

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS**

BRUNO RICARDO DA SILVA

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM EMPREENDIMENTOS
IMOBILIÁRIOS COM BASE NA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2019

BRUNO RICARDO DA SILVA

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM EMPREENDIMENTOS
IMOBILIÁRIOS COM BASE NA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. José Donizetti de Lima

PATO BRANCO

2019

S586m Silva, Bruno Ricardo da.
Metologia para análise de investimentos em empreendimentos
imobiliários com base na teoria das opções reais / Bruno Ricardo da Silva.
– 2019.
83 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. José Donizetti de Lima
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.
Pato Branco, PR, 2019.
Bibliografia: f. 75 - 83.

1. Investimento imobiliários. 2. Estudos de viabilidade. 3. Monte Carlo,
Método de. 4. Opções reais (Finanças). I. Lima, José Donizetti, orient. II.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção e Sistemas. III. Título.

CDD 22. ed. 670.42

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 54

A Dissertação de Mestrado intitulada “**Metodologia para análise de investimentos em empreendimentos imobiliários com base na teoria das opções reais**”, defendida em sessão pública pelo candidato **Bruno Ricardo da Silva**, no dia 23 de agosto de 2019, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, área de concentração Gestão dos Sistemas Produtivos, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Donizetti de Lima - Presidente - UTFPR

Profª Drª Joana Siqueira de Souza - UFRGS

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira - UTFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Pato Branco, 11 de outubro de 2019.

Carimbo e assinatura do Coordenador do Programa.

AGRADECIMENTOS

Do início à conclusão deste trabalho, e por todas as etapas que foram superadas nesse caminho, dedico meus agradecimentos:

À minha família, que me apoiou e apoia incondicionalmente, sempre buscando contribuir e se colocando à disposição de ajudar;

Aos meus amigos e amigas, que ofereceram força, palavras de conforto, ouvidos, compreensão, espaço quando eu precisava e pedia, e proximidade quando percebiam que eu precisava;

Aos colegas de trabalho, que acompanharam o desenvolvimento, facilitaram minhas atividades e reduziram a pressão quando eu demonstrei necessidade, nunca negando apoio quando, de alguma maneira, solicitei;

À UTFPR, que ofereceu amparo e oportunizou minha participação junto a este Programa de Pós-Graduação;

Ao amigo engenheiro que abriu as portas da construtora e forneceu dados para que o estudo de caso pudesse ser desenvolvido;

Ao colegiado do PPGEPS, com destaque ao coordenador e professores amigos, que me oportunizaram iniciar e, principalmente, finalizar esse trabalho;

À banca de avaliadores, composta pelos professores Dr. Gilson Adamczuk Oliveira e Dra. Joana Siqueira de Souza, que contribuíram tecnicamente para a melhoria e evolução desta pesquisa; e

Ao orientador, professor Dr. José Donizetti de Lima, que apesar de algumas quebras de expectativas e prazos estendidos além do tolerável, contribuiu com seu conhecimento, competência, praticidade e objetividade, indicando os caminhos para que eu visualizasse onde eu estava e onde iria chegar.

Sobre todos esses, enxergo a positividade que cada um enviou e reconheço as contribuições, essenciais para que eu superasse essa etapa da vida. Sou muito grato a todos.

E, por fim, agradeço a mim, por não ter desistido quando esse era o caminho mais fácil, e por ter permitido a concretização do crescimento pessoal.

Agir, eis a inteligência verdadeira.
Serei o que quiser. Mas tenho que querer o que for.
O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito.
Condições de palácio tem qualquer terra larga,
mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?
(PESSOA, Fernando. Livro do Desassossego, 1982)

RESUMO

SILVA, Bruno Ricardo da; **METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS COM BASE NA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS**. 2019, p. 92. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco - PR.

A aplicação da Teoria das Opções Reais (TOR) na Avaliação de Viabilidade Econômica (AVE) de empreendimentos imobiliários visa avaliar qual o valor das Flexibilidades Gerenciais (FGs) existentes durante a execução do projeto. Contudo, estudos recentes indicam que há necessidade do desenvolvimento de estudos de caso que suportem a viabilização da aplicação da TOR no mercado imobiliário. Esta dissertação foi desenvolvida com a proposta de estudar a aplicabilidade da TOR na AVE de Projetos de Investimento Imobiliário (PII), buscando verificar a contribuição da inclusão das FGs na avaliação do valor do projeto. Assim, propõe-se a elaboração de uma metodologia para avaliar esse tipo de empreendimento, e a aplicação em um estudo de caso, oferecendo suporte para o mercado imobiliário, contribuindo assim na diminuição da distância entre a teoria e a prática da TOR. A metodologia proposta é dividida em três fases. A Fase 1 – Caracterização Técnica, consiste na coleta de dados e informações necessárias e suficientes para a caracterização técnica e obtenção de conhecimento sobre as FGs existentes no projeto. A Fase 2 – Caracterização Econômica, busca definir os componentes e estruturar a projeção do Fluxo de Caixa (FC) do empreendimento, bem como definir a taxa de retorno livre de risco. Na Fase 3 – Análise de Viabilidade Econômica (AVE), é definida a taxa de retorno ajustada ao risco e é aplicada a metodologia de quatro passos de Copeland e Antikarov, com a utilização do modelo de árvore binomial, para cálculo do valor das FGs. O estudo de caso foi desenvolvido sobre um projeto de construção de uma edificação de 12 andares e 31 apartamentos à venda, com previsão de entrega em 34 meses, na cidade de Pato Branco – PR. As FGs identificadas foram a revisão da tabela de preço das unidades, com possibilidade de expansão ou de contração nos valores a cada período de 6 meses, a partir do início da construção. A incerteza considerada foi a previsão da quantidade de vendas das unidades. O valor das opções encontrado representou 32,1% do VPL. Verificou-se que a metodologia proposta possibilitou a análise do valor da FG existente na execução de um PII. A sequência de passos da metodologia proposta mostra uma aplicação da TOR por empresas do ramo imobiliário, contribuindo com a redução da distância entre a teoria e a prática da aplicação da TOR em PII.

Palavras-chave: Viabilidade econômica. Investimentos imobiliários. Flexibilidades gerenciais. Simulação de Monte Carlo. Teoria das Opções Reais.

ABSTRACT

SILVA, Bruno Ricardo da; **METHODOLOGY FOR ANALYSIS OF INVESTMENTS IN REAL ESTATE DEVELOPMENTS BASED ON THE REAL OPTION THEORY**. 2019, p. 92. Dissertation (Master's Degree in Production Engineering and Systems) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco – PR.

The application of the Real Options Theory (TOR) in the Economic Feasibility Analysis (AVE) of real estate projects aims to evaluate the value of the Management Flexibilities (FG) existing during the execution of the project. However, recent studies indicate that there is a need to develop case studies that support the feasibility of applying TOR in the real estate market. This dissertation was developed with the proposal to study the applicability of TOR in the AVE of Real Estate Investment Projects (PII), seeking to verify the contribution of the inclusion of FGs in the evaluation of the value of the project. Thus, it proposes the elaboration of a methodology to evaluate this type of development, and the application in a case study, offering support for the real estate market, thus contributing in reducing the distance between the study and the practice of TOR. The proposed methodology is divided into 3 phases. Phase 1 - Technical Characterization consists in the collection of data and information necessary and sufficient for the technical characterization and obtaining knowledge about the existing FGs in the project. Phase 2 - Economic Characterization seeks to define the components and structure the Cash Flow (CF) of the development, as well as to define the risk-free rate of return. In Phase 3 - Economic Feasibility Analysis, the risk-adjusted return rate is defined and the 4-step methodology of Copeland and Antikarov, with application of the binomial tree model, is applied to calculate the value of the FGs. The case study was developed on a project of construction of a building of 12 floors and 31 apartments for sale, expected to be delivered in 34 months, in the city of Pato Branco - PR. The FGs identified were the revision of the units price table, with the possibility of expansion or contraction in the values in each period of 6 months, from the beginning of construction. The uncertainty considered was the forecast of the number of sales of the units. The value of the options found represented 32.1% of the NPV. It was verified that the proposed methodology allowed the analysis of the value of the existing FG in the execution of an PII. The sequence of steps of the proposed methodology enabled TOR to be applied by real estate companies, contributing to reduce the distance between theory and practice of TOR application in PII.

Keywords: Economic viability. Real estate developments. Management Flexibilities. Monte Carlo Simulation. Real Options Theory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Estrutura da dissertação.....	17
Figura 02 – Árvore de decisão.....	43
Figura 03 – Modelo binomial.....	45
Figura 04 – <i>Framework</i> para aplicação da TOR em PII.....	50
Figura 05 – Previsão da quantidade de vendas.....	56
Figura 06 – Distribuição de probabilidades das quantidades de vendas para o período 2.....	58
Figura 07 – Distribuição de probabilidades do VPL.....	61
Figura 08 – Modelo da árvore de eventos.....	62
Figura 09 – Árvore de eventos.....	63
Figura 10 – Destaque em vermelho da árvore de eventos (P1 a P3).....	64
Figura 11 – Destaque em azul da árvore de eventos (P4 a P6 parciais).....	64
Figura 12 – Modelagem da árvore de decisão.....	65
Figura 13 – Diagrama de influências da árvore de decisão.....	66
Figura 14 – Resultado da árvore de decisão.....	67
Figura 15 – Comparativo entre VPL + Opções e VPLe.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Artigos recentes que aplicaram TOR a PII.....	46
Tabela 02 – Estimativa de previsão de vendas dos apartamentos.....	56
Tabela 03 – Previsão do IGP-M.....	57
Tabela 04 – Valores utilizados para modelagem da incerteza.....	58
Tabela 05 – Fluxo de caixa do PII.....	59
Tabela 06 – Índices históricos de rentabilidade de IRE e IBOVESPA.....	59
Tabela 07 – Médias, variâncias e covariâncias das rentabilidades, β e R_i	70
Tabela 08 – VP e VPL.....	70
Tabela 09 – Parâmetros para árvore de eventos.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Comparativo das diferenças entre MC e MMI.....	29
Quadro 02 – Indicadores da Metodologia Multi-índice Ampliada.....	30
Quadro 03 – Variáveis básicas na comparação entre opção financeira e opção real.....	41

