



CENTRO UNIVERSITÁRIO IBMEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM
ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO

**ESTRATÉGIA DE INVESTIMENTO EM
PORTOS SOB CONDIÇÕES DE
INCERTEZA: O CASO DE UM TERMINAL
DE CONTÊINERES NO BRASIL**

ANA CAROLINA VELLOSO ASSIS

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rafael Igrejas

Rio de Janeiro, 19 de fevereiro de 2020.

**ESTRATÉGIA DE INVESTIMENTO EM PORTOS SOB CONDIÇÕES DE
INCERTEZA: O CASO DE UM TERMINAL DE CONTÊINERES NO BRASIL**

ANA CAROLINA VELLOSO ASSIS

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado Profissional em Administração
como requisito parcial para obtenção do
Grau de Mestre em Administração.

Área de Concentração: Finanças

Rio de Janeiro, 19 de fevereiro de 2020.

"ESTRATÉGIA DE INVESTIMENTO EM PORTOS SOB CONDIÇÕES DE INCERTEZA: O CASO DE UM TERMINAL DE CONTÊINERES NO BRASIL"

ANA CAROLINA VELLOSO ASSIS

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Administração como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Administração.

Avaliação: *APROVADA*

BANCA EXAMINADORA:



PROF. DR. RAFAEL IGREJAS DA SILVA (ORIENTADOR)
INSTITUIÇÃO: IBMEC



PROF. DR. LUIZ FLAVIO AULTRAN MONTEIRO GOMES
INSTITUIÇÃO: IBMEC



PROF. DR. EDSON DANIEL LOPES GONÇALVES
INSTITUIÇÃO: FGV

Rio de Janeiro, 19 de fevereiro de 2020.

FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA - MESTRADO.

- 1) Nome completo: Ana Carolina Velloso Assis
- 2) Título e subtítulo: Estratégia de Investimento em Portos sob Condições de Incerteza: O Caso de um Terminal de Contêineres no Brasil
- 3) Ano da defesa: 2020
- 4) Área de concentração: Finanças
- 5) Assunto principal (contextualizado): Opções Reais
- 6) Assuntos secundários: Portos
- 7) Palavras-chave: Avaliação econômico-financeira, Infraestrutura, Opções Reais, Flexibilidade Gerencial, Setor Portuário.
- 8) Resumo: Anexo
- 9) Curso (Mestrado profissional): Administração
- 10) Quantidade de folhas:85
- 11) Orientador: Prof. Dr. Rafael Igrejas

Dedicatória

*Dedico este trabalho a minha mãe, porque seu amor,
generosidade e fé são a minha inspiração.*

AGRADECIMENTOS

A Deus que ilumina meu caminho para que eu possa seguir em frente com confiança.

Aos meus pais pelo apoio e carinho em todos os momentos de minha jornada.

Ao meu marido por compartilhar as alegrias e tristezas, sempre de bom humor.

As amigas e amigos que tornam a vida mais leve e divertida.

A equipe do BNDES, pela oportunidade e reconhecimento.

Ao meu orientador pela dedicação e atenção.

Aos professores do mestrado IBMEC-Rio de Janeiro e da Universidade Católica Portuguesa-Porto(*Business School*) que compartilharam conhecimentos e me mostraram novas perspectivas.

Aos revisores do Congresso AdCont/2019 pelas contribuições, enquanto o estudo estava em andamento.

Epígrafe

“Quando nada é certo, tudo é possível.”

Margaret Drabble

RESUMO

Os projetos de concessões em infraestrutura têm como característica o longo prazo de maturidade e vultosos investimentos. Durante o período contratual, as incertezas de demanda podem ainda comprometer o planejamento de execução de obras de expansão. Nesse contexto, modelos de otimização para tomada de decisão sob incerteza são fundamentais para avaliar essa classe de projetos, de forma complementar as análises tradicionais pelo método do Fluxo de Caixa Descontado. Englobar flexibilidades a avaliação desses projetos possibilita enfrentar incertezas futuras, além de obter soluções ótimas para o compartilhamento de riscos entre poder concedente e concessionária. Este estudo utiliza a Teoria de Opções Reais para avaliar a flexibilidade de expansão de capacidade em etapas em projetos de infraestrutura portuária, com opções Americanas. O modelo é aplicado a um caso real de um terminal de contêineres. Foi feita análise comparativa de cenários via metodologia de fluxo de caixa descontado e opções reais, inclusive com análise de sensibilidade da demanda. O resultado é que o projeto avaliado via Opções Reais, passa a ter viabilidade, proporcionando tanto ao investidor quanto a autoridade portuária um ganho de flexibilidade na tomada de decisão, em que é possível verificar as melhores janelas de oportunidade para realizar a expansão em fases. Além disso, destaca-se que é um tema atual e pouco explorado no campo de opções reais no Brasil. Outra contribuição foi o desenvolvimento de um modelo flexível de apreamento por opções, podendo ser adaptado a outras modelagens de projetos em infraestrutura.

Palavras-chave: Avaliação econômico-financeira, Infraestrutura, Opções Reais, Flexibilidade Gerencial, Setor Portuário.

ABSTRACT

Infrastructure concession projects are characterized by long-term maturity and large investments. During contractual period, uncertainties in demand may also compromise the planning for the execution of expansion works. In this context, optimization models for decision making under uncertainty are essential to evaluate this class of projects, in a way that complements traditional analyzes using the Discounted Cash Flow method. Including flexibilities, the evaluation of these projects allows facing future uncertainties, in addition to obtaining optimal solutions for the sharing of risks between the granting authority and the concessionaire. This study uses Real Options Theory to assess the flexibility of capacity expansion in stages in port infrastructure projects, with American options. The model is applied to a real container terminal case in Brazil. Comparative analysis of scenarios was made using discounted cash flow methodology and real options, including demand sensitivity analysis. The result is that the project becomes viable by evaluating with Real Options, also provides both, investor and port authority, a gain in decision-making flexibility, in which it is possible to check the best opportunity windows to perform the expansion in phases. It shows the best opportunity windows to perform the stages' expansion. In addition, the study stands out for dealing with a very current and rarely explored topic associated to real options in Brazil. Another contribution was the development of a flexible pricing model for options, which can be adapted to other infrastructure models.

Key-words: Economic and Financial Assessment, Infrastructure, Real Options, Managerial Flexibility, Port Sector.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Atores e riscos no transporte marítimo	20
Figura 2 – As gerações dos portos.....	21
Figura 3 - Fatores que influenciam a demanda de transporte marítimo	21
Figura 4 - Planejamento de portos e flexibilidade	27
Figura 5 - Estrutura flexível para construção e gerenciamento de infraestrutura portuária	32
Figura 6 - World Container Index, entre 2000 e 2019.	33
Figura 7- Histórico de movimentação de contêineres no terminal de Salvador.....	34
Figura 8– Binomial projetada com desconto de dividendos e sem opção.....	38
Figura 9 – Binomial de VPs descontada com dividendos.	39
Figura 10 – Linha do tempo das alterações no contrato de arrendamento	41
Figura 11- Plano de expansão do terminal	43
Figura 12- Gráficos dos resultados para os 4 cenários	47
Figura 13- Gráficos dos resultados para as 3 perspectivas	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Resultado dos testes estatísticos	36
Tabela 2 - Premissas do cenário base	43
Tabela 3-Premissas do cenário flexível	45
Tabela 4- Resultados de VPL	47
Tabela 5– Resultados comparados	48
Tabela 6 - Análise de Sensibilidade sob o valor do projeto	49

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRATEC. Associação Brasileira de Terminais de Contêineres

ANTAQ: Agência Nacional de Transportes Aquaviários

ADF: *Augmented Dickey-Fuller*

CADE: Conselho Administrativo de Defesa Econômica

CODEBA. Companhia das Docas do Estado da Bahia

FCD: Fluxo de Caixa Descontado

LPI: *Logistics Performance Index* , Índice de Performance

KPSS: *Kwiatkowski ki-Phillips-Schmidt-Shin*

MI: Ministério da Infraestrutura

MGB: Movimento Geométrico Browniano

MRM: Movimento de Reversão à Média

OR: Opções Reais

PPP: Parcerias Públicas Privadas

TEU: *20-foot equivalente unit* ou container de 20 pés

T&R: THOMSON&REUTERS

TOR: Teoria das Opções Reais

UNCTAD: *United Nations Conference on Trade and Development* ou Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento

VP: Valor Presente

VPL: Valor Presente Líquido

TECON: Terminal de contêineres

TIR: Taxa Interna de Retorno

WACC: *Weighted Average Cost of Capital* ou Custo Médio Ponderado de Capital

WB: *World Bank* ou Banco Mundial

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Problema de pesquisa	16
1.2 Objetivo	17
1.3 Delimitação	18
1.4 Justificativa	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Incertezas em terminais portuários	19
2.2 Avaliação de projetos de infraestrutura sob condições de incerteza	22
2.3 Opções Reais em Portos	25
3. METODOLOGIA	32
3.1 Reconhecimento e modelagem da incerteza	32
4. O MODELO E RESULTADOS	41
4.1 Características gerais	41
4.2 Projeto de Expansão (Cenário Base)	42
4.3 Resultados da avaliação com flexibilidades	45
5. CONCLUSÃO	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
7. APÊNDICE A - TABELA ARTIGOS PESQUISADOS EM TOR PORTOS	61
8. APÊNDICE B – ÁRVORES BINOMIAIS	64
9. ANEXO A - TESTES ESTATÍSTICOS	76

1. INTRODUÇÃO

No Brasil existem ainda muitas oportunidades para desenvolvimento no setor de infraestrutura portuária. De acordo com o *ranking* de desempenho logístico, em inglês *Logistics Performance Index -LPI¹/2018*, promovido pelo Banco Mundial, o Brasil ocupa a 56ª posição no total de 160 países avaliados (WB, 2019). Colocando em foco o setor portuário, destaca-se que a ineficiência neste segmento prejudica o desenvolvimento de um país ao não permitir a competitividade de suas exportações ou encarecer importações de produtos e insumos básicos (DE BRITTO *et al.*, 2015). Mesmo com a citada ineficiência, movimentou-se nos portos brasileiros em 2019 mais de um bilhão de toneladas, sendo 10% desse valor representado pela carga de contêineres (ANTAQ², 2020). Apesar do crescimento de 7% no fluxo de contêineres entre os anos de 2017 e 2018, apontado no relatório da ANTAQ (2020), o Brasil ainda ocupa o 21º lugar na classificação mundial de movimentação de contêineres, conforme dados da UNCTAD (2019). Ainda tratando sobre crescimento na movimentação de contêineres, no mundo o volume transportado em navios é uma das principais razões para o desenvolvimento significativo dos investimentos observados no setor portuário (MARQUES e FONSECA, 2010). Então, pode-se imaginar o quão positivo seria o

¹Ranking LPI: *benchmarking* promovido pelo Banco Mundial para auxiliar os países a identificar oportunidades e desafios na busca pela melhoria no desempenho logístico.

²ANTAQ: Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

impacto da melhoria de eficiência na economia, não só porque os números são crescentes no segmento, mas também porque o volume movimentado é considerável.

De acordo com o relatório "*Review of Maritime Transport*" publicado pela UNCTAD em 2019, o volume de contêineres transportados via marítima passou de 224 para 792 milhões de TEU³, no período de 2000 a 2018. Neste mesmo relatório destaca-se que a participação na movimentação mundial de contêineres em 2018 na Ásia de 64% na Europa de 16% na América do Norte de 8%, na América Latina e Caribe é de 7%, sendo 6% para os demais continentes. Essa estatística evidencia a discrepância entre Ásia e o resto do mundo em termos de movimentação de contêineres, mas também ressalta o potencial de crescimento que existe, caso os países adotem medidas para ampliar comércio internacional, containerização de cargas e façam investimentos na infraestrutura portuária. Portanto, é crucial buscar mecanismos capazes de melhorar o desempenho dessa infraestrutura ao longo do tempo (DENEUFVILLE, 2002).

Por outro lado, a partir de 2014, a crise econômica financeira impactou negativamente a taxa de investimentos públicos anuais chegando em 2017 a 1,85% do PIB, o menor nível dos últimos cinquenta anos (FGV, 2019). Os governos não são mais capazes de manter gastos com seu próprio orçamento em construção e manutenção de infraestrutura, tampouco no desenvolvimento de novos projetos, que geralmente são altamente intensivos em capital. Considerando essa restrição orçamentária, o governo federal vem sinalizando aproximação com o setor privado. Como exemplo disso, há previsão de investimentos privados da ordem de R\$ 5 bilhões no programa de arrendamento portuário, de acordo com informações do Ministério da Infraestrutura (MI, 2019).

³ TEU: *Twenty Foot Equivalent Unit*.

Há ainda outros pontos que dificultam a estruturação de projetos de infraestrutura portuária, como o fato de serem projetos de retorno de longo prazo, sujeitos a diversas incertezas, tais como: avanços tecnológicos, flutuações econômicas, mudanças políticas, demanda, ou mesmo custos de construção (TANEJA, 2013). As incertezas impactam direta ou indiretamente o equilíbrio econômico-financeiro, ao longo da vida do projeto (HERDER *et al.*, 2011; MARTINS, MARQUES e CRUZ, 2013). Assim, há que se considerar que há risco tanto para os governos quanto para os investidores.

Este estudo buscou apreçar a flexibilidade existente em investimento no setor portuário, considerando o valor intrínseco que pode ser observado ao desenvolver o projeto em etapas. A principal incerteza modelada foi a demanda de movimentação de contêineres mundial. Para tanto, a modelagem é aplicada a um caso real de terminal de contêineres no Brasil. Acredita-se que essa aplicação possa contribuir como exemplo didático e impulse a utilização de análises por Opções Reais no setor, o qual carece de ferramentas que quantifiquem adequadamente as flexibilidades e incertezas nessa classe de projetos.

A dissertação está organizada da seguinte forma: a Seção 2 fornece uma revisão da literatura sobre incerteza em terminais portuários, avaliação de projetos de infraestrutura sob condições de incerteza e opções reais em portos, a Seção 3 apresenta a metodologia, a Seção 4 diz respeito ao caso aplicado e resultados, já a Seção 5 contém as principais conclusões.

1.1 Problema de pesquisa

O Brasil necessita ampliar o investimento em infraestrutura para retomar o crescimento econômico. Entretanto, são investimentos que possuem elevados riscos regulatórios, macroeconômicos e de mercado. As metodologias atualmente utilizadas nas modelagens de projetos de infraestrutura, entre elas a de Fluxo de Caixa Descontado (FCD)

não capturam flexibilidades contratuais e não são as mais adequadas a projetos com incertezas.

Os portos dependem de armadores que contratam as escalas de seus navios, contudo os contratos são de curto ou médio prazo e frágeis (com cláusulas de saída sem penalidades altas). O fluxo de receitas é incerto, dependente do fluxo de comércio internacional de contêineres. O fluxo de transporte de contêineres sofre variações dependendo de políticas econômicas vigentes, novas tecnologias para construção de navios, novas alternativas de portos, plano de investimentos, entre outras incertezas.

O presente estudo pretende responder a seguinte questão: como modelar a flexibilidade de expansão portuária, em meio a um cenário de incerteza de demanda, que impacta diretamente a viabilidade econômico-financeira dessa classe de projetos? Para responder a esta pergunta será utilizada a metodologia de Opções Reais, aplicada à avaliação de um terminal portuário no Brasil.

1.2 Objetivo

O objetivo principal do estudo é apreçar o exercício ótimo da opção de expansão em etapas considerando um projeto de ampliação de um terminal portuário no Brasil, em meio a um cenário de incerteza de demanda, que impacta diretamente a viabilidade econômico-financeira do mesmo.

Os objetivos secundários são:

- i. Verificar os principais métodos de avaliação de investimentos em portos existentes, analisando-os sob a ótica da incerteza;
- ii. Apresentar a teoria de opções reais como metodologia de avaliação de investimentos em portos;
- iii. Apresentar os principais tipos de opções reais existentes em portos;

- iv. Exemplificar, através da análise de caso específico de terminal portuário, as oportunidades de investimentos provenientes da boa compreensão do modelo de opções reais.

1.3 Delimitação

Foi escolhido o caso de um terminal de contêineres no nordeste do Brasil devido à disponibilidade de dados secundários, visto que é um arrendamento, então os dados de movimentação de contêineres são públicos, disponibilizados no site da Companhia das Docas do Estado da Bahia (CODEBA) e Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ).

Além disso, é um exemplo recente de expansão de infraestrutura portuária, assim a opção real a ser aplicada é a opção de expansão modelando as três etapas de investimentos. A variável dependente será a quantidade de contêineres movimentados. Como base de cálculo do processo estocástico, para definição da volatilidade, é considerada a série da movimentação de contêineres mensal mundial no período de 2000 a 2019. Projetou-se o fluxo de caixa para o período de dezesseis anos, entre 2019 e 2034 e foi feita a avaliação do projeto de expansão pelas metodologias de Fluxo de Caixa Descontado (FCD) e Opções Reais (OR).

