para avaliar a viabilidade da planta industrial é usada a simulação de Monte Carlo dos processos estocásticos em um contexto de neutralidade ao risco.

A literatura sobre planejamento portuário envolve situações de investimentos em estruturas flexíveis. Considerando incertezas futuras que podem impactar o valor dos projetos, a existência de flexibilidades é um atributo relevante nas decisões gerenciais. Neste contexto, a Teoria de Opções Reais é uma importante ferramenta para a correta avaliação de investimentos no setor.

Taneja et al. (2010) afirmam que muitas incertezas existem em um sistema de infraestrutura complexo, como um sistema portuário. Estas incertezas são endógenas se sua fonte está dentro da esfera de influência do sistema e exógenas se sua fonte está fora do controle dos tomadores de decisão. Além disso, podem ser de projeto, corporativas, de mercado ou de contexto político, como mostra a Figura 2:

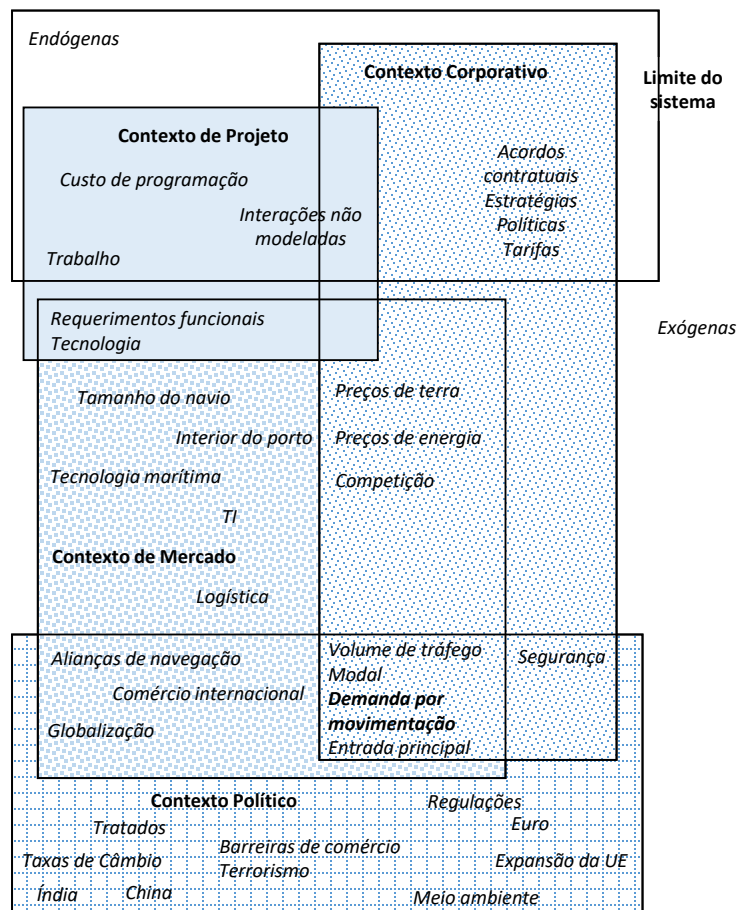


Figura 2 – Principais fontes de incerteza no planejamento portuário.

Fonte: (Adaptado de Taneja et al., 2010).

Segundo Taneja et al. (2012), o desenvolvimento, expansão e modernização dos portos são os maiores desafios enfrentados atualmente por seus planejadores e

gestores. O ponto em comum por trás das principais tendências observadas no planejamento portuário é o ambiente de incerteza. De modo geral, entretanto, apesar de os “Planos Mestres” considerarem a construção de cenários, as abordagens correntes de planejamento, projeto e avaliação de investimentos portuários ainda não consideram a incerteza. Desta forma, observam-se projetos inadequados frente a possíveis requisições de mudança, o que reduz o tempo de vida econômica da infraestrutura e torna o retorno do investimento mais arriscado.

Para Taneja et al. (2012), a flexibilidade no sistema portuário pode ser considerada em três níveis (Infraestrutura Física, Operação e Gestão e Serviços) e pode ser aplicada de diferentes maneiras dependendo do momento do investimento e da eficiência de resultado do sistema. Para tanto, é recomendado que os planejadores de portos utilizem o chamado “Planejamento Portuário Adaptativo” de forma a considerarem as incertezas sistematicamente através de uma abordagem unificada de planejamento estratégico e gerenciamento de risco. Tal abordagem deve incluir um método de avaliação da flexibilidade de modo que a eficiência de custo da opção flexível possa ser demonstrada. Um destes métodos é a análise a partir da Teoria de Opções Reais, que por ser um processo de avaliação de investimentos diante de incertezas e por quantificar a flexibilidade, é a ferramenta financeira recomendada para este tipo de planejamento.

Herder et al. (2011), analisando 3 setores de infraestrutura, entre eles o portuário, citam alguns exemplos de opções reais já desenvolvidos (opção de adiar, opção de expandir / contrair, opção de fechar temporariamente, opção de abandonar, opção de crescer em fases, opção de trocar) e também comentam sobre o baixo grau de avanço na utilização da Teoria de Opções Reais na avaliação de projetos, apontando suas principais causas como: problemas de reputação (poucos trabalhos divulgados), de capacitação dos tomadores de decisão sobre o assunto, de falta de determinação (a abordagem exige monitoramento), de dificuldade de aceitação de novas metodologias pelas organizações, de aumento da incerteza pelo tomador de decisão por lidar com uma abordagem pouco conhecida e de aplicabilidade no mundo real, onde as premissas do mercado financeiro, tais como informação perfeita, mercado em equilíbrio (sem arbitragem) e ativos líquidos, nem sempre são válidas.

Um exemplo de utilização da Teoria de Opções Reais no setor portuário brasileiro é dado por Novaes et al. (2012), que criam um modelo de otimização

por programação dinâmica para o aumento do número de berços de um terminal de *containers* concedido à iniciativa privada no Porto de Rio Grande, considerando demanda estocástica e como principais restrições a obrigatoriedade de atendimento de toda a demanda e o tempo máximo de espera de navios, conforme a prática internacional. Uma análise de opções reais é realizada para avaliar os efeitos de uma opção de abandono em um horizonte de tempo pré-definido.

No âmbito internacional, Salminen (2013) desenvolve um *framework* com uma sugestão de passo a passo para o processo de tomada de decisão em projetos de infraestrutura portuária. Ele encontra os principais gargalos de um porto estrategicamente localizado no sudeste asiático através de uma adaptação de uma metodologia de medição de capacidade que analisa duas dimensões (estática e dinâmica) e então avalia três estratégias de investimento em um novo depósito adaptando outra metodologia existente, que considera incertezas e avalia flexibilidades (opção real de expansão) e cuja aplicação prática é demonstrada no trabalho de Neufville et al. (2006) e também no modelo de triagem proposto por Lin et al. (2009).

Neufville et al. (2006) apresentam a abordagem de avaliação de opções reais por meio de planilha de dados como alternativa aos procedimentos financeiros complexos, que dificultam seu entendimento e desencorajam o seu uso, aplicando o método no projeto de um estacionamento de um centro comercial, com incerteza e volatilidade no crescimento da demanda. Lin et al. (2009) estendem as ideias de Neufville et al. (2006), propondo um *framework* para avaliar o desenvolvimento de uma base de petróleo *offshore*, com base em simulação de Monte Carlo (para estimar a evolução das reservas) e em um modelo de triagem, que avalia simultaneamente os recursos, instalações e economias de projeto, usando curvas de distribuição acumulada e probabilidades Valor em Risco (VaR).

Em seu trabalho, Salminen (2013) segue três dos quatro passos propostos na metodologia de avaliação de investimentos de referência:

1. avaliação das futuras incertezas, onde é definido o modelo de previsão da demanda futura por movimentação de cargas no porto analisado;
2. identificação das estratégias de investimento potenciais, incluindo aquelas com opções flexíveis, através da planilha de simulação, que

confirma os gargalos identificados na fase de avaliação das capacidades e identifica as estratégias de investimento mais lucrativas para o porto;

3. avaliação das estratégias de investimento selecionadas, por meio da representação visual no mesmo gráfico das curvas de distribuição acumulada dos valores presentes líquidos esperados (“VPLE’s”) e da probabilidade de não alcance do valor alvo por cada estratégia.

A maioria dos artigos encontrados sobre opções reais na área de petróleo e gás se concentra em Exploração e Produção. Ainda assim, muito do que foi visto nestas aplicações será utilizado na avaliação do projeto do estudo de caso desta dissertação, como, por exemplo: opção de espera, opção de escala, modelo de reversão à média, árvore binomial e uso do *software* @Risk. Com relação ao planejamento de portos e terminais, os trabalhos encontrados na literatura serão as referências para a metodologia de avaliação de investimentos que será proposta, com destaque para Taneja et al. (2011) e Salminen (2013).

3

Metodologia

Este trabalho é estruturado com foco no desenvolvimento de um *framework* para seleção e avaliação de projetos em terminais aquaviários que contam com flexibilidade de decisões gerenciais. Para tanto, apresenta-se um estudo de caso como estratégia de pesquisa.

O desenvolvimento do trabalho se inicia com o levantamento do referencial teórico sobre o assunto para conhecimento dos estudos semelhantes já desenvolvidos e descoberta dos *gaps* existentes na literatura. Esta revisão tem dois principais focos: a produtividade de terminais aquaviários e análises de investimentos com aplicações de opções reais.

São então coletados dados diretamente em sistemas de informação da operadora do terminal foco do estudo. Além disso, realiza-se uma visita à unidade para observação *in loco* das operações. Entrevistas com técnicos do terminal são conduzidas e também com pessoas responsáveis pela programação de sua movimentação e com membros das áreas de planejamento e projeto da área de Logística. Para registro das respostas, um questionário é utilizado.

Após coleta dos dados quantitativos e qualitativos do terminal, os mesmos são investigados. Os dados quantitativos são analisados estatisticamente e os dados qualitativos são avaliados e comparados aos dados quantitativos, definindo-se as principais restrições do terminal (maiores causas de altas taxas de ocupação de berço e custos de sobreestadia). Assim, chega-se ao projeto mais recomendado para solucioná-las, que neste estudo apresenta duas escalas.

Após a seleção do investimento, segue-se para a etapa de sua avaliação econômico-financeira. O desenvolvimento da análise do investimento se inicia com uma avaliação tradicional e, em seguida, para se chegar aos processos estocásticos e métodos mais adequados de avaliação para o caso, a partir da modelagem de suas principais incertezas e considerando as flexibilidades gerenciais envolvidas, realiza-se uma imersão na Teoria de Opções Reais. Definidos os métodos, é realizada a avaliação do projeto com suas opções reais,

que inclui análises de sensibilidade e comparação com a avaliação tradicional do investimento.

Os resultados são então discutidos e, por fim, são tecidas as conclusões do trabalho.

3.1

Estudo de caso

Segundo Yin (2001), o estudo de caso é indicado para pesquisas quando as questões de estudo são do tipo “como” ou “por que” sobre um conjunto contemporâneo de acontecimentos sobre o qual o pesquisador tem pouco ou nenhum controle. Nesta dissertação, duas das cinco perguntas de pesquisa apresentadas na Introdução têm teor investigativo e se adequam a estudos de caso. São elas: “Como uma empresa de petróleo e gás deve avaliar seus investimentos em terminais aquaviários considerando as múltiplas variáveis envolvidas?” e “Por que as flexibilidades gerenciais, tais como a opção de espera ou a opção de escala, devem ser consideradas?”. Além disso, é estudado o comportamento atual de um terminal aquaviário, em termos de sua taxa de ocupação de berços, não havendo qualquer interferência desta autora nas operações realizadas no mesmo.

Dentre os componentes típicos do projeto de estudo de caso, aqui destacam-se as questões de estudo e a unidade de análise, que neste caso é única: um terminal aquaviário. Para responder às questões, as principais evidências utilizadas são:

- Artigos científicos nacionais e internacionais sobre performances de terminais, custos de sobreestadia, flexibilidade em projetos e aplicações de Opções Reais;
- Dados históricos do terminal escolhido para análise;
- Entrevistas com especialistas da sede da empresa e com supervisores do terminal;
- Observação local.

Este estudo de caso possui estrutura analítica linear e não pretende desenvolver ou testar uma teoria, mas criar uma proposta de metodologia de seleção e avaliação de investimentos e mostrar uma aplicação da Teoria de Opções Reais, como exemplo ilustrativo da quantificação da flexibilidade

gerencial. A conclusão formal do estudo configura-se nesta dissertação, sendo sua principal entrega final a apresentação do *framework* desenvolvido.

Por se tratar de um estudo de caso único de caráter exploratório, não são tecidas proposições para análise. Ainda de acordo com Yin (2001), no caso de uma exploração, o estudo de caso deve ter uma finalidade. Em vez de expor proposições, o projeto para um estudo exploratório deve apresentar uma finalidade e os critérios utilizados para julgar uma exploração como bem-sucedida. Neste trabalho, é explorada a operação de um terminal aquaviário e os possíveis projetos para melhoria de sua produtividade com conseqüente redução de sobreestadia de navios. O propósito da exploração é mapear os passos seguidos na investigação das causas de sobreestadia, dos possíveis projetos para reduzir este custo e das opções gerenciais relacionadas a cada projeto. Para julgar a qualidade do projeto de pesquisa, além da obtenção de opiniões de especialistas, são utilizadas as táticas da Figura 3 para os dois testes compatíveis com este estudo de caso (validade do constructo e confiabilidade) entre os quatro propostos por Yin (2001):

testes	tática do estudo de caso	fase da pesquisa na qual a tática deve ser aplicada
validade do constructo	<ul style="list-style-type: none"> - utiliza fontes múltiplas de evidências - estabelece encadeamento de evidências - o rascunho do relatório estudo de caso é revisado por informantes-chave 	<ul style="list-style-type: none"> coleta de dados coleta de dados composição
validade interna	<ul style="list-style-type: none"> - faz adequação ao padrão - faz construção da explanação - faz análise de séries temporais 	<ul style="list-style-type: none"> análise de dados análise de dados análise de dados
validade externa	<ul style="list-style-type: none"> - utiliza lógica de replicação em estudos de casos múltiplos 	projeto de pesquisa
confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> - utiliza protocolo de estudo de caso - desenvolve banco de dados para o estudo de caso 	<ul style="list-style-type: none"> coleta de dados coleta de dados

Figura 3 – Táticas do estudo de caso para quatro testes de projeto.

Fonte: (Yin, 2001).

Assim, para garantir a confiabilidade dos resultados, este estudo de caso segue o protocolo de pesquisa da Figura 4, cujas principais etapas são detalhadas nesta seção.

- Apresentação
 - Objetivo
 - Perguntas de pesquisa
 - Referencial teórico

- Modelo para seleção e avaliação de investimentos
 - Modelos de referência
 - Adaptações nos modelos

- Seleção do investimento (coleta e análise de dados)
 - Visita ao terminal
 - Análise quantitativa
 - Análise da base de dados de tempos e custos de sobreestadia
 - Análise da base de dados de eventos de sobreestadia
 - Análise qualitativa
 - Entrevista na Sede
 - Entrevista em campo
 - Triagem do investimento

- Avaliação do investimento
 - Avaliação tradicional
 - Processos estocásticos
 - Opção de Espera
 - Opção de Escala

Figura 4 – Protocolo para o estudo de caso.

3.2

Revisão de literatura para Introdução e Referencial teórico

O problema examinado neste trabalho envolve duas principais bases de literatura: uma contextualização com relação à natureza do caso (produtividade de portos e terminais) e um aprofundamento na metodologia de avaliação aplicada ao projeto selecionado (Opções Reais).

3.2.1

Busca por referências sobre produtividade de portos e terminais

A caracterização dos portos e terminais brasileiros é baseada em documentos, estudos e estatísticas da ANTAQ, da CNT, do BNDES e do IPEA. Os critérios de inclusão utilizados nesta parte da pesquisa são o tema (infraestrutura portuária) e a data da publicação (posterior a 2005). Já o

detalhamento dos principais indicadores utilizados para a avaliação da performance portuária tem como principais referências os trabalhos da UNCTAD, um órgão intergovernamental permanente estabelecido pela Assembleia Geral das Nações Unidas, que conta com 194 países membros, entre eles o Brasil, e cujo objetivo é promover a integração dos países em desenvolvimento na economia mundial através de eventos e encontros em diversas localidades e da publicação de materiais sobre assuntos relacionados ao crescimento econômico sustentável, entre eles Transporte e Logística. Os critérios de inclusão adotados para este assunto são o conceito da instituição (internacional), a notoriedade do autor (referência internacional) e a antiguidade da publicação (as duas referências encontradas datam de 1987 e 1995).

A relação da produtividade dos portos e terminais com sua capacidade, ocupação de berços e custos operacionais, sobretudo os de sobreestadia, é exemplificada por artigos publicados em jornais ou revistas, acessados, principalmente, através das bases de literatura revisada *Scopus* e *Web of Science*. Para tanto, são utilizadas as palavras-chave “*demurrage*”, “*port productivity*” e “*port performance*”. O total de artigos encontrados é: na base *Scopus*, 418, e na base *Web of Science*, 196. Como a maioria dos artigos é coincidente nas duas bases, a continuidade do processo de filtragem direciona-se para a base *Scopus*. Os resultados são então ordenados pelo maior número de citações e, a partir de então, a seleção passa por duas filtragens. Na primeira, os resumos escolhidos para leitura são os dos artigos mais citados (10%) por palavra-chave, acrescidos de mais 5% do total, selecionados pela adequação do título e pela data de publicação (posterior a 2008). Na segunda, os artigos escolhidos para leitura e citação a partir dos resumos lidos respeitam os seguintes critérios:

- Critérios de inclusão: abordagem (resolução do problema para “*demurrage*” e comparação de indicadores para “*port productivity*” e “*port performance*”), ramo de atividade (setor de óleo e gás ou contexto de planejamento portuário) e escopo (exemplos mais específicos para “*demurrage*” e exemplos mais gerais para “*port productivity*” e “*port performance*”).

- Critérios de exclusão: são excluídos os trabalhos com ênfase em meio ambiente ou sustentabilidade e também aqueles com assuntos ou resultados semelhantes a outros já citados. Outro fator que leva à exclusão de artigos é a restrição de acesso ao seu conteúdo completo.

Por fim, são selecionados 12 artigos para fundamentação teórica sobre o tema, conforme a Tabela 1:

Tabela 1 – Filtragem de artigos da sobre produtividade de portos e terminais (base *Scopus*).

Palavras-chave:	Total de artigos:	Resumos lidos:	Artigos incluídos:
"demurrage"	137	21	8
"port productivity" e "port performance"	281	42	4
TOTAL	418	63	12

A referência aos artigos, para melhor apresentação do raciocínio do desenvolvimento, é dividida conforme a melhor adequação dos seus conteúdos aos seguintes assuntos: (i) performance e produtividade no setor privado nacional, (ii) performance e produtividade no âmbito internacional, (iii) capacidade portuária em geral e (iv) sobreestadia em geral.

As informações sobre o terminal foco do trabalho são obtidas através da ANTAQ e da Transpetro, com ênfase na descrição do mesmo e em sua comparação com outros terminais nacionais.

3.2.2

Busca por referências sobre a Análise de Opções Reais

O aprofundamento na Teoria de Opções Reais inicia-se com a leitura de conceitos introdutórios sobre o assunto no livro “Princípios de Finanças Corporativas” (Brealey et al., 2008). Em seguida, são utilizados exemplares nacionais focados no tema e também no ramo de óleo e gás, que é o contexto do terminal estudado. Neta fase destacam-se os dois volumes do livro “Análise de Investimentos com Opções Reais. Teoria e Prática com Aplicações em Petróleo e Outros Setores. Conceitos Básicos” (Dias, 2014, 2015).

Para investigação sobre aplicações da Análise de Opções Reais são consultados artigos novamente nas bases *Scopus* e *Web of Science* e diante da coincidência de resultados, mais uma vez a busca se concentra na base *Scopus*. São utilizadas as palavras-chave “*flexibility in planning*”, “*flexibility in port planning*”, “*uncertainty in port planning*”, “*real options*”, “*real options in port*”

planning” e “opções reais”. Dado o grande número de resultados obtidos, os artigos são previamente filtrados a partir de uma ponderação entre o número de citações e a data da publicação (posterior a 2005).

Além da procura na base *Scopus*, também são encontrados artigos do Professor Marco Antonio Guimarães Dias (referência nacional em aplicações de Opções Reais no ramo de petróleo e gás) diretamente em sua página no ambiente interno da PUC-Rio “*Real options in petroleum*” (Dias, 2008).

São lidos os resumos dos artigos filtrados, com exceção daqueles com acesso restrito. Os artigos são então escolhidos para leitura e citação a partir dos seguintes critérios:

- Critérios de inclusão: ramo de atividade (setor de óleo e gás ou contexto de planejamento portuário para “*flexibility in planning*”), abordagem (comparação do planejamento tradicional com ideias mais modernas de planejamento para “*flexibility in port planning*”, “*uncertainty in port planning*” e “*real options in port planning*”) e método de solução (exemplos de aplicações para “*real options*” e “opções reais”, preferencialmente no setor de óleo e gás).

- Critérios de exclusão: são excluídos os trabalhos com foco predominante em alguns setores específicos da economia, tais como mineração ou agroindústria, ou com ênfase em avaliação de empresas e também aqueles semelhantes a outros já citados.

A filtragem termina com a seleção de 18 artigos, conforme a Tabela 2:

Tabela 2 – Filtragem de artigos sobre Opções Reais (base *Scopus* e fonte nacional).

Palavras-chave:	Artigos filtrados:	Resumos lidos:	Artigos incluídos:
" <i>flexibility in planning</i> "	9	8	1
" <i>flexibility in port planning</i> "	3	2	1
" <i>uncertainty in port planning</i> "	9	9	4
" <i>real options</i> "	27	25	9
" <i>real options in port planning</i> "	7	7	1
" <i>opções reais</i> "	4	3	2
TOTAL	59	54	18

Complementando a pesquisa em livros e artigos, também são consultados materiais das aulas do Professor Marco Antonio na PUC-Rio, bem como três dissertações de Mestrado e duas teses de Doutorado, das quais são selecionadas

como referências: uma dissertação do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), uma dissertação da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e uma tese da PUC-Rio.

A referência às publicações acessadas é dividida de acordo com os seguintes assuntos: (i) linhas gerais sobre opções reais, (ii) opções reais no ramo de petróleo e gás no âmbito internacional, (iii) opções reais no ramo de petróleo e gás no âmbito nacional, (iv) linhas gerais sobre flexibilidade no planejamento portuário, (v) opções reais no planejamento portuário no âmbito internacional e (vi) opções reais no planejamento portuário no âmbito nacional.

3.3

Modelo para seleção e avaliação de investimentos

3.3.1

Modelos de referência

Dois modelos de avaliação de investimentos aplicados a exemplos no planejamento portuário e que também consideram as flexibilidades gerenciais são tomados como referência para a construção do *framework* proposto como o principal objetivo deste trabalho.

No modelo de Salminen (2013), de acordo com a Figura 5, é sugerida uma abordagem com duas etapas, sendo a segunda também detalhada no artigo de Lagoudis et al. (2014). A primeira etapa se concentra na identificação do investimento, que, no caso por ele estudado, se dá através da adaptação de uma metodologia de avaliação de capacidade. A segunda etapa, dividida em três fases, é voltada para a seleção e a avaliação de diferentes estratégias de investimento, onde se incluem opções reais, novamente por meio da adaptação de outra metodologia existente.

Taneja et al. (2011) apresentam um modelo que aborda especificamente a etapa de avaliação do investimento e pode ser visto na Figura 6. Trata-se de uma metodologia mais genérica que consiste em seis passos a serem seguidos para a análise de projetos sob a ótica de opções reais.

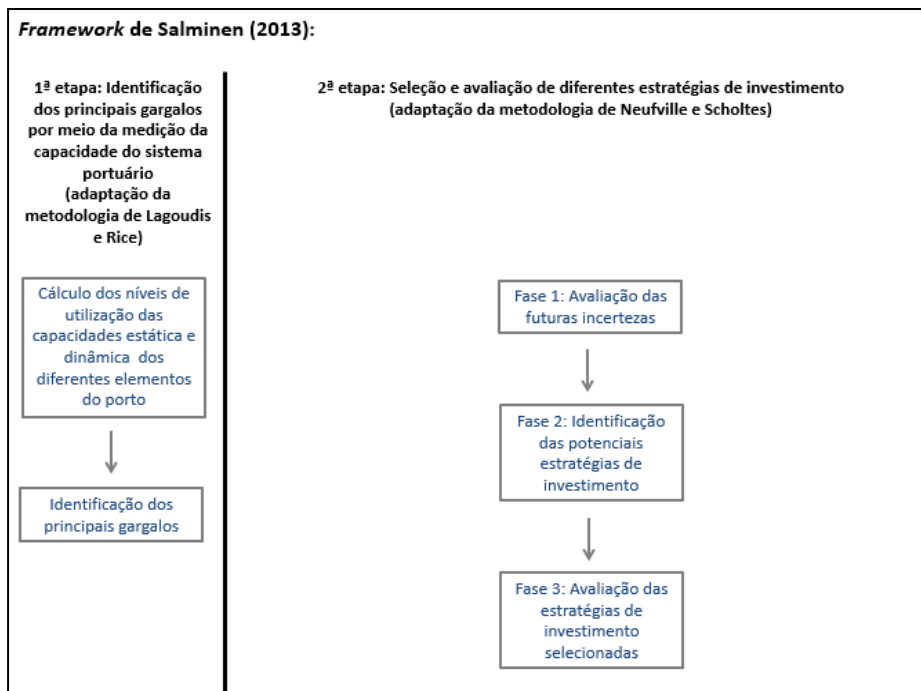


Figura 5 – Metodologia de avaliação de investimentos com flexibilidade no setor portuário proposta por Salminen.

Fonte: (Adaptado de Salminen, 2013).