LISTA DE SIGLAS

\$AVEPI	Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento
AC	Análise de Cenários
AD	Árvore de Decisão
AE	Árvore de Eventos
AHP	Analytical Hierarchy Process
AS	Análise de Sensibilidade
AVE	Análise de Viabilidade Econômica
CAPM	Modelo de Formação de Preço de Ativos
CVaR	<i>Conditional Value at Risk</i>
EVA	Valor Econômico Agregado
FC	Fluxo de Caixa
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
FG	Flexibilidade Gerencial
GCR	Risco Operacional
IBC	Índice Benefício Custo
IRE	Índice Setorial de Real Estate
LEs	Limites de Elasticidade
MAUT	<i>Multiattribute Utility Theory</i>
MC	Método Clássico
MMI	Metodologia Multi-Índice
MMIA	Metodologia Multi-Índice Ampliada
PI	Projeto de Investimento
PII	Projeto de Investimento Imobiliário
ROIA	Retorno Adicional do Investimento
SMC	Simulação de Monte Carlo
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TOR	Teoria das Opções Reais
VaR	<i>Value at Risk</i>
VLs	Valores-Limite
VPL	Valor Presente Líquido
VPLA	Valor Presente Líquido Anualizado
VPLE	Valor Presente Líquido Expandido
WACC	Custo Médio Ponderado de Capital

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivos Específicos	15
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.4	DELIMITAÇÕES.....	16
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	PROJETOS DE INVESTIMENTO	18
2.2	INVESTIMENTOS EM EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS	19
2.3	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS DE INVESTIMENTO.....	23
2.3.1	Determinação da Taxa Mínima de Atratividade	24
2.3.2	Método Clássico.....	27
2.3.3	Metodologias Multi-Índice e Multi-Índice Ampliada.....	28
2.4	RISCOS E INCERTEZAS EM INVESTIMENTOS	31
2.4.1	Técnicas de análise de riscos em PI.....	34
2.4.1.1	Técnicas quantitativas determinísticas	34
2.4.1.2	Técnicas quantitativas probabilísticas	35
2.5	FLEXIBILIDADE GERENCIAL.....	38
2.5.1	Origem, definição e conceitos.....	39
2.5.2	Tipos de opções	42
2.5.3	Modelo binomial e Árvore de decisão	43
2.5.4	Metodologia de Copeland e Antikarov	45
2.5.5	Trabalhos que aplicaram TOR em PII	46

3	METODOLOGIA	49
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	49
3.2	ETAPAS DA PESQUISA	49
3.2.1	Fase 1: Caracterização Técnica	50
3.2.2	Fase 2: Caracterização Econômica.....	51
3.2.3	Fase 3: Análise de Viabilidade Econômica	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1	FASE 1 – CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA	54
4.2	FASE 2 – CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA	55
4.3	FASE 3 – ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	59
4.4	DISCUSSÃO	68
5	CONCLUSÕES	73
	REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita a introdução a este trabalho, apresentando sua contextualização, os objetivos almejados, bem como a justificativa da pesquisa, as delimitações e a estrutura da dissertação.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O mercado imobiliário brasileiro faz parte do setor de serviços, sendo responsável por movimentar diversos segmentos da sociedade: da captação de insumos e mão de obra até a comercialização do produto, com capacidade para impulsionar a economia do País (MATOS e BARTKIW, 2013). Em 2017, o ramo de atividades imobiliárias representou 9,7% do total do valor adicionado à economia nacional (IBGE, 2018).

Devido a representatividade do mercado imobiliário, torna-se relevante o conhecimento sobre os investimentos realizados nesse tipo de atividade. Barbosa (2005) e Trierveiler *et al.* (2015) afirmam que os investimentos imobiliários possuem pouco giro e baixa liquidez, alto investimento inicial e longo tempo de maturação. Ainda, em consonância com Chaves (2018), apontam que investimentos no mercado imobiliário são muito sensíveis a variações da macroeconomia, apresentando diversas incertezas, desde a demanda, o custo, a velocidade de vendas, bem como as regulações e legislações, influenciando a percepção de risco dos investidores.

Durante a execução de um Projeto de Investimento Imobiliário (PII), o tomador de decisão, ante variações do mercado (redução da demanda, aumento do preço de insumos, variação no preço do produto final, entre outras), tem a capacidade de analisar o novo contexto e optar por alterar o produto final, de modo a obter o máximo retorno ao fim do investimento. Essa opção pode ser desde a expansão do investimento, a alteração na velocidade da execução e até o abandono do projeto, caso a continuidade da execução não seja economicamente vantajosa (FILIPPO, 2011).

As empresas de construção civil e o mercado de incorporação imobiliária utilizam métodos e técnicas tradicionais para Análise de Viabilidade Econômica (AVE) de investimentos em empreendimentos imobiliários (GONÇALVES, 2008; CHAVES, 2018). Esses métodos e técnicas baseiam-se em análises sobre o Fluxo de Caixa

(FC) projetado e descontado, como o Valor Presente Líquido (VPL), o *payback* e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Neste contexto, a tomada de decisão é do tipo “agora ou nunca”, baseando-se na imobilidade do projeto a partir do seu início até a completa execução (NORONHA, NORONHA e LEITE, 2010). Os métodos e técnicas tradicionais de análise de investimentos são incapazes de considerar a flexibilidade do gerenciamento do projeto durante sua implantação, fazendo com que as futuras opções do decisor não sejam consideradas no momento de avaliação do projeto (SOUZA NETO *et al.*, 2008; DURICA *et al.*, 2018).

Para superar essa limitação, a Teoria das Opções Reais (TOR) tem sido estudada e aplicada como metodologia para análise de investimentos com capacidade de captar a Flexibilidade Gerencial (FG). Contudo, recentes publicações indicam que há uma necessidade do desenvolvimento de estudos de caso que suportem a viabilização da aplicação da TOR no mercado imobiliário (VIMPARI, 2014; CHAVES, 2018; MINTAH *et al.* 2018).

Ante essa problemática, surge a seguinte questão de pesquisa: como avaliar economicamente as flexibilidades gerenciais (FGs) presentes em Projeto de Investimento Imobiliário (PII) com o uso da Teoria das Opções Reais (TOR)?

1.2 OBJETIVOS

Esta dissertação foi desenvolvida com a proposta de estudar a aplicabilidade da TOR na AVE de PII, buscando verificar a contribuição da inclusão das FGs na avaliação do valor do projeto. Propõe-se a elaboração de uma metodologia para avaliar esse tipo de empreendimento, e a aplicação em um estudo de caso, oferecendo suporte para o mercado imobiliário, contribuindo assim na diminuição da distância entre o estudo e a prática da TOR.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma metodologia para a Análise de Viabilidade Econômica (AVE) de Projeto de Investimento Imobiliário (PII) com base na Teoria das Opções Reais (TOR).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar a aplicabilidade da TOR para analisar as FGs presentes em PII via revisão sistemática;
- Elaborar uma metodologia de AVE de PII utilizando a TOR de modo a incorporar as FGs na análise; e
- Aplicar a metodologia elaborada em um estudo de caso de um PII, avaliando o valor das FGs por meio da TOR.

1.3 JUSTIFICATIVA

As metodologias tradicionais, mesmo considerando o risco, não avaliam a possibilidade de a empresa alterar os rumos do Projeto de Investimento (PI) em uma mudança de contexto. Contudo, a aplicação da TOR na AVE possibilita que a empresa estruture as oportunidades de investimento, definindo as opções existentes ao longo da execução do PII, e incorpore a FG (SANTOS e PAMPLONA, 2005; ROCHA *et al.*, 2007).

Nessa linha, o pioneiro é Titman (1985), que analisou o preço no mercado imobiliário de terrenos urbanos vazios sob a condição de incertezas sobre futuros cenários, introduzindo a utilização da TOR em investimentos imobiliários. Recentemente, destacam-se os estudos: (i) D'Alpaos e Marella (2014) aplicaram a TOR sobre o desenvolvimento urbano na Itália; (ii) Morano *et al.* (2014) analisaram o valor da flexibilidade via opções reais na formação de um complexo industrial na Itália; (iii) Trierveiler *et al.* (2015) utilizaram a TOR para a análise de um empreendimento imobiliário em Porto Alegre – RS; (iv) Cirjevskis e Tatevosjans (2015) com a TOR avaliaram um PI residencial na Letônia, considerando o contexto de recuperação econômica na Europa; (v) Durica *et al.* (2018) avaliaram um projeto imobiliário em Praga, na República Tcheca, considerando as opções reais de abandono, contração e expansão; e (vi) Mintah *et al.* (2018) buscaram analisar o valor econômico da troca de uso e ocupação de um empreendimento residencial na Austrália a partir da aplicação da TOR.

Verifica-se, com os estudos desenvolvidos, que a análise da FG existente nos PII através da TOR possibilita a agregação de valor à tomada de decisão do gestor. Auxilia na visualização e identificação das FGs existentes durante a execução o

projeto e contribui na associação de valor econômico à essas opções, valorizando o PII.

Segundo Vimpari (2014), há um consenso geral sobre a necessidade de mais estudos de caso para demonstrar o valor das opções reais no setor de construção e de empreendimentos imobiliários. Chaves (2018) aponta que a aplicabilidade de opções reais na análise de investimentos imobiliários ainda caminha a passos lentos, tanto em publicações acadêmicas quanto no mercado. Mintah *et al.* (2018) reconhecem que a adoção prática de modelos de opções reais na indústria da construção e imobiliária ainda é limitada pela necessidade de mais estudos de caso. Assim, mostra-se evidente a necessidade do desenvolvimento de uma metodologia estruturada para facilitar a aplicação da TOR em casos reais, de modo a contribuir com metodologias que levem à aplicabilidade prática da teoria no mercado.

1.4 DELIMITAÇÕES

As características da pesquisa definem algumas de suas delimitações. De acordo com Cauchick Miguel (2012), esta pode ser classificada como abordagem quantitativa, visto que o desenvolvimento é baseado em dados numéricos coletados e analisados, buscando-se um resultado.

A TOR pode ser aplicada em diversos campos de estudo. Contudo, este se limitará a abordar a aplicação da teoria na área de empreendimentos imobiliários, embora sejam citadas aplicações em outras áreas, de forma menos aprofundadas.

Este estudo também não buscará demonstrar a dedução ou esmiuçar a formulação da TOR ou sua implantação computacional. A abrangência se dará com foco em metodologia para a aplicação da TOR.