1.4 Justificativa

O estudo tem como principal justificativa, a necessidade recente em incorporar flexibilidades contratuais em concessões portuárias, permitindo adaptação progressiva às mudanças nas condições de mercado e a mitigação de riscos que afetam esses investimentos (MARTINS, MARQUES e CRUZ, 2013).

É necessário buscar novas alternativas para avaliação dos projetos de expansão portuários de forma a capturar possíveis flexibilidades contratuais, como a expansão em fases e precificá-las adequadamente, atraindo investidores para novos projetos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Incertezas em terminais portuários

Os portos representam infraestrutura fundamental para a economia brasileira, uma vez que são responsáveis pela movimentação de mais de 90% do comércio exterior brasileiro. (ANTAQ, 2020).

O desenvolvimento tecnológico no transporte de contêineres e os aprimoramentos no transporte global contribuem para um aumento na demanda portuária (ALDERTON, 1999; NOTTEBOOM e RODRIGUE, 2009).

Os portos fazem parte das cadeias logísticas globais com vários atores envolvidos. Segundo Balliaw *et al.* (2019, a) a interação desses diversos atores induz variabilidade interna, riscos de demanda e riscos externos, presentes no ambiente econômico. As decisões de um ator na cadeia podem ter implicações importantes para outros atores. A Figura 1 ilustra esses atores e os riscos.

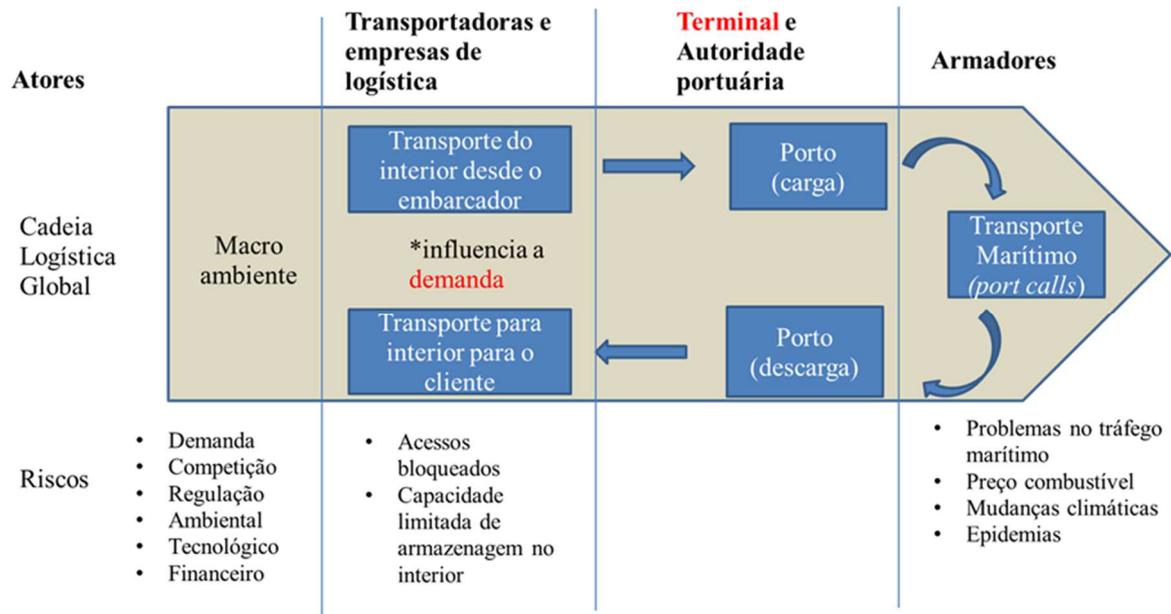


Figura 1–Atores e riscos no transporte marítimo
 Fonte: Adaptado (BALLIAUW *et al.*, 2019, p.4).(a)

Existem diversos fatores de incerteza que impactam no planejamento dos portos (BENDALL e STENT, 2005). A imprevisibilidade da demanda, a limitação de capacidade nos portos, as constantes mudanças regulatórias e as variações na atividade econômica são variáveis de incerteza, que exigem mudanças significativas na infraestrutura portuária (TANEJA *et al.* 2011).

Entre os anos 1940 e início dos anos 2000, os portos marítimos passaram por quatro gerações no seu desenvolvimento (conforme modelo UNCTAD, 1999). Foram transformações variadas: inovações técnicas, organizacionais e de Tecnologia da Informação (TI) permitiram ampliar a pacote de serviços prestados pelos portos marítimos de quinta geração, bem como o âmbito e cooperação entre os portos e grupos de partes interessadas. Já um porto de sexta geração não é apenas o principal ponto de transporte marítimo global, mas também tem um impacto positivo no ambiente social e desempenha um papel sustentável. (KALISZEWSKI A.,2018)

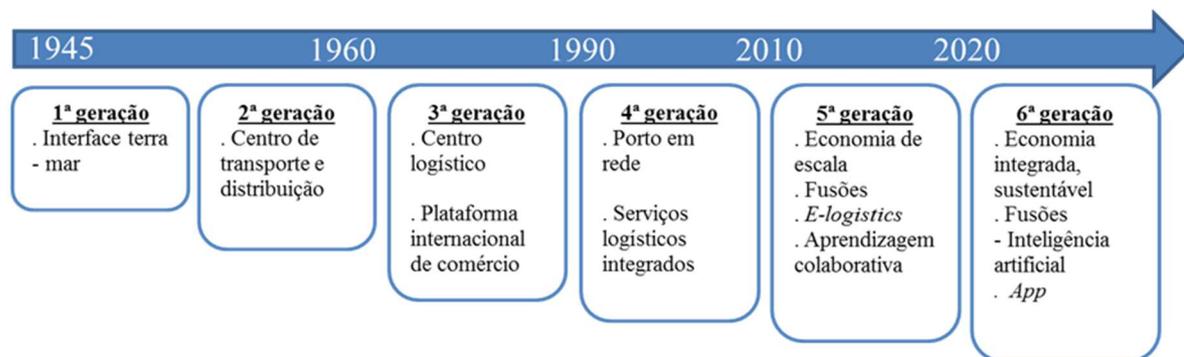


Figura 2–As gerações dos portos

Fonte: adaptado UNCTAD, 1999 e KALISZEWSKI,2018

As contribuições de Meersman (2005) trazem uma visão geral de todos os fatores chave que influenciam as avaliações de projetos de transporte marítimo. Além de tratar da questão do envolvimento privado e/ou público e do impacto na competitividade do porto. Em acréscimo, o autor examina as consequências da incerteza, combinadas com custos irrecuperáveis. Por fim, considera o problema de prever o tráfego portuário e sua volatilidade. A Figura3 destaca pontos chave no planejamento portuário.

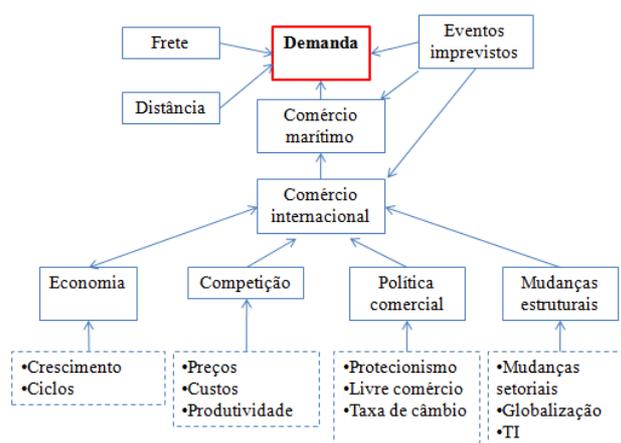


Figura 3 - Fatores que influenciam a demanda de transporte marítimo

Fonte: Adaptado (MEERSMAN, 2005, p. 292).

Além disso, fatores como o congestionamento nos portos existentes e sua profundidade, a constante mudança de requisitos da indústria de navegação e o aumento da

atividade econômica exigem mudanças significativas na infraestrutura portuária (TANEJA, LIGTERINGENE WALKER, 2012).

Segundo o relatório de Portos do CADE (2017), um dos efeitos das fusões e aquisições entre armadores foi o aumento de capacidade dos navios porta-contêiner no Brasil. Nos últimos dez anos, verificou-se uma redução do número de escalas semanais de navios de longo curso, enquanto as escalas de navios de cabotagem apresentam-se estáveis. Importante mencionar que a pressão por redução no tempo de descarga dos navios está cada vez maior, o que implica em investimentos em equipamentos portuários. Além disso, há expectativa de que a entrada em operação dos navios de grande porte (na casa de 20.000 TEU) desloque navios, atualmente em uso nas principais rotas mundiais (Estados Unidos/Ásia, Europa/Extremo Oriente), com capacidade de 12.000 a 15.000 TEU, para rotas que atendem portos brasileiros. Tais navios exigem canais de acesso aos portos de pelo menos 14 metros de profundidade. Somente os portos de Itaguaí (RJ), Suape (PE) e Pecém (CE), que respondem por 15% da carga containerizada movimentada nos portos brasileiros teriam a possibilidade de receber esses navios atualmente. Isso indica a necessidade de investimentos na infraestrutura portuária do país (GRANTHAM, 2017).

2.2 Avaliação de projetos de infraestrutura sob condições de incerteza

As principais métricas de análise de viabilidade econômico-financeira de projetos baseiam-se no método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), o qual utiliza *payback*, *payback* descontado, taxa contábil de retorno, taxa interna de retorno, taxa interna de retorno ajustada, e finalmente, o valor presente líquido (BREALEY & MYERS, 1996).

Dixit e Pindyck (1994) demonstraram que o uso de métricas tradicionais pode induzir a decisões de investimento equivocadas, pois ignoram características importantes desses projetos: i) irreversibilidade total ou parcial do investimento. Em outras palavras, caso o

investidor mude seus planos, não consegue recuperar totalmente os custos iniciais de investimento; ii) incerteza quanto ao *payoff* futuro dos investimentos realizados; e iii) flexibilidade quanto ao momento de investir. Isto é, a possibilidade de adiamento da decisão de investir, na medida em que as informações se revelam.

Essas características fazem com que a oportunidade de investimento seja correspondente a uma opção financeira (DIXIT E PINDYCK, 1994). Quando a empresa investe, ela exerce ou "sacrifica" essa opção de investir. A opção de investir pode ser avaliada como um custo de oportunidade no momento em que a empresa investe. Esse valor pode ser bastante elevado e acaba sendo subavaliado pelas métricas tradicionais, podendo conduzir a erros significativos. A Teoria das Opções Reais (TOR) agrega valor as flexibilidades de postergar ou antecipar investimentos.

A TOR pode ser utilizada em diferentes setores, como a indústria do petróleo, áreas de pesquisa e desenvolvimento, empresas do tipo *start-up*, propriedade intelectual, no setor de energia e em infraestrutura. O interesse pela TOR pode ser observado pelo crescente número de publicações tanto no exterior quanto no Brasil. Destaca-se a tese de doutorado de Tourinho (1979), diversos autores tais como Brenann & Schwartz (1985), McDonald e Siegel (1986), Paddock, Siegel, e Smith (1988), Trigeorgis (1993), Kulatilaka (1993), Kemna (1993), Dixit e Pindyck (1994), Roll (1994), Ross (1995), Amram (2000), discorrem sobre a importância e complementaridade da abordagem pela TOR com relação à avaliação tradicional por fluxo de caixa descontado (FCD).

Enfatizando especificamente os projetos de infraestrutura, a análise de flexibilidades gerenciais por Opções Reais, vem sendo largamente observada na literatura. Rose (1998) avaliou por simulação de Monte Carlo, múltiplas flexibilidades (*calls* e *puts*) embutidas em um contrato entre o governo e o concessionário de um projeto de rodovia na Austrália e observou que ignorar as flexibilidades gerenciais poderia subestimar consideravelmente o

valor do projeto. Em Charoenpornpattana, Minato e Nakahama (2002) foi utilizada uma garantia receita mínima como opções tipo *put* e pedágio sombra como opções compostas independentes. Já Rus e Nombela (2003) avaliaram flexibilidades na concessão de garantias por opções reais e utilizaram a teoria dos leilões para analisar estratégias em contratos, observando incertezas de demanda. Destacam-se também Bowe e Lee (2004) que analisaram opções de expansão, adiamento, redução e abandono em um projeto de construção de um trem de alta velocidade em Taiwan. Os autores Cheah e Liu (2006) propuseram modelagem por opções reais, utilizando simulação de Monte Carlo para avaliar a garantia de receita mínima, como mecanismo de incentivo flexível para o projeto de uma ponte com pedágios na Malásia. Ainda utilizando abordagem por opções reais para avaliar a garantia de receita mínima, há Huang e Chou (2006), porém com foco na opção de abandonar em um projeto de trem de alta velocidade em Taiwan. Acrescenta-se também na utilização de garantia de receita mínima, Chiara, Garvin e Vecer (2007) que apresentaram um modelo de avaliação para concessões do tipo *built-operate-transfer* (BOT), com apreçamento por opções do tipo bermudas e australianas. Além desses, Alonso-Conde, Brown e Rojo-Suarez (2007) utilizaram a teoria de opções como instrumento para avaliar garantias contratuais em uma concessão na Austrália.

No Brasil, Brandão e Saraiva (2008) avaliaram garantias de tráfego mínimo com limites de gastos (*caps*), com objetivo de atrair investimentos privados e limitar a exposição do governo em uma estrada pedagiada no Brasil. Brandão, Bastian-Pinto, Gomes e Labes (2012) analisaram o impacto dos incentivos governamentais por garantias de tráfego mínimo com níveis de cobertura, na concessão da Linha 4 do Metrô de São Paulo.

Além disso, Kruger (2012) analisou a opção de expansão de uma rodovia na Suécia e as flexibilidades criadas, a partir da teoria dos contratos incompletos. De maneira distinta, Rocha Armada, Pereira e Rodrigues (2012) propuseram um modelo por subsídios de

investimentos e receitas, bem como garantias de demanda mínima, com opção de ampliação de prazo contratual em um projeto de infraestrutura.

Posteriormente, Martins, Marques e Cruz (2013) desenvolveram um modelo para tomada de decisão tanto nas fases de estruturação e investimento, quanto na fase operacional dos projetos, utilizando a metodologia de Opções Reais. De forma objetiva, Rakić e Rađenović (2014) compararam o valor da opção de abandono americana versus a europeia pela ótica da iniciativa privada, em projetos de infraestrutura por Parcerias Públicas Privadas (PPPs).

De outro modo, Xiong e Zhang (2014) propuseram o uso de opções reais como mecanismo de aperfeiçoamento das renegociações contratuais em projetos de infraestrutura. Os autores destacaram a modelagem das flexibilidades contratuais de maneira a auxiliar o aumento das recompensas em jogos estratégicos de barganha.

Já Feng, Zhang e Gao (2015) desenvolveram um modelo para avaliar garantia mínima de receita, de tráfego e de compensação de preço, endereçando o preço ótimo de pedágio em projetos rodoviários.

Recentemente, Attarzadeh, Chua, Beer e Abbott (2017) analisaram garantias de receita em projetos de infraestrutura, via lógica *fuzzy* para modelar as incertezas. Buyukyoran e Gundes (2018) modelaram garantia de receita mínima em rodovia, identificando os limites superiores e inferiores das barreiras das opções. Por fim, Carbonara e Pellegrino (2018) avaliaram limites ótimos de piso e teto de receita de maneira a criar uma condição "ganha-ganha" para concessionário e governo em projetos de infraestrutura.

2.3 Opções Reais em Portos

Um dos primeiros artigos a abordar TOR em portos foi de Juan *et al.* (2002), em que os autores analisaram um grande projeto de expansão em Valência. Os autores avaliaram uma

"opção de compensação", em que o operador do terminal teve uma compensação pela autoridade portuária em determinadas datas, durante os dez primeiros anos do período de concessão. Os autores avaliaram um mecanismo de garantia como opção americana, na qual o operador do terminal recebe o pagamento da autoridade portuária, caso o fluxo de caixa líquido descontado fique abaixo de um nível fixo. Juan et al. (2002) também utilizaram TOR para avaliar investimentos em configuração alternativa de cais marítimo.

Abordando opções reais em expansão de portos, Defilippi (2004) analisa a melhor alternativa de concessão para o porto de Callao (Peru), se mono ou multi-operador, concluindo que a superioridade de uma opção sobre a outra dependerá da natureza da função de custo do porto. Defilippi (2004) utiliza teoria da regulação e Simulação de Monte Carlo nas análises, propondo diferentes cenários de decisão. É possível utilizar essa abordagem em novas decisões de investimento em terminais de múltiplas cargas.