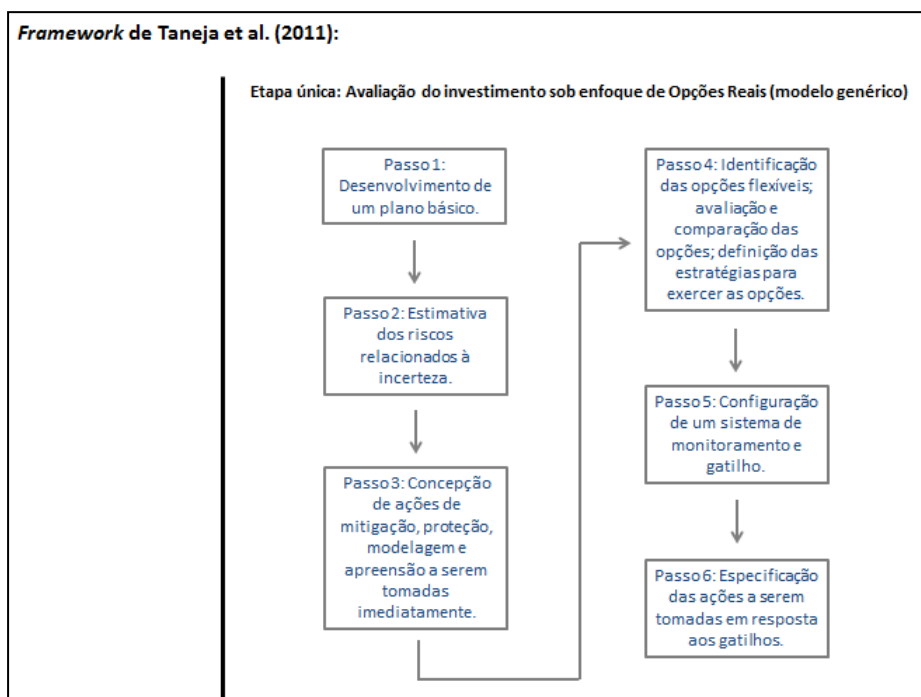


Figura 6 – Metodologia de avaliação de investimentos com flexibilidade no setor portuário proposta por Taneja et al..

Fonte: (Adaptado de Taneja et al., 2011)

3.3.2

Adaptações nos modelos de referência

Com o intuito de criar uma metodologia para aplicação no contexto brasileiro de portos e terminais e primando pela originalidade da criação, o *framework* sugerido através desta dissertação baseia-se nos modelos de referência, mas a partir de uma série de adaptações: (i) a identificação do investimento parte diretamente das principais causas de sobreestadia, (ii) a seleção e a avaliação do investimento são separadas em duas etapas, (iii) mais passos são adicionados ao processo, tais como entrevistas com especialistas e uma triagem preliminar de projetos, (iv) maior destaque é dado à análise com Opções Reais e (v) maior detalhamento da etapa de avaliação do investimento em si é mostrado.

O *framework* é apresentado na seção 4.2.

3.4

Seleção do investimento

3.4.1

Visita ao terminal

Para uma maior familiaridade com a operação do terminal e um melhor conhecimento da unidade de análise, é realizada uma visita de um dia e meio ao local. Além de uma maior aproximação com os operadores, a estada no terminal também proporciona a realização de entrevistas com os supervisores e uma observação mais direta de possíveis necessidades de investimento e do projeto escolhido para análise (duas escalas), cujo processo de seleção é detalhado ao longo da seção 4.3.

3.4.2

Dados para a análise quantitativa

Para conhecimento e estudo das operações do terminal é utilizada uma base de dados extraída de um sistema interno da subsidiária da empresa de petróleo e

gás, que opera a unidade, com o registro de todos os tempos gastos pelos navios que ali operaram de 2009 a 2017.

Para apuração das ocorrências de sobreestadia é utilizada outra base de dados também extraída do mesmo sistema interno da subsidiária operadora do terminal. Nesta base são registradas as justificativas para os tempos de espera em toda a operação dos navios, desde antes da ocupação do berço até a desatracação. A conexão da base de eventos de sobreestadia com a base de operações se dá através de um item comum às duas bases: o nome dos navios.

3.4.3

Entrevistas para a análise qualitativa

Dois especialistas da sede da operadora do terminal são convidados a relatarem um pouco de suas experiências com a programação do mesmo. O primeiro entrevistado é o atual programador das operações do terminal, um Engenheiro Pleno, e o segundo é um ex-programador mais experiente, Técnico de Operação Sênior, com função de Consultor. As duas principais perguntas que ambos respondem são:

- Quais projetos você recomendaria hoje para o Terminal de São Sebastião?
- Quais as dificuldades existentes para execução destes projetos?

Dois outros especialistas, desta vez lotados no próprio terminal, são abordados durante a visita técnica realizada. A primeira entrevista é realizada com um Técnico de Operação Pleno, com função de Supervisor de Turno, e a segunda com um Técnico de Operação Sênior, também Supervisor de Turno. As duas principais perguntas que ambos respondem são:

- Quais as maiores dificuldades observadas hoje na operação do Terminal de São Sebastião?

- O que você considera que deveria existir no Terminal de São Sebastião para ajudar nestas dificuldades?

3.4.4

Triagem do investimento

Para consolidar a análise estatística dos dados históricos de movimentação e sobreestadia do terminal e as informações obtidas com especialistas, é realizada uma primeira escolha de projetos, que então são analisados de forma comparativa, considerando suas características e sua maior adequação às indicações dos resultados da análise e às opiniões dos colaboradores entrevistados. Os projetos são classificados conforme o somatório de uma pontuação (de 1 a 5) para os critérios definidos, que são mostrados no item 4.3.4 da seção 4.3, chegando-se, assim, à seleção final do investimento (duas escalas de projeto).

3.5

Avaliação do investimento

3.5.1

Avaliação tradicional do investimento

Tradicionalmente, como ponto de partida para a análise de viabilidade de um investimento, é realizada uma avaliação tradicional do mesmo com uso do método do fluxo de caixa descontado (FCD). O FCD trabalha com valores esperados de fluxo de caixa (C_t) para cada período t , geralmente um ano, e usa a taxa de desconto ajustada ao risco (μ). De acordo com Brealey et al. (2008), para se determinar o valor presente líquido (VPL) de um ativo, adiciona-se o fluxo de caixa inicial, geralmente negativo, ao FCD dos demais anos, conforme a fórmula:

$$VPL = C_0 + \sum_{t=1}^{t=T} \frac{E[C_t]}{(1 + \mu_t)^t} \quad (1)$$

Para análise do investimento nesta dissertação a partir da aplicação da Teoria de Opções Reais, são consideradas duas escalas de investimento, chamadas de Escala 1 e Escala 2, sendo a Escala 2 aproximadamente o dobro da Escala 1. A Escala 1 consiste no projeto priorizado na seleção e a Escala 2 é uma composição

do projeto da Escala 1 e do segundo projeto mais indicado para execução, já que ambos, juntos, formam um projeto maior que pode ser considerado a melhoria completa do sistema de derivados de petróleo do terminal avaliado.

A principal receita considerada para viabilização do projeto selecionado (das duas escalas) é a redução de custos de sobreestadia, cujo cálculo depende de estimativas de tempo em fila, obtidas através de fórmulas em macro criadas por analistas da empresa de óleo e gás e amplamente utilizadas internamente. As mesmas encontram-se no Anexo 2. Os ganhos podem ser calculados de forma incremental, ou seja, comparando o cenário com projeto com o cenário sem projeto. Entre outros ganhos existentes encontram-se a redução de custos com pessoal, manutenção e degradação de produtos no terminal (transformação de produtos de maior valor de venda em produtos de menor valor de venda) e a recuperação de impostos.

Os investimentos das duas escalas propostas são distribuídos ao longo de quatro anos, conforme a metodologia FEL – *Front End Loading* – de projetos, adotada pela empresa de óleo e gás. É considerada uma vida útil de 25 anos para ambas, com depreciação em 10 anos, sem valor residual.

Para evitar que a taxa de ocupação de berço futura ultrapasse a taxa máxima possível (100%) e mesmo para evitar que seu valor seja muito alto, o que gera valores também muito altos de redução de sobreestadia (receita do projeto) dada a curva exponencial de Taxa de ocupação de berços x Tempo médio em fila, considera-se um total máximo de horas de ocupação de berços sem o projeto igual a 85% do total de horas disponíveis no ano para o caso, o que é adotado pela companhia tanto como referência para a máxima utilização de berços quanto de oleodutos. Tal estratégia é utilizada já que o investimento escolhido melhora a capacidade dinâmica do terminal, não se tratando, portanto, de um exemplo de ampliação da capacidade estática do mesmo, o que permitiria mais horas de ocupação de berço, e está em linha com as ideias de Monie (1987) e Trenchard et al. (1991).

3.5.2

Aplicação da Teoria de Opções Reais

Considerando a tomada de decisões a partir das incertezas futuras, o investimento pode ser analisado sob a abordagem de suas opções reais com o intuito de mostrar o valor da incorporação das flexibilidades ao planejamento portuário.

Duas variáveis representam as principais incertezas neste ambiente de investimento: a demanda por movimentação de derivados claros no terminal e o *Hire* (custo diário) médio dos navios de derivados claros, que devem ser modeladas como processos estocásticos adequados para incorporação de aleatoriedade à análise.

Dada a característica do projeto escolhido (das duas escalas) de não possuir uma data limite para exercício da opção real de investir, este trabalho inicialmente propõe a análise considerando uma opção de espera perpétua, cujo valor pode ser obtido de forma analítica. Considerando ainda a possibilidade de desenvolvimento de duas escalas distintas e aproximadamente proporcionais e que podem ser comparadas entre si e também com a opção de esperar para investir, adota-se também, para uma avaliação alternativa, o método em tempo discreto da árvore de decisão binomial.

A escolha dos métodos de Opções Reais para este estudo de caso baseia-se no esquema apresentado por Dias (2015), conforme a Figura 7:

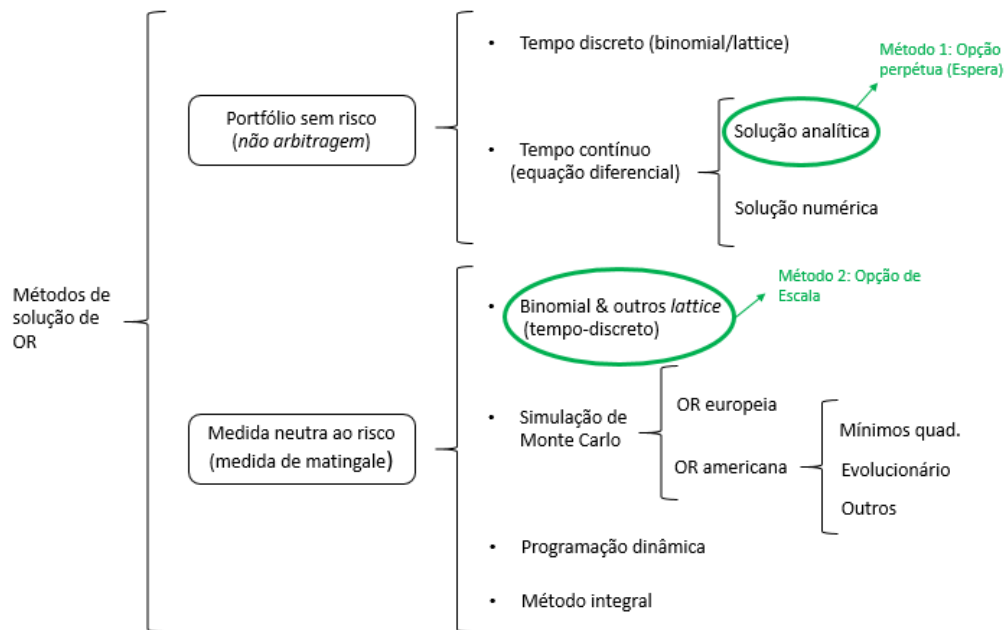


Figura 7 – Métodos de solução de Opções Reais.

Fonte: (Adaptado de Dias, 2015).

3.5.2.1

Processos estocásticos

Dias (2015) afirma que o Movimento Geométrico Browniano (MGB) é o processo estocástico mais usado em economia e finanças principalmente devido às suas excelentes propriedades matemáticas e ao fato de se basear em premissas relativamente simples.

Se uma variável V segue um MGB, então ela obedece à seguinte equação diferencial estocástica:

$$\frac{dV}{V} = \alpha dt + \sigma dz \quad (2)$$

Onde α e $\sigma > 0$ são, respectivamente as constantes de tendência (*drift*) e volatilidade. Neste processo, a variável V segue uma distribuição *lognormal*, enquanto a taxa percentual de variação da variável (dV/V) apresenta distribuição normal.

Segundo Bastian-Pinto (2009), entretanto, diversos modelos estocásticos podem ser utilizados em aplicações de Opções Reais, não se restringindo à

modelagem pelo MGB, já que a simplificação excessiva de se considerar todas as incertezas do projeto modeladas com este processo estocástico pode levar a erros de superestimação do valor das opções, gerando uma decisão de investimento não ótima. Bastian-Pinto (2009) também afirma que, frequentemente, quando a incerteza está associada a preços que dependem de nível de equilíbrio de longo prazo, como é o caso de *commodities* não financeiras, como preços de petróleo, por exemplo, um Modelo de Reversão à Média (MRM) é considerado mais adequado.

Por sua simplicidade, o Modelo de Reversão à Média Aritmético de Ornstein-Uhlenbeck (MRM O-U) é bastante utilizado e difundido na literatura e se mostrou apropriado para as variáveis estocásticas escolhidas neste trabalho. Tal processo é definido pela equação:

$$dx = \eta(\bar{x} - x)dt + \sigma dz \quad (3)$$

Onde:

x é a variável estocástica,

\bar{x} é a média ou nível de equilíbrio de longo prazo da variável estocástica,

η é a velocidade de reversão à média,

σ é a volatilidade do processo,

dz é o processo padrão de Wiener, com distribuição normal e

dt é o incremento de tempo do processo.

O valor esperado e variância a cada instante de tempo são:

$$E(x_t) = \bar{x} + (x_0 - \bar{x}) \cdot e^{-\eta(t - t_0)} \quad (4)$$

$$Var(x_t) = \frac{\sigma^2}{2\eta} (1 - e^{-2\eta(t - t_0)}) \quad (5)$$

Dias (2015) comenta que o valor esperado de x na data futura t é um valor intermediário entre o valor corrente e o nível de equilíbrio e que a variância do processo de x cresce com o tempo t , mas de forma assintótica para um valor finito, ao contrário do caso usual do MGB.

Para simulação real deste processo, pode ser usada sua equação discretizada, já que x_t possui distribuição normal. A mesma é dada por:

$$x_t = x_{t-1}e^{-\eta\Delta t} + \bar{x}(1 - e^{-\eta\Delta t}) + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2\eta\Delta t}}{2\eta}} N(0,1) \quad (6)$$

Diante da necessidade de se trabalhar sob neutralidade ao risco para precificação das opções, o crescimento neutro ao risco é dado por:

$$r - \delta = \eta \left\{ \left(\bar{x} - \frac{(\mu - r)}{\eta} \right) - x \right\} \quad (7)$$

Onde:

μ é a taxa de desconto ajustada ao risco,

r é a taxa livre de risco e

δ é a taxa de distribuição de fluxos de caixa.

Desta forma, a equação de discretização do processo neutro ao risco é:

$$x_t = x_{t-1}e^{-\eta\Delta t} + \left[\bar{x} - \frac{\mu - r}{\eta} \right] (1 - e^{-\eta\Delta t}) + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2\eta\Delta t}}{2\eta}} N(0,1) \quad (8)$$

O termo $(\mu - r)/\eta$ é o prêmio de risco normalizado e é a diferença entre a simulação real e a neutra ao risco.

Como no MRM O-U tanto dx quanto x têm distribuição normal, Dias (2015) lembra que x pode assumir valores negativos sob este modelo. Por isso, dependendo da característica da variável modelada, sua equação é mais usada para modelar seu logaritmo. No caso de uma variável que represente o preço P de um ativo, por exemplo, modela-se $x = \ln[P]$, onde P tem distribuição *lognormal*. Para a modelagem dos logaritmos das variáveis estocásticas definidas neste trabalho é escolhido o Modelo Aritmético.

Os parâmetros do modelo MRM O-U podem ser estimados por regressão linear a partir da seguinte equação, que considera o erro da série ε_i :

$$x - x_{t-1} = a + (b - 1)x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (9)$$

Os mesmos são dados por:

$$b - 1 = e^{-\eta\Delta t} - 1 \quad (10)$$

$$\eta = \frac{-\ln(b)}{\Delta t} \quad (11)$$

$$a = \bar{x}(1 - e^{-\eta\Delta t}) \quad (12)$$

$$\bar{x} = -\frac{a}{(b - 1)} \quad (13)$$

$$\sigma = \sigma_\varepsilon \sqrt{\frac{2\ln(b)}{(b^2 - 1)\Delta t}} \quad (14)$$

Onde σ_ε é o desvio-padrão do erro da regressão.

Dias (2015) acrescenta nos cálculos de η e σ o termo N , que é a quantidade de dados em um ano (por exemplo, $N = 12$ para dados mensais). Além disso, para o exemplo da variável preço (P), é proposto um cálculo para o preço de equilíbrio \bar{P} , que também é usado na análise do caso aqui estudado:

$$\bar{P} = \exp\left[\bar{x} + \frac{\sigma^2}{(2\eta)}\right] \quad (15)$$

A velocidade da reversão é comumente representada pelo indicador de meia-vida da reversão, que é o tempo no qual o valor esperado da variável auto regressiva diminui a distância pela metade do seu valor corrente até seu nível de equilíbrio:

$$T_{1/2} = -\frac{\ln(2)}{\ln(b)}\Delta t \quad (16)$$

Para determinar a validade dos processos estocásticos escolhidos para as variáveis do estudo de caso existem dois testes estatísticos comumente utilizados. O primeiro deles é o Teste da raiz unitária de Dickey-Fuller (DF), que através de

uma regressão linear sobre a equação 9 verifica a hipótese nula H_0 de que $b = 1$, o que indica que a série tem uma raiz unitária e segue um caminho aleatório. Neste caso, o MGB não poderia ser rejeitado e a série poderia ser modelada com tal processo. Conforme Dias (2015), a estatística de teste é a razão t da estimativa de b por mínimos quadrados, que deve ser comparada com os valores críticos do teste, que para o caso da equação da regressão com a constante a , sem tendência temporal (um termo “ c t ”) e considerando uma amostra com mais de 500 dados, estão na Tabela 3:

Tabela 3 – Valores críticos para o Teste da Raiz Unitária de Dickey-Fuller.

Nível de Significância	1%	2,5%	5%	10%
Valores Críticos	-3,43	-3,12	-2,86	-2,57

Fonte: (Adaptado de Bastian-Pinto, 2009).

Ainda que não rejeitando a H_0 , quando são obtidos valores de $b < 1$ (H_1), há indícios de reversão à média. Neste caso, um segundo teste, chamado de Teste de razão de variância, pode ser realizado como alternativa ao primeiro. Para Dias (2015), sua ideia é identificar em que extensão os choques estocásticos são temporários (como no MRM) ou permanentes (como no MGB). A razão de variância mede o nível para o qual a variância de uma série cresce com o retardo ou *lag* do teste e sua equação para a variável preço (P) é:

$$R_k = \frac{1}{k} \frac{\text{Var}(P_{t+k} - P_t)}{\text{Var}(P_{t+1} - P_t)} \quad (17)$$

Onde o termo $\text{Var}(\cdot)$ é a variância das séries de diferenças entre preços, com retardo de k períodos.

No caso de um processo de MGB, a variância do numerador cresce linearmente com k de forma que R_k tende a 1 para k grande. Já para um MRM, a variância do numerador cresce até certo limite quando k aumenta, logo R_k tende a cair com o aumento de k , tendendo a zero, quando k tende a infinito.

Bastian-Pinto et al. (2013), testando diferentes tipos de conjunto de dados de preços de *commodities*, avaliam também dois parâmetros dos processos: a meia-

vida da reversão ($T_{1/2}$), equação 16, e a Variância Normalizada ($NVar$), que também indica a presença de reversão à média e cuja fórmula é:

$$NVar = \frac{\sigma^2}{2\eta} \quad (18)$$

O valor limite da variância no MRM é inversamente proporcional ao dobro da velocidade de reversão e diretamente proporcional ao quadrado da volatilidade.

Para ajustar as séries de dados, nesta dissertação são utilizados três procedimentos na análise: deflacionamento para a série de *Hire*, dessazonalização para a série de demanda e correlação entre as duas. Com relação à dessazonalização, Marathe & Ryan (2005), em um artigo onde discutem o processo de adequação dos dados de demanda de quatro diferentes setores da economia ao MGB, apresentam dois métodos de remoção da variação sazonal: um multiplicativo e um aditivo, comumente utilizado para os logaritmos dos valores da série e que pode ser calculado por médias móveis ou pela média de todos os dados.

3.5.2.2

Opção de Espera

Conforme Fonseca (2008), para o caso de um ativo V não negociado no mercado, como o valor presente de um projeto, não há como estimar sua volatilidade por meio de dados passados. Desta forma, pode ser adotado um método denominado *Market Asset Disclaimer* (MAD), proposto por Copeland & Antikarov (2002), onde a melhor estimativa para o valor inicial do ativo é o valor presente dos fluxos de caixa operacionais do mesmo sem flexibilidade. Além disso, ainda de acordo com Copeland & Antikarov (2002), V tem distribuição *lognormal* de modo que pode ser aproximado por um MGB, independentemente dos processos estocásticos das variáveis que definem o seu valor.

Segundo Dias (2017), para estimativa dos parâmetros de V , a ideia é simular os processos estocásticos dos componentes de V no instante $t = 1$ e calcular a distribuição de valor presente de V nesta data, que se espera que seja aproximadamente *lognormal*. Com a fórmula do valor esperado do MGB, chega-

se à tendência (*drift*) agregada de $V(\alpha_V)$ e com a fórmula da variância do MGB, chega-se à volatilidade agregada de $V(\sigma_V)$.

$$\alpha_V = \ln\left(\frac{E[V(t)]}{V(t=0)}\right) \quad (19)$$

$$\sigma_V = \sqrt{\ln\left[1 + \frac{Var[V(t)]}{[V(t=0)]^2 * \exp(2 * \alpha_V)}\right]} \quad (20)$$

Fonseca (2008) explica que diferentemente da proposta de Copeland & Antikarov (2002), o método MAD modificado por Dias, em vez de simular todos os anos do fluxo de caixa, simula somente o primeiro período ($t = 1$) além do já conhecido (inicial), utilizando curvas de valor esperado para calcular os fluxos de caixa para os demais períodos ao longo da vida útil do empreendimento. Tal procedimento evita erros que resultam em volatilidades demasiadamente altas.

Considerando o valor presente V de um projeto impactado por diferentes variáveis estocásticas, uma das formas de estimar seus parâmetros é a partir do uso de simulação de Monte Carlo (real ou neutra ao risco). A metodologia utilizada neste trabalho segue este procedimento, de modo que se propõe a simulação real das variáveis estocásticas através da equação 6, já que ambas são representadas pelo MRM, com o uso do *software* @Risk (5.000 iterações). Para consideração da correlação entre as variáveis, aplica-se a transformação de Cholesky (equação 21). Dias (2017) afirma que a simulação real gera menos valores negativos para V e, portanto, um melhor ajuste da distribuição *lognormal*.

$$N(0,1)_d = (\rho_{H,d} * N(0,1)_H) + (N(0,1)_{ind} * \sqrt{(1 - \rho_{H,d}^2)}) \quad (21)$$

Onde $\rho_{H,d}$ é a correlação entre as variáveis demanda e *Hire*.

A partir dos parâmetros obtidos para o ativo subjacente, caracterizado pelo valor presente do projeto V , pode-se calcular o valor da opção de postergação de um investimento a partir do método de ativos contingentes. Se o valor presente de um projeto V segue um MGB e se seu valor inicial é conhecido, tem-se um caso clássico de opção real de espera onde o ativo básico é o valor do projeto V . Dias

(2015) afirma que a ideia geral do método dos ativos contingentes é a construção de um portfólio sem risco para que seja possível usar a taxa livre de risco como taxa de retorno. Este portfólio deve conter o derivativo $F(V,t)$ e o ativo básico:

$$\phi = F - nV \quad (22)$$

Onde n é igual ao *delta-hedge* para que o portfólio seja sem risco.

Considerando-se que F é função de V , que F não paga dividendos, mas V paga, que V segue um MGB e que a relação entre F e V é livre de arbitragem e aplicando-se a Fórmula de Itô-Doeblin, chega-se à equação diferencial parcial (EDP) de Black-Scholes-Merton:

$$\frac{1}{2} \sigma^2 V^2 \frac{\partial^2 F}{\partial V^2} + (r - \delta) V \frac{\partial F}{\partial V} - r F + \frac{\partial F}{\partial t} = 0 \quad (23)$$

A resolução desta equação se dá a partir de suas condições de contorno (trivial, expiração, condição de continuidade e condição de contato suave), mas para tanto, é necessário recorrer a métodos numéricos, como o método de diferenças finitas, ou a aproximações analíticas.

A remoção do componente tempo desta equação leva a uma perpetuidade da oportunidade de investimento, chegando-se à seguinte equação diferencial ordinária (EDO):

$$\frac{1}{2} \sigma^2 V^2 \frac{\partial^2 F}{\partial V^2} + (r - \delta) V \frac{\partial F}{\partial V} - r F = 0 \quad (24)$$

Suas condições de contorno são:

$$\text{Trivial: se } V = 0 \rightarrow F(0) = 0$$

$$\text{Condição de continuidade (gatilho): se } V = V^* \rightarrow F(V^*) = V^* - I$$

$$\text{Condição de contato suave: se } V = V^* \rightarrow$$

$$\left. \frac{\partial F(V)}{\partial V} \right|_{V=V^*} = \left. \frac{\partial(V-I)}{\partial V} \right|_{V=V^*} = 1$$

Onde I é o valor do investimento.