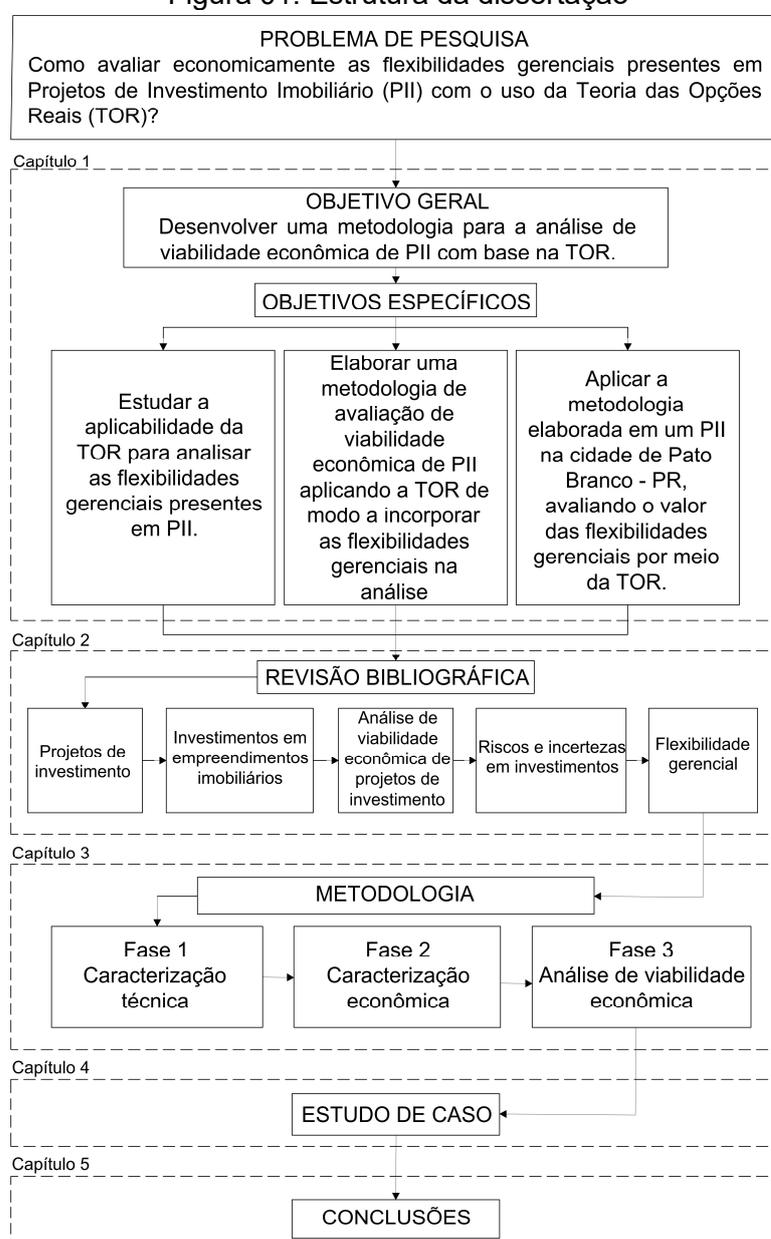
O desenvolvimento do estudo também foi limitado pela disponibilidade de dados para aplicação de estudo de caso. Para obtenção das informações sobre um PII, esta dissertação terá como limitação a restrição de acesso a dados econômicos sobre o PI, conforme forem disponibilizados pela empresa parceira.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está organizado apresentando, além desta introdução, no capítulo dois o referencial teórico, no qual busca-se detalhar o conhecimento obtido

na literatura sobre AVE de investimentos e sua aplicação no mercado imobiliário, bem como estudos desenvolvidos sobre o tema; no capítulo três a metodologia proposta para o desenvolvimento deste trabalho; no capítulo quatro, o estudo de caso desenvolvido com a aplicação da metodologia elaborada, na qual é feita a AVE de um PII, e a discussões acerca dos resultados obtidos; no capítulo cinco as conclusões obtidas e as considerações sobre o trabalho, juntamente com as propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros. A Figura 01 organiza visualmente a estrutura deste estudo.

Figura 01: Estrutura da dissertação



Fonte: Autoria própria (2019)

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico que embasa esse trabalho. A primeira parte tratará da definição de PI e uma revisão da literatura sobre análise de investimentos em empreendimentos imobiliários. Na segunda parte, serão apresentados conceitos, metodologias, métodos e técnicas de AVE de PI em ativos reais, bem como definições sobre risco em PI. Por fim, será apresentada uma parte que trata da FG, da TOR e das metodologias de aplicação dessa teoria.

2.1 PROJETOS DE INVESTIMENTO

Harzer (2015) aponta a necessidade da correta definição do significado de “investimento”. Esse autor define, de modo genérico, como a expressão de uma aplicação financeira a uma alocação de recursos em bens de capital. Já Souza e Clemente (2008) conceituam investimento como o aporte de capital cujo objetivo é manter a competitividade da empresa ou alterar sua rentabilidade.

Para uma empresa, trata-se de um desembolso visando gerar um fluxo de benefícios futuros. Para o investidor, quanto maiores forem os ganhos esperados com um investimento, mais atraente ele será. Assim, a decisão de investir depende do retorno esperado. Como o retorno não é garantido, o investidor, quando opta por um investimento, está sujeito ao risco da previsão não se concretizar. Verifica-se então a existência do fator retorno, que atrai o investidor, em paralelo ao fator risco, que o afasta. Para o decisor, quanto melhor a qualidade e o nível de informação associada ao investimento, menor será o risco envolvido (SOUZA e CLEMENTE, 2008).

Damodaran (2009) destaca que não há uma unanimidade na definição de “risco”. No âmbito das finanças, segundo o autor, risco é definido em função da variabilidade dos retornos observados de um investimento quando comparado com o retorno esperado, sendo essa variação positiva ou negativa. Ou seja, risco pode ser entendido tanto como a possibilidade de ocorrerem perdas quanto como ganhos, ou oportunidades.

Risco em investimentos, para Gitman (2010), pode ser entendido como a probabilidade da perda financeira. Também pode ser interpretado como a chance de um esperado retorno não acontecer. Quanto maior a certeza (ou menor a incerteza) de um retorno acontecer, menor é o risco relacionado. Harzer (2015) define ainda risco

em PI como a possibilidade de se obter um resultado menor do que aquele que embasou a decisão de investir.

Como a avaliação do risco baseia-se na probabilidade de ocorrência do retorno esperado, faz-se necessário conceituá-lo. Retorno pode ser entendido como o ganho ou prejuízo total que se tem com um investimento, após passado um período de tempo (GITMAN, 2010).

Souza e Clemente (2008), definem PI como uma simulação da decisão de investir, na qual busca-se elevar o nível de informação em todo o contexto do investimento, diminuindo o risco associado. Harzer (2015) define PI como a alocação de recursos em bens de capital de longo prazo, alterando as capacidades produtivas de um empreendimento. Esse autor conceitua PI também como o desenvolvimento de um modelo que seja semelhante ao contexto real em que o empreendimento estará inserido durante o seu desenvolvimento. Assim, PI, para esta dissertação, será interpretado como a possibilidade de aplicação de recursos em um momento inicial que visa um retorno futuro ao investidor, baseado em um conjunto de informações disponíveis.

Segundo Lima *et al.* (2016), a decisão de uma empresa sobre investir em determinado projeto pode conduzi-la ao sucesso ou ao fracasso, demonstrando suma importância. Investimentos de longo prazo requerem desembolsos elevados de recursos da empresa, tornando necessária a utilização de procedimentos para análise e seleção dos PIs (GITMAN, 2010).

2.2 INVESTIMENTOS EM EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS

Decisões em investimentos que envolvem elevadas quantias de recursos financeiros e demandam longos períodos de tempo para que os retornos sejam obtidos implicam em duas consequências. Uma é que o capital disponível, caso seja escasso, pode comprometer a capacidade de investimento da empresa, “amarrando-a”, impedindo que possa selecionar novas e melhores oportunidades durante o período de execução do projeto. Outra é que as estimativas e estudos desenvolvidos, que levam à elaboração do PI, são incertos, feitos em um momento inicial. Sabendo que o futuro é incerto, investimentos que demandam tempos maiores ficam mais expostos à riscos (HARZER, 2015).

Para PI que necessitam um longo horizonte de maturação e expressivos investimentos, as incertezas afetam decisivamente os tomadores de decisão, pois podem influenciar e até determinar a continuidade da organização no meio competitivo (SANTOS, 2004; JOAQUIM *et al.*, 2015).

De acordo com Gonzalez e Formoso (2000), o processo de investimentos imobiliários é feito, muitas vezes, de forma intuitiva, sobre parâmetros com influências de variáveis controláveis e não controláveis. Schuch *et al.* (2016) apontam, dentre as variáveis sob controle, o custo da obra, a taxa de administração, o cronograma e o perfil de venda. Já entre as variáveis sem controle estão os juros, a inflação, a velocidade de venda e o preço de venda.

Entre os custos e despesas de um empreendimento imobiliário tem-se, em geral, a aquisição do terreno, o desenvolvimento do projeto, da execução da obra (mão de obra, materiais e equipamentos), da administração, impostos e taxas, publicidade, corretagem e comercialização do produto, entre outros (GONZALEZ, 2003; SCHUCH *et al.*, 2016).

Já as receitas, segundo Schuch *et al.* (2016), são geradas com a venda do produto. Para que as receitas sejam definidas, segundo Gonzalez (2003), devem ser definidos: o momento de início das vendas (quando vão acontecer essas entradas), a velocidade de vendas (em quanto tempo), o perfil de vendas (como) e o preço de venda (por quanto). Por fim, devem ser incluídas essas e outras variáveis na AVE do PI, sendo necessário defini-las e interpretá-las.

Os investimentos em empreendimentos imobiliários caracterizam-se por serem de alto custo de implantação e longa maturação, até que o produto seja disponibilizado e os retornos financeiros possam ser alcançados. Como esse tipo de investimento está associado a diversos fatores e variações mercadológicas, convém conhecer o risco a que o investimento está submetido para a tomada de decisão (Balarine, 2004).

Pagourtzi *et al.* (2003) elaboraram um estudo sobre os métodos utilizados na avaliação de empreendimentos imobiliários. Esses autores concluíram que não há como saber qual o método mais apropriado para utilização, e recomendam avaliar os problemas, consultar a literatura, considerar alternativas, escolher uma metodologia, desenvolver a análise e estudar os resultados. Se os resultados não apontarem motivos para recusar a metodologia, parecerem razoáveis e lógicos de acordo com as convicções aceitas, então a metodologia selecionada é apropriada.