Juan *et al.* (2008) modelaram uma estrutura contratual dinâmica com opções reais para PPPs em terminais portuários com uma garantia mínima de receita ao investidor para dar continuidade aos investimentos, caso a demanda não se comporte como esperado. Juan *et al.* (2008) aplicaram TOR em um projeto *Greenfield*⁴ em país emergente. Este artigo pode auxiliar os formuladores de política com sugestões de cláusulas contratuais que melhor se adaptem as flexibilidades.

Em artigo teórico, Mansouri *et al.* (2010) demonstra o valor da opção real de investir na estratégia de resiliência portuária, que seria o próprio investimento no plano estratégico que capture as incertezas e flexibilidades possíveis em um porto.

⁴Projeto *Greenfield*, são aqueles em que não há qualquer investimento prévio, por exemplo, uma nova rodovia. Já os *Brownfield*, possuíram algum investimento em momento anterior, como exemplo uma rodovia já pedagiada que passará por novo leilão.

A modelagem do porto de Rotterdam por TOR foi proposta por Taneja, Ligteringen e Walker (2012), na qual a flexibilidade de construção em fases foi incorporada ao contrato de concessão, para permitir que os investidores pudessem abandonar a fase seguinte da construção, caso a demanda não aumentasse conforme esperado. Os autores propuseram a Figura 4 para introduzir flexibilidade no planejamento portuário como uma alternativa aos métodos tradicionais, onde se verifica menor flexibilidade nas mudanças da infraestrutura física e maior na prestação de serviços. Os autores concluem que os portos deveriam adotar a metodologia “*Adaptive Port Planning*”, ou planejamento adaptativo de portos, de forma a assumir uma integração de metodologia de opções reais e gerenciamento de riscos que auxiliaria no planejamento estratégico do setor.

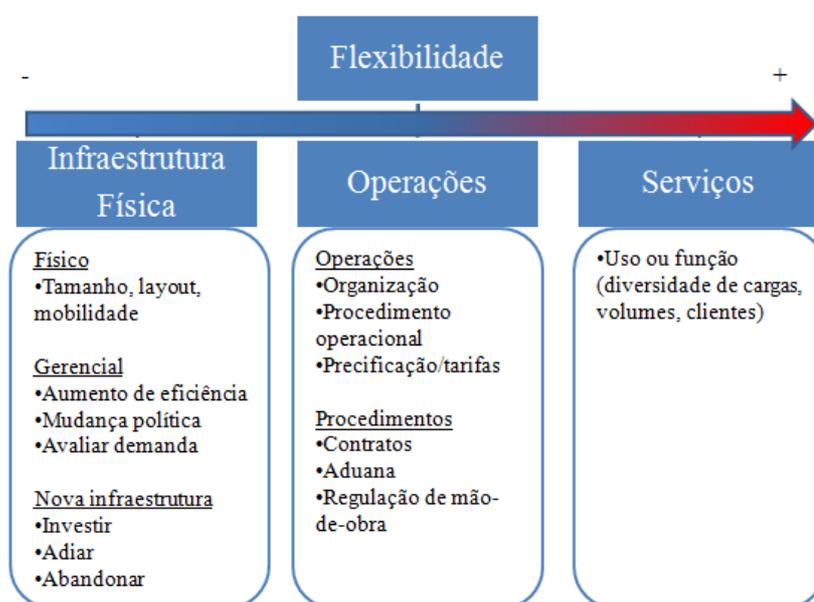


Figura 4 - Planejamento de portos e flexibilidade
 Fonte: Adaptado(TANEJA *et al.*, 2012, p.15).

Taneja (2013) indica a modularidade dos projetos e divisão em fases de investimento, como alternativa para a menor flexibilidade do investimento em infraestrutura física. Além disso, a autora aconselha a adoção de opções reais no planejamento portuário.

Na maioria dos segmentos de infraestrutura, o uso de TOR é uma tendência, bem como seus benefícios (CHIARA, GARVIN e VECER, 2007; MARTINS, MARQUES e

CRUZ, 2013). A flexibilidade pode agregar valor significativo a projetos de infraestrutura portuária.

Há poucos artigos tratando de revisão de literatura de opções reais com abordagem para o setor de infraestrutura portuária. No entanto, Martins *et al.* (2015) fizeram um mapeamento abrangente considerando projetos de energia, transporte (aeroportos, rodovias, trens de alta velocidade), construção civil; entretanto, não destacou projetos portuários.

Como aplicação em casos empíricos, há o artigo de Zheng *et al.* (2017), no qual apreçaram a opção de espera, na expansão de um terminal marítimo para cargas de aço em *Bengbu* (China), sob a ótica do investidor. Os autores usaram um modelo em rede para avaliar as decisões de rota dos navios armadores e precificação da opção via binomial e Simulação de Monte Carlo.

Martins *et al.* (2017) analisaram a opção de expansão do Terminal de Contêiner de Ferrol, na Espanha utilizando opções americanas e modelo de espera. Os autores expõem de forma bastante didática a modelagem binomial por opções reais, baseada em Cox, Ross e Rubinstein (1979) através de um caso prático. Martins *et al.* (2017) concluem que o ganho obtido na análise por opções reais em relação ao método do Fluxo de Caixa Descontado pode viabilizar um projeto, que antes apresentava Valor Presente Líquido negativo. Destaca-se que a análise foi feita utilizando a variável de demanda, volume de carga movimentada, inclusive com análise de sensibilidade e simulação de Monte Carlo. Os autores conectaram o limite de capacidade de movimentação de carga do porto com o momento limite para exercer a opção de espera, no entanto, consideraram o limite de 80% de capacidade de movimentação de contêineres para exercer a opção. Contudo, nesse limite o porto já poderia estar gerando congestionamentos, então é importante avaliar o cenário como um todo, tanto o planejamento como a competição, conforme proposto em Taneja (2013) e Balliauw *et al.* (2019, a).

Balliau *et al.* (2019, a) revisaram a literatura com intuito de criar um modelo para opções reais em portos sobre incerteza. A revisão evidencia que as complexas interações e a concorrência entre as cadeias logísticas e seus atores que se reúnem nos portos têm impactos significativos na capacidade portuária. Além disso, a incerteza é causada por fluxos comerciais internacionais incertos e mudanças na legislação após novas tecnologias e impactos ambientais. Balliau *et al.* (2019, a) exemplificam como lidar com interações cooperativas e competitivas na cadeia, tempo para construção, mercados cíclicos e mudanças na legislação. Também mostram como avaliar a expansão e as opções de investimento em fases.

Randrianarisoa *et al.* (2019) avaliaram sob a ótica de formulador de política a opção de espera, com adaptação aos efeitos da mudança climática e competição entre portos. Os autores contribuíram conectando um tema que está em ampla discussão e tem alto poder de impactar investimentos nesse setor.

Na tentativa de associar a análise de duas teorias, Balliau *et al.* (2019, b) utilizaram opções com jogos e discorrem sobre o impacto da competição entre portos. Em um ambiente altamente competitivo, em que tudo é contabilizado, posição geográfica, serviços, alianças estratégicas; esse artigo pondera as visões do investidor privado e público. A incerteza é incluída no modelo por um movimento browniano geométrico (MGB), permitindo analisar o impacto do crescimento e da incerteza de forma independente. Balliau *et al.* (2019, b) avaliam a competição interportos e seus impactos no investimento de capacidade instalada influenciada pela incerteza de demanda. Os autores concluem que com maior crescimento, a incerteza e a aversão dos clientes à espera aumentam e levam a um projeto maior capacidade, porém em momento posterior. Se a competição entre portos se intensificar, no entanto, o valor da opção de espera é reduzido, levando a investimentos inferiores e em menor capacidade.

Por fim, na análise dos autores, se os portos tiverem maior participação pública, o investimento será maior e ocorrerá mais cedo.

No setor de portos, o uso de TOR ainda encontra certa limitação. Algumas razões para aplicação limitada foram abordadas por Herder *et al.* (2011) e Wang e De Neufville (2005), Martins *et al.* (2017) como as mais relevantes:

- As práticas de planejamento de projetos exigem um conjunto de normas ou diretrizes que deixam pouco espaço para incorporar flexibilidade;
- A flexibilidade é comumente vista como uma ameaça na fase de execução do projeto, tanto para prazos e orçamentos;
- Neste setor, a análise de custo-benefício, com base do FCD é a mais utilizada para o processo de tomada de decisão;
- Os projetos de infraestrutura portuária são geralmente do tipo "investir ou não investir", a partir de um cenário base;
- A forma como os componentes do sistema podem afetar o valor econômico geral do projeto não é considerado no planejamento pré-projeto;
- Falta de incentivos, visto que muitas configurações de infraestrutura portuária se assemelham a um ambiente de monopólio.

Em oposição, destacam-se alguns motivos que justificam a aplicação de TOR, segundo adaptação baseada nos artigos de Taneja *et al.*, 2012 e Balliauw *et al.* (2019, a):

- Mudanças nas condições gerais da economia, incluindo a evolução do mercado financeiro e das taxas de juros.
- Mudanças inesperadas nas tendências dos segmentos industriais (regiões produtoras de *commodities* passam a exportar bens de consumo, exemplo, uma região produzia e exportava uvas e passa a exportar garrafas de vinho). Sinistros, catástrofes ambientais (mudanças climáticas).

- Mudanças nas normas fiscais, contábeis, e da regulamentação que podem afetar os custos ou a demanda dos serviços e produtos oferecidos pelas empresas.
- Diminuição na classificação de risco das empresas, que pode prejudicar a capacidade de captação de capitais para sustentar o crescimento dos negócios.

No Brasil, recentemente, De Moraes Souza *et al.* (2015) realizaram a modelagem de um terminal portuário de celulose em Paranaguá (Paraná, Brasil) via Simulação de Monte Carlo, considerando apenas uma fase de investimento e opção de espera.

Já Souza *et al.* (2018) trataram da aplicação do modelo de *Black-Scholes-Merton* na concessão de um terminal portuário, porém sem determinar o tipo de carga. Os autores utilizaram a opção europeia de adiar o investimento, entretanto para apenas uma fase e a variância, sendo a própria taxa de retorno da ação do empreendimento. Ressalta-se que projetos de infraestrutura normalmente são mais complexos, demandando mais de uma fase de obras e, que de fato, o que influencia nas receitas do terminal é a quantidade de movimentação de carga disponível, sendo importante conhecer qual é o tipo de carga e os volumes que serão movimentados, pois, isso influenciará na modelagem.

Há no APÊNDICE A uma tabela ilustrativa com a relação de todos os artigos relacionados à TOR em portos, autores, fonte, tipo de opção, método, visão, estilo (se teórico ou caso aplicado). Importa mencionar que a pesquisa foi feita entre março/2019 e janeiro/2020 nas bases: *Googlescholar, Ebsco, Scopus*.

O presente estudo contribui para a literatura existente, apresentando como principal contribuição um modelo para avaliação da flexibilidade contratual utilizando a opção americana de expansão. Até o momento não foi identificado artigo nacional semelhante em portos. Para análise empírica, o modelo é aplicado a um caso real de um terminal de contêineres no Brasil.

3. METODOLOGIA

3.1 Reconhecimento e modelagem da incerteza

O presente estudo foi desenvolvido, considerando estrutura semelhante à apresentada por Martins *et al.* (2017) a fim de determinar a flexibilidade incorporada no planejamento e desenvolvimento da infraestrutura portuária, bem como quantificar seu benefício, conforme observado na Figura 5.

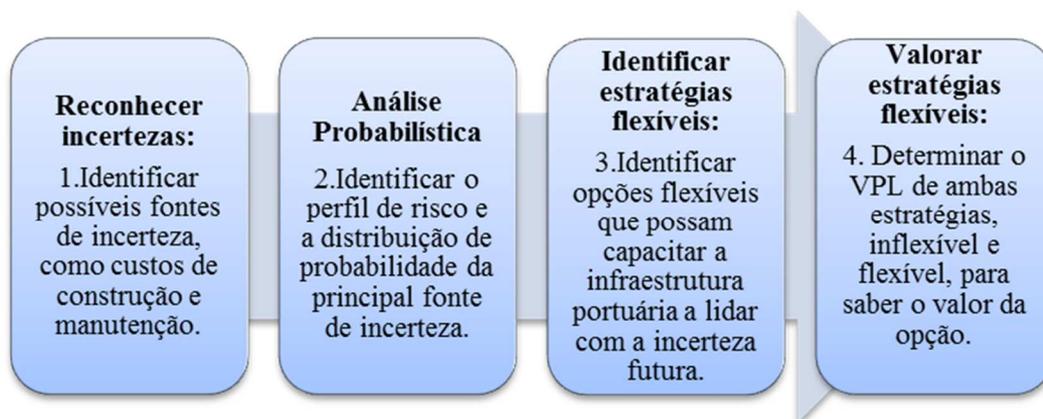


Figura 5 - Estrutura flexível para construção e gerenciamento de infraestrutura portuária
Fonte: Adaptado (MARTINS *et al.*, 2017, p.831).

Considerando o primeiro passo sugerido por Martins *et al.* (2017) identificou-se como a mais relevante incerteza a demanda de cargas, que será analisada visto que nenhuma infraestrutura portuária pode se sustentar sem um nível mínimo de demanda de carga.

Neste estudo será analisada a série histórica de número índice denominada *World Container Index*⁵ ou índice de movimentação mensal de contêineres mundial, período de 2000 a 2019, disponível via acesso privado⁶, ao sistema da THOMSON&REUTERS (T&R), conforme Figura 6.

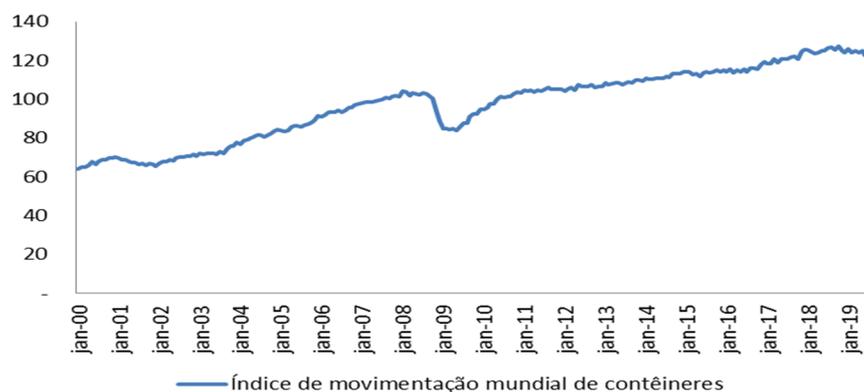


Figura 6 - World Container Index, entre 2000 e 2019.

Fonte: Dados de T&R (2019), elaboração própria.

Observa-se que a série exposta na Figura 6 assume valores positivos constantemente, pois é o reflexo do crescimento no transporte mundial de cargas em contêineres.

Está série foi escolhida porque o terminal de contêineres que é objeto da modelagem possui o tipo de navegação predominantemente de longo curso⁷, como se observa na Figura 7, com participação relativa de 77% na movimentação do ano de 2019 e o fluxo mais relevante é o de exportação, tendo representado 36% do total da movimentação de contêiner.

⁵O código do referido índice na base da T&R "aXWTRDIDX/A".

⁶Acesso disponibilizado pela Universidade Católica Portuguesa de Porto-Portugal.

⁷Navegação de longo curso: atende as rotas comerciais internacionais, diferentemente de cabotagem que é a navegação pela costa de um país.

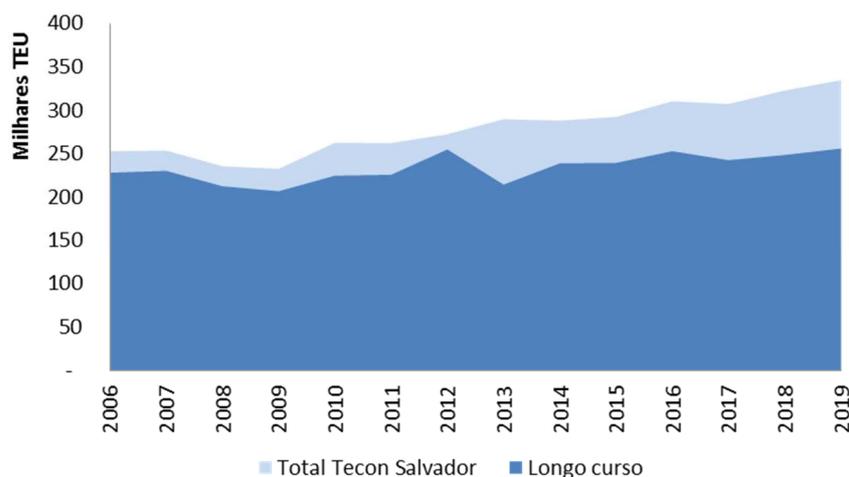


Figura 7- Histórico de movimentação de contêineres no terminal de Salvador

Fonte: Dados de WS (2020), elaboração própria.