Dias (2014) explica que V^* ou gatilho é o valor da variável estocástica V em que é indiferente esperar ou investir imediatamente. No caso de uma opção real de investir, a regra é exercer a opção se $V \geq V^*$.

Segundo Dias (2015), esta EDO é homogênea e parabólica de segunda ordem e tem uma solução analítica geral para o valor da opção perpétua de investir em função do gatilho:

$$F(V) = \left(\frac{V}{V^*}\right)^{\beta_1} (V^* - I) \quad \text{se } V < V^* \quad (25)$$

$$F(V) = V - I \quad \text{se } V \geq V^* \quad (26)$$

Onde:

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{(r - \delta)}{\sigma^2} + \sqrt{\left[\frac{(r - \delta)}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right]^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (27)$$

$$V^* = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} I \quad (28)$$

Para as opções perpétuas, V^* é único e, portanto, o ponto de contato entre a curva da opção de espera e a reta do VPL de exercício imediato também é chamado de contato alto, já que o contato suave ocorre no ponto mais alto possível em que a curva tangencia a reta. Para $V > V^*$, a curva da opção perde o sentido econômico, já que a partir de V^* a opção vale $V - I$ (valor de exercício).

A diferença entre o valor de $F(V)$ e o VPL do projeto sem flexibilidade é o prêmio líquido da espera, que, quando maior que zero, indica que a melhor decisão a ser tomada é esperar por melhores condições de mercado para investir.

Para aplicação das fórmulas da opção de espera (opção perpétua de investir), que derivam da formação de um portfólio sem risco com F e V , utilizam-se a taxa livre de risco r e o percentual de dividendos pagos pelo projeto δ , também

chamado de taxa de distribuição de fluxos de caixa. Dias (2015) comenta que o ativo básico gera um fluxo de caixa proporcional ao valor do ativo, sendo esta proporção a taxa percentual de dividendos. Neste trabalho adota-se como estimativa para esta taxa a média da razão entre o valor presente do fluxo de receitas anuais e o valor presente de cada escala do projeto.

3.5.2.3

Opção de Escala

Brandão et al. (2005) afirmam que aplicações de métodos de avaliação com opções reais a problemas práticos têm sido limitadas devido à complexidade da abordagem. Quando soluções matemáticas fechadas não estão disponíveis, o que ocorre normalmente nos casos de problemas mais complexos, onde o projeto está sujeito a várias fontes de incerteza e a mais de um tipo de opção, métodos numéricos e programação dinâmica devem ser usados para a obtenção da solução. Uma aproximação discreta do processo estocástico subjacente pode simplificar a avaliação do problema.

O primeiro exemplo deste tipo de aproximação é o método binomial, que gera uma árvore de probabilidade recombinante e que pode ser usado para calcular soluções aproximadas da equação em tempo contínuo de Black-Scholes-Merton, inclusive para o exercício antecipado de opções americanas. Sua limitação, entretanto, é a necessidade de um portfólio replicante para cada nó da árvore, o que exige que os ativos sejam negociados no mercado (mercado completo). A análise de decisão também é aplicada a problemas de avaliação de opções reais, mas é comum haver a necessidade de distinção entre riscos de mercado e riscos específicos do projeto, como é o caso, por exemplo, de projetos de exploração de óleo e gás.

Em linha com Fonseca (2008), Brandão et al. (2005) afirmam que uma proposta mais geral de avaliar opções reais para o caso de ativos não negociados no mercado é o MAD, onde o valor do projeto sem opções serve como ativo subjacente no portfólio replicante, o que implica em um mercado completo para o projeto com opções. No MAD, todas as incertezas associadas ao projeto são combinadas em uma única incerteza representativa, que é o processo estocástico do próprio valor do projeto. A adaptação deste método ao uso de árvores de

decisão binomial aumenta a transparência de sua lógica e faz uma conexão com as abordagens de análise de decisão para avaliação de opções reais.

Para evitar a construção de árvores muito complexas que demandam um portfólio replicante para cada incerteza de mercado individual e que ainda consideram os riscos privados e também para não enfrentar o problema de ter que avaliar as opções reais com a mesma taxa ajustada ao risco do projeto, Brandão et al. (2005) propõem a seguinte abordagem:

Passo 1: Cálculo do valor presente do projeto através do método MAD;

Passo 2: Cálculo da volatilidade agregada do projeto a partir de simulação de Monte Carlo das principais incertezas envolvidas;

Passo 3: Construção de uma árvore binomial para evolução do valor do projeto conforme o MGB e considerando o seu valor inicial, a volatilidade agregada e a taxa livre de risco r .

De acordo com o modelo de Cox et al. (1979), Brandão et al. (2005) afirmam que, sendo r a taxa livre de risco, os parâmetros da árvore podem ser assim definidos:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (29)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (30)$$

$$q = \frac{\frac{1+r}{1+\delta} - d}{u - d} \quad (31)$$

Onde:

u é o fator de subida do valor do projeto,

d é o fator de descida do valor do projeto e

q é a probabilidade neutra ao risco de subida do valor do projeto.

Dias (2014) explica que a probabilidade neutra ao risco, também chamada de medida equivalente de martingale, é a medida de probabilidade que faz com que o retorno total do ativo (incluindo os fluxos de caixa ou dividendos) seja igual à taxa livre de risco r . Além disso, esta mesma medida faz qualquer função do ativo, isto é, qualquer derivativo dele, também ter retorno livre de risco r .

A probabilidade neutra ao risco pode ser usada na árvore binomial para calcular o valor esperado do projeto, o que resulta em um esquema semelhante ao da Figura 8:

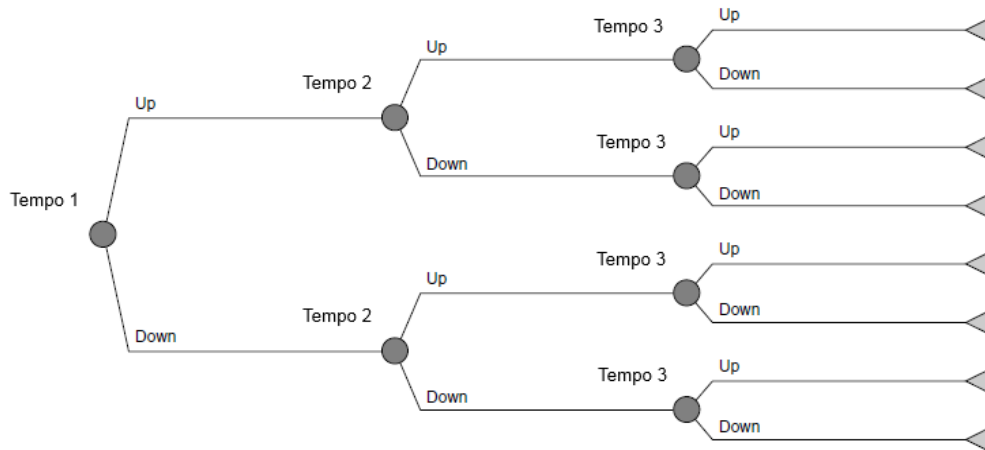


Figura 8 – Árvore binomial para aproximação do Movimento Geométrico Browniano.

Fonte: (Adaptado de Brandão et al., 2005).

Passo 4: Inclusão de opções reais através de nós de decisão na árvore binomial, levando em consideração tanto a evolução do valor do projeto quanto os investimentos envolvidos.

A vantagem do uso da árvore binomial em vez do método binomial tradicional (recombinante) é que as opções reais do projeto podem ser simplesmente modeladas com nós de decisão na árvore e a avaliação pode ser executada em *softwares* comerciais, apesar do maior tempo computacional demandado. Usando probabilidades neutras ao risco na árvore de decisão não é necessário resolver cada nó por portfólio replicante. Além disso, a política ótima pode ser visualizada diretamente na árvore.

Incertezas adicionais de mercado podem ser adicionadas ao modelo de simulação, aumentando a volatilidade agregada estimada para o projeto, desde que não correlacionadas negativamente a outros riscos. Como resultado, o valor das opções cresce com relação ao valor do projeto. Incertezas privadas (de projeto) também podem ser incluídas através de nós de probabilidade nos períodos de tempo apropriados na árvore para o caso de empresas avessas ao risco.

A avaliação da opção de escala deste estudo de caso é desenvolvida através do *software* PrecisionTree, que realiza análises por meio de árvores de decisão, e

considera a possibilidade de postergação do investimento por até dois anos. Além disso, utiliza-se como principal referência o exemplo dado por Dias (2014) da avaliação em tempo discreto de um terreno urbano com a opção de construção de duas alternativas de escala, sendo estocástico o valor de mercado do imóvel.

4

Estudo de caso: seleção e avaliação de um investimento no Terminal de São Sebastião

Neste item é proposto o *framework* como referência para seleção e análise de investimentos e é apresentado o desenvolvimento do caso escolhido, que abrange o estudo das estatísticas do terminal, as recomendações dos especialistas consultados ou entrevistados, a seleção do projeto e a sua avaliação tanto tradicional quanto sob o enfoque de Opções Reais. Além disso, os principais resultados são discutidos e são realizadas análises de sensibilidade.

4.1

Terminal de São Sebastião

O terminal aquaviário analisado neste trabalho ocupa a quinta posição no Ranking de Movimentação Nacional e a terceira posição quando comparados apenas os TUP's (ANTAQ, 2017), conforme os gráficos 5 e 6:

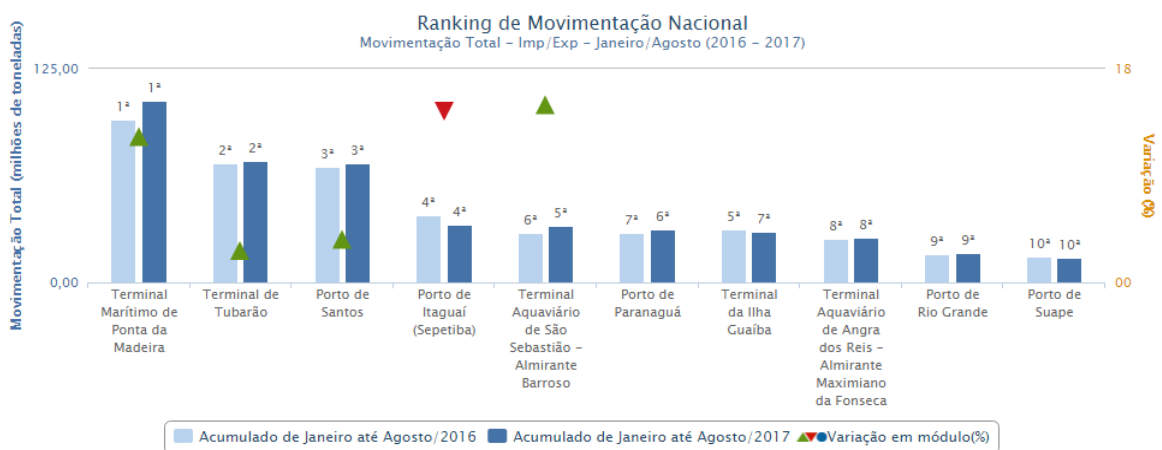


Gráfico 5 – Ranking de Movimentação Nacional.

Fonte: (ANTAQ, 2017).

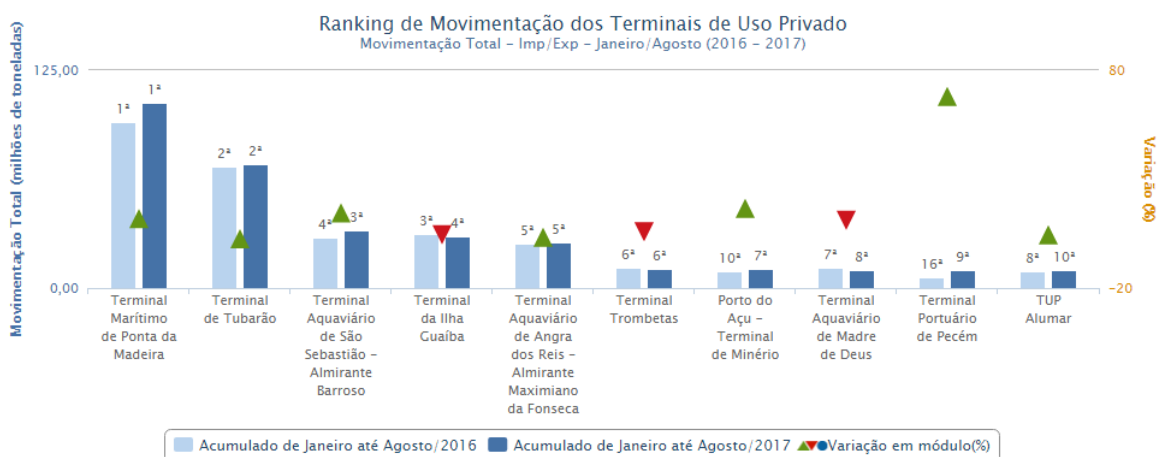


Gráfico 6 – Ranking de Movimentação dos Terminais de Uso Privado.

Fonte: (ANTAQ, 2017).

Conforme dados públicos da subsidiária da empresa em questão neste estudo, que é a operadora da unidade, o Terminal de São Sebastião recebe petróleo nacional e importado por navios petroleiros para abastecer quatro refinarias do estado de São Paulo: a Refinaria de Paulínia (REPLAN), a Refinaria Henrique Lage (REVAP), em São José dos Campos, a Refinaria de Capuava (RECAP) e a Refinaria Presidente Bernardes (RPBC), em Cubatão. O petróleo é transferido às refinarias por dois oleodutos: o Oleoduto São Sebastião-Guararema (OSVAT), que atende a REPLAN e a REVAP, e o Oleoduto São Sebastião-Santos (OSBAT), que atende a RECAP e a RPBC. Os derivados entram e saem do terminal pelo Oleoduto São Sebastião-Paulínia (OSPLAN 24”) e por meio de navios, com origem em outros países (importação longo curso) ou destino a outros portos do território nacional (cabotagem) ou exportação.

A Figura 9 mostra um panorama aéreo do Terminal Almirante Barroso em São Sebastião e a Tabela 4 algumas características de seu funcionamento.



Figura 9 – Terminal Aquaviário Almirante Barroso em São Sebastião, SP.

Fonte: (Transpetro, 2017).

Tabela 4 – Características do Terminal de São Sebastião.

Tanques				
Produto	Petróleo		Derivados, álcool e biodiesel	
Quantidade	20		17	
Capacidade Nominal (m ³)	1.585.345		426.326	
Pontos de Atracação				
Berço	PP1	PP2	PP3	PP4
Calado (m)	23	16,9	19	12,2
LOA (m)	340	280	275	225
Porte Bruto (t)	300.000	155.000	150.000	65.000

Fonte: (Adaptado de Transpetro, 2017).

Esclarecendo a Tabela 4: (i) “Calado” é a medida da altura, desde a quilha (base moldada) até a superfície da água, quando o navio flutua, (ii) “LOA” é o comprimento fora a fora do navio e (iii) “Porte Bruto” é a soma de todos os pesos variáveis que um navio é capaz de embarcar em segurança. Por suas informações, nota-se que as operações do terminal se dão a partir de 4 berços, dois no Píer Norte (PP3 e PP4) e dois no Píer Sul (PP1 e PP2) e que o mesmo opera tanto petróleo quanto seus derivados e participa tanto na navegação de cabotagem quanto de longo curso. É possível observar no Gráfico 7 que a cabotagem tem pequena participação no Brasil (ANTAQ, 2017).



Valores percentuais significam a variação com relação ao ano anterior (acumulado de janeiro a agosto).

Gráfico 7 – Movimentação por tipo de navegação, em toneladas (2017).

Fonte: (ANTAQ, 2017).

No país, os produtos que utilizam a cabotagem intensivamente são o petróleo e seus derivados, em virtude dos investimentos em terminais aquaviários nos diversos estados costeiros realizados pela empresa cujo caso é avaliado neste trabalho. O Terminal de São Sebastião é o principal destino da cabotagem brasileira, sobretudo em função do alívio das plataformas de petróleo das bacias sedimentares de Campos e Santos. Já na navegação de longo curso nacional, o mesmo apresenta baixa representatividade, participando principalmente nas importações de nafta petroquímica.

4.2

Proposta de um *framework* para seleção e avaliação de investimentos em terminais aquaviários com Opções Reais

A partir dos exemplos de Salminen (2013) e Taneja et al. (2011) foi elaborado um *framework* como proposta de metodologia de seleção e análise de investimentos em terminais aquaviários, com foco na flexibilidade de decisões gerenciais.

O modelo aqui sugerido é o passo a passo que se procurou seguir no estudo de caso desenvolvido neste trabalho, mas já apresentando pontos de melhoria identificados durante sua realização, e tem o intuito de ser uma recomendação para futuras avaliações de projetos da companhia de petróleo e gás.

Sua estrutura é dividida em três etapas e pode ser vista na Figura 10:

- 1ª etapa: Identificação das principais causas de sobreestadia;
- 2ª etapa: Seleção do investimento sob enfoque de Opções Reais;
- 3ª etapa: Avaliação do investimento.

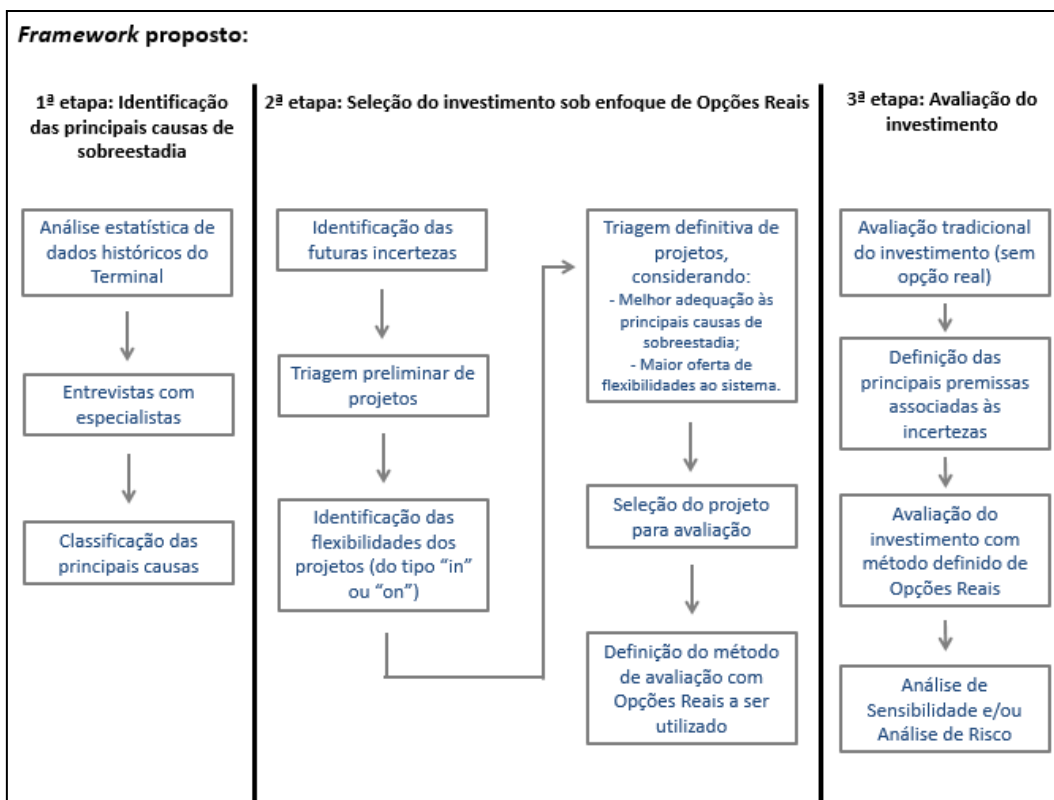


Figura 10 – Metodologia de avaliação de investimentos com flexibilidade no setor portuário proposta por esta autora.

A ideia de iniciar a procura pelo projeto a partir da sobreestadia dos navios do terminal em estudo se baseia no fato de que as avaliações de investimentos da empresa nestas unidades geralmente consideram como receita dos projetos a redução de custos, sendo o mais significativo deles a sobreestadia. A análise de dados históricos, acompanhada de conversas com especialistas da sede e do terminal, possibilita a identificação das principais ocorrências que levam a estes custos e de suas causas, que, provavelmente, são restrições operacionais.

A partir das restrições identificadas, devem ser previstas as futuras incertezas inerentes à operação do terminal, mesmo que de forma subjetiva. Este mapeamento das incertezas já é uma forma de rastrear os processos estocásticos das principais variáveis que serão consideradas na análise e pode englobar os seguintes aspectos: operação, mercado de petróleo e derivados, mercado de fretes marítimos, estratégia da companhia, indicadores econômicos, entre outros.

Neste ponto já é possível pensar em alguns potenciais projetos para avaliação, mas é necessário considerar as flexibilidades existentes. É esperado que todos os projetos ofereçam pelo menos uma opção real, como a opção de espera,

mas a identificação das opções pode ser difícil e talvez mais trabalhosa do que o próprio levantamento dos projetos, devido ao fato de a Teoria de Opções Reais ser inovadora e ainda pouco aplicada no meio empresarial em geral.

Ponderando as características dos projetos pré-selecionados chega-se a uma triagem definitiva dos mesmos, que pode ser realizada através de um método simples de pontuação de critérios, balanceando características qualitativas e quantitativas. Após classificação, chega-se ao projeto, ou projetos, dependendo das opções, que deverá ser analisado. Como a 2ª etapa já é voltada para um levantamento das opções reais, sua conclusão vai além da seleção do projeto, chegando à definição do método a ser utilizado na avaliação. Alguns aspectos relevantes para esta definição são: quais tipos de opção, se de forma simples ou composta, se em tempo discreto ou contínuo, com solução analítica ou por métodos numéricos ou programação dinâmica, entre outros.

Com projeto e método de avaliação já definidos, inicia-se a 3ª etapa da metodologia, que deve ter como ponto de partida uma avaliação tradicional do investimento. Esta primeira análise é imprescindível para o futuro cálculo dos ganhos com a inclusão das opções à avaliação.

Para se iniciar a análise do projeto com o método de Opções Reais escolhido devem ser definidas as premissas associadas às incertezas, ou seja, as principais variáveis e processos estocásticos a serem modelados. A partir de então o projeto com opções reais pode ser avaliado e, por fim, para uma melhor visão dos tomadores de decisão, recomenda-se que sejam realizadas análises de sensibilidade nos resultados ou análise de riscos.

4.3

Seleção do investimento para análise

4.3.1

Visita ao Terminal de São Sebastião

Através da visita ao terminal, foi possível esquematizar, de forma simplificada, o sistema de derivativos, que será o foco do investimento. O mesmo possui a estrutura mostrada na Figura 11:

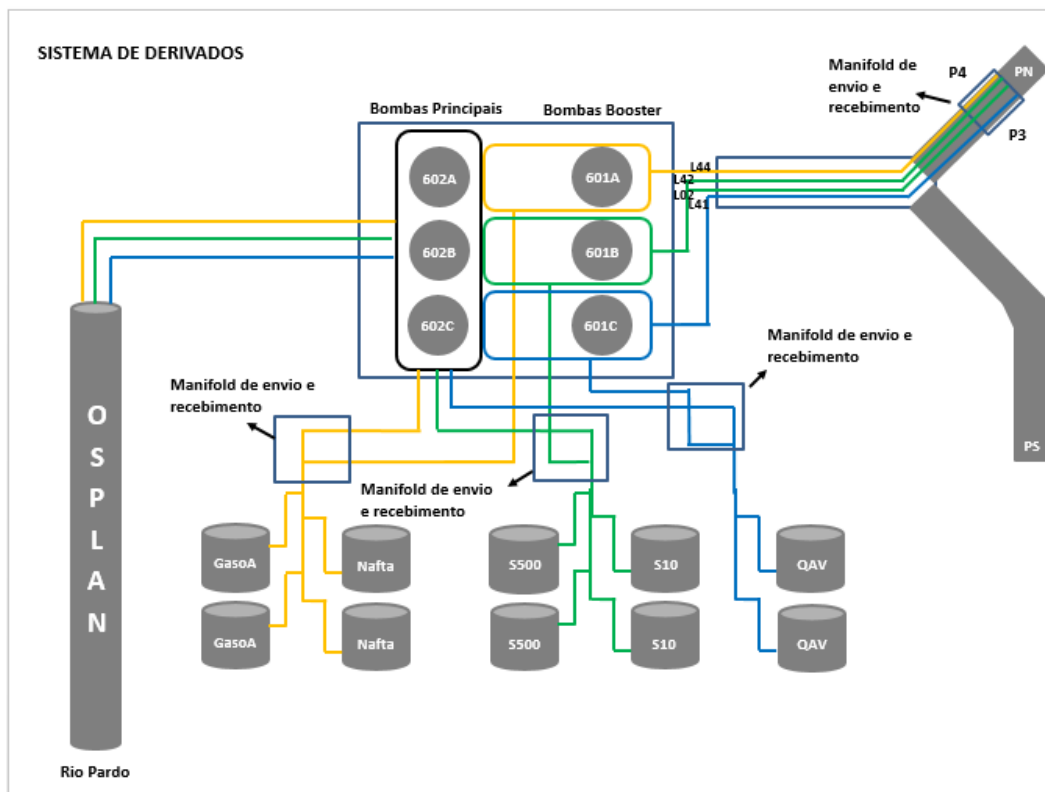


Figura 11 – Sistema de derivados do Terminal de São Sebastião.

Os principais derivados claros que operaram em São Sebastião nos últimos cinco anos e que representam 97% das escalas de navios do período são:

- Nafta petroquímica (nafta);
- Óleo diesel com 10 partes por milhão (ppm) de Enxofre (S10);
- Óleo diesel com 500 partes por milhão (ppm) de Enxofre (S500);
- Querosene de aviação (QAV);
- Gasolina A (gasolina).