Bispinck (2012) pesquisou quais modelos de auxílio à tomada de decisão estão sendo aplicados no mercado imobiliário do Reino Unido. O autor concluiu, a partir dos resultados obtidos, que a fase de análise é a mais importante da tomada de decisão, que as técnicas práticas e a experiência do decisor, bem como comparações, são vistas como as informações mais relevantes para a decisão de investir. Os especialistas consultados afirmaram ainda, que a Análise de Sensibilidade (AS) seria uma das mais importantes ferramentas no futuro. A maioria dos investidores utilizavam critérios qualitativos, particularmente a experiência geral, como o modelo mais importante para tomada de decisão durante a época de expansão econômica. Contudo, atualmente essa visão mudou, e os investidores indicam que um foco nos modelos de riscos e de análise quantitativa apresentam-se com mais força, não necessariamente descartando a experiência do decisor.

A utilização de metodologias de análise de risco e de viabilidade econômica são utilizadas para auxiliar o tomador de decisão sobre investimentos. Estas metodologias buscam descrever como as decisões são tomadas ou fornecer instruções e informações para que a decisão sobre o investimento possa ser tomada. Modelos propostos para análise de risco devem refletir a cultura e condições do mercado no momento da sua aplicação. A metodologia a ser utilizada deve buscar uma representação dos fundamentos do mercado (PAGOURTZI *et al.*, 2003).

D'Alpaos e Marella (2014) propuseram um modelo para avaliação do valor da flexibilidade no desenvolvimento urbano e em parcerias público-privadas em uma região da Itália, utilizando a TOR. Esses autores destacam que, se exercida de forma otimizada, a opção pode aumentar o retorno do investimento. Verifica-se no estudo que, conforme apontado na teoria, o valor do retorno esperado é maior conforme for maior a incerteza no FC esperado.

Morano *et al.* (2014), para analisar o valor da flexibilidade de opções na formação de um complexo industrial urbano na Itália, aplicaram o modelo Binomial de Opções, associado ao Fluxo de Caixa Descontado (FCD) com a observação do Valor Presente Líquido Expandido (VPLE) obtido. Segundo esses autores, com a aplicação da TOR, o investimento tornou-se economicamente viável, ao contrário do que indicava a análise tradicional, que sugeria abandonar o projeto.

Trierveiler *et al.* (2015) realizaram um estudo da aplicação da TOR para análise de empreendimentos imobiliários com o modelo Binomial de Opções, usando como indicadores o VPL e o VPLE, estruturando ao fim uma Árvore de Decisão (AD) para

visualização dos resultados, aplicado a um empreendimento a ser realizado na cidade de Porto Alegre – RS. Ao fim, perceberam a contribuição da utilização da TOR em empreendimentos imobiliários, introduzindo uma visão de diferentes cenários de mercado.

Cirjevskis e Tatevosjans (2015) utilizaram a TOR, com aplicação da Simulação de Monte Carlo (SMC) e análise dos indicadores VPL e VPLE para um PI residencial na Letônia, em um contexto de recuperação após crise econômica severa no continente e alta volatilidade de custos e preços. Esses autores compararam os resultados entre o modelo de Black-Scholes e o modelo Binomial de Opções, aplicado com uma árvore de 5 períodos, na qual cada etapa representava o período de um ano. Verificaram que os resultados com ambos os modelos foram aproximadamente os mesmos.

Etges e Souza (2016) estruturaram uma metodologia para análise dos indicadores tradicionais VPL, TIR e *Payback* com variação em parâmetros via SMC, associado ao método qualitativo *Analytical Hierarchy Process* (AHP) buscando definir o melhor local para construção de um edifício em Porto Alegre – RS. Schuch *et al.* (2016) utilizaram os indicadores VPL, TIR e ROIA associado ao método qualitativo *Multiattribute Utility Theory* (MAUT) para análise de viabilidade de compra de terrenos na mesma cidade.

Durica *et al.* (2018) aplicaram o método da árvore binomial para avaliar um projeto imobiliário em Praga, na República Tcheca, aplicando a TOR, considerando as opções de expansão, contração e abandono. O principal objetivo do estudo foi verificar a aplicação prática do modelo de avaliação. Como conclusão, perceberam que a inclusão de intervenções gerenciais possibilita a otimização do valor do projeto, contribuindo com a tomada de decisão sobre a implementação do PI.

Mintah *et al.* (2018) buscaram analisar o valor econômico da possibilidade da troca de uso de um empreendimento residencial na Austrália. Com a aplicação da TOR, verificaram que a flexibilidade do uso misto da edificação agregou valor ao PI, mesmo considerando o custo inicial maior para que a opção seja possível. Esses autores concluíram que a análise das flexibilidades e opções pode melhorar a gestão de riscos e incertezas sobre o investimento.

A fim de conhecer as abordagens e as metodologias utilizadas para avaliação de riscos e de viabilidade de investimentos em empreendimentos imobiliários, Silva, Lima e Schenatto (2017) desenvolveram uma revisão sistemática da literatura,

aplicando a metodologia *Proknow-C*, com base em palavras-chave relacionadas ao assunto de interesse.

Este estudo resultou em um portfólio de publicações de periódicos composto por 27 artigos. Destes, 10 utilizaram métodos multicritério para análise de riscos ou de fatores que influenciam nos retornos; 7 trabalharam com a SMC para análise da incerteza relacionada aos riscos ou aos retornos; e 10 trabalharam com a TOR na análise dos retornos dos projetos em estudo.

2.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS DE INVESTIMENTO

A tomada de decisão pela implantação de um PI está sujeita à análise de critérios que podem ser definidos em: econômicos, relacionados à rentabilidade; financeiros, sobre a disponibilidade de recursos; e imponderáveis, que trata de fatores não conversíveis em dinheiro. Assim, ao se analisar um PI, deve-se levar em consideração, além da análise econômico-financeira, a influência e o impacto de fatores não quantificáveis monetariamente (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2010).

Investimento envolve uma escolha entre opções, mediante um custo de oportunidade. Este custo de oportunidade pode ser entendido como o valor da melhor alternativa não escolhida, em favor do valor da alternativa selecionada. Assim, o investidor busca, ao tomar a decisão, que o retorno seja, no mínimo, o custo de oportunidade que foi assumido. Para que o investimento tenha valor é necessário que ele apresente um retorno esperado maior do que se obteria mantendo-se o capital aplicado em outra alternativa de investimento, com riscos semelhantes. Dessa forma, o retorno deve ser maior que o custo de oportunidade abdicado em favor do investimento selecionado (HARZER, 2015).

Uma das alternativas de investimento é a rentabilidade esperada com a aplicação do capital em investimentos de baixo risco. Sempre haverá uma opção de aplicação dos recursos, além do PI analisado. Assim, um PI será economicamente atrativo se o retorno esperado for maior que o obtido com a aplicação do capital na alternativa de investimento de baixo risco. Essa aplicação dos recursos com baixo risco e alta liquidez é conhecida como Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (CASAROTO FILHO e KOPITTKKE, 2008; SOUZA e CLEMENTE, 2008).

A decisão por investir tem a característica da irreversibilidade no curto prazo. Por isso, estudos são efetuados, de modo a tentar conhecer o comportamento dos

custos explícitos e ocultos associados a esse investimento. Reconhecendo-se que os recursos são limitados e que nem todas as opções de investimento disponíveis podem ser adotadas, foram desenvolvidos métodos de análise de investimentos. Esses métodos podem ser classificados, em: Metodologia Clássica (MC), Metodologia Multi-Índice (MMI), Metodologia Multi-Índice Ampliada (MMIA) e Teoria das Opções Reais (TOR) (NOGAS, SOUZA e SILVA, 2011; LIMA *et al.*, 2015).

Em cada um dos métodos, a avaliação do retorno possui a mesma base, porém o risco é visto com diferente importância e modo de mensuração (HARZER, 2015). Independentemente do método, todos possuem a característica comum do uso do FC projetado, a hipótese da perpetuidade representada pelo valor residual ao final do horizonte de planejamento e uma taxa de desconto (TMA) para estabelecer as relações de equivalência do FC. As diferenças surgem na definição o que é incorporado no FC, na taxa de desconto e na seleção das métricas (NOGAS, SOUZA e SILVA, 2011).

2.3.1 Determinação da Taxa Mínima de Atratividade

De modo simplificado, subentende-se que quando o decisor opta por não executar um PI, o capital ficará aplicado à TMA. Souza e Clemente (2008) denominam como lucro residual o excedente de riqueza gerado pelo PI além do que seria gerado aplicando-se na TMA. Esse conceito também é conhecido como Valor Econômico Agregado ou *Economic Value Added* (EVA).

A TMA é básica para praticamente qualquer método de análise de investimentos. Contudo, sua definição exige cautela, pois sua escolha exerce influência diretamente sobre o valor presente do investimento, e pode determinar a aceitação ou rejeição de um PI (HARZER, 2015).

A TMA apropriada, na análise de um PI, é o custo de tomar fundos emprestados (para investimentos) ou a taxa de retorno do investimento alternativo de baixo risco (custo de oportunidade). A TMA pode ser definida como a taxa de desconto resultante de uma política definida pelos dirigentes da empresa (SOUZA e KLIEMANN NETO, 2012). Casarotto Filho e Kopittke (2010) definem que a TMA é um percentual mínimo de retorno do investimento que a organização definir, ou seja, o retorno mínimo exigido pelo empreendedor. Souza e Clemente (2008) recomendam, para a MMI, adotar uma

taxa quase livre de risco como a TMA, a qual será utilizada para descontar o FC projetado.

Contudo, não há consenso sobre qual a melhor maneira de definir a TMA de uma empresa. Ela pode ser definida como uma taxa livre de risco, ou pode representar o custo de capital da empresa, entre outros métodos de definição. Calcular e definir a TMA em grandes e complexas organizações pode ser dificultoso e demandar tempo (HARZER *et al.*, 2014).

Galesne, Fensterseifer e Lamb (1999) consideram que a TMA mais apropriada para análise de investimentos é o custo de capital da empresa. Gitman (2010) e Schroeder *et al.* (2005) consideram que o custo de capital é o retorno exigido pelos acionistas e financiadores do capital da empresa, ao qual a TMA deve se relacionar diretamente. Assim, se os financiadores da empresa decidiram por fornecer o capital, com expectativas de retorno, então o custo desse capital pode ser a referência da TMA para novos investimentos.