Assim, a referida série, que captura todo o movimento mensal de comércio internacional de contêineres, mostrou-se a mais adequada. Para a análise deste caso a amostra utilizada abrange o período de janeiro/2000 até setembro/2019, compreendendo 237 observações.

Na literatura sobre as aplicações de opções reais em infraestrutura e portos, a demanda de carga normalmente é descrita por meio de Movimento Geométrico Browniano - MGB, vide Martins *et al.* (2017) e Balliau *et al.* (2019, b). Já quando a modelagem aborda preço de fretes aparece Movimento de Reversão à Média - MRM.

Para fins de análise da série foram realizados testes estatísticos na série de log-retorno do índice de movimentação mundial de contêineres. Os resultados encontram-se no Anexo A. As taxas de variação do referido índice foram calculadas a partir da aproximação dada pela fórmula abaixo, onde o retorno em um dado período t é dado por:

$$v = \ln(V_t|V_{t-1}) \quad (1)$$

Dixit e Pindyck (1994) sugerem a execução de um teste de raiz unitária como forma de testar a hipótese do processo da variável ser ou não estacionário. A presença da raiz unitária seria um indício de que este processo seguiria um MBG.

Então, com objetivo de determinar a equação que melhor representa o índice de movimentação de contêineres, inicialmente foi analisado se nesta série existem raízes unitárias. A presença de uma ou mais raízes unitárias indica não estacionariedade no comportamento de uma série histórica, ou seja, os valores tendem a aumentar com o transcorrer do tempo, assumindo diferentes padrões, quais sejam: passeio aleatório, passeio aleatório com tendência, processo com tendência determinística. O teste utilizado para identificar raízes unitárias foi o *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Dada a equação estocástica:

$$x_t = \mu + \varphi_1 x_{t-1} + u_t(2)$$

H₀: $\varphi = 0$; existem raízes unitárias.

H₁: $\varphi < 0$; não existem raízes unitárias.

De acordo com testes realizados no software *E-views*, a série estatística apresentou uma raiz unitária. Realizado o teste novamente a partir da primeira e da segunda diferença da série, H₀ não pôde ser rejeitada.

Já no teste *Kwiatkowski ki-Phillips-Schmidt-Shin* (KPSS), a hipótese nula é a de estacionariedade da série. O teste verifica se a série apresenta variância conforme um passeio aleatório. O resultado foi que o processo é estacionário. Realizado o teste novamente a partir da primeira e da segunda diferença da série o resultado continua sendo o mesmo.

H₀="A série é estacionária"

H₁="A série apresenta raiz unitária"

O teste de razão de variância estima como a variância da série se comporta ao longo do tempo. Caso a série se comporte como um caminho aleatório, então é evidenciado um processo não estacionário, logo a diferença da variância cresce ao longo do tempo, se

aproximando de 1. Caso contrário, onde a razão tende para valores próximos de zero, há indícios de processo estacionário, como o MRM. O comportamento foi de caminho aleatório, o que indica MGB.

Identificou-se, após análise estatística, que a série de log retorno do índice de movimentação mensal mundial de contêineres na maioria dos testes realizados apresentou indícios de que segue um processo de difusão do tipo geométrico browniano (MGB) conforme dados a seguir:

	ADF	KPSS	Razão de variância
Indícios	MGB	MRM	MGB

Tabela 1-Resultado dos testes estatísticos

Fonte: Elaboração própria.

O MGB também é conhecido como um processo de caminho aleatório, cuja formulação diferencial é dada por:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad (3)$$

No qual S é o valor da variável modelada, μ é a taxa de crescimento de S , σ é o parâmetro de volatilidade de S , o incremento de tempo é dado por dt e dz é o incremento padrão de *Wiener*, proporcional a \sqrt{dt} e com distribuição normal.

A modelagem da incerteza do projeto pode ser simplificada ao adotar o método binomial para apreçamento das opções. Neste caso, com a extração do parâmetro de volatilidade σ da série de retornos da variável de incerteza, o valor presente (VP) do projeto sem opção pode ser calculado em uma árvore binomial de eventos. Ao utilizar o modelo de Cox *et al.* (1979) os movimentos ascendentes e descendentes (u e d) são observados como:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (4)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = 1/u \quad (5)$$

Onde Δt é o intervalo de tempo do processo. Para o presente estudo foi considerada a tomada de decisão de investimento anual podendo ocorrer a cada ano, a depender das condições de mercado para a continuidade do empreendimento. Para tanto, foi considerado o Δt igual a 1 ano.

Ao utilizar um modelo binomial com cálculo de dividendos, busca-se incorporar à modelagem os casos em que o exercício antecipado das opções seria ótimo (BLACK e SCHOLES, 1973; MERTON, 1973) e, portanto a cada nó binomial obter uma aproximação para o cálculo de opções americanas, seguindo o conceito de gatilho observado por Dias (2015).

Na árvore binomial, a cada cenário possível, em cada nó, a probabilidade influencia a avaliação final do projeto. A probabilidade de cada resultado, num primeiro momento é determinada para o fluxo de caixa determinístico do projeto, sendo: $q = \frac{e^k - d}{u - d}$, e:

$$1 - q = \frac{u - e^k}{u - d}, \text{ onde } q \text{ é a probabilidade.}$$

As variáveis de entrada do modelo são o seu custo de capital ajustado a risco k e a sua volatilidade σ , sendo as probabilidades objetivas q e $(1-q)$.

Por se tratar de uma árvore binomial com desconto de dividendos em t (Div_t), observou-se a necessidade de calcular o valor presente *ex-ante dividendos* (VP_a) e o valor presente *ex-post dividendos* (VP_p). Para todos os períodos de projeção devem ser obtidos os fluxos de caixa projetados e calculados os VPs , sendo que:

$$FC_1 = VP_{a1} - VP_{p1}, \dots, FC_n = VP_{an} - VP_{pn} \quad (6)$$

O vetor de taxas de dividendos (δ) passa a ser definido como:

$$\delta_1 = FC_1 / VP_{a_1}, \dots, \delta_n = FC_n / VP_{a_n}, \quad (7)$$

No qual:

VP_{a_t} : é o VP antes de dividendos antes da opção em t .

VP_{p_t} : é VP após desconto de dividendos e antes da opção em t .

O VP_{p_t} é iguala $VP_{a_t} \cdot (1 - \delta_t)$ e a taxa de dividendos observada considera:

$$Div_t = VP_{a_t} - VP_{p_t} = VP_{p_t} \times (1 / (1 - \delta_t) - 1) = VP_{p_t} \times \delta_t / (1 - \delta_t) \quad (8)$$

A árvore de eventos projetada a partir do desconto de dividendos pode ser observada pela Figura 6, na qual são ilustrados os dois primeiros períodos da árvore binomial. A árvore binomial construída desta forma pressupõe taxas de desconto k diferenciadas a cada nó binomial, de acordo com o risco em cada etapa, dado que o exercício de opções altera o risco do projeto.

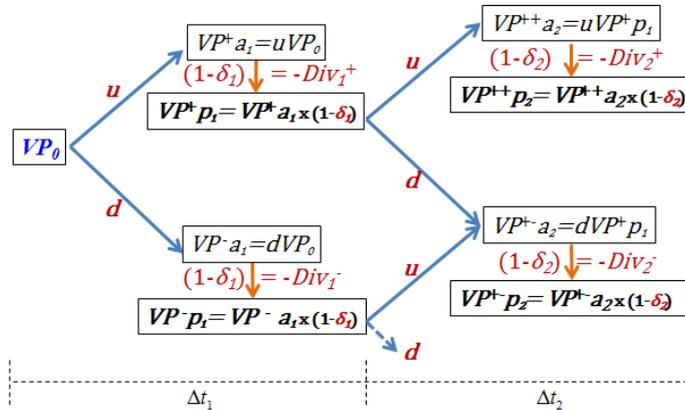


Figura 8– Binomial projetada com desconto de dividendos e sem opção.

Por outro lado, para que não seja necessário utilizar diferentes taxas de desconto a cada passo da binomial, utiliza-se a abordagem neutra a risco. A abordagem neutra a risco simula o que aconteceria se o risco fosse eliminado em todos os nós de decisão e faz com que o VP seja sempre o mesmo daquele obtido pela árvore binomial com risco.

Dessa forma, assume-se o resultado livre de risco, uma vez que o VP do projeto seja um estimador de seu valor de mercado, considerando o mercado como completo e a solução do

problema através de probabilidades neutras ao risco. Sendo: r_f a taxa livre de risco, definem p e $(1-p)$ como:

$$p = \frac{e^{r_f} - d}{u - d}, \text{ e } (1-p) = \frac{u - e^{r_f}}{u - d} \quad (9)$$

As quais são chamadas de probabilidades neutras ao risco. Em não havendo oportunidade de ganhos livres de risco, o valor presente expandido do projeto na data zero (VP_{EXP0}) com opções pode ser descontado à taxa livre de risco r_f , como observado na Figura 8.

A avaliação da opção pela árvore binomial seguindo Cox *et al.* (1979) torna o resultado do valor da opção independente das probabilidades objetivas q e $(1-q)$ e permite que se utilize a taxa livre de risco como taxa de desconto em todos os nós da árvore binomial. Assim, as opções reais podem ser modeladas na árvore binomial, a partir do passo final desta, calculando-se o *payoff* de trás para frente, descontando-se a taxa livre de risco, período a período, até o valor inicial, para obter o valor presente expandido do projeto.

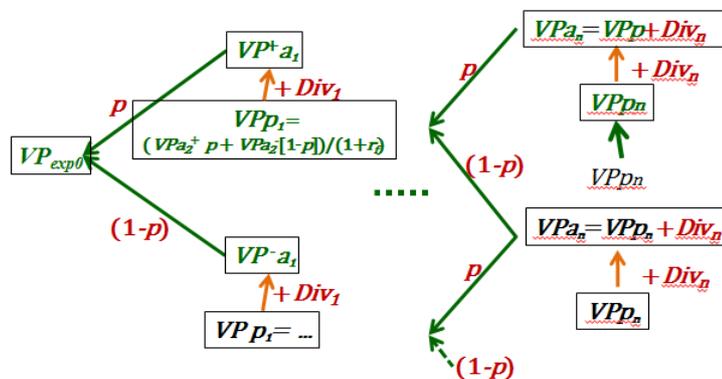


Figura 9 – Binomial de VPs descontada com dividendos.

O valor da opção VPp_0 é dado por:

$$VPp_0 = VP_{EXP0} - VP_0 \quad (10)$$

Para chegar a este valor expandido em $t = 0$, a cada instante e nó binomial é utilizada a regra de maximização entre o exercício das opções de expansão e continuidade simultaneamente. O valor das opções (ξ) , na data zero, será dado por:

$$\xi_0^{Call+Put} = \sum_{t=1}^N \left(\max \left(VP_{pós-DIV}^+ \cdot \mathcal{X}_E - I; \left(VP_{pós-DIV}^+ \cdot p + VP_{pós-DIV}^- \cdot (1-p) \right) \cdot e^{-r_f t} \right) \right) \quad (11)$$

Na qual o $VP_{pós-DIV}^+ = VP p_t \mathcal{X} \delta_t / (1 - \delta_t)$ é multiplicado pela expectativa de crescimento do fluxo de caixa expandido, aqui visto como o fator de expansão do fluxo de caixa de \mathcal{X}_E . O modelo incorpora a cada nó binomial a regra de maximização entre a opção de adiar o investimento, a partir do valor presente do adiamento descontado em tempo contínuo ($e^{-r_f t}$), e os demais valores de expansão pós-desconto de dividendos.

Ressalta-se que nesta modelagem foi utilizada a opção de compra americana que é diferente da usualmente utilizada “opção de compra europeia”. Segundo Martins *et al.* (2017) alguns contratos incorporaram a chamada "opção de compra europeia", ou seja, a possibilidade de exercer, ou não, a opção em uma data específica - a data de vencimento. No entanto, isso é diferente da possibilidade de exercer a opção a qualquer momento – a opção de compra americana.

O VPL obtido para esse cenário será usado para comparar com o cenário flexível para avaliar se vale a pena considerar e, em caso afirmativo, qual é o valor subjacente.

Destaca-se que poderia ser utilizada também outra abordagem para modelagem. Uma proposta para futuros estudos seria utilizar a análise de Brandão, Dyer&Hahn (2012) em que a volatilidade do fluxo de caixa do projeto estaria condicionada às expectativas (estimadas) dos valores presentes do projeto.

4. O MODELO E RESULTADOS

4.1 Características gerais

O modelo de avaliação proposto foi aplicado à análise de um Terminal de Contêineres localizado no nordeste do Brasil. Em novembro/2016 foi publicado no site da CODEBA, Autoridade Portuária, aditivo ao Contrato de Arrendamento, contemplando a prorrogação antecipada do arrendamento, passando o encerramento do ano 2025 para 2050.

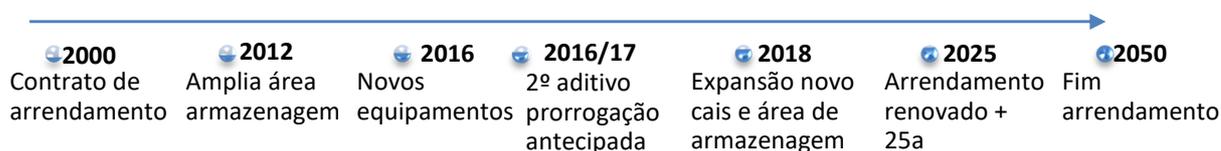


Figura 10 – Linha do tempo das alterações no contrato de arrendamento

Fonte: CODEBA(2019)

O contrato de concessão facultava ao próprio arrendatário a flexibilidade de prorrogação do prazo contratual, tendo como contrapartida a obrigação de realizar investimentos de expansão do terminal, a partir de marcos estabelecidos pelo poder concedente.

Há o compromisso de realizar expansão da área de armazenagem inicialmente em 28.159m² e posteriormente em 88.803 m², além do aumento do cais principal em 423m, e também aquisição de equipamentos de movimentação de cargas. Esta ampliação permite que navios maiores, com cerca de 366m passem a ancorar nesse porto.

Segundo Plano Mestre do Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias (MI, 2018), a movimentação em 2016 correspondeu a 302 mil TEU, que foi o maior valor observado nos últimos anos. Consta ainda no Plano Mestre (MI, 2018) projeção de movimentação de cargas até 2060, em que se espera que a demanda de contêineres cresça a uma taxa média de 1,9% ao ano, atingindo 715 mil TEU no final do período.

Entretanto, observou-se no *World Container Index* (T&R, 2019), citado na seção anterior, Figura 4, que entre 2018 a 2019 houve uma queda na movimentação mundial de contêineres. De acordo com UNCTAD (2019), considerando o período de 2019-2024 uma nova “normal” parece estar se refletindo em um crescimento moderado no mundo, principalmente devido ao rebalanciamento da economia da China, o impacto da tecnologia na cadeia de suprimentos, de desastres naturais e mudanças climáticas. Então, espera-se um crescimento anual inferior em relação aos últimos anos.

4.2 Projeto de Expansão (Cenário Base)

Os investimentos, como constam no segundo aditivo ao contrato firmado com a Companhia Docas do Estado da Bahia (CODEBA) são divididos em três fases principais (1,2,3), cada estágio representando um aumento na capacidade e um determinado investimento. Para a aplicação do modelo proposto no presente estudo, os investimentos são trazidos a valor presente de 2019. O contrato define os prazos para investimentos, sendo em 2020, 2030, 2034, respectivamente. A Figura 11 ilustra as etapas de expansão previstas no aditivo celebrado em 2016 para o contrato.

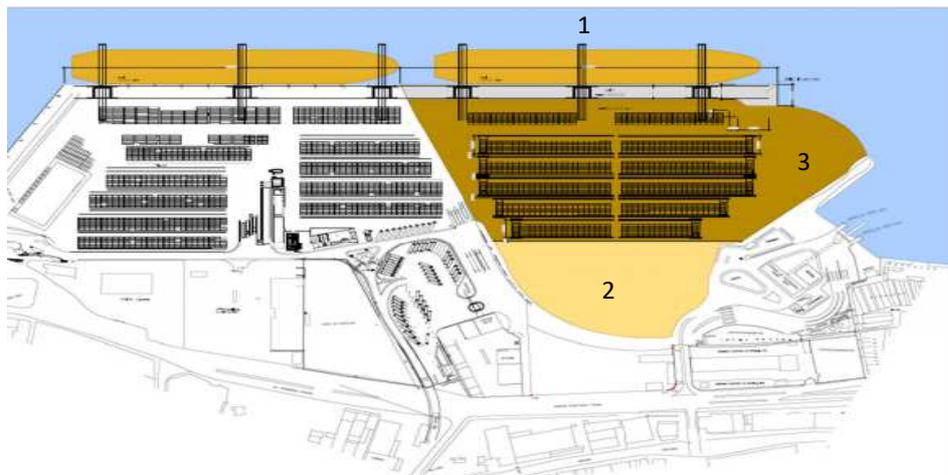


Figura 11- Plano de expansão do terminal
Fonte: WS (2019).