O sistema de derivados é composto por um píer, o Píer Norte (PN), com 2 berços (PP3 e PP4), aos quais se ligam as linhas (oleodutos) da família de nafta e gasolina, da família de S10 e S500 e de QAV. As linhas se conectam ao píer e à estrutura em terra por meio de *manifolds* (conjuntos de linhas e válvulas). Os *manifolds* de terra também fazem a conexão com os tanques de cada produto e com o poliduto OSPLAN 24". No envio para este poliduto é utilizada uma bomba principal, com vazão de 600 m³/h, associada a uma bomba auxiliar (*Booster*), que neste caso também opera com vazão de 600 m³/h, atingindo-se uma vazão total de 1.200 m³/h. As mesmas bombas *Booster* são utilizadas no carregamento de navios

no PN, alcançando, individualmente, cerca de 1.200 m³/h de vazão. Alguns componentes de destaque deste sistema estão nas figuras 12 e 13:



Figura 12 – *Manifold* e braços de carregamento atuais do Píer Norte.



Figura 13 – *Manifold* de terra e bombas *Booster*.

4.3.2

Estudo dos dados do terminal

A partir do estudo dos dados do terminal foi possível encontrar elementos que apontaram os projetos mais indicados para redução de custos de sobreestadia,

seja com relação ao tipo de estrutura com maior necessidade de melhorias, se a de petróleo ou a de derivados, ou com relação aos locais ou aspectos destes sistemas carentes de maior atenção.

Após aprofundamento na base de dados de tempos e movimentos obtida, foram realizados alguns ajustes. Primeiramente, foram consolidadas as operações por escala (data de chegada ao terminal) e fase (se na mesma escala foi necessária mais de uma atracação). Em seguida, foram excluídos os registros sem contabilização dos tempos e os *outliers*, considerados aqui como os navios que operaram com tempos de pré e pós operação acima de 500 horas, o que normalmente ocorre por opção do próprio navio devido à alguma particularidade, como, por exemplo, necessidade de manutenção. Finalmente, foram excluídas as atracações com contagem duplicada dos tempos e, por último, filtrados os dados do período de 2013 a 2017, já que a partir de 2013 observa-se o mesmo padrão de movimentação no terminal com (i) a criação de um procedimento padrão para carregamento de gasolina, (ii) o início da migração do mercado brasileiro de óleo diesel S500 para S10 e a consequente consolidação da produção de S10 pelas refinarias de São Paulo e (iii) o aumento do mercado de nafta do estado.

Já as ocorrências registradas na base de eventos de sobreestadia do terminal foram classificadas de forma a permitir a identificação das principais restrições operacionais da unidade. As mesmas estão na Tabela 5 e suas definições encontram-se no Apêndice 1.

Tabela 5 – Restrições do Terminal de São Sebastião.

Restrições do terminal
Alinhamento (navio ou terminal ou terceiros)
Ausência de sistema de coleta de vapores
Laboratório ou pessoal do terminal ou da Inspetora
Linha (incluindo OSPLAN 24") ou bomba
Manobras / praticagem
Mau tempo
Outros
Pier
Problemas em equipamentos ou instalações (navio ou terminal)
Processos burocráticos
Programação
Qualidade
Sistema de abastecimento
Sistema de <i>s/op</i>
Tancagem
Transbordo

Inicialmente, com o intuito de investigar um dos conceitos apresentados por Monie (1987), foi avaliada a relação entre a taxa de ocupação dos berços (percentual de tempo em que os berços se encontram ocupados em relação ao tempo mensal total disponível) e o tempo de espera dos navios no terminal (Gráfico 8). Constata-se aderência aos fundamentos por ele propostos, com exceção do ano 2017, em que se observa uma redução do tempo total de fila apesar do aumento da ocupação dos píeres. Tal fato pode estar associado tanto a melhorias operacionais implementadas no último ano como à melhoria da programação de navios de petróleo a partir do resultado do trabalho de uma consultoria contratada em 2015 com foco na redução dos custos de sobreestadia, que sugeriu o aumento dos lotes (volumes de produtos carregados) dos navios, conforme se observa no Gráfico 9.

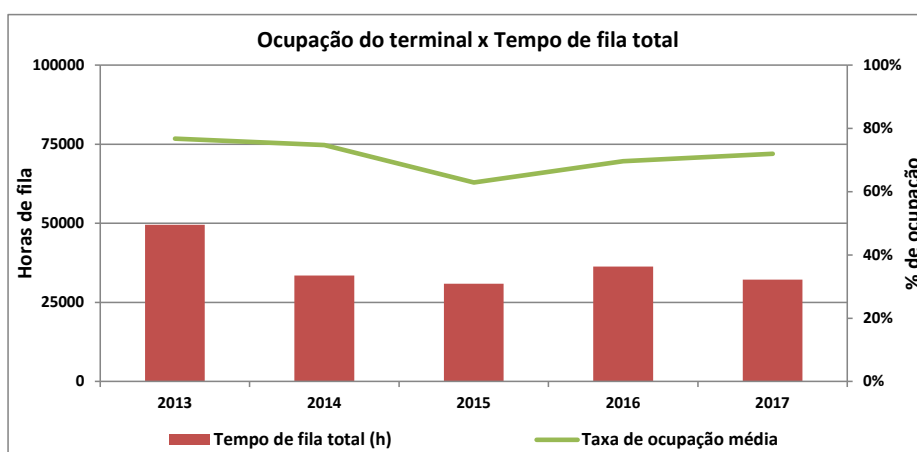


Gráfico 8 – Taxa de ocupação dos berços x Tempo de fila total no Terminal de São Sebastião.

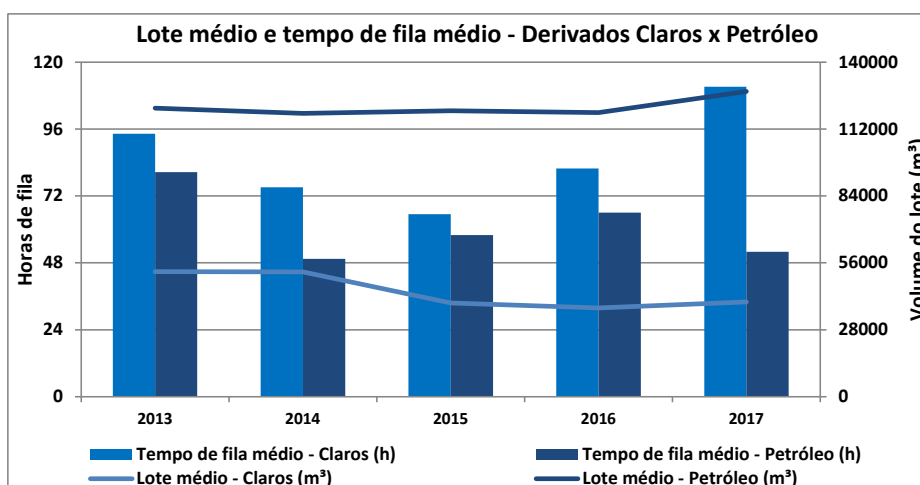


Gráfico 9 – Comparação do lote médio e do tempo de fila médio entre os navios de derivados claros e de petróleo no Terminal de São Sebastião.

Nos berços do píer Sul (PP1 e PP2) operam exclusivamente navios de petróleo, cujo lote médio nos últimos cinco anos foi de 120 mil m³ (navios de porte Aframax ou Suezmax). No berço PP4 do píer Norte operam exclusivamente navios de derivados, na maioria claros, com lote médio de 33 mil m³, sendo mais comuns os navios de porte médio (MR). Ali também são realizadas operações de navios com produtos escuros (derivados com valor inferior ao do petróleo), que geralmente descarregam *bunker* (combustível de navios) no terminal para abastecimento da frota da empresa e de outros navios que operam em São Sebastião. No berço PP3 do píer Norte operam navios de petróleo e de derivados (lote médio de 67,5 mil m³; portes MR, Panamax ou Aframax), com alternância da proporção entre eles ao longo dos anos em função de decisões tomadas diante da conjuntura econômica.

O perfil de ocupação dos berços do Píer Sul, com operações exclusivas de navios de petróleo, é nitidamente diferente do perfil de ocupação dos berços do Píer Norte, onde predominam as operações de navios de derivados, como pode ser visto nos gráficos 10, 11, 12 e 13. Nestes gráficos são apresentadas as seguintes informações:

- Número de escalas dos navios - quantidade de navios que chegaram ao terminal e atracaram em cada berço;
- Excesso de estadia médio no berço - tempo médio de ocupação do berço que excede o tempo ideal esperado de operação por navio;
- Taxa de ocupação do berço.

Nos berços PP1 e PP2 destaca-se o número de escalas de navios, sendo menor a sobreestadia média e maior a taxa de ocupação. Já nos berços PP3 e PP4, onde o número de escalas e a ocupação média são menores, a sobreestadia dos navios é o indicador de maior relevância.

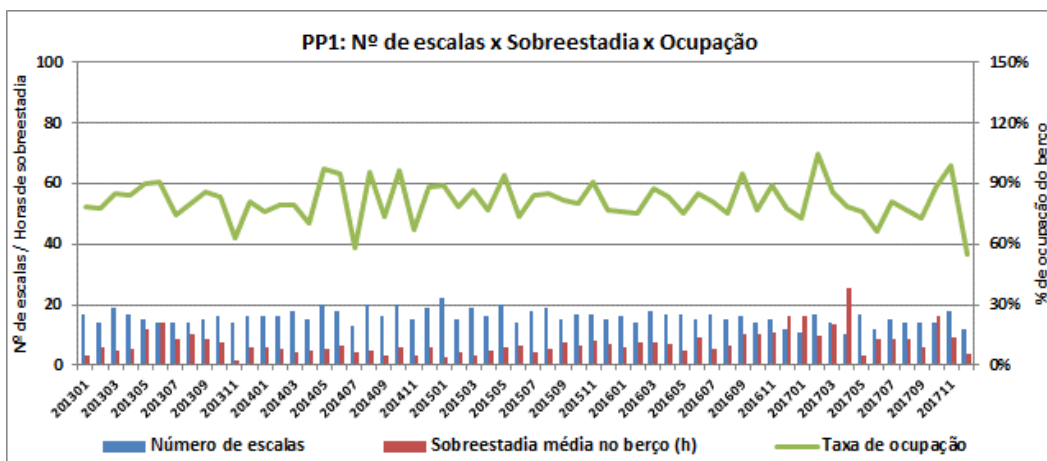


Gráfico 10 – Perfil de ocupação do berço PP1.

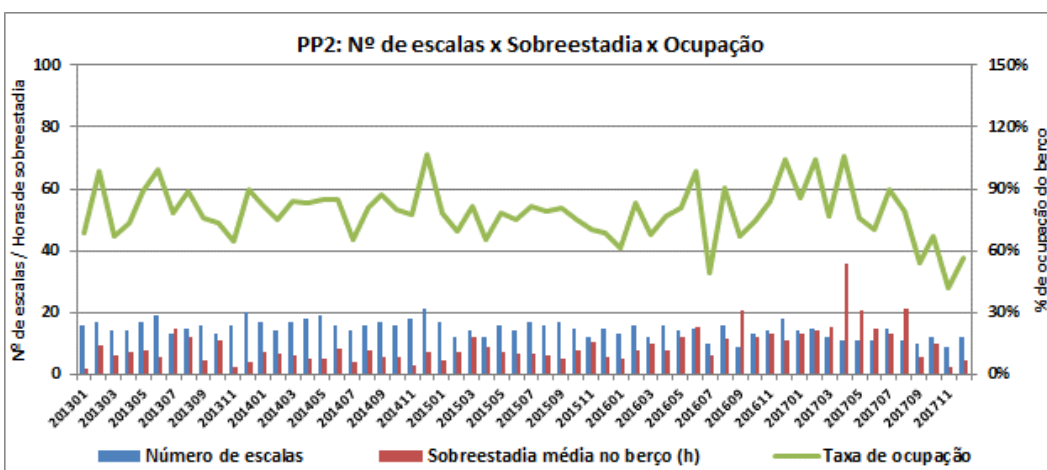


Gráfico 11 – Perfil de ocupação do berço PP2.

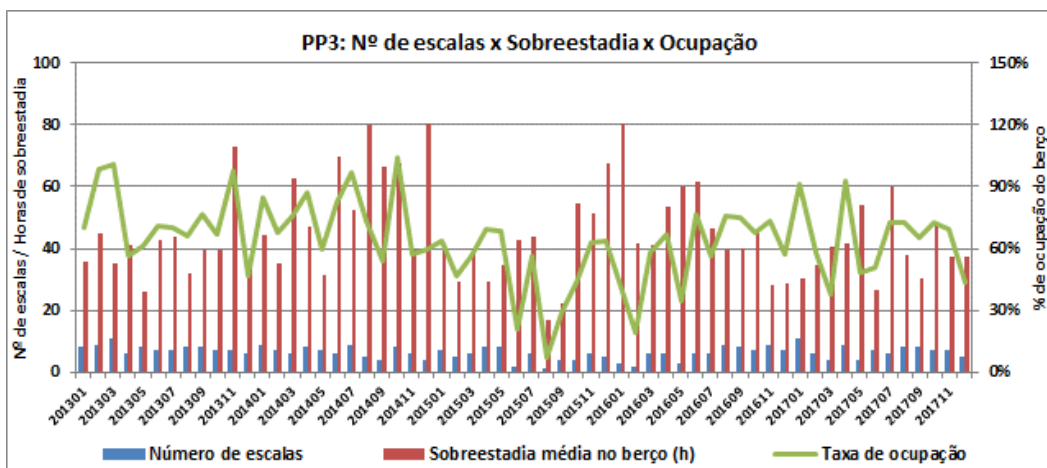


Gráfico 12 – Perfil de ocupação do berço PP3.

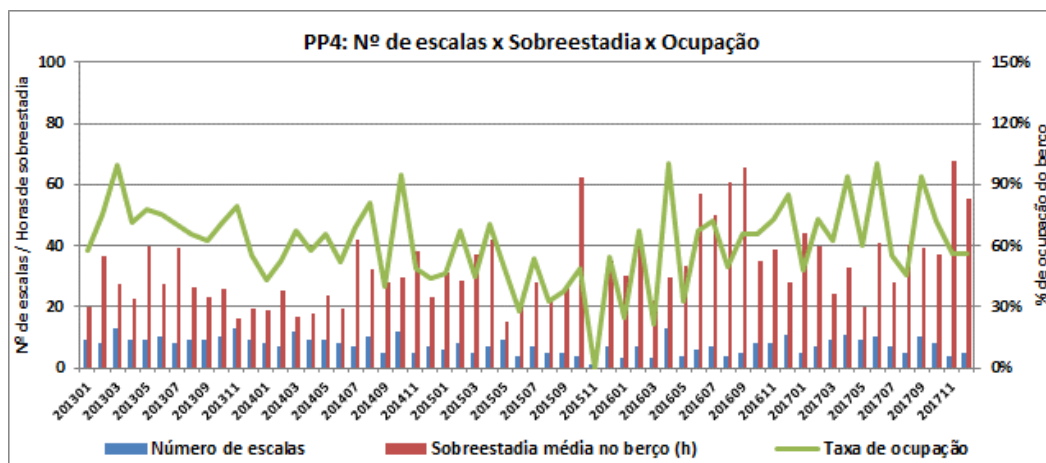


Gráfico 13 – Perfil de ocupação do berço PP4.

Sob o enfoque da classe dos navios, ao longo dos últimos cinco anos 72% dos navios que fizeram escala no terminal operaram com petróleo (basicamente descarga), 24% com derivados claros, 3% com derivados escuros e 1% com outros produtos, sobretudo água de formação (água oleosa dos campos de petróleo). Confirmando o padrão já identificado na visão dos berços, pelos gráficos 14 e 15 observa-se a maior média de horas de sobreestadia dos navios de produtos claros (152 horas por escala de navio) em comparação com os navios de petróleo (82 horas). Tais gráficos apresentam as seguintes informações:

- Número de escalas dos navios - quantidade de navios de derivados claros e petróleo que chegaram ao terminal;
- Excesso de estadia médio total - tempo médio de permanência no terminal que excede o tempo ideal esperado de operação por navio de derivados claros ou petróleo;
- Custo de excesso de estadia total – custo total por multas de sobreestadia pagas aos navios de derivados claros e petróleo.

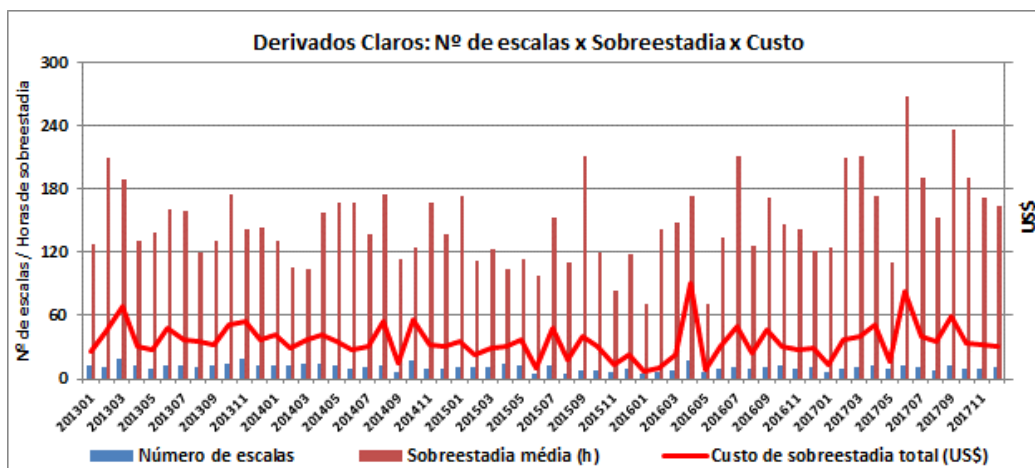


Gráfico 14 – Perfil de ocupação x Custo de sobreestadia dos navios de derivados claros.

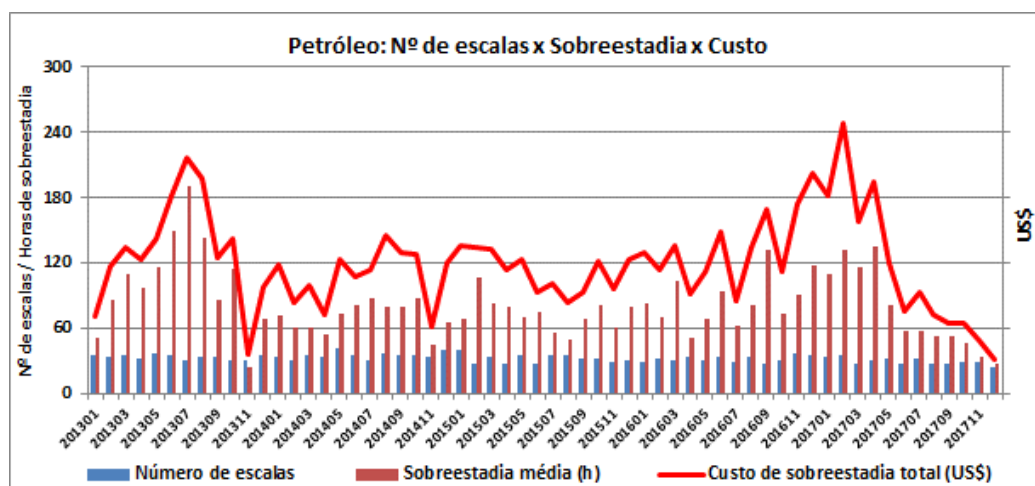


Gráfico 15 – Perfil de ocupação x Custo de sobreestadia dos navios de petróleo.

O custo de sobreestadia total, entretanto, é maior para os navios de petróleo em função do maior número de operações e do maior custo diário médio (*Hire*) dos contratos desta classe (Gráfico 16).

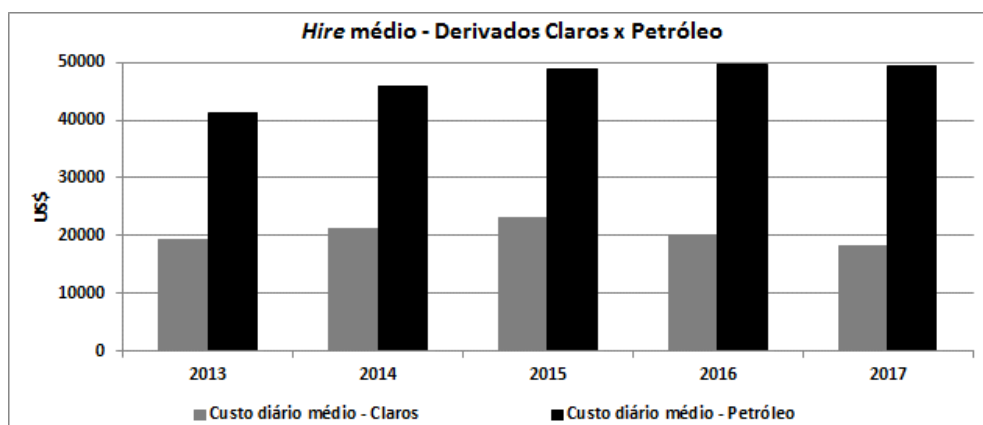


Gráfico 16 – Comparação do *Hire* médio entre navios de derivados claros e de petróleo.

O custo de sobreestadia médio resultante por escala e por ano atinge patamares semelhantes para navios de claros e de petróleo, sugerindo que as diferentes características dos perfis de ocupação de cada classe acabam se compensando, o que reflete em custos médios de mesma ordem de grandeza, como mostra o Gráfico 17:

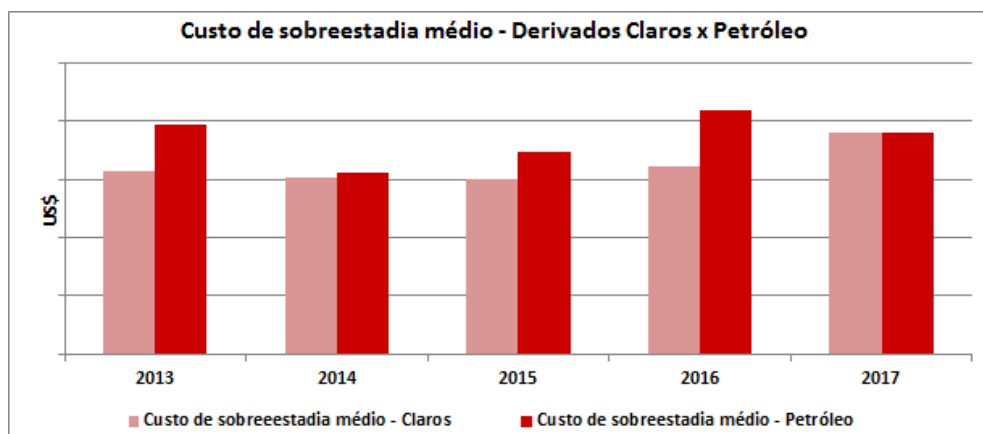


Gráfico 17 – Comparação do custo de sobreestadia médio entre navios de derivados claros e de petróleo.

Consolidando as informações, conclui-se que, apesar de apresentarem um menor número de escalas, os navios de derivados claros possuem um maior total de horas de sobreestadia, o que resulta em maior sobreestadia média, mas, em função do menor *Hire* médio, chega-se a um custo de sobreestadia médio equiparado ao dos navios de petróleo. Estes, por sua vez, apresentam maior número de escalas e maior *Hire* médio, mas menor sobreestadia média. Esta comparação é sintetizada na Figura 14:

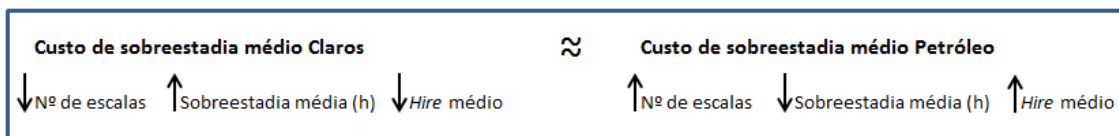


Figura 14 – Principais componentes do custo de sobreestadia médio dos navios de derivados claros e de petróleo.

Novamente aqui, cabe ressaltar o quadro do ano de 2017. Enquanto o custo diário médio dos navios de claros diminui, a sobreestadia média deles aumenta mais proporcionalmente, como consequência do aumento do tempo de fila. Logo, o custo de sobreestadia médio também aumenta. De forma contrária, apesar de

mantido constante o custo diário médio dos navios de petróleo, a sobreestadia média deles diminuiu, como consequência do aumento do lote médio e da redução do tempo de fila médio desta classe de navios. Assim, o custo de sobreestadia médio neste caso diminuiu.

Com relação aos diferentes eventos registrados pela subsidiária da companhia de óleo e gás, que opera o terminal, como justificativas para as esperas dos navios, são citados os principais na Tabela 6, de um total de 73:

Tabela 6 – Principais eventos de sobreestadia do Terminal de São Sebastião.

Principais eventos de sobreestadia	Frequências de registro
Aguardando berço	13,8%
Aguardando alinhamento do terminal	11,7%
Aguardando práctico	10,3%
Descarregando <i>slop</i> / lastro para o terminal	6,0%
Aguardando sequência de manobras	5,0%
Preparando para desatracar	4,4%
Aguardando mau tempo	4,2%
Aguardando espaço para produto	4,0%
Aguardando análise do terminal	4,0%
Aguardando pessoal do terminal	3,9%
Atendendo determinação de segurança	3,3%
Aguardando alinhamento	3,1%
Outros	26,4%

O evento “Aguardando berço” corresponde a cerca de 70% dos tempos de espera dos navios de petróleo e a quase 60% dos tempos de espera dos navios de derivados claros que operaram em São Sebastião de 2013 a 2017. Tal situação sugere uma restrição de píeres para ambas as classes ou, ainda, outras restrições operacionais do terminal que culminam na espera por berços e que nem sempre são identificadas. Os principais eventos para os navios de petróleo e derivados claros estão nos gráficos 18 e 19, onde se ressalta que a ocorrência mais frequente de sobreestadia é a espera por berços.