O custo de capital, de acordo com Assaf Neto, Lima e Araújo (2008), não é estabelecido pela própria empresa, mas pelas condições em que ela obtém recursos financeiros, podendo ser determinado por uma média dos custos de oportunidade do capital próprio e pelo capital de terceiros. Esse conceito é conhecido como Custo Médio Ponderado de Capital (WACC, do inglês *Weighted Average Cost of Capital*).

Schroeder *et al.* (2005) explicam como estabelecer o WACC de uma empresa multiplicando-se o custo de cada fonte de financiamento da empresa pela sua proporção na estrutura de capital, conforme apresentado na Equação 01.

$$WACC = \frac{E}{V} * R_e + \frac{D}{V} * R_d * (1 - T_c) \quad (01)$$

Na qual:

R_e = custo de capital;

R_d = custo da dívida;

E = valor de mercado do patrimônio da empresa;

D = valor de mercado da dívida da empresa;

$V = E + D$ = valor total de mercado do financiamento da empresa;

E/V = porcentagem de financiamento que é patrimônio;

D/V = porcentagem de financiamento que é dívida;

T_c = taxa de imposto corporativo.

O custo de capital próprio corresponde ao valor pago ou esperado como dividendos aos acionistas, e representa a TMA requerida para investimento na empresa (SCHROEDER *et al.*, 2005; ASSAF NETO, LIMA e ARAÚJO, 2008). O Modelo de Formação de Preço de Ativos (CAPM, do inglês *Capital Asset Pricing Model*), criado por William Sharpe e John Linter na década de 60, é a ferramenta utilizada para projetar o custo de capital próprio, a qual relaciona linearmente risco e retorno de ativos (YOSHIMURA, 2008; GITMAN, 2010). O CAPM é útil para avaliar e relacionar risco e retorno, sendo que, para estimativa do custo de capital próprio, é o mais aplicado na literatura financeira (ASSAF NETO, LIMA e ARAÚJO, 2008).

O risco total de um ativo, de acordo com Damodaran (2002), é composto por duas partes básicas: o risco diversificável (não sistemático) e o risco não diversificável (sistemático). A composição do risco é apresentada na Equação 02.

$$\text{Risco total} = \text{risco diversificável} + \text{risco sistemático} \quad (02)$$

O risco diversificável refere-se aos riscos que afetam poucas empresas ou grupos específicos. Representa a parcela associada a causas aleatórias, que podem ser eliminadas por meio da diversificação de ativos de uma carteira. Já o risco sistemático afeta todo o mercado, atingindo todos os tipos de empresas, como por exemplo a alteração da taxa básica de juros, guerras, incidentes internacionais, entre outros, e não pode ser eliminado por meio da diversificação. Como a parcela do risco que é diversificável pode ser eliminada na elaboração da carteira de ativos, o risco relevante, para o investidor, é o sistemático (GITMAN, 2010).

O CAPM é definido, conforme Gitman (2010) pela Equação 03:

$$R_i = R_f + \beta(R_m - R_f) \quad (03)$$

Na qual:

R_i = Retorno do ativo;

R_f = Taxa de retorno livre de risco;

β = Coeficiente beta, ou índice de risco sistemático;

R_m = Retorno de mercado, representando o retorno de todos os ativos do mercado.

O CAPM pode ser dividido em duas parcelas: a primeira, R_f , representa a taxa de retorno livre de risco; a segunda, representada por $\beta(R_m - R_f)$ indica o prêmio pelo risco de investir no ativo. Esta ainda pode ser dividida em duas partes, sendo o coeficiente β representativo do nível de risco sistemático, e a parcela restante a representação da recompensa por assumir o risco sistemático, medido pelo prêmio do risco de mercado (YOSHIMURA, 2008).

O coeficiente β consiste em um indicador do grau de variabilidade do retorno do ativo em relação à variação do retorno de mercado, representando assim uma medida do risco sistemático (GITMAN, 2010). Esse coeficiente é calculado a partir de dados históricos do retorno daquele tipo de ativo (R_i), por meio de regressão em comparação com os do mercado (R_m), conforme Equação 04:

$$\beta = \frac{COV(R_i, R_m)}{\sigma_m^2} \quad (04)$$

Na qual, σ_m^2 é a variância dos retornos de mercado.

O coeficiente β também pode ser determinado a partir de uma análise gráfica. Ao se relacionar os retornos de mercado no eixo das ordenadas e os retornos históricos do ativo no eixo das abcissas, e indicar pontos nas coordenadas conforme os dados históricos, a inclinação da reta característica obtida pela melhor representação entre as coordenadas dos pontos é o β (GITMAN, 2010).

2.3.2 Método Clássico

No MC, a análise se baseia nos indicadores de retorno VPL, TIR ou *Payback*. Os critérios de aceitação de um PI são basicamente $VPL > 0$ e $TIR > TMA$. O VPL utiliza o conceito de FCD mediante uma TMA, fazendo com que todos os fluxos líquidos gerados pelo projeto sejam expressos em um único período. Assim, o VPL é a concentração de todos os fluxos líquidos de caixa no período presente, mediante uma taxa de desconto (SOUZA e CLEMENTE, 2008; CORREIA NETO, 2009;

GITMAN, 2010; HARZER, 2015). Esse indicador baseia-se na hipótese que todos os fluxos líquidos sejam continuamente reinvestidos em alguma alternativa de investimento que gere um retorno igual à TMA utilizada na análise do PI. Quando o VPL é zero, significa que os benefícios cobrem o custo de oportunidade do capital aplicado. Qualquer valor acima de zero, indica que o PI gera riqueza.

A TIR pode ser definida como a taxa de desconto que iguala o VPL a zero (SOUZA e CLEMENTE, 2008; GITMAN, 2010; HARZER, 2015). Ela representará a rentabilidade do PI se todos os benefícios líquidos puderem ser reinvestidos em algum investimento que proporcione o mesmo retorno que a própria TIR. Como critério de decisão, basta que a TIR seja superior à TMA. Quando isso acontece, o VPL é positivo.

O *Payback*, também conhecido como período de recuperação do capital investido, representa o tempo necessário para que o saldo acumulado de fluxos líquidos de benefícios gerados pelo PI supere o investimento realizado (SOUZA e CLEMENTE, 2008; GITMAN, 2010). A forma de utilização mais recomendada é o cálculo do *Payback* descontado, na qual os fluxos de benefícios são descapitalizados pela TMA ao valor presente. A partir do momento que o capital inicial é recuperado até o prazo final de maturidade, o projeto estará recebendo valor. Seu critério de aceitação baseia-se na ideia do tempo mínimo aceitável para que o fluxo de benefícios supere o investimento inicial.

O risco é abordado na forma de um prêmio, ou *spread*, incorporado à taxa de desconto do FC, ou TMA (NOGAS, SOUZA e SILVA, 2011). Uma TMA maior implica em um menor VPL, fazendo com que o resultado da análise, utilizando a MC, apresenta-se conservador.

2.3.3 Metodologias Multi-Índice e Multi-Índice Ampliada

A MMI, proposta por Souza e Clemente (2008), se caracteriza pelo uso simultâneo de dois conjuntos de indicadores para avaliação do retorno e dos riscos associados a um PI. Busca-se, assim, uma visão mais abrangente do contexto do investimento, facilitando o processo decisório de escolha do PI (SOUZA e CLEMENTE, 2008; LIMA *et al.*, 2015).

Na MMI, o retorno é avaliado pelos indicadores VPL, Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Índice Benefício Custo (IBC) e Retorno Adicional do Investimento

(ROIA). Já o risco é avaliado pelos indicadores TMA/TIR (Risco financeiro), *Payback/N* (Risco de não recuperar o capital investido), GCR (Risco operacional), Risco de Gestão e Risco de Negócio (SOUZA e CLEMENTE, 2008).

Diferente do MC, no qual o risco é incorporado à TMA por meio de um prêmio, na MMI o risco possui uma dimensão própria de avaliação. O VPL positivo apenas indica que o PI deve continuar a ser analisado. A TIR e o *Payback* são parte dos indicadores de riscos, e a TMA é a própria taxa de aplicação quase livre de risco, ou custo de oportunidade. Caso fizesse parte da TMA, assim como na MC, haveria a possibilidade de o risco ser duplamente considerado, pois já será avaliado nos indicadores da MMI, penalizando o PI (HARZER, 2015). Essa metodologia força o decisor a um confronto entre a percepção das dimensões riscos e retorno (NOGAS, SOUZA e SILVA, 2011). Harzer (2015) apresentou um comparativo das diferenças conceituais entre a MC e a MMI (Quadro 01).

Quadro 01: Comparativo das diferenças entre MC e MMI

Metodologia Clássica	Metodologia Multi-Índice	Comentários
A Demonstração de Resultado, base para a elaboração do fluxo de caixa, pode ser apurada na forma contábil clássica, pelo custeio por absorção, ou pelo custeio variável	A Demonstração de Resultado necessita de ser elaborada pelo custeio variável. Portanto, segrega os custos e despesas entre fixos e variáveis	A separação dos custos e despesas entre fixos e variáveis proporciona uma melhor compreensão da estrutura de custos do empreendimento e fornece uma visão mais clara sobre a variação nos resultados em função do volume de atividade.
O risco é normalmente limitado a um <i>spread</i> sobre a Taxa Livre de Risco para compor a taxa de desconto do fluxo de caixa do investimento.	A TMA é uma taxa quase livre de risco. Corresponde à melhor alternativa de investimento com baixo nível de risco.	Na MMI o risco é analisado com um conjunto próprio de indicadores. Isso elimina a subjetividade que o <i>spread</i> incorpora e proporciona um valor presente dos fluxos de benefícios mais condizente com as diferentes alternativas de investimentos disponíveis no mercado.
Quando se utiliza de outras métricas de avaliação do risco, considera apenas o risco financeiro, normalmente limitando-se à análise de sensibilidade e/ou análise de cenários pessimista e otimista.	Os riscos são separados em suas diferentes categorias: risco financeiro, medido pelo indicador TMA/TIR; risco de não recuperar o capital investido, medido pelo indicador <i>Payback/N</i> ; risco operacional, mensurado pelo GCR; risco de gestão e risco de negócio.	A segregação dos riscos clarifica a compreensão dos diferentes fatores que afetam o negócio e que podem comprometer a sobrevivência do empreendimento. Contudo, embora a MMI alerte para os diferentes tipos de riscos envolvidos no projeto, ainda carece de estudos mais profundos, de forma a tornar seu uso mais prático.
A decisão de investir basicamente é restrita ao VPL e/ou a TIR. Um VPL positivo e/ou uma TIR superior à TMA	A decisão de investir se baseia em uma série de indicadores. Além do VP, VPL, VPLA, IBC, ROI e ROIA, indicadores de	Um VPL positivo ou $TIR > TMA$ apenas indica que a análise do projeto de investimento pode prosseguir, mas não diz que ele