As receitas e custos de operação foram precificados em TEU. Tais valores foram estimados a partir de referências do setor em dezembro/2018 e obtidos com base no *benchmark* das operações existentes em portos com condições operacionais semelhantes. A Tabela 2 ilustra as premissas principais utilizadas para estruturar o modelo base do projeto.

Condições	Detalhes
Condições gerais de expansão do projeto	<ul style="list-style-type: none"> Operado pelo grupo Wilson Sons Aditivo 2 ao contrato de arrendamento assinado em nov/16, prorrogou o arrendamento por mais 25 anos (até 2050) Ampliação do cais principal: 423m Fase 1: aumento de capacidade 314.000 TEU Fase 2: aumento de capacidade 35.000 TEU Fase 3: aumento de capacidade 141.000 TEU
Expansão	<ul style="list-style-type: none"> Fase 1: R\$ 345,6 milhões em 2020 Fase 2: R\$ 38 milhões, área de armazenagem, até 2030 Fase 3: R\$ 154,8 milhões, ampliação de área de armazenagem, até 2034
Outros dados da projeção	<ul style="list-style-type: none"> Receita média em TEU: R\$ 713,0 Movimentação de Contêiner em 2019: 301.377 TEU Crescimento de carga estimado: 1,9% a.a Custo variável: R\$389,0 (média em TEU) Custo fixo: aproximadamente 20% da receita Taxa livre de risco: 4,13%a.a (T-Bond EUA⁸). WACC (<i>Shipping&Marine</i>⁹): 12,06% a.a

Tabela 2 - Premissas do cenário base

⁸T-Bond: média geométrica dos últimos 10 anos, disponível no campo "data" (DAMODARAN, 2019)

⁹WACC *Shipping&Marine*: WACC da categoria *Shipping&Marine*, média de 342 empresas do setor, atualizada de acordo com dados de inflação EUA e BR, disponível no campo "data" (DAMODARAN, 2019).

Fonte: Dados de CODEBA (2019), DAMODARAN (2019), MI (2018), WS (2019); elaboração própria.

Para o WACC considerou-se a premissa financeira da indústria de *Shipping&Marine* e para taxa livre de risco o T-Bond, ambos através de consulta ao site de Damodaran (DAMODARAN, 2019).

Considera-se a utilização de metodologia FCD, estimando a taxa de crescimento de demanda conforme Plano Mestre (MI, 2018) e que todos os investimentos ocorrerão no ano zero (2019), sem considerar eventuais impactos no prazo ocasionados por questões ambientais, trabalhistas, entre outras. Foi considerada no cenário base a modelagem de dividendos *ex-ante* e *ex-post* conforme mencionado na seção anterior. Como o prazo final do arrendamento é 2050, e nesta projeção foram considerados apenas 16 anos, foi utilizado o recurso da perpetuidade ao final do período da projeção.

Esta é a abordagem típica de planejamento de infraestrutura e a maior parte dos planos de expansão de terminais é projetada de acordo com um cronograma fixo para investimentos.

Seguindo a metodologia FCD, o VPL obtido para este cenário, considerando o período de 16 anos é negativo em R\$ 48 milhões. O fato de o cenário base considerado ter um VPL negativo, em meio ao atual ambiente econômico e os custos envolvidos (tanto em despesas operacionais e de capital), demonstra que o projeto apresenta um perfil de risco

Adicionalmente, ao analisar a taxa interna de retorno (TIR) de 9,4% a.a. obtida a partir dos fluxos de caixa do projeto e compará-la ao custo de capital¹⁰ de 13,22% a.a., percebe-se que o projeto não é atrativo. Uma vez que a TIR é uma variável relevante a ser considerada em concessões ou arrendamentos pelo poder concedente, este diferencial entre taxas poderia resultar em descontinuidade dos planos de expansão.

¹⁰Fonte: Damodaran, 2019.

4.3 Resultados da avaliação com flexibilidades

Ao avaliar o projeto de expansão do terminal como uma flexibilidade e não uma obrigação contratual, o modelo proposto incorpora a modelagem da incerteza de demanda e as opções de postergar e ou realizar a expansão apenas em cenários favoráveis. A possibilidade de antecipar os investimentos de expansão pode ser identificada em leitura do segundo aditivo disponível no site da CODEBA (2019).

Para modelagem da incerteza de demanda do projeto, foi utilizada a série histórica disponível e mais longa possível, referente ao índice de movimentação mensal de contêineres mundial entre 2000 e 2019 (T&R, 2019). A partir desta série foram extraídos parâmetros de taxa de crescimento da movimentação de carga (α) e volatilidade (σ), e com estes foram calculados os movimentos de subida (u) e descida (d), bem como as probabilidades (p e $1-p$), que são utilizadas no modelo binomial de Cox *et al.*(1979). Os dados seguem sintetizados na Tabela 3.

Itens	Valores
Demanda inicial (ano zero: 2019)	301 mil TEU
Taxa de crescimento da movimentação de carga (α)	1,9% a.a,
Volatilidade (σ)	4,43%
Movimento de subida (u)	1,0453
Movimento de descida (d)	0,9567
Probabilidade (p)	0,9549
Taxa livre de risco (r_f-T-Bond EUA)	4,13%a.a.
WACC (<i>Shipping&Marine</i>)	12,06% a.a.

Tabela 3-Premissas do cenário flexível

Fonte: Dados de CODEBA (2019), DAMODARAN (2019), MI (2018), WS (2019); elaboração própria.

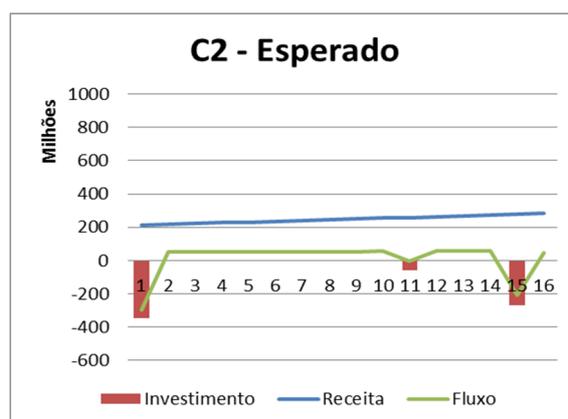
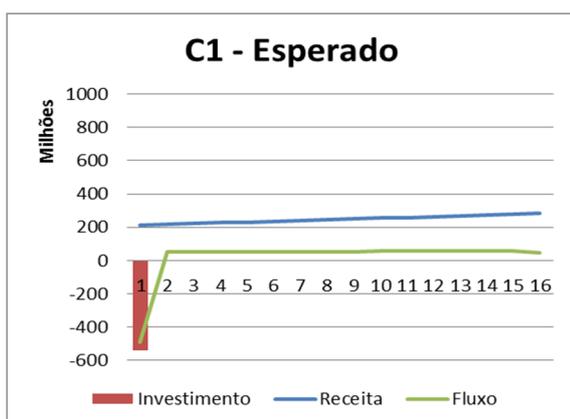
Ao estruturar o modelo binomial com os parâmetros observados foi considerada a média de dividendos do cenário base e usou-se para o cálculo das opções a taxa de dividendos.

Observou-se que considerando a opção de realizar a expansão em fases, o VPL torna-se positivo com o adiamento da realização das obras até momentos oportunos no futuro, mas dentro do range de prazo permitido em contrato (opção de espera faseada). Na tabela 4

verifica-se que os resultados de VPL variaram de R\$ 854 milhões (perspectiva otimista) a R\$ 539 milhões (perspectiva pessimista). Dessa forma, é possível verificar os melhores períodos para investimento ao longo da árvore. As árvores encontram-se no APÊNDICE B.

Na avaliação dos resultados foram criados 4(quatro) cenários comparativos na metodologia FCD, sendo detalhados a seguir:

- C₁: considerando a antecipação das 3 fases de obras de ampliação no ano zero e somente o crescimento natural de cargas de 1,9% proposto no Plano Mestre (MI, 2018).
- C₂: considerando a realização das 3 fases de obras de ampliação, conforme prazos contratuais e somente o crescimento natural de cargas de 1,9% proposto no Plano Mestre (MI, 2018).
- C₃: considerando a antecipação das 3 fases de obras de ampliação no ano zero e o crescimento de cargas em 3 subcategorias (otimista, esperado e pessimista).
- C₄: considerando a realização das 3 fases de obras de ampliação conforme prazos contratuais e o crescimento de cargas em 3 subcategorias (otimista, esperado e pessimista).



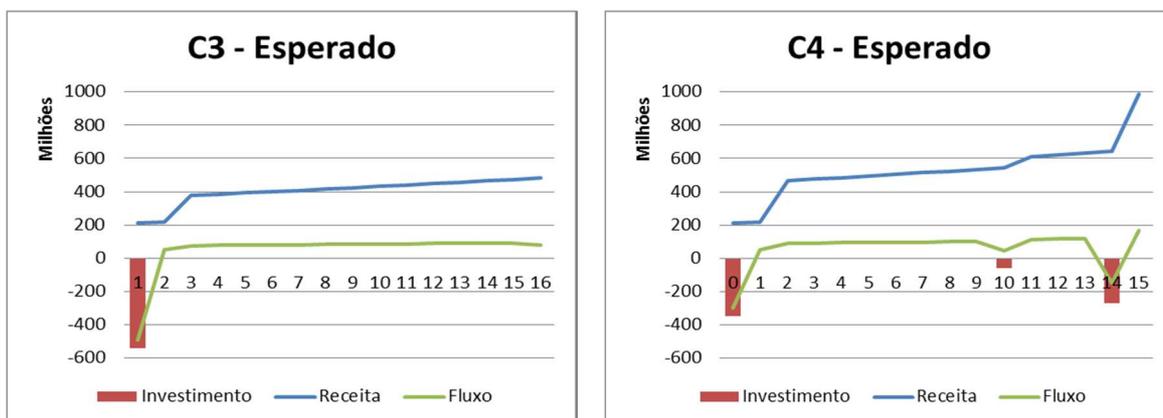


Figura 12- Gráficos dos resultados para os 4 cenários

Fonte: autoria própria.

Foram comparados os resultados do cenário 4 de VPL das metodologias FCD e OR em 3 perspectivas:

- Otimista, considerando que a expansão amplie a movimentação em TEU em 240%;
- Esperado, considerando que a expansão amplie a movimentação em TEU em 170%;
- Pessimista, considerando que a expansão amplie a movimentação em TEU em 100%.

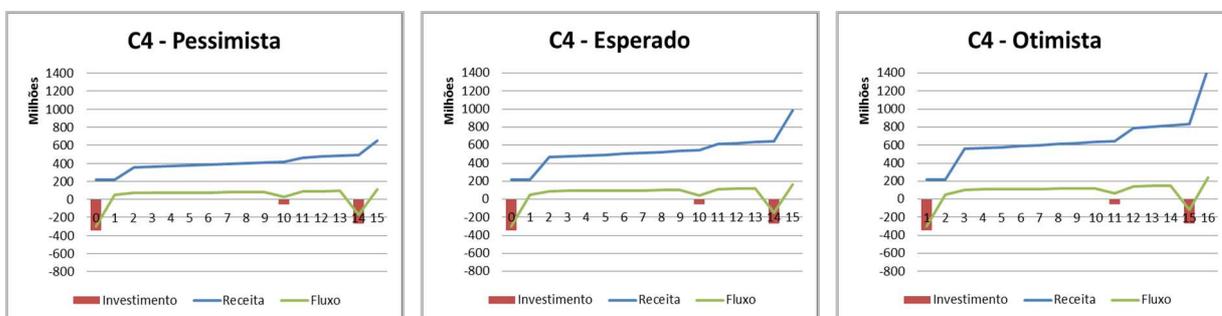


Figura 13- Gráficos dos resultados para as 3 perspectivas

Fonte: autoria própria.

A seguir foi produzida tabela comparativa com os resultados de VPL:

	Otimista			Esperado			Pessimista		
	FCD	OR	%	FCD	OR	%	FCD	OR	%
C1	- 48,75	-	-	- 48,75	-	-	- 48,75	-	-
C2	72,03	-	-	72,03	-	-	72,03	-	-
C3	411,38	-	-	181,32	-	-	48,75	-	-
C4	835,51	854,22	2%	573,24	680,58	19%	342,03	539,20	58%

Tabela 4- Resultados de VPL

Fonte: Elaboração própria.

Comparou-se também o resultado geral entre as metodologias FCD e OR, com base na tabela elaborada por Taneja *et al.*, 2011:

Avaliação do projeto	Baseado em fluxo de caixa descontado (tradicional)	Baseado em opções reais
Variáveis	Fluxo de caixa: custo e receita	Fluxo de caixa: custo, receita, flexibilidade
Incertezas	Frequentemente desconhecida ou não quantificada	Reconhece incertezas e lida com elas através de ações de pré-planejamento e sistema de monitoramento que permite aprendizado e resolução das incertezas ao longo do tempo
Resultado	N/A	Incerteza = Demanda. Análise da série índice de movimentação mundial de contêineres
Cenários	Muitos cenários individuais	Modelo integrado com múltiplos cenários
Resultado	Elaborados 4 cenários e para 2 desses cenários, mais 3 subcenários (otimista, esperado e pessimista)	Elaborado um modelo contendo múltiplos cenários, com avaliação inclusive do VPL da realização de toda expansão ou de fases parciais, com janelas de oportunidade.
Critério de decisão	$VPL > 0$, escolha da alternativa com maior VPL	$(VPL + \text{valor da flexibilidade}) > 0$
Resultado	$VPL_{\text{tradicional}} < VPL_{\text{OR}}$	Neste caso, foi sempre superior ao método tradicional, no entanto no cenário 4 – otimista os resultados são muito próximos. Também há um ganho com a possibilidade de escolha a qualquer momento do tempo (opção americana).
Processo	Estático, gerenciamento passivo	Dinâmico, baseado em novos conhecimentos, gerenciamento ativo
Resultado	-Inflexível - Amplamente aplicado e de menor complexidade	-Flexível - Pouco aplicado na prática e mais complexo - Acompanhamento ativo da demanda e seus impactos no projeto - Possibilidade de decisão pelo todo ou em fases e visão das oportunidades por período

Tabela 5– Resultados comparados

Fonte: Adaptado (TANEJA *et al.*, 2011, p.12).

Em termos de limitação da análise, destaca-se que a concorrência interterminal¹¹ não foi considerada. Conforme apresentação do Instituto ILOS, denominada “Portos 2021” (ABRATEC, 2020), a movimentação de contêineres no Brasil é dividida em *Clusters*¹². No caso do “*Cluster* nordeste”, há uma expectativa de crescimento entre 2018-2026 de 5,1% (CERIGATTO e BARROS,2018), porém a taxa pode variar entre terminais, influenciada pelas condições de infraestrutura (quantidade de cais disponíveis, calado, acessos marítimo e terrestre); condições operacionais (histórico de filas e relacionamento entre armadores). Assim, a associação da teoria de opções reais com a teoria dos jogos seria uma abordagem a ser desenvolvida em futuros estudos.

Em modelos de avaliação econômico-financeira observa-se que algumas variáveis podem sofrer significativa variação ao longo do tempo. Assim, uma análise de sensibilidade foi realizada para a volatilidade (σ), ao qual foi extraído de uma série histórica de dados de movimentação de carga.

Para tanto, foram consideradas as seguintes alternativas (A1, A2,A3) de variações na volatilidade. O impacto de tal variação na avaliação por opções reais (OR) pode ser visto na Tabela abaixo.

(valores em R\$ milhões)		Volatilidade de referência do estudo		
		← 4,4% →		
Alternativas de volatilidade	VPL	A1 (1%)	A2 (16%)	A3 (30%)
“VPL tradicional” C4Esperado	573	573	573	573
“VPL TOR” C4 Esperado	680	680	680	700
% incremento	19%	19%	19%	22%

Tabela 6 - Análise de Sensibilidade sob o valor do projeto

Fonte: Elaboração própria.

¹¹Concorrência interterminal: entre terminais instalados em portos em diferentes Estados, por exemplo. Já concorrência intraterminal seria a concorrência entre terminais instalados em um mesmo porto, na mesma área geográfica, terminais vizinhos, por exemplo.