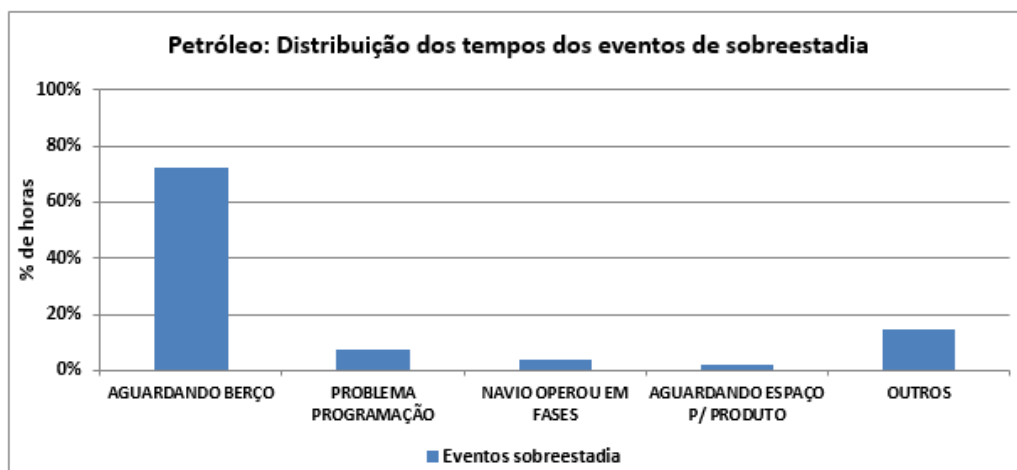


Gráfico 18 – Distribuição dos eventos de sobreestadia dos navios de Petróleo.

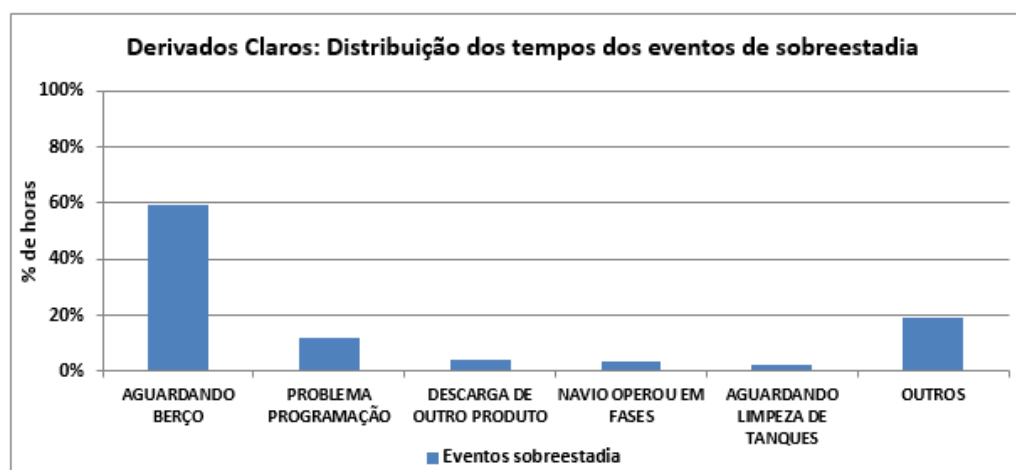


Gráfico 19 – Distribuição dos eventos de sobreestadia dos navios de Claros.

A respeito dos principais produtos claros movimentados em 2017, além do evento “Aguardando berço”, destacam-se outros tais como “Problema de programação”, quando algum berço está disponível, mas o navio tem sua programação alterada devido a outras prioridades ou então não pode operar devido a conflitos com outras operações que utilizam os mesmos recursos do terminal. Para os navios de nafta também são comuns os eventos “Navio operou em fases” e “Aguardando limpeza de tanques”, quando o mesmo navio descarrega nafta e em seguida carrega gasolina. Os navios de S500 geralmente também aguardam descarga ou carga de outros produtos e os navios de gasolina, em função de sua característica de maior emissão de vapores voláteis durante o carregamento, frequentemente precisam parar a carga para atender determinação de segurança.

Dando ênfase aos problemas mais atuais do terminal, os eventos associados aos derivados claros, que se destacam pelo maior tempo médio de sobreestadia, foram classificados em função de suas causas mais comuns durante o ano de 2017, que são as principais restrições ou conflitos de operações existentes, conforme a Tabela 5. Com exceção das causas “Pier”, que é um problema de capacidade estática do terminal, e “Programação”, que envolve em grande parte decisões da área de Movimentação de Derivados sobre política de estoque e atendimento do mercado, tem-se o resultado do Gráfico 20:

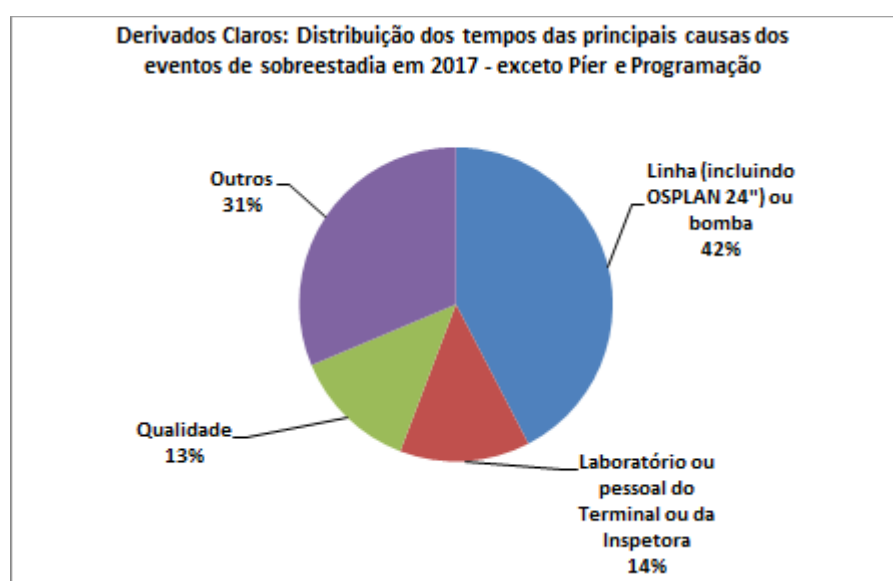


Gráfico 20 – Distribuição das causas dos eventos de sobreestadia dos navios de derivados claros (2017) – excluindo “Pier” e “Programação”.

Da análise quantitativa dos dados conclui-se, portanto, que o sistema de derivados demanda maior atenção da empresa de óleo e gás e que devem ser priorizados os investimentos que atuem nos conflitos operacionais que envolvem linhas ou bombas deste sistema.

4.3.3

Análise das informações obtidas com especialistas

Em uma simulação da operação do Terminal de São Sebastião realizada em 2016 pela área de Soluções Logísticas da Diretoria de Refino e Gás Natural (antigo Abastecimento) da companhia de petróleo e gás, foi constatado que as

causas de sobreestadia dos navios de petróleo e derivados são de natureza diferente. No caso dos navios de petróleo, a maior parte das horas de excesso de estadia (74%) foi associada a uma espera média em fila intrínseca, ou seja, a principal causa de filas identificada foi o regime de chegadas de navios. Já para os navios de derivados, 98% destas horas foram causadas por ineficiência nas operações do terminal.

Diante de tais resultados, a área de Suprimento de Petróleo tem buscado operar com lotes maiores, o que já mostrou melhorias em 2017. Já a operação de derivados sofreu com o cancelamento de investimentos nos últimos anos devido a outras prioridades da empresa a partir de 2015. A carteira remanescente atual de projetos do terminal é pequena em comparação com a carteira apresentada há alguns anos. Oito novos braços de carregamento, por exemplo, foram adquiridos para o Píer Norte em 2010 e não foram montados, mas sabe-se que ainda estão em condições de serem instalados.*

Nas entrevistas realizadas na sede foram indicados três potenciais projetos para o estudo de caso, com o objetivo de reduzir custos de sobreestadia: a “Adaptação da linha 43 para operação exclusiva com *slop*”, um investimento simples para tornar independente a descarga dos resíduos dos navios, mas que ainda precisaria ser apresentado aos gestores da empresa, a “Construção de um tanque exclusivo para resíduos de navios e do terminal” e a “Reconfiguração do sistema de derivados – *manifold* do Píer Norte e bombas em terra”, dois investimentos de grande porte cujos ganhos deveriam ser defendidos para sua aprovação.

Com as entrevistas realizadas em campo pôde-se perceber, inclusive visualmente, a condição inferior do sistema de derivados em comparação com o sistema de petróleo, além de outras questões, como por exemplo, oportunidades de melhoria na comunicação com a sede.

A partir das opiniões dos especialistas foi possível listar potenciais investimentos para o terminal para posterior triagem. A visão destes profissionais mostrou-se alinhada com a análise quantitativa, também apontando maior prioridade para o sistema de derivados.

* Comunicação pessoal com um Consultor Master e um Engenheiro da área que acompanha os projetos da Logística, em janeiro de 2018.

4.3.4

Seleção do investimento

A partir da análise estatística dos dados históricos de movimentação e sobreestadia do terminal e da obtenção de informações com especialistas, para a seleção do investimento para análise foram considerados nove projetos pré-selecionados que foram detalhados através dos seguintes aspectos: (i) status, considerando projeto novo ou em carteira na empresa de óleo e gás (Fase I, II ou III) ou já cancelado; (ii) classe, relacionada ao sistema de petróleo ou ao de derivados; (iii) descrição; (iv) benefícios esperados; (v) restrições à realização, se de natureza técnica ou financeira; (vi) soluções para quais causas de sobreestadia, de modo a criar associação às restrições da Tabela 5; (vii) opções reais tipo “*in*”, quando os componentes técnicos dentro do sistema são usados para criar flexibilidade; (viii) opções reais tipo “*on*”, quando a flexibilidade é incorporada através da consideração de suas possibilidades ao longo do tempo; e (ix) ganhos esperados, com a avaliação tradicional e com a avaliação com Opções Reais. O detalhamento encontra-se na planilha apresentada no Apêndice 2.

Os projetos foram então pontuados de acordo com os seguintes critérios:

- Benefícios, restrições, opções reais e ganhos - conforme características registradas na planilha de triagem;
- Relação com o sistema de derivados claros e relação com as principais causas de sobreestadia - para associação com as indicações da análise estatística;
- Opinião dos especialistas - o que considerou não apenas a relevância do projeto, mas também a análise de opções reais pretendida por esta dissertação, além do nível de complexidade compatível com um exemplo acadêmico.

Com contribuição do Engenheiro de projetos da Logística e do atual programador das operações do terminal, os nove projetos receberam nota de 1 (pior avaliação) a 5 (melhor avaliação) nos sete critérios de forma comparativa entre eles e então foram classificados a partir do somatório (soma simples) dos pontos de cada critério, conforme a Tabela 7. A definição dos projetos encontra-se no Apêndice 3.

Tabela 7 – Classificação dos projetos pré-selecionados para análise.

Nº	Projeto	Benefícios	Restrições	Opções Reais	Ganhos	Relação com o sistema de derivados	Relação com as principais causas de sobreestadia	Opinião dos especialistas	TOTAL	RANKING
1	Construção do 3º pier de São Sebastião	5	1	4	5	5	5	1	26	3º / 4º
2	Ampliação do poliduto OSPLAN 24"	4	2	3	4	5	4	4	26	3º / 4º
3	Instalação de novos braços de carregamento no Pier Norte	3	5	3	4	5	4	5	29	1º
4	Implantação do sistema de coleta de vapores	2	5	3	2	5	2	2	21	6º / 7º / 8º
5	Realização das adequações para o Programa de Prevenção à Exposição Ocupacional ao Benzeno	2	5	3	2	5	2	2	21	6º / 7º / 8º
6	Remanejamento da tancagem de derivados	3	4	3	3	5	3	2	23	5º
7	Instalação de novo manifold no Pier Norte e 3 novas bombas Booster	4	3	5	4	5	4	3	28	2º
8	Construção de tanque exclusivo para armazenamento de resíduos	2	3	3	3	3	3	4	21	6º / 7º / 8º
9	Adaptação de uma linha existente (linha 43) para operação exclusiva com slop	1	5	3	1	3	1	3	17	9º

Assim, o projeto com melhor classificação foi a “Instalação de novos braços de carregamento no Pier Norte” e o segundo melhor classificado foi a “Instalação de novo *manifold* no Pier Norte e 3 novas bombas *Booster*”. Como estes dois projetos, juntos, podem ser considerados o grande projeto de “Melhoria do sistema de derivados”, decidiu-se pela avaliação das duas escalas deste investimento maior:

- Escala 1 (Figura 15): Instalação de novos braços de carregamento no Pier Norte;

Este projeto consiste na instalação de 8 novos braços de carregamento (já adquiridos) no Pier Norte, bem como um novo sistema de drenagem para os braços.

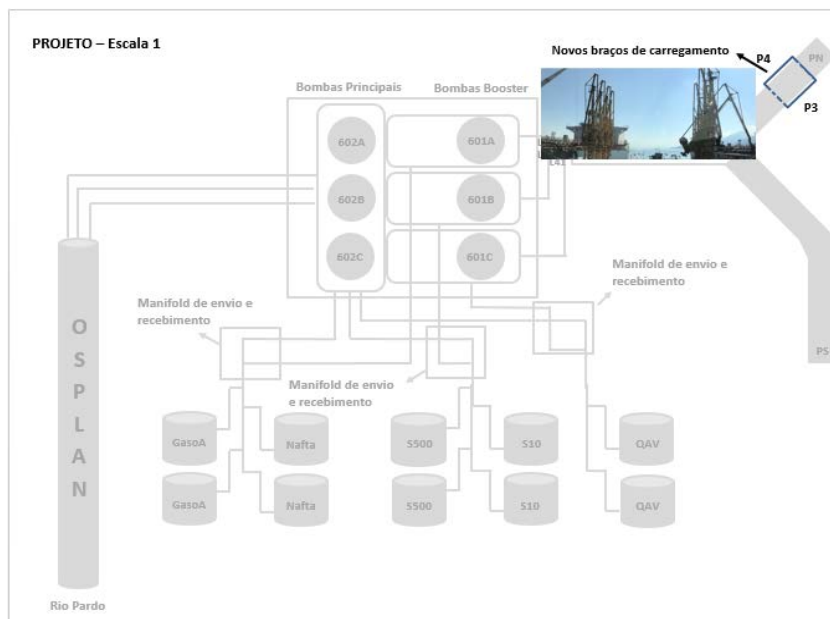


Figura 15 – Escala 1 do projeto.

- Escala 2 (Figura 16): Instalação de novos braços de carregamento e de novo *manifold* no Píer Norte e 3 novas bombas *Booster*.

Este projeto consiste na instalação dos novos braços e seu sistema de drenagem e de um novo *manifold* no Píer Norte, além de 3 novas bombas *Booster* no *manifold* de terra.

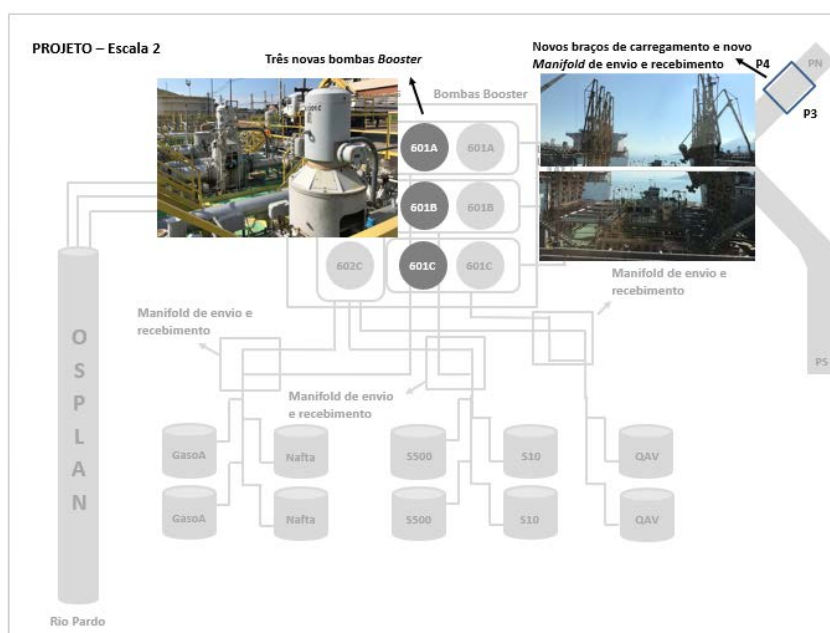


Figura 16 – Escala 2 do projeto.

4.4

Avaliação do investimento

Para a avaliação do projeto foram consideradas as duas escalas selecionadas, iniciando-se por uma análise tradicional. Em seguida, foram incluídas as principais incertezas, partindo-se da definição das variáveis e processos estocásticos. Para este estudo de caso foi considerado adequado avaliar as opções de espera, relativa à possibilidade de postergação do investimento, e escala, associada ao tamanho do projeto a ser implementado. Por fim, foram realizadas análises de sensibilidade nos resultados.

4.4.1

Avaliação tradicional

Na avaliação tradicional das duas escalas com fluxo de caixa descontado foram consideradas as seguintes premissas:

- Imposto de Renda e Contribuição Social: 34%;
- PIS/COFINS: 9,25%;
- ICMS: 14%;
- Depreciação linear em 10 anos sem valor residual;
- Investimento realizado ao longo de 4 anos, considerando o percentual de desembolso mostrado na Tabela 8:

Tabela 8 – Percentual de desembolso do investimento total.

2018	2019	2020	2021
5%	47%	47%	1%

- Inflação anual IGP-DI (% a.a.), conforme Boletim da Estratégia da empresa de petróleo e gás;
- Taxa de câmbio do Boletim da Estratégia da empresa de petróleo e gás;
- Taxa de desconto ajustada ao risco: 10% a.a..

As receitas esperadas para a Escala 1 são dadas pelos ganhos com a redução de sobreestadia por melhoria da vazão de descarga de derivados claros de uma

média de 1.600 m³/h para uma média de 3.500 m³/h (ΔS) mais os ganhos com redução de custos com pessoal e manutenção (ΔC), na comparação dos cenários sem e com projeto. De forma simplificada, foi feito o seguinte cálculo, em termos anuais:

$$R_t = \Delta S_t + \Delta C_t \quad (32)$$

$$\Delta S_t = \Delta T_{fila\ t} * H_t \quad (33)$$

Onde:

R_t é a receita do projeto no ano t ,

ΔS_t é o ganho com redução de sobreestadia por melhoria de vazão com o projeto com relação ao cenário sem projeto no ano t ,

ΔC_t é o ganho com redução de outros custos com o projeto com relação ao cenário sem projeto no ano t ,

$\Delta T_{fila\ t}$ é a variação, no ano t , do total de horas de fila com o projeto em comparação com o cenário sem projeto, onde o tempo médio de fila é obtido a partir das fórmulas do Anexo 2, que são função do tempo médio de operação por navio e da taxa de ocupação de berço, que, por sua vez, depende da demanda total e da vazão de descarga, e

H_t é o *Hire* médio ponderado dos navios de derivados que operaram no terminal no ano t .

Já as receitas esperadas para a Escala 2 são dadas pelos ganhos da Escala 1 (ΔS e ΔC) mais os ganhos com a redução de sobreestadia devido a operações conflitantes no fundeio e no berço com a instalação de 3 novas bombas *Booster* (ΔO), somados ainda aos ganhos com redução de custos com degradações de produtos (ΔD), na comparação dos cenários sem e com projeto. De forma simplificada, foi feito o seguinte cálculo, em termos anuais:

$$R_t = \Delta S_t + \Delta C_t + \Delta O_t + \Delta D_t \quad (34)$$

Onde:

R_t , ΔS_t e ΔC_t têm a mesma definição da Escala 1,

ΔO_t é ganho com redução de sobreestadia por conflitos operacionais com o projeto com relação ao cenário sem projeto, estimado conforme o percentual histórico de horas de espera por este motivo, no ano t , e

ΔD_t é o ganho com redução de custos com degradações de produtos com o projeto com relação ao cenário sem projeto, também estimado em função do percentual histórico de volume de produtos degradados, no ano t .

Cabe observar que as vazões de carregamento não sofrem alteração com os novos braços, pois dependem das bombas do terminal.

Ainda como premissas, com base nas informações estimadas para o projeto, o valor presente do investimento da Escala 2 (I_2) é 2,35 vezes o valor presente do investimento da Escala 1 (I_1). Finalmente, as despesas já realizadas com os braços até o momento foram consideradas custo afundado e no fluxo de caixa já está incluída a recuperação de impostos.

Ambas as escalas se mostraram viáveis, apresentado os resultados da Tabela 9. Para decisão entre as duas escalas neste tipo de avaliação seria interessante que a empresa realizasse uma análise incremental entre as duas, ponderando também sua disponibilidade de capital.

Tabela 9 – Resultados da Avaliação Tradicional.

	Escala 1	Escala 2	a.a.
TIR	17%	12%	
$V(t=0) / I(t=0)$	1,49	1,05	

4.4.2

Definição das variáveis e processos estocásticos

Para incorporação das incertezas à análise do projeto foram escolhidas as duas principais variáveis em função das quais foram realizados os cálculos da avaliação tradicional: a demanda por movimentação de derivados claros no terminal e o *Hire* médio dos navios de derivados claros. As duas séries históricas foram obtidas de um sistema interno da subsidiária da empresa de petróleo e gás, com detalhamento mensal, no período de janeiro/2009 a dezembro/2017, e podem ser visualizadas nos gráficos 21 e 22.

A movimentação de derivados apresenta picos em determinados períodos do ano, tais como o mês de outubro para o óleo diesel em função da safra de *commodities* agrícolas brasileiras e os meses de janeiro, julho e dezembro para a gasolina devido às férias escolares. Em linha com a explicação de Marathe & Ryan (2005), foi utilizado o *software* EViews (modelo aditivo com médias móveis) para a retirada da sazonalidade da série da demanda.

No deflacionamento da série do *Hire* foi usada a série histórica mensal do IGP-DI (Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas como deflator para se obter os valores atuais da variável com base em dezembro de 2017.

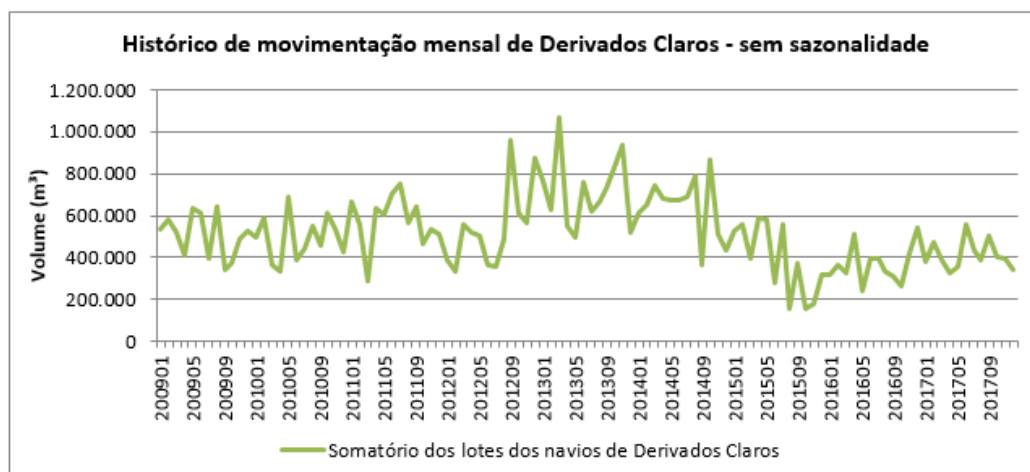


Gráfico 21 – Histórico de demanda mensal dessazonalizada de derivados do Terminal de São Sebastião.

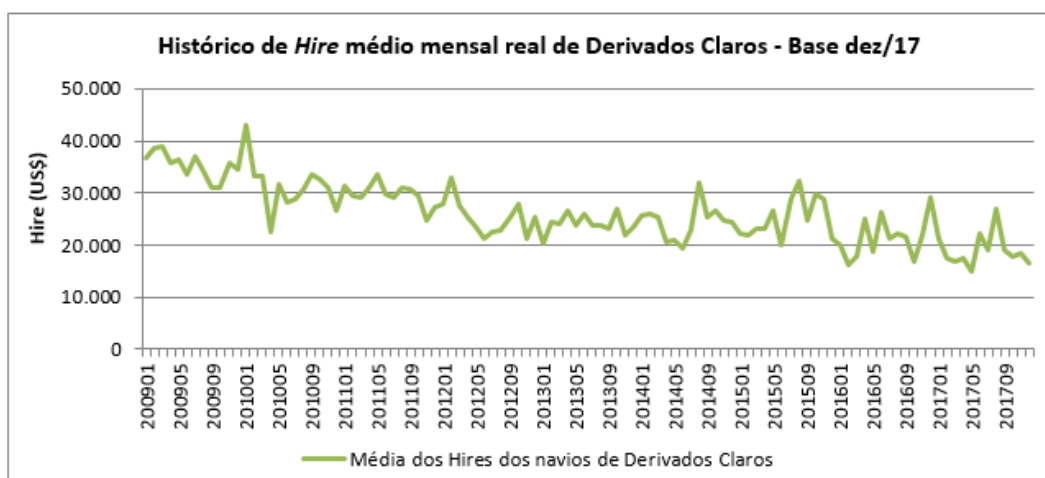


Gráfico 22 – Histórico de *Hire* médio mensal deflacionado dos navios de derivados do Terminal de São Sebastião.