indica o aceite do investimento. O Índice de Lucratividade ou IBC e o <i>Payback</i> podem complementar a análise, mas, normalmente eles não são decisivos e precisam ser analisados de forma conjunta com os demais.	retorno, a análise é ampliada com os indicadores de risco. A TIR apenas informa o retorno máximo que o projeto pode obter caso fosse possível reinvestir todos os fluxos de caixa com taxas iguais à TIR do projeto.	deve ser aceito apenas com base nesses dois indicadores. Só a utilização de vários indicadores em conjunto é capaz de fornecer uma visão mais ampliada sobre o investimento.
A TIR e o <i>Payback</i> são considerados indicadores de retorno. Este último também é utilizado para verificar o risco quando comparado com um prazo máximo de corte definido para recuperar o capital, mas não é transformado em índice específico para essa finalidade.	A TIR, comparada com a TMA, e o <i>Payback</i> , em relação ao período de duração do projeto, são considerados indicadores de risco. O retorno total do investimento é medido pelo ROI e o retorno obtido além da TMA é mensurado pelo ROIA. Este indicador é análogo ao conceito do EVA mensurado na forma percentual.	A TIR só pode ser considerada indicador de retorno, se os fluxos de benefícios do projeto forem reinvestidos à própria TIR, o que dificilmente acontece. Eles são reinvestidos a uma taxa muito mais próxima à TMA. O <i>Payback</i> nada diz sobre o retorno do investimento. Contudo, sua proximidade com o ciclo final de vida do investimento fornece uma visão do risco de não se recuperar o capital investido. Quanto mais perto do final do ciclo de vida do projeto, maior o risco assumido.

Fonte: Harzer (2015).

Como forma de analisar a sensibilidade dos índices da MMI, Lima *et al.* (2015) propuseram a inclusão, à essa metodologia, de Limites de Elasticidade (LEs) e Valores-Limite (VLs), denominando assim como MMIA. Esses autores buscaram, com essa nova dimensão de MMI, quantificar a vulnerabilidade dos resultados em relação a mudanças de valor de uma variável, mantendo as outras constantes (CORREIA NETO, 2009; LIMA *et al.*, 2015).

Quando, a partir da aplicação do MMIA, percebe-se que uma pequena variação em um dos parâmetros de entrada é capaz de mudar relevantemente o resultado do PI, verifica-se que o investimento é sensível a este parâmetro alterado. Com isso, torna-se importante reforçar sua previsibilidade, dedicando esforços à coleta de dados menos incertos (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2010; LIMA *et al.*, 2015). Gularte *et al.* (2017) agruparam as dimensões e os respectivos indicadores da MMIA, conforme apresentado no Quadro 02.

Quadro 02: Indicadores da Metodologia Multi-Índice Ampliada

DIMENSÃO	INDICADOR	DIMENSÃO	INDICADOR
RETORNO (SOUZA e CLEMENTE, 2008; LIMA <i>et al.</i> , 2016)	Valor Presente: VP	LIMITES DE ELASTICIDADE (LIMA <i>et al.</i> , 2015)	$\Delta\%$ TMA
	Valor Presente Líquido: VPL		$\Delta\%$ FC ₀
	VP da Receita Total: VP(RT)		$\Delta\%$ FC _j
	VP do Custo Variável Total: VP(CVT)		$\Delta\%$ FC ₀ e FC _j
	VP do Custo Fixo: VP(CF)		$\Delta\%$ TMA e FC ₀

	VP do Custo Total: VP(CT)	$\Delta\%$ TMA e FC _j
	VP do Valor Residual: VP(VR)	
	Valor Presente Líquido Anualizado: VPLA	Legenda: $\Delta\%$ = Variação percentual; TMA = Taxa Mínima de Atratividade; FC ₀ = Fluxo de Caixa para o período 0; FC _j = Fluxo de Caixa para o período j; Q = quantidade de vendas; PVu = Preço de Venda unitário; CVu = Custo Variável unitário; MCu = Margem de Contribuição unitária; CF = Custo Fixo; CT = Custo Total; RT = Receita Total; e VR = Valor Residual.
	Índice Benefício Custo: IBC	
	Retorno Adicional sobre o Investimento: ROIA	
	Índice ROIA/TMA	
RISCOS (SOUZA e CLEMENTE, 2008; LIMA <i>et al.</i> , 2013)		
Payback ajustado		
Taxa Interna de Retorno: TIR		
Payback ajustado/N		
Índice TMA/TIR		
Payback descontado		

Fonte: Gularte *et al.* (2017).

Lima *et al.* (2017a) apresentam a MMIA associada à SMC, de modo a possibilitar analisar o projeto, os limites de elasticidade e os valores limites considerando a variação de dados de entrada sob a abordagem estocástica. Como forma de auxiliar na aplicação das metodologias de análise de PI, Lima *et al.* (2017b) desenvolveram e disponibilizaram o aplicativo via *web* denominado Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimentos (\$AVEPI). Nesse aplicativo, a partir de dados de entrada fornecidos pelo usuário, é possível aplicar a MC, a MMI, a MMIA determinística e a MMIA com a SMC.

2.4 RISCOS E INCERTEZAS EM INVESTIMENTOS

As decisões de investimentos são tomadas baseadas em estimativas. Assim, é natural que elas estejam sujeitas a riscos. A análise de um PI pode subsidiar a tomada de decisão, reduzindo as incertezas, porém elas nunca serão eliminadas. Depois de iniciada a implantação de um PI, mesmo que este seja bem elaborado e fundamentado, ao longo do tempo, novos eventos não planejados podem surgir. A incerteza tem origem na impossibilidade de se controlarem os eventos futuros. O desenvolvimento e o aprimoramento da análise de um PI visam à diminuição do nível de incerteza, tornando os riscos conhecidos (SOUZA e CLEMENTE, 2008).

Um PI sempre estará sujeito a riscos e incertezas. O risco é uma estimativa da probabilidade de ocorrência de eventos durante a elaboração e avaliação do PI, não sendo exato. Desta forma, os riscos em um PI também apresentam incerteza. Risco e retorno estão correlacionados, de modo que a decisão de investir deve ser tomada somente com a análise conjunta dessas dimensões (HARZER, 2015).

Com a utilização desses dois termos (risco e incerteza), convém diferenciá-los. Esses autores definem situação de risco como a situação em que os eventos possíveis e suas probabilidades são conhecidos. Já a situação de incerteza ocorre quando não se sabem quais os eventos possíveis ou suas probabilidades de ocorrência. Souza e Clemente (2008) e Penrose (2006) associam a incerteza com a falta de informação. Quanto melhor o nível de informação obtida pelo decisor, mais conhecido será o nível de risco a que o PI está sujeito.

“Risco” pode ser utilizado quando se conhecem os possíveis estados futuros, associados às respectivas probabilidades de ocorrência. “Incerteza” descreve situações em que não se sabe quais os estados futuros ou quando não é possível estimar as probabilidades de determinados resultados acontecerem. Risco, então, é uma forma de mensurar a incerteza (SECURATO, 1996; SOUZA e CLEMENTE, 2008; CASAROTTO FILHO e KOPITKE, 2010; GITMAN, 2010; HARZER, 2015).

São cinco as dimensões de riscos envolvidos em um PI, classificadas conforme a metodologia apresentada por Souza e Clemente (2008):

- Risco financeiro: probabilidade de se obter um retorno melhor ao aplicar o capital disponível na TMA do que aplicar o mesmo capital no PI. Na MMI, esse risco é medido pela razão entre a TMA e a TIR, conforme Equação 05. Esse indicador é medido entre 0, que aponta um menor risco, a 1, maior risco financeiro. Quando o valor está acima de 1, ou seja, a TMA maior que a TIR, a melhor opção será a não implementação do PI;

$$\text{Risco Financeiro} = \frac{TMA}{TIR} \quad (05)$$

- Risco de não recuperar o capital investido: probabilidade de que o capital inicial aplicado no PI não seja recuperado por meio do FC do investimento. Quanto maior o tempo necessário para que o fluxo de benefícios supere o capital inicial aplicado, maior o risco. Na MMI, esse risco é medido pelo indicador *Payback/N* (Equação 06), que calcula a proporção entre o tempo necessário para recuperar o capital aplicado e o tempo total de duração do projeto. Quanto mais próximo de 1, maior o risco de não recuperação do capital investido;

$$\text{Risco de não recuperar o capital investido} = \frac{\text{Payback}}{N} \quad (06)$$

- Risco operacional: probabilidade de a empresa não conseguir cobrir seus custos operacionais. Quanto maior a atividade produtiva necessária para que a empresa cubra com seus custos e comece a obter lucros, maior o risco operacional envolvido. Na MMI, o risco operacional pode ser medido pelo Grau de Comprometimento da Receita (GCR), que é a relação da receita necessária para equilíbrio das contas sobre a receita obtida com o nível máximo de capacidade produtiva (Equação 07). Quanto mais próximo o GCR estiver de 1, maior o risco operacional;

$$GCR = \frac{\text{Receita de equilíbrio}}{\text{Receita no nível máximo de atividade}} \quad (07)$$

- Risco de gestão: risco associado ao grau de conhecimento e de competência do grupo gestor do PI em outros projetos similares. Busca avaliar a capacidade dos gestores para desenvolver o PI e saber gerenciar eventuais negociações ou situações turbulentas. Utilizando-se de técnicas qualitativas, pode-se avaliar esse risco a partir de consultas a especialistas, opinando, em uma escala de 0 a 1, sobre as competências e habilidades do grupo gestor.
- Risco de negócio: associado a fatores conjunturais e não controláveis, que afetam o ambiente de negócios. Variam desde o grau de concorrência, as tendências da economia, o comportamento do setor da atividade, entre outros. Pode ser medido tanto pela opinião de especialistas, por meio de métodos qualitativos, quanto com a aplicação de técnicas de análise de risco de negócios.