¹² Grupo de empresas, neste caso terminais, que estão inter-relacionadas na mesma área de atuação.

A análise da Tabela 6 demonstra que o valor do projeto com flexibilidades é pouco sensível a pequenas variações na volatilidade. Entretanto, quando se testa variações a partir de 30% há representatividade da demanda de cargas na viabilidade econômico-financeira do projeto de expansão do porto. Tal incerteza impacta tanto o projeto de ampliação do pátio para movimentação e armazenagem, quanto à área de atracação.

5. CONCLUSÃO

O planejamento da infraestrutura portuária no Brasil precisa de estudos que enderecem novas modelagens e flexibilidade sem contratos. Considerando as diversas incertezas que podem impactar um projeto de infraestrutura portuária, a demanda pode ser considerada uma das mais relevantes. Associar a análise dessa incerteza juntamente às flexibilidades contratuais em um único modelo pode ser um fator decisivo para identificar a viabilidade financeira de um projeto.

A dinâmica do comércio marítimo, as novas tecnologias, a consolidação de cargas dos grandes armadores e a pressão comercial dos portos tendem a aumentar o risco a demanda de movimentação de carga. Em acréscimo, os investimentos em terminais são intensivos em capital, ea incerteza sobre a demanda (carga) pode impactar de forma significativa a viabilidade desses projetos.

Assim, torna-se mais claro que a abordagem tradicional de planejamento de investimentos em terminais, baseada em datas predeterminadas, precisa ser aliada a uma abordagem mais flexível, capaz de lidar com a incerteza e fornecer tanto ao formulador de política quanto ao investidor, a capacidade de agregar valor a estes empreendimentos.

De forma ilustrativa, o caso de um Terminal de Contêineres no Brasil foi desenvolvido no presente estudo. O caso apresentado corrobora a hipótese de que é possível obter um maior

valor de um projeto, se houver flexibilidade contratual planejada de acordo com o desenvolvimento da demanda de carga (a variável modelada). Utilizando modelos flexíveis o investidor pode programar e reprogramar seu investimento obtendo o melhor retorno do projeto de acordo com a mudança das variáveis ao longo do tempo.

O valor da opção é significativo, pois um projeto com um VPL negativo de R\$ 48 milhões para um período de 16 anos passa a ter viabilidade econômica se considerarmos a opção de expansão em fases. Além disso, garante maior flexibilidade ao investidor para avaliar a cada momento o cenário ótimo, conforme as perspectivas de demanda se alteram.

A análise de sensibilidade realizada na variável volatilidade da demanda destacou baixo impacto na modelagem no caso de variações pequenas e somente notou-se resultado quando a volatilidade atingiu valores a partir de 30%.

Destaca-se a contribuição para literatura, pois conforme evidenciado na seção 2 foram identificados apenas dois artigos publicados em revistas nacionais sobre este assunto específico. Trata-se de um tema atual e que pode contribuir na avaliação de investimentos no setor de portos.

Neste estudo o escopo foi limitado ao projeto de expansão, sem análise de concorrência entre terminais, devido à disponibilidade de dados. Ressalta-se também que por limitação de tempo não foram feitos outros testes de sensibilidade ou análise comparativa utilizando outras abordagens, sistemas. Em relação a modelagem por opções reais destaca-se a limitação da complexidade ao adicionar variáveis.

Vislumbra-se um amplo campo de estudos de opções reais no setor de portos, avaliando:

i) o valor da opção de renovações antecipadas de contratos de infraestrutura (assunto atualmente bastante discutido não somente no setor de portos, mas também em ferrovias, rodovias);

ii) garantias (no caso específico de portos o uso de garantias como equipamentos portuários, pode representar uma flexibilidade para o investidor, caso esteja adequadamente regulado pela autoridade portuária e com segurança jurídica para utilização);

iii) abandono (até o presente momento não há caso prático de cálculo de ressarcimento do ativo regulatório em portos, entretanto há previsão legal, portanto, uma oportunidade de estudo utilizando TOR);

iv) mudanças regulatórias (uma consequência seria a paralisação em obras), que podem ser modeladas como incerteza adicional em modelo bivariado (duas incertezas).

Em futuros estudos, podem ser desenvolvidas modelagens de outras variáveis (custos, aspectos regulatórios, taxas de crescimento); bem como analisado via outros métodos, tais como: simulação de Monte Carlo; curva de gatilho; programação. Cabe também o desenvolvimento da interação da teoria dos jogos e da teoria de opções reais, posto que há concorrência entre terminais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRATEC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TERMINAIS DE CONTÊINERES. Portos 2021: Avaliação de Demanda e Capacidade do Segmento Portuário de Contêineres no Brasil. Disponível

em: <https://abratec.terminais.org.br/files/Portos2021_Avaliacao_de_Demanda_e_Capacidade_do_Segmento_Portuario_de_Conteineres_no_Brasil.pdf>. Acesso em : 20/01/2020.

ALDERTON, P. Management and Operations. London: **Lloyd's Practical Shipping Guides**.1999.

ALONSO-CONDE, A. B.; BROWN, C.; ROJO-SUAREZ, J. Public private partnerships: Incentives, risk transfer and real options. **Review of Financial Economics**, v. 16, n. 4, p. 335-349,2007. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-36249025839&partnerID=40&md5=bb8265627ea6ce62bb5a5d56f7a8f792>>. Acesso em: 10/12/2019.

AMRAN, M. Strategy and Shareholder Value Creation: The Real Options Frontier. **Journal of Applied Corporate Finance**, v. 13, n. 2, p. 15-28 Summer,2000.

ANTAQ.AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Estatístico Aquaviário**. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/anuario/>>. Acesso em: 26/01/2020.

ATTARZADEH, M., CHUA, D. K., BEER, M., & ABBOTT, E. L..Options-based negotiation management of PPP–BOT infrastructure projects. **Construction management and economics**, v. 35, n. 11-12, p. 676-692, 2017.

BALLIAUW, M.; MEERSMAN, H.; VAN DE VOORDE, E., & VANELSLANDER, T. Towards improved port capacity investment decisions under uncertainty: a real options approach. **Transport Reviews**, v. 39, n. 4, p. 531-552, 2019.(a)

BALLIAUW, M.; KORT, P. M.; ZHANG, A.. Capacity investment decisions of two competing ports under uncertainty: A strategic real options approach. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 122, p. 249-264, 2019. (b)

BENDALL, H. B.; STENT, A. F. Ship investment under uncertainty: Valuing a real option on the maximum of several strategies. **Maritime Economics & Logistics**, v. 7, n. 1, p. 19-35, 2005.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of political economy**, v. 81, n. 3, p. 637-654, 1973.

BLANK, F. F. ; SAMANEZ, C. P.; BAIDYA, T. K. N.; & DIAS, M. A. G Economic valuation of a toll road concession with traffic guarantees and the abandonment option. **Production**, v. 26, n. 1, p. 39-53, 2016.

BOWE, M.; LEE, D. L. Project evaluation in the presence of multiple embedded real options: evidence from the Taiwan High-Speed Rail Project. **Journal of Asian Economics**, v. 15, n. 1, p. 71-98, 2004. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/a/eee/asieco/v15y2004i1p71-98.html>>. Acesso em: 10/12/2019.

BRANDÃO, L. E., DYER, J. S., & HAHN, W. J. Volatility estimation for stochastic project value models. **European Journal of Operational Research**, v. 220(3), p. 642-648. doi: 10.1016/j.ejor.2012.01.059. 2012. Disponível em: <<https://researchers.dellmed.utexas.edu/en/publications/volatility-estimation-for-stochastic-project-value-models>> Acesso em: 20/02/2020.

BRANDÃO, L. E. T.; BASTIAN-PINTO, C. D. L.; GOMES, L. L.; & SALGADO, M. S.. Incentivos governamentais em PPP: uma análise por opções reais. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 52, n. 1, p. 10-23, 2012. Disponível em: <<https://rae.fgv.br/rae/vol52-num1-2012/incentivos-governamentais-em-ppp-analise-por-opcoes-reais>> .Acesso em: 10/12/2019.

BRANDÃO, L. E. T.; SARAIVA, E. C. G. The option value of government guarantees in infrastructure projects. **Construction Management and Economics**, v. 26, n. 11, p. 1171 - 1180, 2008. ISSN 0144-6193. Disponível em: <<http://www.informaworld.com/10.1080/01446190802428051>>. Acesso em: 10/12/2019

BREALEY, R.A.; MYERS, S.C. **Principles of Corporate Finance**. 5th Edition, McGraw-Hill/Irwin, New York. 1996.

BRENNAN, M. J.; SCHWARTZ, E. S. Evaluating Natural Resource Investments. **The Journal of Business**, v. 58, n. 2, p. 135-157, 1985. ISSN 00219398. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2352967>>. Acesso em: 10/12/2019.

BUYUKYORAN, F.; GUNDES, S. Optimized real options-based approach for government guarantees in PPP toll road projects. **Construction Management and Economics**, v. 36, n. 4, p. 203-216,2018. ISSN 0144-6193.

CADE. Conselho Administrativo de Defesa Econômica. Departamento de Estudos Econômicos do CADE. Cadernos do CADE: **Mercado de serviços portuários** - Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.cade.gov.br/aceso-a-informacao/publicacoes-institucionais/dee-publicacoes-anexos/CadernosdoCadePortos26092017.pdf>> Acesso em 05/05/2019.

CARBONARA, N.; PELLEGRINO, R. Public-private partnerships for energy efficiency projects: A win-win model to choose the energy performance contracting structure. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 1064-1075,2018. ISSN 0959-6526.

CERIGATTO, L.G.; BARROS, M..Utilização dos terminais de contêineres no Brasil. **Revista Tecnológica**.13/07/2018.Disponível em: <<https://www.tecnologica.com.br/portal/artigos/77801/utilizacao-dos-terminais-de-conteneres-no-brasil/>>Acesso em: 20/01/2020. 2018

CHAROENPORNPATTANA, S.; MINATO, T.; NAKAHAMA, S. Government supports as bundle of real options in built-operate-transfer highways projects.7th **Annual International Conference on Real Options**, 2002.

CHEAH, C. Y. J.; LIU, J. Valuing governmental support in infrastructure projects as real options using Monte Carlo simulation. **Construction Management and Economics**, v. 24, n. 5, p. 545 – 554,2006.

CHIARA, N.; GARVIN, M. J.; VECER, J..Valuing simple multiple-exercise real options in infrastructure projects. **Journal of infrastructure systems**, v. 13, n. 2, p. 97-104, 2007.

CODEBA. Companhia das Docas do Estado da Bahia.**Segundo aditivo ao contrato de arrendamento 12/2000**, assinado em novembro de 2016. Disponível em:<http://www.codeba.com.br/eficiente/repositorio/Porto_de_Salvador/contratos_de_exploracao_de_areas_e_instalacoes_portuarias/tecon/11724.pdf.>Acessoem 05/05/2019.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: A simplified approach.**Journalof financial Economics**, v. 7, n. 3, p. 229-263, 1979.

CRUZ, C. O.; MARQUES, R. C..Flexible contracts to cope with uncertainty in public–private partnerships.**International journal of project management**, v. 31, n. 3, p. 473-483, 2013.

DAMODARAN.Data.Disponívelem:http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datacurrent.html. Acesso em 21/10/2019.

DE BRITTO, P. A. P. D.; LUCAS, V. M.; COUTINHO, P. C.; CARVALHO, A. X. Y. D.; OLIVEIRA, A. L. R. D.; LUSTOSA, P. R. B.; ... & FONSECA, A. P. Promoção da concorrência no setor portuário: uma análise a partir dos modelos mundiais e aplicação ao caso brasileiro.**Revista de Administração Pública**, v. 49, n. 1, p. 47-72, 2015.

DEFILIPPI, E.. Intra-port competition, regulatory challenges and the concession of Callao Port. **Maritime Economics&Logistics**, v. 6, n. 4, p. 279-311, 2004.

DE MORAES SOUZA, J. G.; DE NASCIMENTO, A. A.; SOUSA, R. R. D. C.; CAMPOS, N. D. S.;& MONTES, A. R. S. D. SIncerteza da viabilidade econômica de um projeto portuário: uma aplicação da simulação Monte Carlo. **Revista Eletrônica Gestão e Saúde**, n. 2, p. 1242-1256, 2015.

DE NEUFVILLE, R..**Architecting/designing engineering systems using real options**.2002.Disponível em:<<https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/102737>>. Acesso em: 05/05/2019

DIAS, M. Análise de investimentos com opções reais-teoria e prática com aplicações em petróleo e em outros setores-volume 1: **Conceitos Básicos e Opções Reais em Tempo Discreto**: Rio de Janeiro: Interciência 2015.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R.S. **Investment under uncertainty**. Princeton universitypress, 1994.

FENG, Z.; ZHANG, S.-B.; GAO, Y. Modeling the impact of government guarantees on toll charge, road quality and capacity for Build-Operate-Transfer (BOT) road projects. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 78, p. 54-67,2015. ISSN 0965-8564.

FGV. Artigo: Investimentos públicos. Disponível em <<https://observatorio-politica-fiscal.ibre.fgv.br/posts/investimentos-publicos-1947-2018>> Acesso em 07/09/2019.

GRANTHAM, R. **Armadores: alianças e fusões – qual o impacto no Brasil? Portos e Navios**, 29 maio 2017. Disponível em: <<https://www.portosenavios.com.br/noticias/artigos-de-opiniaio/38953-armadores-aliancas-e-fusoes-qual-o-impacto-no-brasil>>. Acesso em: 05/05/2019.

HERDER, P.M. ;DE JOODE, J.; LIGTVOET, A.; SCHENK, S., & TANEJA, P.Buying real options–Valuing uncertainty in infrastructure planning.**Futures**, v. 43, n. 9, p. 961-969, 2011.

HUANG, Y. L.; CHOU, S. P. Valuation of the minimum revenue guarantee and the Option to abandon in BOT infrastructure projects.**Construction Management and Economics**, v. 24, n. 5, p. 379-389, 2006.

JUAN, C., OLMOS, F., PÉREZ, J. C., & CASASUS, T. **Optimal Investment Management in a Port Project**. Working Paper. Valencia: University of Valencia, 2002.

JUAN, C.; OLMOS, F.; ASHKEBOUSSI, R..Private–public partnerships as strategic alliances: concession contracts for port infrastructures. **Transportation Research Record**, v. 2062, n. 1, p. 1-9, 2008.

KALISZEWSKI, A.. Fifth and sixth generation ports (5GP, 6GP) – Evolution of economic and social roles of ports. 12/04/2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/324497972_FIFTH_AND_SIXTH_GENERATION_PORTS_5GP_6GP_-

_EVOLUTION_OF_ECONOMIC_AND_SOCIAL_ROLES_OF_PORTS> Acesso em: 21/02/2020

KEMNA, A. G. Z. Case Studies on Real Options. **Financial Management**, v. 22, n. 3, p. 259-270, 1993.

KRÜGER. Tokill a real option - Incomplete contracts, real options and PPP. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 46, n. 8, p. 1359-1371, 2012. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84863838853&partnerID=40&md5=c46a9b8b42fc43b077bef70c0cc11789>>. Acesso em: 10/12/2019.

KULATILAKA, N. The Value of Flexibility: The Case of a Dual-Fuel Industrial Steam Boiler. **Financial Management**, v. 22, n. 3, p. 271-280, 1993. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/3665944>>. Acesso em: 10/12/2019.

MANSOURI, M. ;NILCHIANI, R.; MOSTASHARI, A.. A policy making framework for resilient port infrastructure systems. **Marine Policy**, v. 34, n. 6, p. 1125-1134, 2010.

MARQUES, N. L.; TEIXEIRA BRANDÃO, L. E. T.; GOMES, L. L.. The Rio De Janeiro international airport privatization: a problem of overbidding? **Latin American Business Review**, p. 1-20, 2019.

MARQUES, R. C.; FONSECA, A.. Market structure, privatisation and regulation of Portuguese seaports. **Maritime Policy & Management**, v. 37, n. 2, p. 145-161, 2010.

MARTINS, J.; MARQUES, R. C.; CRUZ, C. O.. Real options in infrastructure: Revisiting the literature. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 21, n. 1, p. 04014026, 2013.

MARTINS, J., MARQUES, R. C.; CRUZ, C. O.; & FONSECA, A. Flexibility in planning and development of a container terminal: an application of an American-style call option. **Transportation Planning and Technology**, v. 40, n. 7, p. 828-840, 2017.

MCDONALD, R.; SIEGEL, D. The Value of Waiting to Invest. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 101, n. 4, p. 707-728, 1986. ISSN 00335533. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1884175>>. Acesso em: 10/12/2019.