Para definição do modelo estocástico para cada variável (demanda e *Hire*) foi realizado inicialmente o Teste da raiz unitária de Dickey-Fuller comparando-se a estatística t com os valores críticos para 100 observações ao nível de significância de 5%. Para as duas variáveis a hipótese do MGB foi rejeitada. No caso da demanda, foram obtidos os resultados: $a = 7,5590$, $b = 0,4225$ e $t = -7,9164$, e na série do *Hire*, os seguintes: $a = 2,8686$, $b = 0,7167$ e $t = -5,0112$, ou seja, para ambos os casos $b < 1$, indicando provável reversão à média. Para confirmar o MRM como o modelo estocástico adequado para as duas variáveis realizou-se também o Teste de razão de variância, cujos resultados, que mostram a queda de R_k com o aumento de k , podem ser vistos nos gráficos 23 e 24:

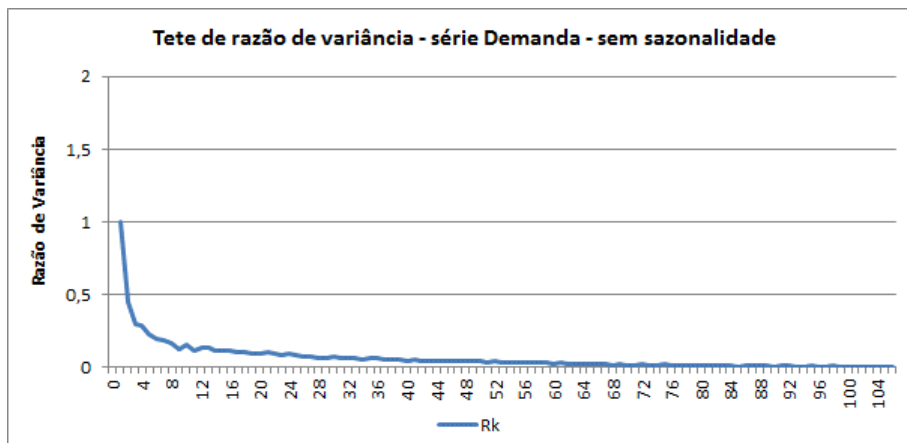


Gráfico 23 – Teste de razão de variância para os dados de demanda.

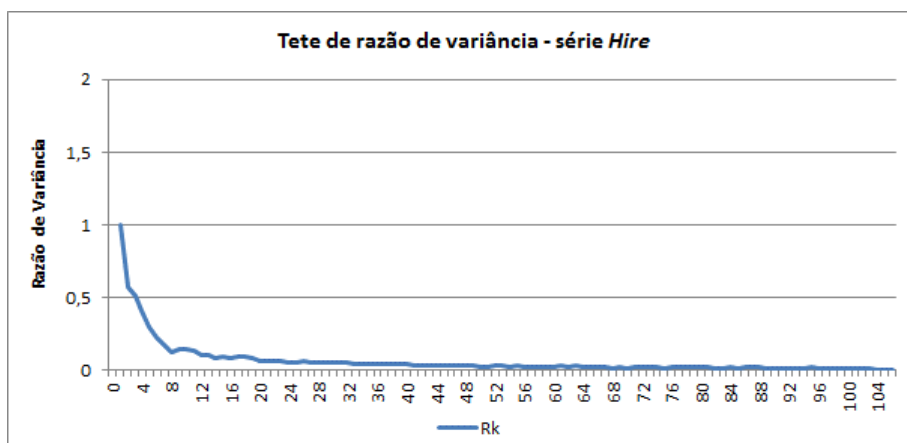


Gráfico 24 – Teste de razão de variância para os dados de *Hire*.

Os parâmetros para as duas variáveis foram calculados, portanto, considerando que ambas se adequam ao MRM e, para obtenção destes valores, foram utilizadas as equações de 10 a 16. Inicialmente, entretanto, os mesmos

mostraram-se muito altos, mas, pelas características das séries de dados é possível entender os resultados.

A demanda por movimentação no terminal não é uma demanda de mercado associada a oferta e preço. Ela tem relação com as cargas e produções das refinarias de São Paulo, sobretudo REPLAN e REVAP, com o mercado de derivados de São Paulo, com a necessidade de escoamento para outras regiões do país (cabotagem) e com decisões de importação e exportação de petróleo e derivados. Pelo histórico dos dados, a série sem sazonalidade parece se ajustar ao movimento de reversão à média, sendo que a demanda de equilíbrio se aproxima do valor considerado pela companhia como a capacidade teórica atual do terminal (560.000 m³/mês). A volatilidade muito alta reflete a realidade já que a movimentação é diretamente associada aos tempos, movimentos e lotes dos navios e acontece frequentemente de um navio "escorregar" para o mês seguinte, por exemplo, ou, por questões de mau tempo ou emanação de compostos voláteis, o terminal acabar operando de forma melhor ou pior em um mês ou outro.

O *Hire* médio é a média dos *Hires* dos navios de derivados que atracaram em cada mês, ou seja, não se trata de um histórico diário das cotações de *Hires spot* de alguns tipos de navios, rotas típicas ou determinados tipos de contrato. Apesar da queda observada nos valores dos fretes nos últimos anos, pela regressão também se constata que a série deflacionada de *Hires* segue um modelo de reversão à média, tendendo para um valor de referência internacional. A alta volatilidade observada pode ser explicada pela variabilidade dos navios atracados em cada mês, o que depende, novamente, das necessidades de escoamento ou internação de produtos em São Paulo.

Segundo Dias (2015), se a velocidade de reversão é muito alta, o termo estocástico fica muito menor que o termo de tendência e a variância decresce de forma que o valor da variável vai instantaneamente para o nível de equilíbrio e não mais se desvia dele. Dada a dificuldade enfrentada neste estudo em se trabalhar com a alta velocidade de reversão da demanda no cálculo das opções, decidiu-se por uma simplificação dos parâmetros desta variável, de modo a se apresentar um exemplo ilustrativo de um investimento com flexibilidade do terminal. Portanto, foram adotados parâmetros ajustados para a demanda mais próximos das previsões internas da empresa de óleo e gás e que também se

adequam melhor ao limite estipulado de horas de ocupação dos berços. Assim, os principais parâmetros obtidos para as duas variáveis são mostrados na Tabela 10:

Tabela 10 – Parâmetros do Movimento de Reversão à Média para as séries de demanda e *Hire*.

	Demanda	Hire	
$\sigma =$	16,42%	63,33%	a.a.
$\eta =$	0,20675	3,99684	

4.4.3

Cálculo das Opções de Espera e Escala em tempo contínuo (opção de espera perpétua)

Para o cálculo da opção de espera foi obtida, inicialmente, a volatilidade agregada do valor do projeto através do método MAD Modificado, empregando a simulação real das variáveis demanda e *Hire* no *software* @Risk no instante $t = 1$ (ano de 2019) e considerando a adequação de ambas ao MRM-OU. A correlação entre as duas variáveis foi calculada, resultando em 14,4%. A partir da simulação também foi possível obter a tendência agregada do valor do projeto, partindo-se do princípio de que o mesmo segue um MGB. Os parâmetros obtidos para as duas escalas, a partir do valor inicial do projeto obtido pela avaliação tradicional, estão nas figuras 17 e 18, em valores ao ano:

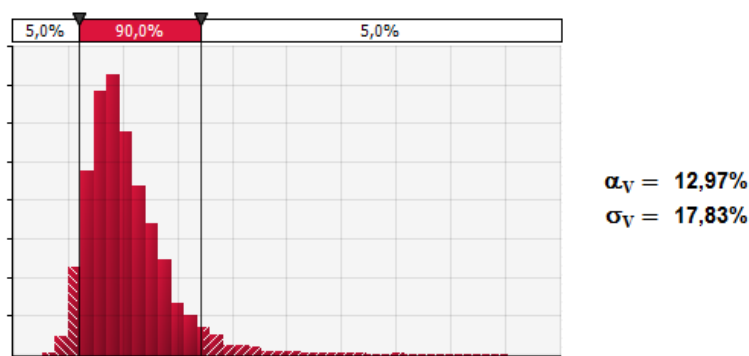


Figura 17 – Parâmetros agregados do MGB para o valor da Escala 1 pelo método MAD Modificado.

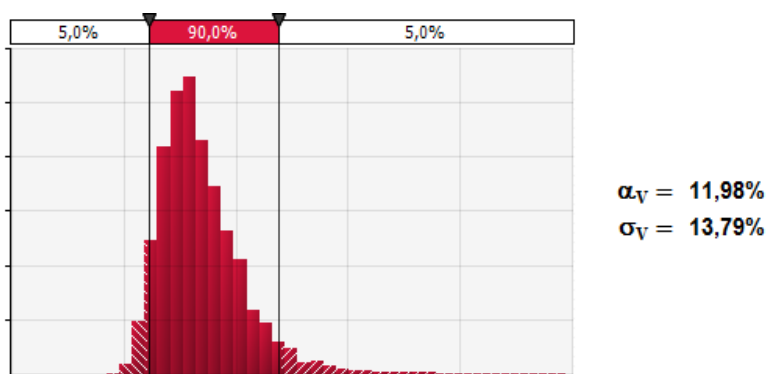


Figura 18 – Parâmetros agregados do MGB para o valor da Escala 2 pelo método MAD Modificado.

Como a fórmula da opção perpétua de espera é derivada do método dos ativos contingentes, que parte de um portfólio sem risco, foram utilizadas as premissas da Tabela 11 para o cálculo do seu valor para as duas escalas:

Tabela 11 – Premissas utilizadas para o cálculo da opção de espera.

	Escala 1:	Escala 2:	
$r =$	6,5%	6,5%	a.a.
$\delta_V =$	5,50%	5,28%	a.a.

Para estimativa da taxa livre de risco foi adotada como referência a taxa básica de juros nacional (Selic) vigente a partir de abril de 2018. A taxa de distribuição de fluxos de caixa foi obtida a partir do fluxo de caixa esperado para cada escala do projeto. Para tanto, calculou-se uma média do percentual de ganhos anuais (em valor presente) com relação ao valor inicial de cada escala.

Em seguida foi calculado o valor do gatilho para cada escala do projeto e chegou-se à função da opção de espera para cada caso. As curvas do valor da opção de espera ($F(V)$) e do valor de exercício imediato normalizadas pelo valor do investimento em função do valor do projeto, da mesma forma normalizado, podem ser visualizadas nos gráficos 25 e 26 para cada uma das duas escalas, onde V_1 é o valor presente da Escala 1 e V_2 é o valor presente da Escala 2.

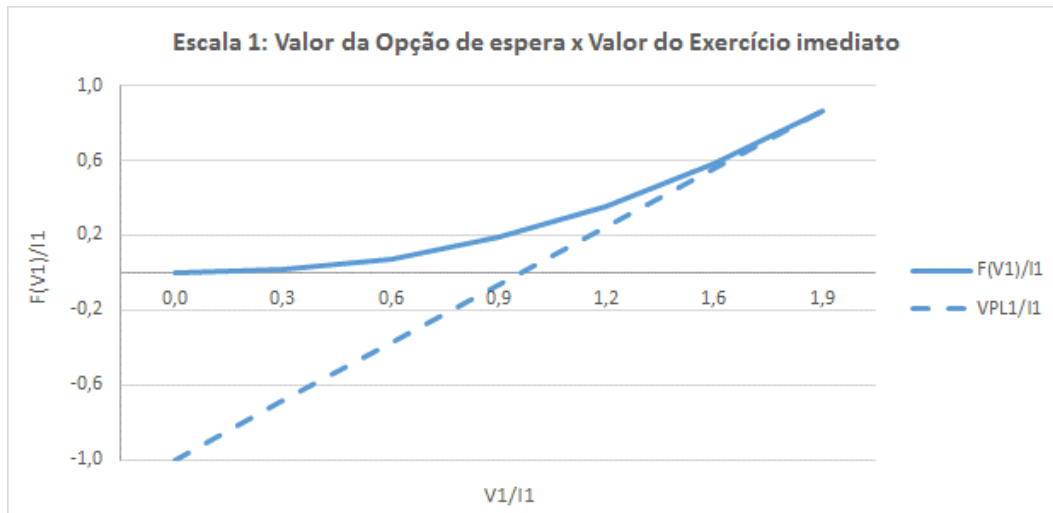


Gráfico 25 – Comparação do valor da opção de espera com o valor do exercício imediato para a Escala 1.

Com relação à Escala 1, o valor da opção de espera supera o VPL do projeto, dado o seu valor em $t = 0$, apresentando um prêmio líquido de espera de 7,7%. Para esta escala o gatilho é $V_1^* = 1,82 \times I_1$, maior do que $V_1 = 1,49 \times I_1$.

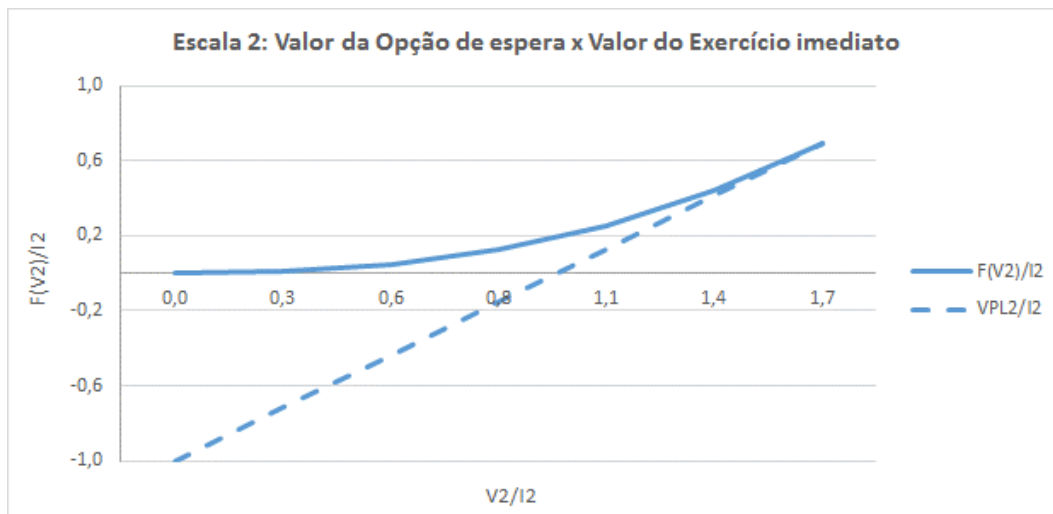


Gráfico 26 – Comparação do valor da opção de espera com o valor do exercício imediato para a Escala 2.

Com relação à Escala 2, o valor da opção de espera também supera o VPL do projeto, dado o seu valor em $t = 0$, mas desta vez significativamente, já que o prêmio líquido de espera para esta escala é de 299,0%. Neste caso, o gatilho é $V_2^* = 1,68 \times I_2$, maior do que $V_2 = 1,05 \times I_2$.

As curvas da opção de espera para as duas escalas também podem ser analisadas simultaneamente. Neste caso, porém, considera-se o valor máximo entre as duas curvas em comparação com o máximo VPL entre as duas escalas. O Gráfico 27 exhibe esta comparação em função do valor do projeto para a primeira escala normalizado pelo investimento, já que o valor da Escala 2 é múltiplo da Escala 1. Percebe-se, que, em se tratando opções perpétuas, não vale a pena investir na Escala 1 e apenas na Escala 2, se o seu valor for maior ou igual ao seu gatilho ($V_2 \geq 1,68 \times I_2$).

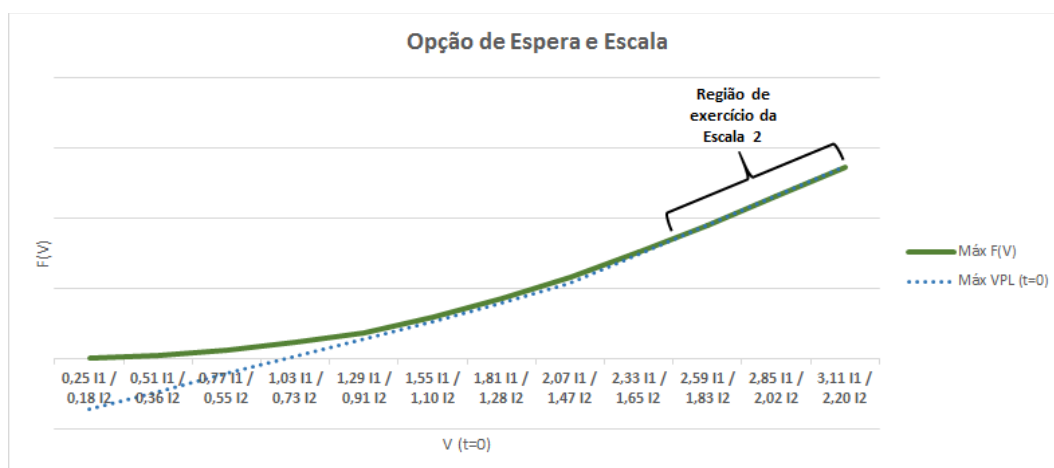


Gráfico 27 – Opção de Espera e Escala para as duas escalas.

4.4.4

Cálculo das Opções de Espera e Escala em tempo discreto (opção de espera com prazo de expiração)

Para o cálculo da opção de escala com expiração da opção de espera, foram desenhadas, inicialmente, as árvores binomiais com a aproximação da evolução do valor de cada escala do projeto em tempo discreto no *software* PrecisionTree. Os parâmetros obtidos para a construção destas árvores estão na Tabela 12:

Tabela 12 – Parâmetros utilizados nas árvores binomiais dos valores das escalas 1 e 2.

$\sigma =$	18%	a.a.
$u =$	1,19722	
$d =$	0,83527	
$r =$	6,5%	a.a.
$\delta =$	5,0%	a.a.
$q =$	0,49459	
$(1-q) =$	0,50541	
$\Delta t =$	1	ano

Para que fosse possível utilizar um único percentual para os fatores de subida e descida do valor do projeto com as opções, por simplificação, foi adotada a volatilidade da Escala 1, considerando-se que o valor da Escala 2 é um múltiplo do valor da Escala 1. Portanto, as árvores das duas escalas apresentaram a mesma configuração, que pode ser vista na Figura 19:

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1621871/CA

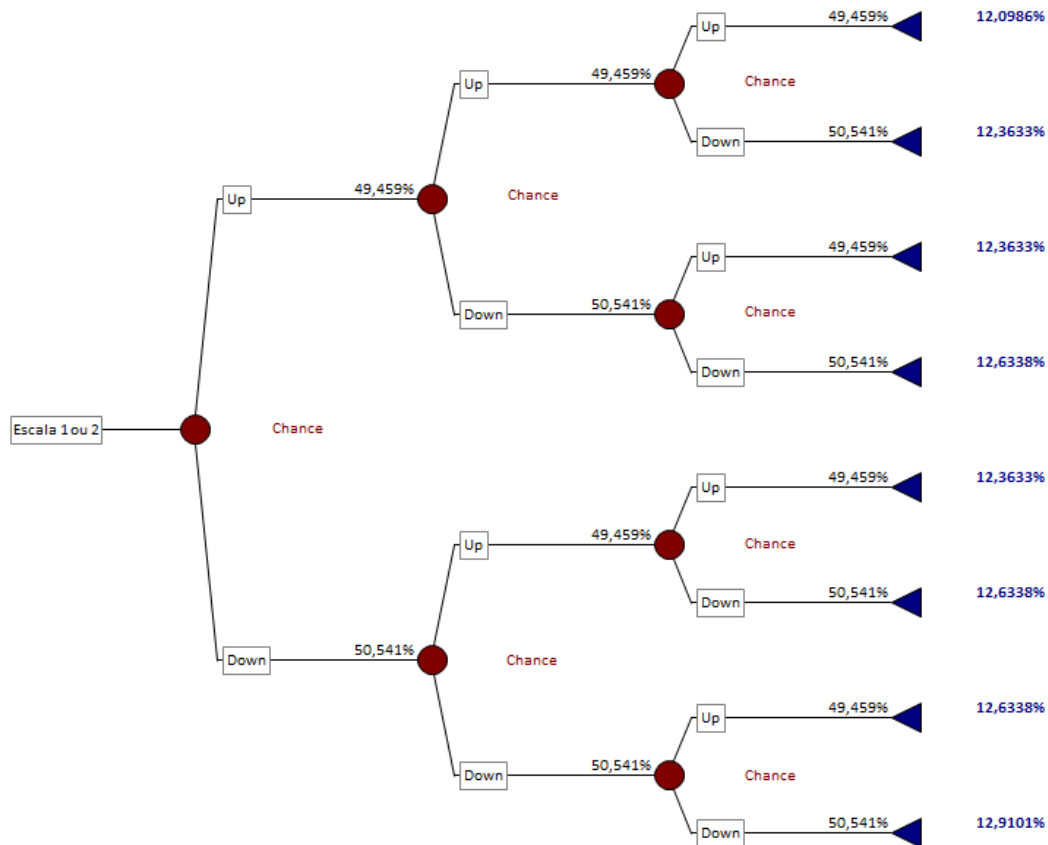


Figura 19 – Árvore Binomial para evolução do valor das escalas 1 e 2.

Prosseguiu-se então com a avaliação da opção de se poder escolher entre as duas escalas de investimento, sendo também possível adiar o investimento por até dois anos, ou seja, a opção de espera neste caso apresenta expiração em dois anos, prazo considerado compatível com as expectativas de recuperação da economia brasileira após a crise de 2015. Para tanto foi desenhada a árvore de decisão binomial exibida na Figura 20:

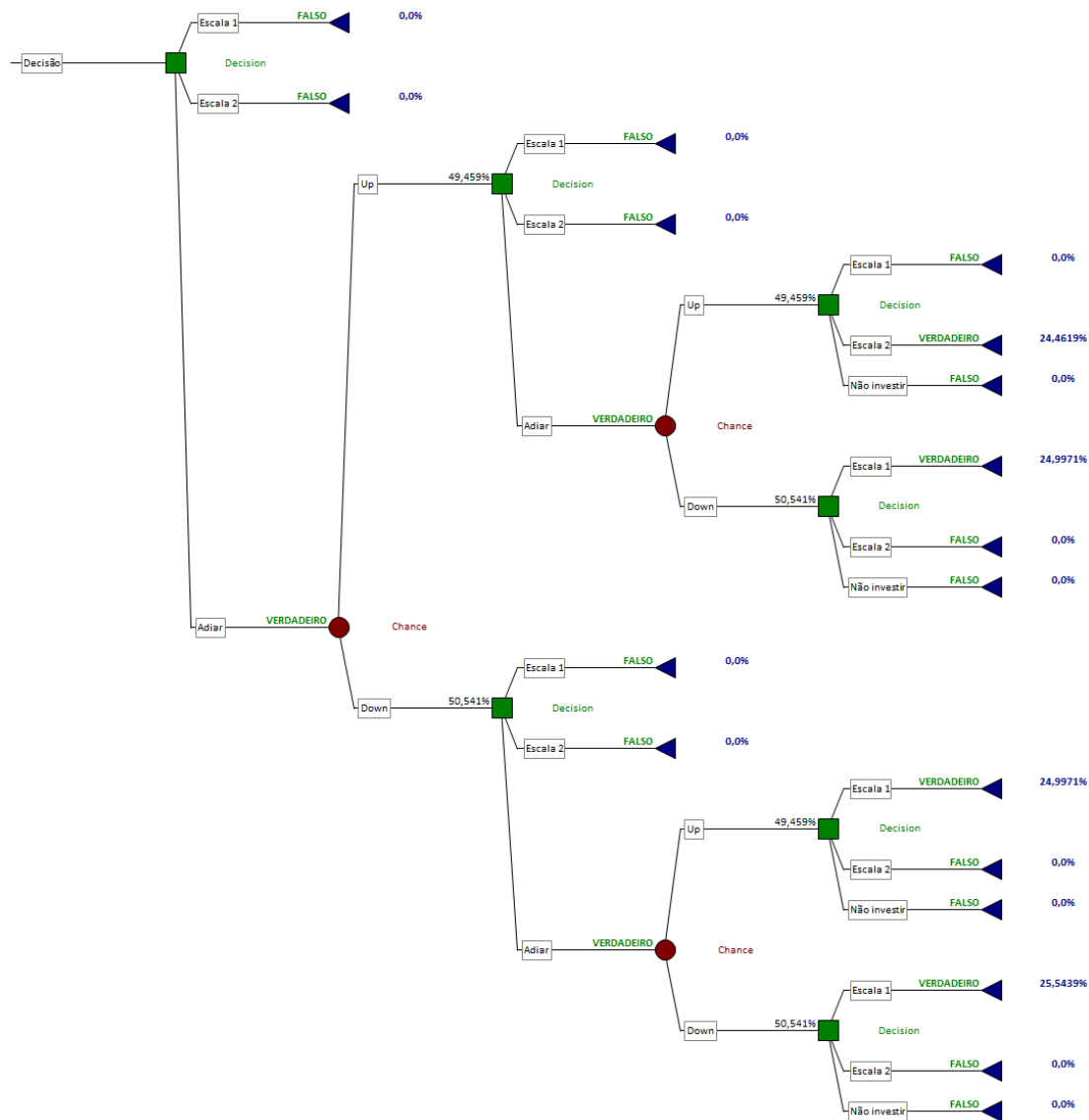


Figura 20 – Árvore de Decisão Binomial entre as opções de escala 1 e 2.

O projeto com as opções de escala e espera apresentou VPL 34% maior que o máximo VPL de exercício imediato entre as duas escalas (Escala 1, no caso), sendo este o prêmio líquido da opção combinada de escala e espera. Pela árvore, nota-se que, reforçando a ideia do Gráfico 27, quando existe a opção de adiar o

investimento, a Escala 2 passa a apresentar valores maiores que a Escala 1 já no segundo ano.