Conforme afirma Harzer (2015), os valores que compõem o FC de um PI são estimativas pontuais, de modo que quanto mais distantes no tempo se encontram do período de planejamento, mais incertos serão, aumentando a sua amplitude de variabilidade. Paralelamente, quanto maior o período de análise do projeto, maior será a chance de ocorrência de fatores imprevistos. E quanto maior a incerteza associada aos parâmetros de entrada do PI, maior será o risco associado.

2.4.1 Técnicas de análise de riscos em PI

Como auxílio à tomada de decisão, Galesne *et al.* (1999) classificam as técnicas de análise de riscos em duas formas: qualitativas, que se dividem em priorização ou avaliação; e quantitativas, estas se subdividindo em determinísticas ou probabilísticas.

As técnicas qualitativas podem ser empregadas para avaliar riscos ou priorizá-los para uma futura análise quantitativa. Dentre elas, tem-se as de priorização, que buscam classificar os riscos por meio de sua avaliação e combinação de probabilidade de ocorrência e impacto, e as de avaliação, que buscam incorporar aspectos subjetivos na análise, de modo a considerar o perfil de risco do decisor, agregando aspectos intangíveis na análise (KLIEMANN *et al.*, 2011).

Já as técnicas quantitativas buscam medir a probabilidade e o impacto dos riscos, estimando suas implicações no PI. Nestas, tem-se as técnicas determinísticas, que partem do pressuposto que os dados de entrada são conhecidos e certos, sem considerar a variabilidade. Diferente destas, tem-se as técnicas probabilísticas, ou estocásticas, que consideram a variabilidade dos fatores de análise, podendo levar a uma maior precisão da análise (KLIEMANN *et al.*, 2011). Em uma análise de risco, caso se conheça ou possa-se estimar a distribuição de probabilidades dos dados de entrada, pode-se desenvolver a análise de risco utilizando as técnicas probabilísticas (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2010).

As técnicas quantitativas determinísticas podem ser eficientes para aplicação em PI simples. Além disso, são indicadas para identificar variáveis relevantes no projeto para posterior aplicação das técnicas quantitativas probabilísticas, buscando aprofundamento da análise (LAPPONI, 2007). Dentre as determinísticas, tem-se como exemplos a AS e a Análise de Cenários (AC). Já entre as probabilísticas, apresentam-se a AD e a SMC (KLIEMANN *et al.*, 2011).

2.4.1.1 Técnicas quantitativas determinísticas

Para verificar o impacto ou efeito que a alteração de alguma variável em um projeto causa no resultado, é utilizada a técnica da Análise de Sensibilidade (AS) (HIRSCHFELD, 2007). Quando uma pequena alteração em uma variável causa um

grande impacto no resultado do PI, diz-se que esse projeto é sensível a este parâmetro. Essa análise pode contribuir para verificar se é interessante dedicar maiores esforços para obter dados de entrada mais precisos sobre a variável analisada (CASAROTTO FILHO e KOPITTKE, 2010)

Vista como uma técnica simples e de rápida execução, a AS não permite que sejam consideradas as interdependências entre as variáveis. Assim a AS não capta a influência que a alteração dos valores de um parâmetro causa em outro no mesmo PI (KLIEMANN *et. al.*, 2011). De modo a superar essa limitação, aplica-se a técnica da AC. Nesta, é possível a alteração de mais de um parâmetro paralelamente, captando-se o resultado dessa variação. Para isso, criam-se diferentes cenários para o PI, como o pessimista, o provável e o otimista (BLANK e TARQUIN, 2008). A avaliação conjunta dos diferentes cenários possibilita a tomada de decisão com maior confiabilidade, visto que os resultados dos possíveis eventos já terão sido analisados (KLIEMANN *et. al.*, 2011).

2.4.1.2 Técnicas quantitativas probabilísticas

A MC na análise de investimentos utiliza uma abordagem determinística, na qual espera-se que as variáveis que compõem o FC se comportam exatamente da forma como foram propostas. Contudo, os valores das variáveis do FC são estimados de acordo com o melhor julgamento da equipe responsável pelo PI, sendo probabilísticos, com característica de variáveis aleatórias (HARZER, 2015).

De acordo com Guajarati (2002), a técnica da SMC utiliza números pseudoaleatórios e distribuição probabilística para resolução de problemas de várias áreas de pesquisa. Conforme afirma Jorion (2010), o objetivo da utilização da SMC não é encontrar um resultado exato e único, mas uma distribuição de valores que melhor descrevam o comportamento do fenômeno estudado. A abordagem estocástica, via SMC, considera a probabilidade de eventos acontecerem no futuro, possibilitando estimar a sua previsão.

Para Moore e Weatherford (2005), a vantagem da utilização da SMC é determinar como uma variação aleatória conhecida afeta o desempenho da viabilidade do sistema modelado. Esses autores apontam que a SMC pode ser aplicada na avaliação de PI, de modo a facilitar a observação dos riscos envolvidos, auxiliando na tomada de decisão.

Conforme afirma Hertz (1964), com a SMC pode-se obter a previsão e quantificação do risco em investimentos. Lima *et al.* (2017a) afirmam que a aplicação da SMC, gerando resultados e distribuições probabilísticas, facilita o cálculo do risco de um PI, e propõem o uso dessa técnica na MMIA. De acordo com Manesme *et al.* (2014), a subestimação ou a superestimação do risco pode levar à grandes perdas ou oportunidades significativas perdidas.

A SMC pode ser utilizada para calcular os retornos esperados em PI. Com a abordagem estocástica, ao contrário da determinística, cada indicador recebe uma série de valores, possibilitando que sejam estimadas as respectivas probabilidades de ocorrência de cada indicador (CORREIA NETO, 2009). Nesse caso, são realizadas milhares de simulações, sendo gerados valores aleatórios para cada variável de um conjunto de entrada de acordo com o modelo de distribuição de probabilidades definido previamente (COSTA e AZEVEDO, 1996).

De acordo com Correia Neto (2009), o valor esperado, quando calculado via SMC, pode ser interpretado como a média da distribuição das probabilidades dos resultados gerados. Porém, deve-se analisar o nível de dispersão dos resultados apresentados. Esse grau de dispersão é representado pelo desvio-padrão, que também serve como medida de risco.

A SMC permite a escolha de variados tipos de distribuição de probabilidades, de acordo com o comportamento esperado das variáveis analisadas (HARZER, 2015). Esse autor afirma que para PI, os limites de variabilidade dos parâmetros de entrada são relevantes. Na análise de PI, quando se tem uma estimativa dos limites de variabilidade das variáveis de entrada, tem-se como adequada a utilização da distribuição triangular para aplicação da SMC (EHRlich e MORAES, 2014).

A distribuição triangular consiste em uma distribuição contínua, descrita pelos valores mínimo, mais provável e máximo (CORREIA NETO, 2009; LIMA *et al.*, 2017a). Quando a SMC gera os valores para o FC e simula vários VPLs, torna-se possível avaliar o retorno e tomar a decisão a partir de faixas de valores com probabilidades de ocorrência associadas, tornando a análise mais consistente (CORREIA NETO, 2009).

Com a utilização da SMC, ainda é possível obter-se o *Value at Risk* (VaR). Inserido pelo banco J. P. Morgan® na década de 1990, após grandes perdas dos investidores, é a medida de risco de risco mais utilizada pelo mercado financeiro, por ser simples e representar um número em dinheiro (GODEIRO, 2013). De acordo com

Zhou e Anderson (2010), o VaR, juntamente com outras medidas de risco, foram extensivamente estudadas no mercado de ações.

Conforme afirmam Etges e Souza (2016), o índice Valor no Risco (VaR) é um indicador para mensurar a perda potencial de valor de um investimento com um risco associado ao longo do tempo, em determinado nível de confiança. O VaR permite a mensuração da maior perda possível do investimento em condições normais de mercado, para um nível de confiança estabelecido (JORION, 2010).

Damodaran (2009) afirma que, para mensurar o VaR via SMC, primeiramente identificam-se os riscos de mercado que afetam o ativo. Depois, especificam-se distribuições de probabilidades para cada um dos fatores de risco e define-se como eles se inter-relacionam. Então, inicia-se a simulação, variando-se os resultados de cada fator de risco, resultando em diferentes valores para o ativo. Após uma quantidade de simulações determinada, obtém-se uma distribuição de valores para o ativo, na qual poderá ser estimado o VaR.

Conforme aponta Delgado (2015), uma das deficiências desse indicador é não fornecer o tamanho das possíveis perdas além do VaR. Dessa forma, não aponta o tamanho do prejuízo possível, conforme e além nível do confiança determinado. Já o *Conditional Value at Risk* (CVaR), inserido por Rockafellar e Uryasev (2000), mede a perda esperada condicionada às perdas maiores ou iguais ao VaR. Assim, é a média dos valores menores ou iguais ao VaR (Delgado, 2015). Assim, há uma condição pequena, porém não nula, das perdas serem maiores do que as indicadas pelo VaR. Esse prejuízo pode ser quantificado via cálculo do CVaR (LIANG e PARK, 2007).

Outra técnica quantitativa probabilística é a Árvore de Decisão (AD), que considera a probabilidade de ocorrência de diferentes eventos associados a um resultado. Ela se baseia no critério do valor monetário esperado, no qual a decisão sobre o projeto é tomada com base na análise dos possíveis eventos e probabilidades de ocorrência (KLIEMANN *et al.*, 2011).

A AD trata a incerteza e a FG, auxiliando na estruturação do problema, mapeando as alternativas gerenciais possíveis em um procedimento hierárquico. Assim, é mapeado as potenciais decisões, no qual a consequência de cada uma depende de incertezas futuras, as quais podem ser descritas probabilisticamente (MINARDI, 2004). A representação visual de um investimento em forma de AD é um instrumento de análise que fornece boas condições de visualização de riscos, opções

e vantagens financeiras das diversas alternativas de ações que podem ser tomadas (CASAROTTO FILHO e KOPITTKE, 2010)

2.5 FLEXIBILIDADE GERENCIAL

A incerteza relacionada a um PI deve ser considerada no momento da avaliação do investimento. Por meio de sua interpretação, é possível estabelecer a relação entre as novas informações obtidas ao longo do tempo e o valor do projeto. As incertezas sobre o futuro do investimento é um fator de complexa mensuração, pois envolve o escopo operacional, político e econômico, ocasionando diferentes resultados para um mesmo projeto. O fato de projetos estratégicos serem arriscados faz com que seu processo de avaliação deva incluir as futuras mudanças de rumo advindas de novas oportunidades que podem surgir ao longo do tempo (MICALIZZI e TRIGEORGIS, 1999; OLIVARES, 2002; LAPPONI, 2007; JOAQUIM *et al.*, 2015; HARZER, 2015).