MERTON, R. C. Theory of Rational Option Pricing. **Bell Journal of Economics and Management Science**, v. n. 4, spring, 1973.

MEERSMAN, H. M. Port investments in an uncertain environment. **Research in Transportation Economics**, v. 13, p. 279-298, 2005.

MI. MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Plano Mestre do Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias - vol.1**. Disponível em: <http://infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/planos_mestres/versao_preliminar/vp27v2.pdf> Acesso em 05/05/2019. 2018

_____. Artigo sobre concessões em portos. Disponível em: <<https://infraestrutura.gov.br/concessoes/>> Acesso em 26/12/2019.

NOTTEBOOM, T.; RODRIGUE, J.P..The future of containerization: perspectives from maritime and inland freight distribution. **GeoJournal**, v. 74, n. 1, p. 7, 2009.

PADDOCK, J. L.; SIEGEL, D. R.; SMITH, J. L. Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. **Quarterly Journal of Economics**, v. 103, n. 3, p. 479-508,1988.

RAKIC, B.; RAĐENOVIĆ, T. Real Options Methodology in Public-Private Partnership Projects Valuation. **Economic Annals**, Volume LIX, No. 200. UDC: 3.33 ISSN: 0013-3264,2014.

RANDRIANARISOA, L. M.; ZHANG, A..Adaptation to climate change effects and competition between ports: Invest now or later?**Transportation Research Part B: Methodological**, v. 123, p. 279-322, 2019.

ROCHA ARMADA, M. J.; PEREIRA, P. J.; RODRIGUES, A. Optimal subsidies and guarantees in public-private partnerships.**European Journal of Finance**, v. 18, n. 5, p. 469-495,2012. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84865625795&partnerID=40&md5=ecc3b0bbca437a83c76727ae334783a4>>. Acesso em:10/12/2019.

ROLL,R. What Every CO Should Know About Scientific Progress in Financial Economics: What is Known and What Remains to Be Resolved. **Financial Management**, v. 10, n. 2, p. 69-75, 1994.

ROSE, S. Valuation of interacting real options in a tollroad infrastructure project. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 38, n. 3, Part 2, p. 711-723, 1998. ISSN 1062-9769. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6W5X-3YCDH23-C/2/1882b1cdecd584e98eec8d730d14a32a>>. Acesso em: 10/12/2019.

ROSS, S. A. Uses, Abuses, and Alternatives do the Net-Present-Value Rule. **Financial Management**, v. 24, n. 3, p. 96-102, 1995.

RUS, G. D.; NOMBELA, G. Variable-term concessions for road construction and operation.**MPRAPaper12653**.Munich: University Library of Munich, Germany 2003.

SOUZA, J. C. F.; ROCHA, C. H.; DE MORAES SOUZA, J. G.. Modelo de opções reais para avaliação de investimentos em novos portos e terminais portuários brasileiros. **Transportes**, v. 26, n. 4, p. 103-115, 2018.

TANEJA, P.; WALKER, W.; LIGTERINGEN,H; SCHUYLENBURG, S .Adaptative port planning using real options.**J. Engineering Management and Economics**, v. 2, n. 4, 2011.

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

TANEJA, P..**The flexible port**.PhD Dissertation (Doctoral).Delft University of Technology, Netherlands.2013.

T&R: THOMSON&REUTERS.WorldContainerIndex.Acesso a base privada de dados da Universidade Católica Portuguesa de Porto, Portugal. 2019.

TOURINHO, O. A. F. **The valuation of reserves of natural resources: an option pricing approach.** 103 PhD Dissertation (Doctoral). University of California, Berkeley.1979.

TRIGEORGIS, L. The Nature of Option Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Options.**The Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 28, n. 1, p. 1-20, 1993. ISSN 00221090. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2331148>>. Acesso em:10/12/2019.

UNCTAD .UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT .PORTS NEWSLETTER NE19. 1999. Disponível em: <<https://unctad.org/en/Docs/posdtetibm15.en.pdf>> Acesso em:21/02/2020.

_____.**Reviewofmaritimetransport.**2019.Disponível em: <https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf> Acesso em 26/12/2019.

WANG, T.; DE NEUFVILLE, R..**Real options “in” projects.** In: real options conference, Paris, France. 2005.Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.164.657&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 26/04/2019.

WB. WORLD BANK. **LPI Global Rankings 2018.**Disponível em: <<https://lpi.worldbank.org/international/global?sort=asc&order=LPI%20Rank#datatable>>Acesso em 26/12/2019.

WS. WILSON, Sons. Relação com Investidores 2016.**Relatório de expansão Tecon Salvador.**Disponível em <<http://ri.wilsonsons.com.br/publicacoes/apresentacoes/>>. Acesso em: 05/05/2019

_____. 2020. Dados operacionais. Disponível em <<http://ri.wilsonsons.com.br>>. Acesso em: 26/01/2020

XIONG, W.; ZHANG, X. Concession Renegotiation Models for Projects Developed through Public-Private Partnerships. **Journal of construction engineering and management**, v. 140, n. 5, p. 04014008, 2014/05/01 2014.ISSN 0733-9364.Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000843](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000843)>. Acesso em:10/12/2019.

ZHENG, S.; NEGENBORN, R. R. Terminal investment timing decisions in a competitive setting with uncertainty using a real option approach.**MaritimePolicy& Management**, v. 44, n. 3, p. 392-411, 2017.

7. APÊNDICE A - TABELA ARTIGOS PESQUISADOS EM TOR PORTOS

Nr.	Ano	Fonte	País	Título	Autores	Tipo OR	Método	Estilo	Visão
1	2002	<i>European Journal of Finance</i>	Espanha	<i>Optimal Investment Management of Harbour Infrastructures. A Real Options Viewpoint</i> Tradução: Gerenciamento do investimento ótimo em infraestrutura portuária pelo ponto de vista de opções reais	Juan; Casas'us, T.; Olmos, F.; P'erez, J.C..	Espera, Expansão (3 etapas)	Monte Carlo, op. Americana	Caso: Porto de Valencia, carga geral (maioria minério e aço), também há contêineres	Formulador de política
2	2004	<i>Maritime Economics & Logistics</i>	Holanda	<i>Intra-Port Competition, Regulatory Challenges and the Concession of Callao Port</i> Tradução: Competição entre portos, mudanças regulatórias e concessão no porto de Callao	Defilippi, E	Expansão	Monte Carlo	Caso: Callao, Peru	Formulador de política
3	2005	<i>Research in Transportation Economics</i>	Holanda	<i>Port Investments in an Uncertain Environment</i> Tradução: Investimento em portos em ambiente de incerteza	Meersman, Hilde M.A.	Espera	Black & Scholes	Caso: Porto de Antuérpia	Investidor
4	2008	<i>First International Conference on Infrastructure Systems and Services: Building Networks for a Brighter Future (INFRA)</i>	Holanda	<i>Dealing with uncertainty in design of port infrastructure systems</i> Tradução: Lidando com incerteza em projetos de infraestrutura portuária	Taneja, P.; Ligteringen H.; Schuylenburg, M..	N/A	N/A	Teórico	Formulador de política
5	2008	<i>Journal of the transportation research board</i>	Espanha	<i>Private–Public Partnerships as Strategic Alliances: Concession Contracts for Port Infrastructures</i> Tradução: PPP como alianças estratégicas: Contratos de concessão em infraestrutura portuária	Juan, Carmen; Olmos, Fernando; Rahim Ashkebousi	Espera (garantia pagamento mínimo)	Copeland & Antikarov	Caso - projeto <i>Greenfield</i> em país emergente	Formulador de política
6	2010	<i>Marine Policy</i>	EUA	<i>A policy making framework for resilient port infrastructure systems</i> Tradução: O Contexto do formulador de política para uma resiliente infraestrutura portuária	Mansouri, Mo; Roshanak Nilchiani, Ali Mostashari	N/A	N/A	Teórico	Formulador de política

Nr.	Ano	Fonte	País	Título	Autores	Tipo OR	Método	Estilo	Visão
7	2010	<i>International Journal of Digital Content Technology and its Applications</i>	China	<i>Research on Single Port Investment Decision-making Optimization Model Based on Real Options</i> Tradução: Pesquisa de um único porto e tomadores de decisão em modelo de otimização baseado em opções reais	Wang, Jian; KuangHaibo,	Expansão	Binomial, op. Europeia	Modelo / teste prático	Investidor
8	2011	<i>Int. J. Engineering Management and Economics</i>	Holanda	<i>Adaptive port planning using real options</i> Tradução: Planejamento adaptativo de portos utilizando opções reais	Taneja ,P.; Walker, W.E.; Ligteringen, H.; Schuylenburg, M. van	Expansão	Monte Carlo	Caso	Investidor
9	2012	<i>European Journal of Transport and Infrastructure Research</i>	Holanda	Flexibility in Port Planning and Design Tradução: Flexibilidade em planejamento e projetos de portos	Taneja, P., H.; Ligteringen, W.E. Walker	N/A	N/A	Teórico	Ambos
10	2014	<i>The Asian journal of shipping and logistics</i>	EUA	<i>Port Investment Strategies under Uncertainty: The Case of a Southeast Asian Multipurpose Port</i> Tradução: Estratégia de investimento em portos sob incerteza: um caso do sudeste asiático de porto multipropósito	Lagoudis, Ioannis N.; Rice, James B. ; Salminen, , JR · Jason B.	Expansão	Monte Carlo	Expansão de área de armazenagem em terminal (diversas cargas)	Investidor
11	2015	<i>J. Infrastruct. System.</i>	Portugal	<i>Real Options in Infrastructure: Revisiting the Literature</i> Tradução: Opções reais em infraestrutura - revisão de literatura	Martins, José Rui; Marques, Cunha; Cruz , Carlos Oliveira	N/A	N/A	Teórico	Ambos
12	2017	<i>Maritime Policy & Management</i>	China, Holanda	<i>Terminal investment timing decisions in a competitive setting with uncertainty using a real option approach</i> Tradução: Decisões de investimento em terminais ao longo do tempo em um cenário competitivo com incertezas, usando abordagem de opções reais	Zheng, Shiyuan; Negenborn, Rudy R.	Espera	Binomial , Monte Carlo	Caso: Port de Bengbu, Anhui, China	Investidor

Nr.	Ano	Fonte	País	Título	Autores	Tipo OR	Método	Estilo	Visão
13	2017	<i>Transportation Planning and Technology</i>	Portugal	<i>Flexibility in planning and development of a container terminal: an application of an American style call option</i> Tradução: Flexibilidade em planejamento e desenvolvimento de terminal de contêiner: uma aplicação de opção americana	Martins, José Rui; Marques, Cunha; Cruz, Carlos Oliveira; Álvaro Fonseca	Expansão	Binomial e Monte Carlo	Caso: Terminal de Contêiner de Ferrol, Espanha	Ambos
14	2019	<i>Transport Reviews</i>	Bélgica	<i>Towards improved port capacity investment decisions under uncertainty: a real options approach</i> Tradução: Sobre aumentar a capacidade de investimento portuário e decisões em momentos de incerteza: uma abordagem com opções reais	Balliau, Matteo; Meersman, Hilde; Voorde & Thierry, Vaneland, Eddy Van de	Espera, expansão, jogos	Binomial	Teórico modelagem	Ambos
15	2019	<i>Transportation Research Part B</i>	Canada	<i>Adaptation to climate change effects and competition between ports: Invest now or later?</i> Tradução: Adaptação aos efeitos da mudança climática e competição entre portos: investir agora ou depois?	Randrianarisoa, Laingo M.; Zhang, Anming	Espera	Binomial	Teórico e exemplo	Formulador de política
16	2019	<i>Transportation Research Part B</i>	Bélgica, Holanda, Canada	<i>Capacity investment decisions of two competing ports under uncertainty: A strategic real options approach</i> Tradução: Decisões sobre capacidade de investimento de dois portos sobre incerteza: abordagem pela estratégia de opções reais	Balliau, Matteo; Kort, Peter M.; Zhang, Anming	Espera, incerteza estratégica (jogos)	Binomial	Caso	Formulador de política

8. APÊNDICE B-ÁRVORES BINOMIAIS

C4 – Otimista (valores em R\$ milhões)

- C4: cenário considera a realização das 3 fases de obras juntas.
- Otimista, considerando que a expansão amplie a movimentação em TEU em 240%.

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	0%
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
806	784	699	621	548	481	419	361	308	258	225	208	193	178	165	172
	688	610	538	472	410	353	301	252	223	206	191	176	163	151	158
		529	463	402	346	294	246	220	204	189	174	161	149	138	144
			394	338	287	239	218	202	187	173	160	148	137	126	132
Opções:	854,2			280	233	216	200	185	171	158	146	135	125	116	121
					213	197	183	169	156	145	134	124	114	106	111
						181	167	155	143	132	122	113	105	97	101
							153	141	131	121	112	104	96	89	93
								130	120	111	103	95	88	81	85
									110	101	94	87	80	74	78
										93	86	79	73	68	71
											79	73	67	62	65
												67	62	57	60
													56	52	54
														46	50
															0

C4 – Otimista (valores em R\$ milhões)

1ª expansão com caso base

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	806	784	699	621	548	481	419	361	308	258	225	208	193	178	165	172
		688	610	538	472	410	353	301	252	223	206	191	176	163	151	158
			529	463	402	346	294	246	220	204	189	174	161	149	138	144
				394	338	287	239	218	202	187	173	160	148	137	126	132
Opções:	854,2				280	233	216	200	185	171	158	146	135	125	116	121
						213	197	183	169	156	145	134	124	114	106	111
							181	167	155	143	132	122	113	105	97	101
								153	141	131	121	112	104	96	89	93
									130	120	111	103	95	88	81	85
										110	101	94	87	80	74	78
											93	86	79	73	68	71
												79	73	67	62	65
													67	62	57	60
														56	52	54
															46	50
																0

C4 – Otimista (valores em R\$ milhões)

2ª expansão e 1ª expansão composta com caso base

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	801	784	699	621	548	481	419	361	308	261	243	227	212	199	186	172
		688	610	538	472	410	353	301	256	238	222	208	194	182	171	158
			529	463	402	346	294	251	234	218	204	190	178	166	156	144
				394	338	287	247	230	214	200	186	174	163	152	143	132
Opções:	849,9				280	243	226	211	196	183	171	159	149	139	131	121
					223	207	193	179	179	167	156	146	136	128	120	111
						189	176	164	153	143	133	125	117	109	101	101
							161	150	140	131	122	114	107	100	93	93
								138	128	120	112	104	98	92	85	85
									117	110	102	96	90	84	78	78
										100	94	88	82	77	71	71
											86	80	75	70	65	65
												73	69	64	60	60
													63	59	54	54
														52	50	50
															0	0

C4 – Otimista (valores em R\$ milhões)

3ª, 2ª e 1ª expansão composta com caso base															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
790	726	670	621	548	481	419	361	308	272	252	234	217	201	186	172
	630	581	538	472	410	353	301	268	249	231	214	199	184	171	158
		499	463	402	346	294	263	245	228	211	196	182	169	156	144
			394	338	287	259	241	224	208	194	180	167	154	143	132
Opções:	839,1			280	255	237	221	205	191	177	164	153	141	131	121
					233	217	202	188	174	162	150	140	129	120	111
						199	185	172	160	148	138	128	118	109	101
							169	157	146	136	126	117	108	100	93
								144	134	124	115	107	99	92	85
									122	114	106	98	91	84	78
										104	97	90	83	77	71
											88	82	76	70	65
												75	70	64	60
													64	59	54
														52	50
															0
															0
															0

C4 - Esperado (valores em R\$ milhões)

- C4: cenário considera a realização das 3 fases de obras juntas.
- Esperado, considerando que a expansão amplie a movimentação em TEU em 170%.