4.4.5

Análise de sensibilidade

Com o objetivo de aprofundar um pouco mais na avaliação das duas escalas do projeto, foram escolhidas três variáveis para a realização de sensibilidades nos resultados da avaliação tradicional e nas curvas da opção de espera perpétua (tempo contínuo) das duas escalas. São elas: o valor de investimento (I), que se trata do aspecto mais relevante para a tomada de decisão por parte da companhia de petróleo e gás, a volatilidade da demanda (σ) e a taxa de distribuição de fluxos de caixa (δ). Para tanto, foram considerados os seguintes cenários:

- Sensibilidade 1: variação de -30% no investimento de cada escala;
- Sensibilidade 2: variação de +50% no investimento de cada escala;
- Sensibilidade 3: variação de -10% no investimento da Escala 1 e +20% no investimento da Escala 2;
- Sensibilidade 4: variação de +50% no parâmetro de volatilidade da demanda;
- Sensibilidade 5: variação de -50% na taxa de distribuição de fluxos de caixa de cada escala.

Para investimentos 30% menores em cada escala observa-se, na avaliação tradicional, um aumento de 39% no VPL da Escala 1 e de 146% no VPL da Escala 2, mas ainda assim a Escala 1 tem maior VPL. Neste cenário, considerando as duas escalas simultaneamente e a possibilidade de esperar para investir, passam a existir dois conjuntos desconectados de exercício, sendo o gatilho da Escala 1 (V_1^*) igual a $1,82 \times I_1$ e o da Escala 2 (V_2^*) igual a $1,66 \times I_2$. O Gráfico 28 mostra que, para valores da Escala 1 acima do gatilho da Escala 1 ($1,82 \times I_1 \leq V_1 < 1,94 \times I_1$) vale a pena investir na Escala 1; para valores da Escala 1 um pouco maiores ($1,94 \times I_1 \leq V_1 < 2,37 \times I_1$, o que equivale a $1,36 \times I_2 \leq V_2 < 1,66 \times I_2$), vale a pena esperar para investir na Escala 2; e para valores ainda maiores da Escala 1, que resultam em valores também maiores para a Escala 2 ($V_2 \geq 1,66 \times I_2$), vale a pena investir na Escala 2.

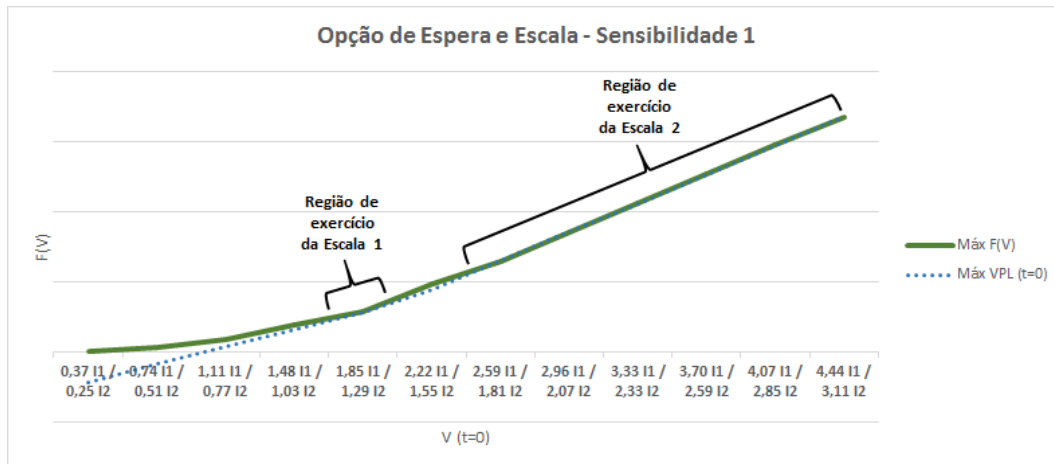


Gráfico 28 – Opção de Espera e Escala com -30% no investimento de cada escala.

No caso de investimentos 50% maiores em cada escala, apenas a Escala 1 ainda se mostra viável na avaliação tradicional, apresentando, porém, um VPL 65% menor que o do cenário base. Considerando-se as opções existentes, entretanto, volta-se a uma configuração semelhante à do caso base, em que não vale a pena investir na Escala 1 para nenhum valor de V_1 e na Escala 2 apenas a partir do seu gatilho, que, neste caso, é 54% maior. Aqui, normalizando-se pelo novo investimento na segunda escala, este momento só ocorreria em $V_2 \geq 1,72 \times I_2$, já que $V_2^* = 1,72 \times I_2$, ponto que ultrapassa o intervalo mostrado no Gráfico 29:

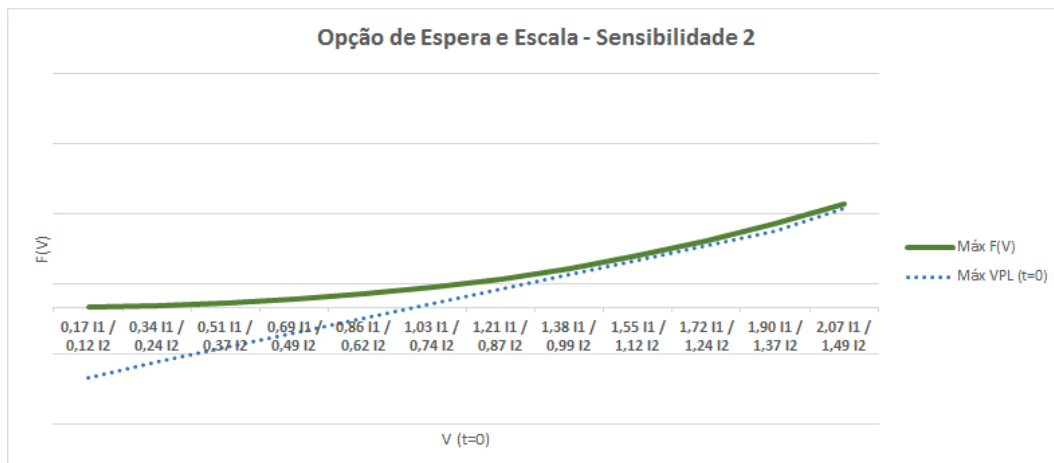


Gráfico 29 – Opção de Espera e Escala com +50% no investimento de cada escala.

Com uma variação de 10% para menos no investimento na Escala 1 e 20% para mais no investimento na Escala 2, o VPL da Escala 1 cresce 13% na avaliação tradicional, enquanto o VPL da Escala 2 cai 97%, mas ainda assim resultando em viabilidade para esta escala. Nesta situação, quando consideradas as

opções existentes, os gatilhos encontrados são: para a Escala 1, $V_1^* = 1,82 \times I_1$, e para a Escala 2, $V_2^* = 1,70 \times I_2$. O Gráfico 30 mostra que vale a pena investir na Escala 1 a partir do seu gatilho em uma faixa significativa de valores ($1,82 \times I_1 \leq V_1 < 2,93 \times I_1$), passando-se por um curto intervalo em que vale a pena esperar pela Escala 2 ($2,93 \times I_1 \leq V_1 < 3,08 \times I_1$ ou $1,61 \times I_2 \leq V_2 < 1,70 \times I_2$) até que o investimento na Escala 2 se torna mais atrativo ($V_2 \geq 1,70 \times I_2$).

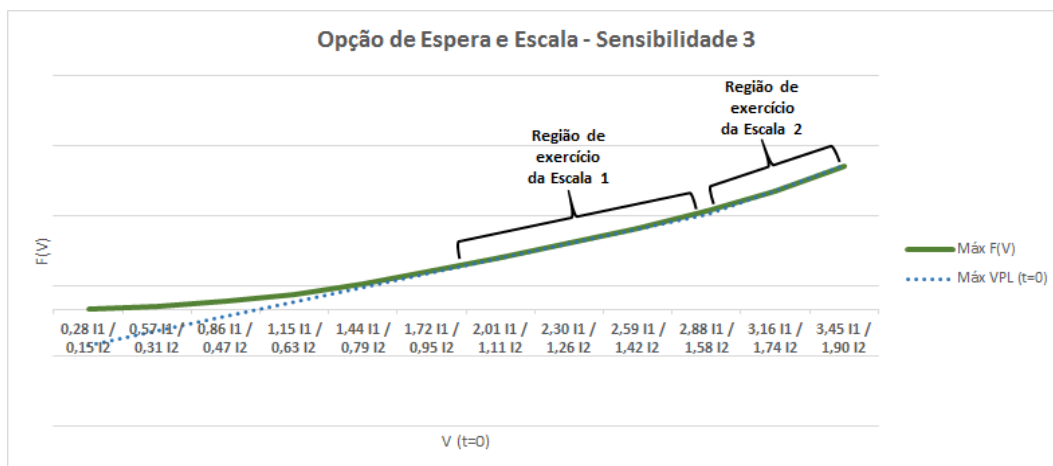


Gráfico 30 – Opção de Espera e Escala com -10% no investimento da Escala 1 e +20% no investimento da Escala 2.

Quanto à volatilidade da demanda, quando aumentado o seu valor em 50% (de 16,42% para 32,84%), observa-se um crescimento de 741% no prêmio líquido de espera da Escala 1 e de 389% no prêmio líquido de espera da Escala 2. Estes valores, demasiadamente altos, confirmam a força do impacto deste parâmetro nos resultados, esclarecendo a impossibilidade de se trabalhar com os resultados originais obtidos para a série da demanda e evidenciando a atenção que deve ser dada pela empresa às suas previsões de mercado.

Com relação à taxa de distribuição de fluxos de caixa, aplicando-se uma variação de 50% para menos nos parâmetros de cada escala, obtém-se um aumento de 532% no prêmio líquido de espera da Escala 1 e 126% no prêmio líquido de espera da Escala 2. Por estes resultados, percebe-se que a avaliação do projeto também é altamente sensível aos fluxos de caixa esperados e, novamente, maior é impacto na Escala 1.

4.5

Discussão dos resultados

Este estudo de caso teve como parte central dois principais momentos: a seleção do investimento, que contou com uma triagem de nove projetos pré-selecionados a partir de uma análise estatística dos dados históricos do Terminal de São Sebastião associada a sugestões de especialistas, e a avaliação do investimento, que se iniciou com uma análise tradicional e em seguida incorporou opções reais (de espera e de escala) através dos processos estocásticos das variáveis demanda e *Hire*.

Na análise quantitativa para a seleção do investimento pôde-se observar um maior destaque para a sobreestadia dos navios de derivados claros em comparação com os navios de petróleo, tanto no tempo ocupando berço ao longo dos últimos anos quanto aguardando em fila sobretudo no ano de 2017. Apesar do menor número de escalas de navios de derivados e do menor *Hire* médio, a maior sobreestadia média destes navios faz com que seu custo médio de excesso de estadia se equipare ao dos navios de petróleo no último ano do histórico de dados (2017).

Das conversas com especialistas também foi possível extrair informações importantes, entre elas a de que a superestrutura do Píer Sul, onde atracam exclusivamente navios de petróleo, encontra-se em condições bastante superiores às do Píer Norte (aspecto, inclusive, confirmado na visita técnica realizada ao terminal). Além disso, em 2017, houve um aumento do lote médio dos navios de petróleo, ação que rapidamente mostrou bons resultados. Já com relação ao sistema de derivados, o mesmo sofreu com o cancelamento de projetos que estavam em carteira nos últimos anos, entre eles projetos que podem voltar a ser priorizados, dependendo da conjuntura econômica.

Juntando as informações coletadas, foi possível aprofundar nas características de nove projetos, acrescentando também um olhar nas opções reais que os mesmos poderiam proporcionar. Para ponderar tanto os critérios qualitativos quanto quantitativos, adotou-se um critério de pontuação, que classificou os projetos de tal modo que foram selecionados para avaliação dois investimentos que, principalmente: (i) apresentavam forte relação com o sistema de derivados claros; (ii) possuíam escopos complementares de tal forma que

podiam ser considerados um único projeto com duas escalas, o que foi interessante para a avaliação sob abordagem de opções reais; e (iii) que, juntos, atendiam à opinião dos especialistas, sendo também adequados para a ilustração desejada nesta dissertação, além de indicados para solucionar algumas das principais causas de sobreestadia, entre elas, a própria performance do terminal, que é um problema estrutural, e as restrições de linha ou bomba, que frequentemente estão associadas aos eventos apontados de sobreestadia.

Prosseguindo para a avaliação do investimento, foi realizada, inicialmente, uma análise tradicional das duas escalas, que resultou em viabilidade para ambas, com maior VPL apresentado pela Escala 1. Desta forma, sem a consideração da aleatoriedade existente nas previsões, os executivos da empresa provavelmente decidiriam pelo investimento imediato na primeira escala, solicitando uma reavaliação da segunda escala em algum instante futuro.

Para incorporar os processos estocásticos foram escolhidas as duas principais variáveis em função das quais foram realizadas as estimativas de ganhos (custos evitados): a demanda mensal por movimentação de derivados no terminal e o *Hire* médio mensal dos navios de derivados com operação no local, ambas modeladas pelo movimento de reversão à média.

Quando considerada a opção perpétua de espera, percebe-se que há valor na espera para investir nas duas escalas. Além disso, ao analisá-las simultaneamente e considerando o máximo valor de espera entre as duas, descobre-se que pode não valer a pena investir na Escala 1, mesmo se o seu valor for igual ao seu gatilho, pois o valor da espera pela Escala 2 pode ser mais valioso.

Na avaliação da opção de escala por meio de uma árvore de decisão binomial (tempo discreto), que também considera a opção de espera, porém com prazo de expiração em até dois anos, confirma-se que há valor na inclusão das duas opções combinadas na análise do projeto, sendo provável que a partir do segundo ano a Escala 2 comece a apresentar valores maiores que a Escala 1.

Para valores menores dos investimentos nas duas escalas, como mostra a Sensibilidade 1, a Escala 1 ainda apresenta maior VPL que a Escala 2. Já na análise com as opções reais existentes, é possível haver uma zona de valores em que passa a valer a pena o exercício imediato da Escala 1.

Para valores maiores de investimento na avaliação tradicional, a Escala 2 se torna inviável ($VPL < 0$) a partir de um aumento de 20,54% no valor do

investimento e a Escala 1 a partir de um aumento de 77,25%, o que sugere ser a Escala 1 um projeto com maior rentabilidade. Considerando as opções, novamente o valor da espera pela Escala 2 supera o valor de investir na Escala 1, sendo o gatilho do investimento na Escala 2, neste caso, 54% maior que o do cenário base.

Alterações diferentes nos valores dos investimentos nos projetos também podem vir a ocorrer. Uma redução no investimento na Escala 1 e um aumento no investimento na Escala 2 podem resultar em viabilidade apenas para a primeira escala na avaliação tradicional. Com as opções, dependendo dos valores de redução e aumento, aqui também pode ser vista uma faixa maior de valores em que é recomendado o exercício imediato da Escala 1.

Quando variados os parâmetros σ (volatilidade da demanda) e δ (taxa de distribuição de fluxos de caixa de cada escala), percebe-se que ambos impactam significativamente os valores de espera perpétua pelas duas escalas, de modo que uma correta estimação dos parâmetros é relevante para a análise dos investimentos em questão.

5

Conclusões

Este trabalho, a partir de uma revisão de literatura e através de um estudo de caso em um terminal aquaviário de petróleo e derivados, propõe um *framework* para seleção e avaliação de investimentos neste tipo de unidade, partindo das principais restrições que geram custos de sobreestadia à operação. Em linha com as referências encontradas, pôde-se observar importantes questões durante a aplicação da metodologia sugerida: (i) a relação entre a ocupação dos berços do terminal analisado e o tempo médio de filas, (ii) a possibilidade de melhorar a produtividade do terminal através de outras causas básicas de alta ocupação e não por meio da construção de novos berços, (iii) a gama de incertezas envolvidas no planejamento portuário e a dificuldade de traduzi-las em opções reais, (iv) a importância de uma correta definição dos processos estocásticos das variáveis com aleatoriedade e (v) a importância do encadeamento das ideias para o desenvolvimento de um estudo de caso.

Para a empresa de óleo e gás, fica como principal legado o passo a passo de uma nova metodologia de avaliação de projetos com base em Opções Reais, que pode ser utilizada em outras avaliações, além da indicação de duas escalas de projeto para melhoria do sistema de derivados do terminal, que devem ser estudadas futuramente.

Voltando às perguntas de pesquisa, sobre como a empresa de petróleo e gás deve avaliar seus investimentos em terminais aquaviários considerando as múltiplas variáveis envolvidas, verifica-se que é de grande importância a adoção pela mesma de um enfoque de flexibilidade em suas avaliações de investimento relativas a terminais aquaviários, de modo a se preparar para possíveis necessidades de mudança, ampliando a vida econômica de seus projetos.

Com relação à necessidade de considerar as flexibilidades gerenciais, tais como a opção de espera ou a opção de escala, pode-se perceber que algumas flexibilidades, mesmo aparentemente simples como estas, melhoram significativamente os valores dos projetos. As análises de sensibilidade e de risco da forma tradicional como são feitas atualmente pela empresa agregam valor à

tomada de decisão, mas a avaliação pode ser enriquecida com a quantificação das opções reais existentes.

A respeito da viabilidade do projeto selecionado, as duas escalas selecionadas para análise mostraram-se viáveis na avaliação tradicional. Entretanto, dados os processos estocásticos da demanda e do *Hire*, quando consideradas as opções de espera e escala simultaneamente, tanto em tempo contínuo quanto em tempo discreto, a indicação é pela espera para a realização do investimento, sendo recomendada a Escala 2 se o seu valor presente for superior ao seu gatilho.

Sobre os outros investimentos que devem ser priorizados, foram identificados os projetos de construção do 3º píer de São Sebastião e de ampliação do polduto OSPLAN 24”, o terceiro e o quarto investimentos mais bem pontuados no processo de triagem. E o melhor momento para implementá-los depende, no mínimo, da avaliação de suas opções perpétuas de espera, considerando os processos estocásticos de suas principais variáveis.

Com relação aos principais pontos positivos observados com a utilização da Teoria de Opções Reais na avaliação do projeto analisado, foram observados: a maior quantidade de informações disponíveis para a tomada de decisão, a maior facilidade de se comparar as duas escalas e a possibilidade de se quantificar ganhos não observados na avaliação tradicional com o fluxo de caixa descontado.

5.1

Recomendações para trabalhos futuros

Diante das dificuldades enfrentadas ao longo do desenvolvimento desta dissertação, alguns pontos de melhoria puderam ser observados. Uma abordagem alternativa poderia envolver a modelagem direta da variável “tempo entre chegadas de navios”, através de simulação, por exemplo, em vez da demanda tratada sob o aspecto do volume movimentado. Nesta linha, sugere-se também a utilização de variáveis com parâmetros das séries históricas mais típicos, o que melhora a estimação dos mesmos, de forma a se aproximarem mais da realidade.

Para os fins deste trabalho, considerou-se suficiente a realização de sensibilidades com os valores dos investimentos nas duas escalas e com os parâmetros σ e δ . Em outros estudos também pode ser interessante avaliar

variações na curva de desembolso do investimento e em outros parâmetros, tal como r , individualmente ou associado com δ , por exemplo. Outra recomendação seria a avaliação de mais opções reais dos projetos, preferencialmente do tipo “*in*” ou de forma composta.

No caso aqui estudado, foi considerada a opção de escala para a avaliação dos dois projetos mais bem pontuados na triagem realizada, já que ambos foram considerados mutuamente exclusivos. Um outro tratamento admissível seria considerar os projetos como sequenciais, ou seja, analisar a Escala 1 com possibilidade de expansão para a Escala 2.

Na avaliação em tempo discreto realizada pelo método da árvore de decisão binomial foi adotada a volatilidade da Escala 1 para se chegar a uma única probabilidade de subida e descida do valor do projeto. Para futuras análises sugere-se a utilização das volatilidades calculadas para cada escala, o que torna a construção da árvore mais realista, apesar de mais complexa.

Buscando-se ampliar o referencial teórico do trabalho e dado o foco da primeira etapa do *framework* proposto na identificação dos gargalos do terminal, recomenda-se uma associação da Teoria das Restrições com a Teoria de Opções Reais. Para o caso de modelagem das restrições operacionais encontradas, um método de resolução alternativo para a maximização do retorno dos investimentos seria a programação dinâmica.

Por fim, uma última sugestão é o uso de sistemas de *blockchain* para registro do histórico e dados e também dos passos seguidos na metodologia proposta, o que aumenta a transparência e o controle do processo, além de reduzir custos burocráticos.

5.2

Recomendações de aplicações práticas

Dado que a companhia de petróleo e gás possui atualmente sua própria “Sistemática de Avaliação de Projetos de Investimento”, recomenda-se que a mesma procure oferecer treinamentos internos em avaliações de investimentos com Opções Reais, para que seus colaboradores envolvidos com análises de viabilidade técnico-econômica de projetos possam se familiarizar com esta abordagem alternativa.

Na Diretoria de Refino e Gás Natural, que engloba as operações dos terminais aquaviários, o *framework* proposto por este trabalho pode ser um instrumento útil para exemplificação de um processo completo de avaliação de investimentos com incertezas e flexibilidades gerenciais, iniciando pela identificação da melhor alternativa de projeto a ser implantado. Pretende-se que a metodologia aqui sugerida seja divulgada internamente e contribua para a continuidade das análises de opções reais pela empresa.

Referências bibliográficas

ANTAQ, **Anuário Estatístico Aquaviário**. Agência Nacional de Transporte Terrestre, 2015. Disponível em <http://web.antaq.gov.br/Anuario>. Acessado em 21/10/2017.

_____, **Anuário Estatístico Aquaviário**. Agência Nacional de Transporte Terrestre, 2017. Disponível em <http://web.antaq.gov.br/Anuario>. Acessado em 04/11/2017.

ALMEIDA, A.L.; LOPEZ, I.F.; DIAS, M.A.G. **Oil rig fleet dimensioning: a strategic decision using real options**. 2009. Disponível em <http://realoptions.org>. Acessado em 08/03/2018.

BNDES, **Dimensionamento do potencial de investimentos para o setor portuário**. Banco Nacional de Desenvolvimento, 2006. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>. Acessado em 21/10/2017.

BARROS, V.H.; COSTA, T.S.; OLIVEIRA, A.C.M.; LORENA, L.A.N. **Model and heuristic for berth allocation in tidal bulk ports with stock level constraints**. *Computers & Industrial Engineering*, 2011, 60, 4, 606-613.

BASTIAN-PINTO, C.L. **Modelagem de Opções Reais com Processos de Reversão à Média em Tempo Discreto: Uma Aplicação na Indústria Brasileira de Etanol**. (D.Sc.). Tese – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BASTIAN-PINTO, C.L.; BRANDÃO, L.E.T.; OZORIO, L.M. **The Choice of Mean Reversion Stochastic Process for Real Option Valuation**. 2016. Disponível em <http://realoptions.org>. Acessado em 16/07/2018.

BRANDÃO, L.E.T.; DYER, J.S.; HAHN, W.J. **Using Binomial Decision Trees to Solve Real-Option Valuation Problems**. *Decision Analysis*, 2005, 2, 2, 69-88.

BREALEY, R.A.; MYERS, S.C.; ALLEN, F. **Princípios de Finanças Corporativas**. 8ª edição. São Paulo: McGraw-Hill Interamericana do Brasil, 2008.

CIMPEANU, R.; DEVINE, M.T.; O'BRIEN, C. **A simulation model for the management and expansion of extended port terminal operations**. *Transportation Research Part E*, 2017, 98, 105-131.

CNT, **Pesquisa CNT do Transporte Aquaviário**. Confederação Nacional do Transporte, 2013. Disponível em <http://www.cnt.org.br/Pesquisa/pesquisa-transporte-aquaviario-cabotagem-2013>. Acessado em 28/10/2017.

_____, **Anuário CNT do Transporte**. Confederação Nacional do Transporte, 2017. Disponível em <http://anuariodotransporte.cnt.org.br>. Acessado em 28/10/2017.

COSTA, L.A.; SAMANEZ, C.P. **Análise de projetos de investimento no setor petroquímico através da teoria de opções reais.** *Interciência*, 2014, 39, 2, 85-90.

DIAS, M.A.G. **The Timing of investment in E&P: uncertainty, irreversibility, learning, and strategic consideration.** *Society of Petroleum Engineers*, 1997.

DIAS, M.A.G. **Análise de Investimentos com Opções Reais. Teoria e Prática com Aplicações em Petróleo e Outros Setores.** Volume 1. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

DIAS, M.A.G. **Análise de Investimentos com Opções Reais. Teoria e Prática com Aplicações em Petróleo e Outros Setores.** Volume 2. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

DIAS, M.A.G. **Real options in petroleum.** 2008. Disponível em <http://www.puc-rio.br/marco.ind>. Acessado em 04/11/2017.

DIAS, M.A.G. **Análise de Investimentos com Opções Reais - Parte V: Simulação de Monte Carlo e Uso em Derivativos e Opções Reais.** 2017. Notas de aula.

DIAS, M.A.G.; ROCHA, K.; TEIXEIRA, J.P. **The Optimal Investment Scale and Timing: A Real Option Approach to Oilfield Development.** 2003. Disponível em <http://citeseerx.ist.psu.edu>. Acessado em 10/03/2018.

DIKOS, G. **Real options econometrics for aggregate tanker investment decisions.** *International Journal of Ocean Systems Management*, 2008, 1, 1, 31-44.

FONSECA, D.A.D. **Avaliação de Projetos de Investimento com Opções Reais: Cálculo de Valor de Opção de Espera de uma Unidade Separadora de Propeno (M.Sc.)** Dissertação – Escola de Pós-Graduação em Economia da Fundação Getúlio Vargas, 2008.

FONSECA, M.N.; PAMPLONA, E.O.; JUNIOR, P.R.; VALÉRIO, V.E.M. **Análise de viabilidade do desenvolvimento de um campo de petróleo: Uma abordagem por opções reais no contrato de partilha de produção.** *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 2017, 19, 66, 574-593.

HA, M-H.; YANG, Z. **Comparative analysis of port performance indicators: independency and interdependency.** *Transportation Research Part A*, 2017, 103, 264-278.

HA, M-H.; YANG, Z.; NOTTEBOOM, T.; NG, A.K.Y.; HEO, M-W. **Revisiting port performance measurement: a hybrid multi-stakeholder framework for the modelling of port performance indicators.** *Transportation Research Part E*, 2017, 103, 1-16.

HERDER, P.M.; JOODE, J.; LIGTVOET, A.; SCHENK, S.; TANEJA, P. **Buying real options - Valuing uncertainty in infrastructure planning.** *Futures*, 2011, 43, 961-969.

IPEA, **Portos Brasileiros: Diagnóstico, Políticas e Perspectivas.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2010. Disponível em <http://www.ipea.gov.br>. Acessado em 21/10/2017.

LAGOUDIS, I.N.; RICE JR., J.B.; SALMINEN, J.B. **Port Investment Strategies under Uncertainty: The Case of a Southeast Asian Multipurpose Port.** *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 2014, 30, 3, 299-319.

LI, J.; KARIMI, I.A.; SRINIVASAN, R. **Recipe determination and scheduling of gasoline blending operations.** *American Institute of Chemical Engineers Journal*, 2010, 56, 2.

LIN, J.; WECK, O.; NEUFVILLE, R.; ROBINSON, B.; MACGOWAN, D. **Designing Capital-Intensive Systems with Architectural and Operational Flexibility Using a Screening Model.** *Complex Part II*, 2009, 1935-1946.

MARATHE, R.R.; RYAN, S.M. **On the Validity of the Geometric Brownian Motion Assumption.** 2005. Disponível em <http://www.public.iastate.edu>. Acessado em 25/05/2018.

MINARDI, A.M.A.F. **Teoria de Opções aplicada a projetos de investimento.** São Paulo: Atlas S.A., 2004.

MONIE, G. **Measuring and evaluating port performance and productivity.** UNCTAD Monographs on Port Management, 1987, Monograph 6. Disponível em <http://unctad.org>. Acessado em 21/10/2017.

MOURA, A.L.; SANTOS, B.M.F.; ANDRADE, E.P.; MELLO, J.C.C.B.S. **Modelagem para avaliação de eficiência de terminais aquaviários de transferência e estocagem de petróleo.** *Relatórios de pesquisa em Engenharia de Produção*, 2014, 14, 11-22.

NEUFVILLE, R.; SCHOLTES, S.; WANG, T. **Real options by spreadsheet: Parking garage case example.** *Journal of Infrastructure Systems*, 2006, 12, 3, 107-111.

NOVAES, A.G.N.; SCHOLZ-REITER, B.; SILVA, V.M.D.; ROSA, H. **Long-term planning of a container terminal under demand uncertainty and economies of scale.** *Brazilian Operations Research Society*, 2012, 32, 1, 55-85.

_____, **Evolução do IGP-ID pela FGV.** Portal de Finanças, 2018. Disponível em <http://www.portaldefinancas.com>. Acessado em 03/05/2018.

RIBEIRO, G.M.; MAURI, G.R.; BELUCO, S.C.; LORENA, L.A.N.; LAPORTE, G. **Berth allocation in an ore terminal with demurrage, despatch and maintenance.** *Computers & Industrial Engineering*, 2016, 96, 8-15.

SALMINEN, J.B. **Measuring the Capacity of a Port System: A Case Study on a Southeast Asian Port.** (M.Sc.) Thesis – Massachusetts Institute of Technology, 2013.

_____, **Movimentação Portuária.** Secretaria Nacional de Portos do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, 2017. Disponível em <https://webportos.labtrans.ufsc.br/Brasil/Movimentacao>. Acessado em 28/10/2017.

SINGH, G.; SIER, D.; ERNST, A.T.; GAVRILIOUK, O.; OYSTON, R.; GILES, T.; WELGAMA, P. **A mixed integer programming model for long term capacity expansion planning: a case study from The Hunter Valley Coal Chain.** *European Journal of Operational Research*, 2012, 220, 210-224.

SMITH, J.E.; MCCARDLE, K.F. **Options in the real world: Lessons learned in evaluating oil and gas investments.** *Operations Research*, 1999, 47, 1, 1-15.

SRIKANTH, S.A.; NARASIMHAN, S.; NARASIMHAN, S. **Optimization of pipeline unloading operations in an LPG terminal.** 21st European Symposium on Computer Aided Process Engineering, 2011. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate>. Acessado em 21/10/2017.

STEVEN, A.B.; CORSI, T.M. **Choosing a port: an analysis of containerized imports into the US.** *Transportation Research Part E*, 2012, 48, 881-895.

TANEJA, P.; LIGTERINGEN, H.; SCHUYLENBURG, M. **Dealing with uncertainty in design of port infrastructure systems.** *Journal of Design Research*, 2010, 8, 2, 101-118.

TANEJA, P.; LIGTERINGEN, H.; WALKER, W.E. **Flexibility in port planning and design.** *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2012, 12, 1, 66-87.

TANEJA, P.; WALKER, W.E.; LIGTERINGEN, H.; SCHUYLENBURG, M. **Adaptive port planning using real options.** *International Journal of Engineering Management and Economics*, 2011, 2, 4, 313-334.

TONGZON, J.L. **Determinants of port performance and efficiency.** *Transportation Research Part A*, 1995, 29, 3, 245-252.

TRENCHARD, A.J.; BULL, V.; KING, M.J. **Port study solves refinery shipping bottleneck.** *Oil & Gas Journal*, 1991, 1-7.

WANKE, P. **Ship-berth link and demurrage costs: evaluating different allocation policies and queue priorities via simulation.** *Brazilian Operations Research Society*, 2011, 31, 1, 113-134.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.

7

Apêndices

7.1

Apêndice 1: Definição das restrições do Terminal de São Sebastião

Alinhamento (navio ou terminal ou terceiros): problemas no alinhamento do navio no berço, seja por restrições de alcance dos braços ou mangotes do terminal ou por restrições do próprio navio;

Ausência de sistema de coleta de vapores: sem este sistema, algumas operações, principalmente descarga de petróleo e carregamento de gasolina, são constantemente interrompidas devido à emissão de composto voláteis na atmosfera;

Laboratório ou pessoal do terminal ou da Inspetora: restrição de pessoal ou no laboratório para realização de análises dos produtos ou no píer para atendimento ao navio, sejam equipes do terminal ou de alguma inspetora contratada;

Linha (incluindo OSPLAN 24”) ou bomba: compartilhamento de linhas ou bombas do terminal entre diferentes produtos;

Manobras / praticagem: problemas com manobras ou atrasos de práticos;

Mau tempo: condições de vento e maré que inviabilizam as manobras do terminal;

Outros: -

Píer: restrição no número de píeres do terminal, que leva a altas taxas de ocupação dos berços;

Problemas em equipamentos ou instalações (navio ou terminal): -

Processos burocráticos: problemas relacionados a documentação e a processos necessários para importação e exportação de produtos;

Programação: erros ou alterações na programação;

Qualidade: atrasos relacionados à amostragem e análise dos produtos dos tanques do terminal ou do navio;

Sistema de abastecimento: impossibilidade de abastecimento simultâneo à operação do navio em alguns casos;

Sistema de *slop*: impossibilidade de descarregamento de *slop* simultaneamente à operação de navio de petróleo;

Tancagem: restrição no volume total dos tanques do terminal;

Transbordo: problemas na realização de transbordo de petróleo.

7.2

Apêndice 2: Planilha da triagem de projetos

Nº Projeto	Status	Classe	Descrição	Benefícios esperados	Restrições à realização	Solução para quais causas de sobreestadia?	Incertezas envolvidas	Opções Reais (tipo "in")	Opções Reais (tipo "on")	Ganhos esperados
1 Construção do 3º pier de São Sebastião	Cancelado	Petróleo / derivados	Construção da superestrutura de um novo pier em parceria com o Porto Público, que será responsável pelo investimento na infraestrutura.	Redução das filas de navios de petróleo e derivados; Aumento da capacidade de transbordo de petróleo para exportação.	Projeto depende de investimento do Porto Público (OBS.: na avaliação já consideraria isso como certo). Projeto demanda alto investimento.	Pier.	Demanda de petróleo e derivados; Produção de petróleo (reservas de petróleo); Produção de derivados (capacidades das refinarias); Preço do petróleo e dos derivados; Utilização do novo pier por terceiros; Capacidades dos navios de petróleo e de derivados; CAPEX; OPEX; Tempo de implantação do empreendimento; Licenciamento ambiental.	Fazer transbordo de petróleo enquanto 2 outros navios de petróleo estão descarregando para as refinarias de SP.	Esperar o melhor momento para investir; Abandonar o projeto parcialmente implantado (vender para terceiros); Implementar o projeto em fases (primeiro a parte de petróleo e depois a de derivados).	Avaliação tradicional: custo evitado de sobreestadia; Avaliação com Opções Reais: ganhos com espera, abandono ou faseamento, ganho com transbordo ship-to-ship (quando desejável), ganho com cobrança de tarifa de terceiros para utilização do pier (quando desejável).
2 Ampliação do poliduto OSP/AN 24"	Cancelado	Derivados	Instalação de novas bombas capazes de dobrar a vazão máxima atual do poliduto (de 1.200 m³/h para 2.400 m³/h).	Aumento da taxa de utilização do duto; Redução dos tempos de carregamento e descarregamento dos navios de derivados em pumão.	Projeto depende de adequações em Guararema (OBS.: na avaliação já consideraria isso como certo).	Linha (incluindo OSP/AN 24") ou bomba.	Demanda de derivados; Produção de derivados (capacidades das refinarias); Utilização do duto OSP/AN por terceiros; Capacidades dos navios de derivados; CAPEX; OPEX.	Ampliar a vazão gradativamente (em duas ou mais fases); Trabalhar com lotes de carregamento ou descarregamento mais adequados; Realizar menos reverões do duto.	Esperar o melhor momento para investir; Avaliar com Opções Reais: ganhos com espera ou faseamento (possibilidade de expansão), ganho com operação com lotes maiores ou menores (quando desejável), ganho com a otimização das reversões do duto (quando desejável).	Avaliação tradicional: custo evitado de sobreestadia; Reais: ganhos com espera ou faseamento (possibilidade de expansão), ganho com operação com lotes maiores ou menores (quando desejável).
3 Instalação de novos braços de carregamento no pier Norte	Fase III	Derivados	Instalação de 8 novos braços de carregamento no pier Norte, bem como sistema de drenagem para os braços.	Redução dos tempos de carregamento dos navios de derivados.	Problemas em equipamentos ou instalações (navio ou Terminal).	Problemas em equipamentos ou instalações (navio ou Terminal).	Demanda de derivados; Produção de derivados (capacidades das refinarias); Preço dos derivados; Utilização do pier Norte por terceiros; Capacidades dos navios de derivados; CAPEX; OPEX.	Trabalhar com lotes de carregamento ou descarregamento mais adequados.	Esperar o melhor momento para investir; Implementar o projeto em fases (primeiro os braços do berço PN3 depois os do berço PN4).	Avaliação tradicional: custo evitado de sobreestadia; Avaliações com Opções Reais: ganhos com espera (primeiro os braços do berço PN3 depois os do berço PN4), ganho com operação com lotes maiores ou menores (quando desejável).

Figura 21 – Planilha da triagem de projetos – Parte 1.

Nº Projeto	Status	Classe	Descrição	Benefícios esperados	Restrições à realização	Solução para quais crises de sustentabilidade?	Incertezas envolvidas	Opções Reais (tipo "in")	Opções Reais (tipo "out")	Ganhos esperados
4	Implantação do sistema de coleta de vapores	Fase III	Derivados (OBS.: originalme nte também seria para petróleo)	Instalação de unidade de tratamento de vapores de navios, bem como das linhas, válvulas e mangotes associados.	Redução dos tempos de carregamento dos navios de Gasolina (problemas mais frequentes devido à maior volatilidade do produto).	Ausência de sistema de coleta de vapores.	Demanda de derivados; Produção de derivados (capacidades das refinarias); Preço dos derivados; Qualidade dos derivados (volatilidade); CAPEX; OPEX.	Realizar mais operações de carregamento de Gasolina em pulmão; Carregar navios de Gasolina concomitantemente a transbordos de petróleo.	Esperar o melhor momento para investir; Expandir o projeto também para a área de petróleo, aproveitando alguma parte comum da estrutura.	Avaliação tradicional: custo evitado de sobrestadia; Avaliação com Opções Reais: ganhos com espera ou expansão, ganho com realização de mais operações em pulmão e simultaneas com petróleo (quando desejável).
5	Realização das adequações para o Programa de Prevenção à Exposição Ocupacional ao Benzeno	Fase I	Derivados	Adequação dos selos mecânicos das bombas do OSPLAN 24", instalação de sistemas detectores de benzeno, adequação do sistema de pressurização da Casa de Controle do pier Norte, instalação de amostradores de circuito fechado, entre outras. (OBS.: escopo do projeto restrito a São Sebastião já é suficiente)	Possibilidade de descarregamento de navios com Nafta importada de diferentes origens (ex.: Skicka, na África); Redução dos custos com derivados de navios para outros terminais no exterior.	Ausência de sistema de coleta de vapores.	Demanda de Nafta; Produção de Nafta (capacidades das refinarias); Preço da Nafta; Qualidade da Nafta (% de Benzeno e outras propriedades também restritivas); CAPEX; OPEX; Licenciamento ambiental.	Trabalhar com lotes maiores de descarregamento de Nafta; Não importar Nafta da Argentina, que, geralmente, apresenta problemas de densidade e PVV e demanda mistura com Nafta nacional.	Esperar o melhor momento para investir.	Avaliação tradicional: custo evitado de sobrestadia (evita-se tempo de amostragem tanque a tanque), de derivados de navios (despesas portuárias e combustíveis) e de amostragem no exterior; Avaliação com Opções Reais: ganhos com espera, ganho com redução ou descontinuidade das importações de Nafta da Argentina (se desejável).
6	Remanejamento da tancagem de derivados	Novo	Derivados	Adequações na tancagem existente e novos alimentamentos para otimização da utilização da tancagem de derivados.	Otimização da disponibilidade de tancagem de forma mais compatível com os produtos movimentados; Otimização dos tamanhos dos lotes dos produtos; Redução das paradas do OSPLAN 24".	Tancagem.	Demanda de derivados; Produção de derivados (capacidades das refinarias); Preço dos derivados; Capacidades dos navios de derivados; CAPEX; OPEX.	Alternar o produto do tanque conforme conveniência (mediante adaptações instaladas para facilitar as trocas); Trabalhar com lotes de descarregamento ou descarregamento mais adequados.	Esperar o melhor momento para investir; Expandir a tancagem existente aproveitando facilidades do reatranjo.	Avaliação tradicional: custo evitado de sobrestadia; Avaliação com Opções Reais: ganhos com espera ou expansão, ganho com produtos dos tanques e com operação com lotes maiores ou menores (quando desejável).

Figura 22 – Planilha da triagem de projetos – Parte 2.

Nº Projeto	Status	Classe	Descrição	Benefícios esperados	Restrições à realização	Solução para quais causas de "sobrestada"?	Incertezas envolvidas	Opções Reais (tipo "in")	Opções Reais (tipo "out")	Ganhos esperados
7	Novo	Derivados	Adequação da superestrutura existente ou instalação de novos equipamentos para otimização das operações simultâneas de derivados, incluindo: linhas, bombas principais, bombas booster, alinhamentos e revamp do pier Norte.	Redução ou eliminação dos conflitos de operações de derivados do pier ou para o caso de pier x OSPLAN 24"; Redução das degradações de produtos; Redução dos tempos de carregamento e descarregamento dos navios de derivados.	Indisponibilidade de espaço físico; Berços 3 e 4 do pier Norte já no limite de carga (não suportam peso adicional para novas linhas).	Problemas em equipamentos ou instalações (navio ou Terminal); Linhas (incluindo OSPLAN 24") ou bombas; Qualidade; Sistema de abastecimento; Sistema de sloop.	Demanda de derivados; Produção de derivados (capacidades das refinarias); Preço dos derivados; Utilização do pier Norte ou do fato OSPLAN por terceiros; Capacidades dos navios de derivados; CAPEX; OPEX.	Trabalhar com lotes de carregamento ou descarregamento mais adequados; Operar simultaneamente dois navios de uma mesma família; Bombear para o OSPLAN e carregar navio ou receber do OSPLAN e de um navio produtos de uma mesma família.	Esperar o melhor momento para investir; Implementar o projeto em fases (primeiro adequações das bombas, depois das linhas e depois revamp do pier Norte); Expandir projeto, incluindo linha para abastecimento simultâneo à carga ou descarga no berço PNA.	.. Avaliação tradicional: custo evitado de sobrestada; .. Avaliação com Opções Reais: ganhos com espera ou faseamento ou expansão, ganho com operação com lotes maiores ou menores e com operações simultâneas (quando desejável).
8	Novo	petróleo	Construção de tanque exclusivo para armazenamento de resíduos (slop, água oleosa e outros), bem como instalação de sucção flutuante para óleo e de fundo para água e ligação direta para OSVIAT, OSBAT e ETE).	Desocupação dos tanques de petróleo utilizados para armazenamento de resíduos; Melhor aproveitamento dos resíduos pelas refinarias (mistura em linha, sem necessidade de tancagem dedicada para recebimento).	Indisponibilidade de espaço físico; Projeto demanda alto investimento.	Tanques; Sistema de sloop.	Demanda de petróleo; Produção de petróleo (reservas de petróleo); Produção de derivados (também geram resíduos - interfaces); Quantidade de resíduos (% de água e resíduos no petróleo, volume de slop dos navios, etc.); CAPEX; Licenciamento ambiental.	Enviar os resíduos para um conjunto único de refinarias ou uma única refinaria.	Esperar o melhor momento para investir; Abandonar o projeto (utilizar o tanque para armazenamento de petróleo e derivados); Expandir o projeto (aumentar a capacidade do tanque).	.. Avaliação tradicional: custo evitado de sobrestada; .. Avaliação com Opções Reais: ganhos com espera ou abandono ou expansão, ganho com a seleção de um destino único para os resíduos (se desejável).
9	Novo	petróleo / derivados	Adequação de uma linha que está voltando de manutenção para operação dedicada a sloop (descarga e movimentação no Terminal)	Redução ou eliminação dos conflitos com operações de navios de petróleo	-	Sistema de sloop; Sistema de abastecimento.	Demanda de petróleo e derivados; Produção de petróleo (reservas de petróleo); Capacidades dos navios de petróleo e derivados; Volume de slop nos navios de petróleo e derivados; CAPEX; OPEX.	Descarregar slop de um navio de petróleo ou derivados simultaneamente a uma operação de outro navio de petróleo.	Esperar o melhor momento para investir; Abandonar o projeto (devolver linha para outro uso do Terminal); Operar com espera a descarga de slop simultânea com operação de petróleo (se desejável).	.. Avaliação tradicional: custo evitado de sobrestada; .. Avaliação com Opções Reais: ganhos com espera ou abandono, ganho com a descarga de slop simultânea com operação de petróleo (se desejável).

Figura 23 – Planilha da triagem de projetos – Parte 3.

7.3

Apêndice 3: Definição dos nove projetos pré-selecionados para análise

1 – Construção do 3º píer de São Sebastião: construção da superestrutura de um novo píer em parceria com o Porto Público, que é responsável pelo investimento na infraestrutura.

- 2 – Ampliação do poliduto OSPLAN 24””: instalação de novas bombas capazes de dobrar a vazão máxima atual do poliduto de 1.200 m³/h para 2.400 m³/h. (OBS.: escopo do projeto também prevê adequações no Terminal de Guararema)
- 3 – Instalação de novos braços de carreamento no Píer Norte: instalação de 8 novos braços de carregamento (já adquiridos) no Píer Norte, bem como um novo sistema de drenagem para os braços.
- 4 – Implantação do sistema de coleta de vapores: instalação de unidade de tratamento de compostos voláteis de navios, bem como de linhas, válvulas e mangotes associados.
- 5 – Realização das adequações para o Programa de Prevenção à Exposição Ocupacional ao Benzeno: identificação das áreas de risco de exposição e medidas de controle para atendimento à Legislação Brasileira (Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego) para operação de produtos derivados com concentração igual ou superior a 1% de Benzeno em volume, o que inclui a instalação de sistemas detectores de Benzeno, a adequação do sistema de pressurização da Casa de Controle do Píer Norte, a instalação de amostradores de circuito fechado, a adequação dos selos mecânicos das bombas do OSPLAN 24" e outras melhorias. (OBS.: escopo do projeto restrito a São Sebastião já é suficiente)
- 6 – Remanejamento da tancagem de derivados: adequações na tancagem existente e novos alinhamentos para otimização da utilização da tancagem de derivados entre os diferentes produtos.
- 7 – Instalação de novo *manifold* no Píer Norte e 3 novas bombas *Booster*: adequação da superestrutura existente com instalação de novos equipamentos para otimização das operações de derivados, eliminando as restrições da superestrutura atual, o que inclui linhas, válvulas, alinhamentos e *revamp* (renovação) do píer Norte.
- 8 – Construção de tanque exclusivo para armazenamento de resíduos: construção de tanque exclusivo para armazenamento de resíduos (*slop*, água oleosa e outros), bem como instalação de sucção flutuante para óleo e de fundo para água e ligação direta para os oleodutos OSVAT e OSBAT (para reaproveitamento pelas refinarias de São Paulo) e para a Estação de Tratamento de Efluentes do Terminal (ETE).
- 9 – Adaptação de uma linha existente (linha 43) para operação exclusiva com *slop*: adaptação de uma linha que está voltando de manutenção para operação

dedicada a *slop* (descarga e movimentação no Terminal) para que não seja mais necessário utilizar uma linha de petróleo, deixando assim de causar interrupções nas descargas de alguns navios com este produto.

8.1

Anexo 1: Estratificação do tempo de um navio em um porto

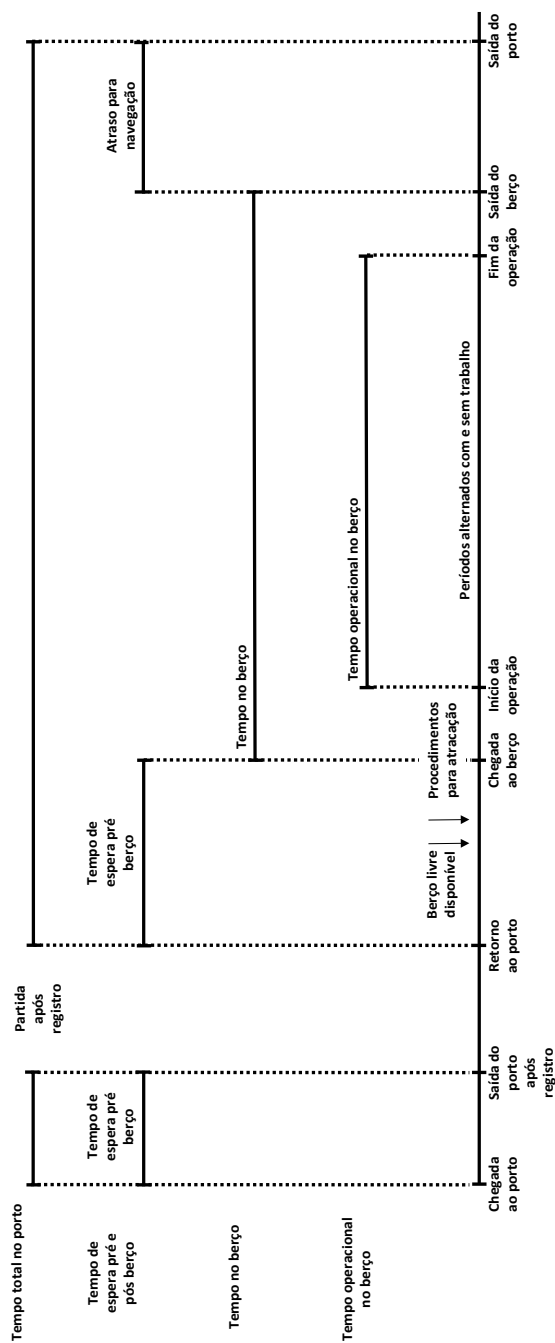


Figura 24 – Estratificação do tempo de um navio em um porto.

Fonte: (Adaptado de UNCTAD – “Manual on a uniform system of port statistics and performance indicators”, Rev. 1, 1979).

8.2

Anexo 2: Fórmulas utilizadas na análise para cálculo do Tempo em Fila

```

Function ProbSemFila(m As Byte, ro As Single)
' Função que calcula a probabilidade de que não haja fila em um modelo M/M/m
' Parâmetros: m - número de berços e ro - taxa de ocupação do(s) berço(s)

Dim i As Byte
Dim Parcela, Acumulado As Single
Acumulado = 0
For i = 0 To m - 1
    Parcela = ((m * ro) ^ i) / WorksheetFunction.Fact(i)
    Acumulado = Acumulado + Parcela
Next
ProbSemFila = (Acumulado + ((m * ro) ^ m) / (WorksheetFunction.Fact(m) * (1 - ro))) ^ (-1)
End Function

Function NumNaviosFila(m As Byte, ro As Single)
' Função que calcula o número médio de navios em fila em um modelo M/M/m
' Parâmetros: m - número de berços e ro - taxa de ocupação do(s) berço(s)

Dim ProbDeFila As Single
ProbDeFila = ProbSemFila(m, ro) * (m * ro) ^ m / (WorksheetFunction.Fact(m) * (1 - ro))
NumNaviosFila = ProbDeFila * ro / (1 - ro)
End Function

Function TempoEmFila(m As Byte, ro As Single, inv_mi As Single)
' Função que calcula o tempo médio que um navio espera por berço em um modelo M/M/m
' Parâmetros: m - número de berços, ro - taxa de ocupação do(s) berço(s) e inv_mi - tempo
médio de operação

'Const inv_mi As Single = 36

Dim lambda As Single
lambda = m * ro / inv_mi
TempoEmFila = NumNaviosFila(m, ro) / lambda
End Function

```

Figura 25 – Fórmulas utilizadas na análise para cálculo do Tempo em Fila.

Fonte: (Adaptado da planilha de análise de investimentos em terminais da empresa de óleo e gás, 2018).