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	0%
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
632	603	532	465	404	348	307	284	263	243	225	208	193	178	165	172
	522	457	396	340	304	281	260	241	223	206	191	176	163	151	158
		388	333	301	278	257	238	220	204	189	174	161	149	138	144
			298	275	255	236	218	202	187	173	160	148	137	126	132
Opções:	680,6			252	233	216	200	185	171	158	146	135	125	116	121
					213	197	183	169	156	145	134	124	114	106	111
						181	167	155	143	132	122	113	105	97	101
							153	141	131	121	112	104	96	89	93
								130	120	111	103	95	88	81	85
									110	101	94	87	80	74	78
										93	86	79	73	68	71
											79	73	67	62	65
												67	62	57	60
													56	52	54
														46	50
															0

C4 - Esperado (valores em R\$ milhões)

1ª expansão com caso base

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	632	603	532	465	404	348	307	284	263	243	225	208	193	178	165	172
		522	457	396	340	304	281	260	241	223	206	191	176	163	151	158
			388	333	301	278	257	238	220	204	189	174	161	149	138	144
				298	275	255	236	218	202	187	173	160	148	137	126	132
Opções:	680,6				252	233	216	200	185	171	158	146	135	125	116	121
						213	197	183	169	156	145	134	124	114	106	111
							181	167	155	143	132	122	113	105	97	101
								153	141	131	121	112	104	96	89	93
									130	120	111	103	95	88	81	85
										110	101	94	87	80	74	78
											93	86	79	73	68	71
												79	73	67	62	65
													67	62	57	60
														56	52	54
															46	50
																0

C4 - Esperado (valores em R\$ milhões)

2ª expansão e 1ª expansão composta com caso base

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	628	603	532	465	404	348	322	300	280	261	243	227	212	199	186	172
		522	457	396	341	317	295	275	256	238	222	208	194	182	171	158
			388	336	312	290	270	251	234	218	204	190	178	166	156	144
				308	286	266	247	230	214	200	186	174	163	152	143	132
Opções:	676,2				262	243	226	211	196	183	171	159	149	139	131	121
						223	207	193	179	167	156	146	136	128	120	111
							189	176	164	153	143	133	125	117	109	101
								161	150	140	131	122	114	107	100	93
									138	128	120	112	104	98	92	85
										117	110	102	96	90	84	78
											100	94	88	82	77	71
												86	80	75	70	65
													73	69	64	60
														63	59	54
															52	50
																0

C4 - Esperado (valores em R\$ milhões)

3ª, 2ª e 1ª expansão composta com caso base															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
594	545	502	465	404	364	338	314	292	272	252	234	217	201	186	172
	465	428	396	358	333	309	288	268	249	231	214	199	184	171	158
		379	352	327	304	283	263	245	228	211	196	182	169	156	144
			322	300	279	259	241	224	208	194	180	167	154	143	132
Opções:	643,0			274	255	237	221	205	191	177	164	153	141	131	121
					233	217	202	188	174	162	150	140	129	120	111
						199	185	172	160	148	138	128	118	109	101
							169	157	146	136	126	117	108	100	93
								144	134	124	115	107	99	92	85
									122	114	106	98	91	84	78
										104	97	90	83	77	71
											88	82	76	70	65
												75	70	64	60
													64	59	54
														52	50
														0	0
															0

C4 –Pessimista (valores em R\$ milhões)

- C4: Cenário considera a realização das 3 fases de obras juntas.
- Pessimista, considerando que a expansão amplie a movimentação em TEU em 100%.

2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	0%
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
491	454	420	388	359	332	307	284	263	243	225	208	193	178	165	172
	415	384	355	329	304	281	260	241	223	206	191	176	163	151	158
		352	325	301	278	257	238	220	204	189	174	161	149	138	144
			298	275	255	236	218	202	187	173	160	148	137	126	132
Opções:	539,2			252	233	216	200	185	171	158	146	135	125	116	121
					213	197	183	169	156	145	134	124	114	106	111
						181	167	155	143	132	122	113	105	97	101
							153	141	131	121	112	104	96	89	93
								130	120	111	103	95	88	81	85
									110	101	94	87	80	74	78
										93	86	79	73	68	71
											79	73	67	62	65
												67	62	57	60
													56	52	54
														46	50
															0

C4 –Pessimista (valores em R\$ milhões)

1ª expansão com caso base

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	491	454	420	388	359	332	307	284	263	243	225	208	193	178	165	172
		415	384	355	329	304	281	260	241	223	206	191	176	163	151	158
			352	325	301	278	257	238	220	204	189	174	161	149	138	144
				298	275	255	236	218	202	187	173	160	148	137	126	132
Opções:	539,2				252	233	216	200	185	171	158	146	135	125	116	121
						213	197	183	169	156	145	134	124	114	106	111
							181	167	155	143	132	122	113	105	97	101
								153	141	131	121	112	104	96	89	93
									130	120	111	103	95	88	81	85
										110	101	94	87	80	74	78
											93	86	79	73	68	71
												79	73	67	62	65
													67	62	57	60
														56	52	54
															46	50
																0

C4 –Pessimista (valores em R\$ milhões)

2ª expansão e 1ª expansão composta com caso base

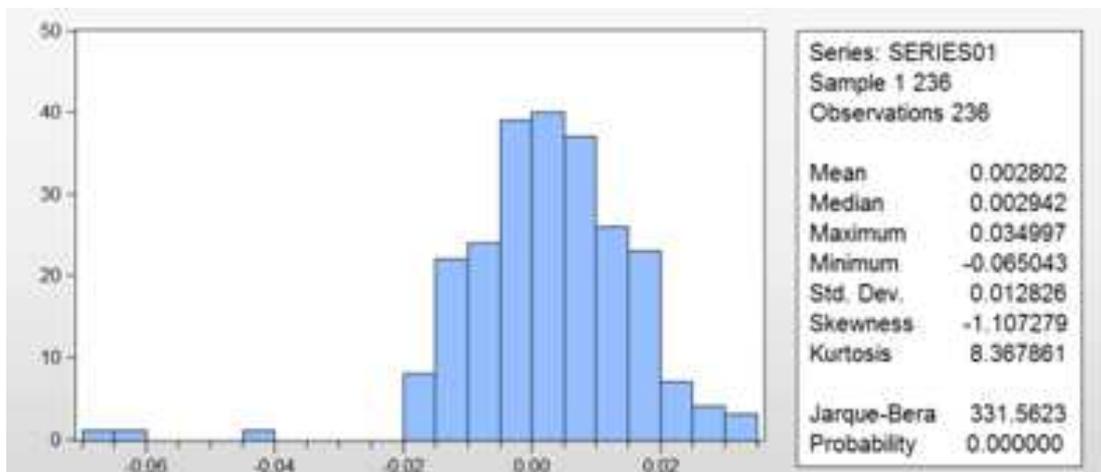
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	498	466	432	401	373	347	322	300	280	261	243	227	212	199	186	172
		426	396	367	341	317	295	275	256	238	222	208	194	182	171	158
			362	336	312	290	270	251	234	218	204	190	178	166	156	144
				308	286	266	247	230	214	200	186	174	163	152	143	132
Opções:	546,4				262	243	226	211	196	183	171	159	149	139	131	121
						223	207	193	179	167	156	146	136	128	120	111
							189	176	164	153	143	133	125	117	109	101
								161	150	140	131	122	114	107	100	93
									138	128	120	112	104	98	92	85
										117	110	102	96	90	84	78
											100	94	88	82	77	71
												86	80	75	70	65
													73	69	64	60
														63	59	54
															52	50
																0

C4 –Pessimista (valores em R\$ milhões)

3ª, 2ª e 1ª expansão composta com caso base															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
523	486	452	420	391	364	338	314	292	272	252	234	217	201	186	172
	445	414	385	358	333	309	288	268	249	231	214	199	184	171	158
		379	352	327	304	283	263	245	228	211	196	182	169	156	144
			322	300	279	259	241	224	208	194	180	167	154	143	132
Opções:	571,7			274	255	237	221	205	191	177	164	153	141	131	121
					233	217	202	188	174	162	150	140	129	120	111
						199	185	172	160	148	138	128	118	109	101
							169	157	146	136	126	117	108	100	93
								144	134	124	115	107	99	92	85
									122	114	106	98	91	84	78
										104	97	90	83	77	71
											88	82	76	70	65
												75	70	64	60
													64	59	54
														52	50
															0
															0
															0

9. ANEXO A - TESTES ESTATÍSTICOS

Resultado do teste estatístico realizado no *E-views* da série log retorno do índice de movimentação mundial de contêineres



ADF

Level

Null Hypothesis: SERIES01 has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=14)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.705900	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.458347	
5% level	-2.873755	
10% level	-2.573355	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(SERIES01)
Method: Least Squares
Date: 02/05/20 Time: 10:47
Sample (adjusted): 4 236
Included observations: 233 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
SERIES01(-1)	-0.564701	0.098968	-5.705900	0.0000
D(SERIES01(-1))	-0.467439	0.088665	-5.271962	0.0000
D(SERIES01(-2))	-0.240144	0.064434	-3.726967	0.0002
C	0.001500	0.000848	1.769640	0.0781
R-squared	0.537962	Mean dependent var		-9.58E-05
Adjusted R-squared	0.531910	S.D. dependent var		0.017866
S.E. of regression	0.012223	Akaike info criterion		-5.953901
Sum squared resid	0.034216	Schwarz criterion		-5.894656
Log likelihood	697.6295	Hannan-Quinn criter.		-5.930011
F-statistic	88.87690	Durbin-Watson stat		1.950477
Prob(F-statistic)	0.000000			

First Difference

Null Hypothesis: D(SERIES01) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=14)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-20.98980	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.458347	
5% level	-2.873755	
10% level	-2.573355	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(SERIES01,2)

Method: Least Squares

Date: 02/05/20 Time: 10:49

Sample (adjusted): 4 236

Included observations: 233 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(SERIES01(-1))	-2.272512	0.108267	-20.98980	0.0000
D(SERIES01(-1),2)	0.415864	0.060356	6.890125	0.0000
C	-8.38E-05	0.000854	-0.098140	0.9219

R-squared	0.835097	Mean dependent var	-0.000112
Adjusted R-squared	0.833663	S.D. dependent var	0.031961
S.E. of regression	0.013035	Akaike info criterion	-5.829554
Sum squared resid	0.039080	Schwarz criterion	-5.785120
Log likelihood	682.1430	Hannan-Quinn criter.	-5.811636
F-statistic	582.3796	Durbin-Watson stat	2.038623
Prob(F-statistic)	0.000000		

Second Difference

Null Hypothesis: D(SERIES01,2) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 7 (Automatic - based on SIC, maxlag=14)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-10.69256	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.459231	
5% level	-2.874143	
10% level	-2.573563	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(SERIES01,3)
 Method: Least Squares
 Date: 02/05/20 Time: 10:50
 Sample (adjusted): 11 236
 Included observations: 226 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(SERIES01(-1),2)	-10.08526	0.943204	-10.69256	0.0000
D(SERIES01(-1),3)	7.401752	0.903746	8.190078	0.0000
D(SERIES01(-2),3)	5.575440	0.810274	6.880930	0.0000
D(SERIES01(-3),3)	3.961619	0.672419	5.891592	0.0000
D(SERIES01(-4),3)	2.563167	0.513249	4.994003	0.0000
D(SERIES01(-5),3)	1.400056	0.347515	4.028762	0.0001
D(SERIES01(-6),3)	0.618751	0.189345	3.267850	0.0013
D(SERIES01(-7),3)	0.168734	0.067056	2.516317	0.0126
C	2.42E-05	0.000943	0.025638	0.9796
R-squared	0.943440	Mean dependent var		7.74E-05
Adjusted R-squared	0.941355	S.D. dependent var		0.058561
S.E. of regression	0.014181	Akaike info criterion		-5.634749
Sum squared resid	0.043642	Schwarz criterion		-5.498533
Log likelihood	645.7266	Hannan-Quinn criter.		-5.579778
F-statistic	452.4526	Durbin-Watson stat		2.041657
Prob(F-statistic)	0.000000			

KPSS

Level

Null Hypothesis: SERIES01 is stationary
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 7 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	LM-Stat.
<u>Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic</u>	<u>0.130593</u>
Asymptotic critical values*:	
1% level	0.739000
5% level	0.463000
10% level	0.347000

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Residual variance (no correction)	0.000164
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	0.000290

KPSS Test Equation
 Dependent Variable: SERIES01
 Method: Least Squares
 Date: 02/05/20 Time: 10:55
 Sample: 1 236
 Included observations: 236

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.002802	0.000835	3.356216	0.0009
R-squared	0.000000	Mean dependent var		0.002802
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.012826
S.E. of regression	0.012826	Akaike info criterion		-5.870508
Sum squared resid	0.038657	Schwarz criterion		-5.855830
Log likelihood	693.7199	Hannan-Quinn criter.		-5.864591
Durbin-Watson stat	1.923487			

First Difference

Null Hypothesis: D(SERIES01) is stationary
Exogenous: Constant
Bandwidth: 64 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	0.142440
Asymptotic critical values*:	
1% level	0.739000
5% level	0.463000
10% level	0.347000

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Residual variance (no correction)	0.000316
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	6.55E-06

KPSS Test Equation
Dependent Variable: D(SERIES01)
Method: Least Squares
Date: 02/05/20 Time: 10:55
Sample (adjusted): 2 236
Included observations: 235 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.000125	0.001163	-0.107268	0.9147
R-squared	0.000000	Mean dependent var		-0.000125
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.017825
S.E. of regression	0.017825	Akaike info criterion		-5.212135
Sum squared resid	0.074353	Schwarz criterion		-5.197413
Log likelihood	613.4258	Hannan-Quinn criter.		-5.206200
Durbin-Watson stat	3.194817			

Second Difference

Null Hypothesis: D(SERIES01,2) is stationary
 Exogenous: Constant
 Bandwidth: 40 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel

	LM-Stat.
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test statistic	0.138580
Asymptotic critical values*:	
1% level	0.739000
5% level	0.463000
10% level	0.347000

*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Table 1)

Residual variance (no correction)	0.001015
HAC corrected variance (Bartlett kernel)	1.81E-05

KPSS Test Equation
 Dependent Variable: D(SERIES01,2)
 Method: Least Squares
 Date: 02/05/20 Time: 10:56
 Sample (adjusted): 3 236
 Included observations: 234 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.09E-05	0.002087	-0.005232	0.9958
R-squared	0.000000	Mean dependent var		-1.09E-05
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.031930
S.E. of regression	0.031930	Akaike info criterion		-4.046304
Sum squared resid	0.237543	Schwarz criterion		-4.031538
Log likelihood	474.4176	Hannan-Quinn criter.		-4.040351
Durbin-Watson stat	3.436751			

Razão de Variância

Random walk

Null Hypothesis: SERIES01 is a martingale

Date: 02/05/20 Time: 10:58

Sample: 1 236

Included observations: 235 (after adjustments)

Heteroskedasticity robust standard error estimates

User-specified lags: 2 4 8 16

Joint Tests	Value	df	Probability
Max z (at period 2)*	7.884064	235	0.0000

Individual Tests				
Period	Var. Ratio	Std. Error	z-Statistic	Probability
2	0.398707	0.076267	-7.884064	0.0000
4	0.261341	0.133644	-5.527068	0.0000
8	0.131693	0.202184	-4.294640	0.0000
16	0.084123	0.293550	-3.120004	0.0018

*Probability approximation using studentized maximum modulus with parameter value 4 and infinite degrees of freedom

Test Details (Mean = -0.00012473176463)

Period	Variance	Var. Ratio	Obs.
1	0.00032	--	235
2	0.00013	0.39871	234
4	8.3E-05	0.26134	232
8	4.2E-05	0.13169	228
16	2.7E-05	0.08412	220

Exponential random walk

Null Hypothesis: Log SERIES01 is a martingale

Date: 02/05/20 Time: 10:59

Sample: 1 235

Included observations: 78 (after adjustments)

Heteroskedasticity robust standard error estimates

User-specified lags: 2 4 8 16

Joint Tests	Value	df	Probability
Max z (at period 2)*	4.104973	78	0.0002

Individual Tests				
Period	Var. Ratio	Std. Error	z-Statistic	Probability
2	0.464972	0.130336	-4.104973	0.0000
4	0.289817	0.201357	-3.526983	0.0004
8	0.239566	0.267327	-2.844584	0.0044
16	0.356448	0.355999	-1.807738	0.0706

*Probability approximation using studentized maximum modulus with parameter value 4 and infinite degrees of freedom

Test Details (Mean = -0.197133929814)

Period	Variance	Var. Ratio	Obs.
1	2.64118	--	78
2	1.22807	0.46497	88
4	0.76546	0.28982	82
8	0.63274	0.23957	83
16	0.94144	0.35645	66

Random walk innovations

Null Hypothesis: Cumulated SERIES01 is a martingale

Date: 02/05/20 Time: 11:00

Sample: 1 236

Included observations: 236 (after adjustments)

Heteroskedasticity robust standard error estimates

User-specified lags: 2 4 8 16

Joint Tests	Value	df	Probability
Max z (at period 8)*	2.605633	236	0.0362

Individual Tests				
Period	Var. Ratio	Std. Error	z-Statistic	Probability
2	1.035894	0.151480	0.236956	0.8127
4	1.430582	0.249592	1.725142	0.0845
8	1.846436	0.324848	2.605633	0.0092
16	1.897313	0.413241	2.171405	0.0299

*Probability approximation using studentized maximum modulus with parameter value 4 and infinite degrees of freedom

Test Details (Mean = 0.00280203771911)

Period	Variance	Var. Ratio	Obs.
1	0.00016	--	236
2	0.00017	1.03589	235
4	0.00024	1.43058	233
8	0.00030	1.84644	229
16	0.00031	1.89731	221