Os métodos e técnicas tradicionais de avaliação econômica de PI não consideram o valor da flexibilidade de se adiar decisões de implementação do projeto, como, por exemplo, adiar o lançamento de um empreendimento imobiliário até que haja uma melhora nas condições de mercado. Dixit e Pindyck (1994) e Damodaran (2009) indicam que, para que o valor das oportunidades geradas por essa flexibilidade possa ser avaliado, a análise econômica do PI deve utilizar a teoria do investimento sob incerteza, conhecida como TOR.

A utilização da TOR na análise econômica de PI ajuda a quantificar os riscos (SOUZA NETO, OLIVEIRA e BERGAMINI JÚNIOR, 2008). Como a TOR possui caráter dinâmico, valorando a tomada de decisão por períodos, ela permite a realização de análises mais realistas do investimento, com mais detalhes sobre as incertezas envolvidas (INGERSOLL e ROSS, 1992; JOAQUIM *et al.*, 2015).

As técnicas existentes de avaliação de risco focam no risco de perdas e não consideram que, paralelamente, podem existir oportunidades. Assim, a TOR permite que as oportunidades sejam avaliadas associadas ao risco, considerando que a incerteza relacionada ao PI pode acrescentá-lo um valor adicional (DAMODARAN, 2009).

A flexibilidade de exercer opções em diferentes períodos do FC de um PI, a partir da diminuição da incerteza ao longo do tempo, torna a TOR valiosa para

utilização na AVE de PI e na tomada de decisões, tornando-as mais realistas (MUN, 2002). A inclusão da flexibilidade para a tomada de decisão sobre o investimento em andamento possui importante papel na avaliação de um PI. A utilização somente de indicadores estáticos pode não ser adequada, podendo ser complementada com a TOR (LAPPONI, 2007).

A avaliação econômica de PI com a utilização da TOR contribui para preencher “falhas” existentes nos métodos tradicionais de avaliação de PI, com a incorporação da FG, o tratamento da incerteza e a identificação de oportunidades (MARTINS, 2018). Conforme afirma Dias (2006), com os métodos e técnicas tradicionais, o impacto da incerteza diminui o valor do projeto. No caso da TOR, a incerteza aumenta o valor da opção.

Dixit e Pindyck (1994) apontam que a TOR proporciona ao administrador a FG, isto é, a possibilidade de tomar decisões durante a implementação do PI, conforme se obtém mais informações e diminui-se a incerteza do FC. Nas metodologias tradicionais, as incertezas são incorporadas na TMA do PI. Contudo, se o contexto se tornar desfavorável, o decisor pode efetuar alterações no investimento em execução, mitigando a ocorrência de resultados ruins. Essa FG, decorrente das opções existentes, permite que a TMA não seja tão elevada (BRENNAN e SHWARTZ, 1985; AMARO DE MATOS, 2001; JOAQUIM *et al.*, 2015).

Diversos estudos recentes têm aplicado a TOR na análise de viabilidade de investimentos, variando entre o campo de energia (AGATON e KARL, 2018; WESSEH e LIN, 2016; ZHANG *et al.*, 2016; MOON e BARAN, 2018), transportes e logística (HAEHL e SPINIER, 2018; ANSARIPOOR e OLIVEIRA, 2018; XIAO *et al.*, 2017), setor de tecnologia da informação (KHAN *et al.*, 2017; DIMAKOPOULOU *et al.*, 2014), entre outros. Na área de PII, têm-se os estudos recentes de D’Alpaos e Marella (2014), Morano *et al.* (2014), Trierveiler *et al.* (2015), Cirjevskis e Tatevosjans (2015), Durica *et al.* (2018) e Mintah *et al.* (2018).

2.5.1 Origem, definição e conceitos

Copeland e Antikarov (2002) definem a opção real como um direito, e não obrigação, de empreender uma ação, a um custo predeterminado, por um período pré-estabelecido. As opções reais são analogias das chamadas opções financeiras. Nestas, o titular de um contrato tem um direito (sem obrigação) de comprar ou vender

um ativo financeiro por um preço predeterminado em um período definido (MANFRINATO, FIGUEIREDO NETO e CREPALDI, 2003; JOAQUIM *et al.*, 2015).

Em 1973, Fisher Black e Myron Scholes apresentaram um modelo de precificação de ações, considerando o valor teórico da opção de compra. O resultado desse estudo ficou conhecido como Modelo Black & Scholes, sendo desde então amplamente utilizado para estimar o valor de ações (SILVA e MACEDO, 2003; IUBEL, 2008; MINARDI, 2000; COPELAND e ANTIKAROV, 2002).

De modo similar às opções financeiras, Souza Neto, Oliveira e Bergamini Júnior (2008) e Copeland e Antikarov (2002) apontam quais as variáveis básicas de uma opção real:

- Ativo subjacente sujeito ao risco: representado pelo valor do ativo real sem considerar as FGs. Quanto maior o seu valor, maior o valor da opção;
- Preço do exercício: é o montante de recurso necessário em investimento para que a decisão seja realizada;
- Prazo de vencimento da opção: período no qual a opção estará disponível;
- Desvio-padrão do valor do ativo subjacente: é a volatilidade, ou a representação dos riscos e das incertezas relativos ao retorno futuro esperado do investimento;
- Taxa de juros livre de risco: é a taxa livre de risco, diretamente proporcional ao valor da opção e;
- Dividendos: os FC futuros descontados produzidos pelo projeto, inversamente proporcional ao valor da opção.

De modo a facilitar a mensuração das variáveis da opção, Monteiro (2003) realizou a equiparação das variáveis da opção financeira com as da opção real, as quais são apresentadas no Quadro 03.

Quadro 03: Variáveis básicas na comparação entre opção financeira e opção real

Opção Financeira	Variável	Opção real
Preço do ativo subjacente	S	Valor presente esperado de um investimento real
Preço de exercício	X	Valor do investimento
Tempo até o vencimento ou tempo de expiração da opção	t	Tempo até o vencimento do projeto
Taxa de juros	r	Valor do dinheiro no tempo (TMA)

Volatilidade dos retornos da ação	σ	Incerteza (volatilidade) sobre o VP do projeto
-----------------------------------	----------	--

Fonte: Adaptado de Monteiro (2003).

A ideia básica da aplicação da TOR em AVE de PI é a incorporação do valor da opção ao VPL obtido por meio do método tradicional de avaliação. Quando um PI apresenta opções de flexibilidade, o valor da oportunidade do investimento, ou VPL_e , é a soma do VPL obtido com o método tradicional ao valor da opção, conforme aponta a Equação 08 (TRIGEORGIS, 1995; FERREIRA, 2003). Brasil *et al.* (2007) ressalta que essa relação permite que PI que apresentam VPL negativo podem se tornar viáveis com a incorporação das flexibilidades na avaliação.

$$VPL_e = VPL + VPL \text{ das Opções} \quad (08)$$

Cheng (2007) afirma que são necessárias três condições para a existência de uma opção real:

- Irreversibilidade: o PI é parcialmente ou totalmente irreversível. Dessa forma, não é possível recuperar todo o investimento inicial em caso de mudança de planos;
- Incerteza: deve haver algum nível de desconhecimento sobre o FC, não havendo certeza sobre os retornos futuros e;
- Flexibilidade: é possível postergar uma ação de modo a obter maiores informações sobre o futuro.

As metodologias tradicionais utilizadas pela maioria das empresas não são capazes de captar as FGs em PI, com o uso do FC descontado. A TOR possui exatamente esse diferencial: incluir o valor da incerteza e da flexibilidade na análise (DIXIT e PINDYCK, 1994; DAMODARAN, 2000; JOAQUIM *et al.*, 2015). Essa metodologia também facilita a percepção de quais os riscos e volatilidades que a empresa assumirá implantando o PI (COPELAND e ANTIKAROV, 2002; DAMODARAN, 2006).

A volatilidade influencia diretamente o valor de uma opção real, sendo relacionada à variabilidade do VPL dos FC (JOAQUIM *et al.*, 2015). A volatilidade é uma tentativa de medir a incerteza. É o fator mais subjetivo e mais difícil de medir entre aqueles que alteram o valor da opção (COPELAND e ANTIKAROV, 2002; DAMODARAN, 2002; IUBEL, 2008).

A volatilidade de uma variável de um PI é a raiz quadrada da sua variância. Assim, a variação de preço referente a um desvio-padrão da média, expresso em porcentagem (HULL, 1996; JOAQUIM *et al.*, 2015).

De acordo com Copeland e Antikarov (2002), a volatilidade de um PI pode ser estimada a partir da aplicação da SMC para a geração de VPs variando-se as incertezas do projeto. A volatilidade σ pode ser entendida como o desvio-padrão das taxas de retorno z , sendo:

$$z = \ln \left(\frac{VP_1 + FC_1}{VP_0} \right) \quad (09)$$

2.5.2 Tipos de opções

Um mesmo PI pode reunir vários tipos de opções simultaneamente (COUTO *et al.*, 2014). Copeland e Antikarov (2002) definem vários tipos de opções possíveis. Entre elas, tem-se 4 denominadas simples, apresentadas a seguir, e outras que advém da combinação destas, e suas inter-relações, que são: ampliação ou redução do escopo; mudança; compostas e opções arco-íris.

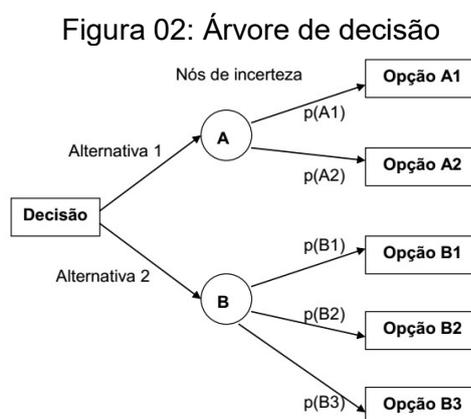
- Opção de diferimento: também conhecida como opção de espera, é a situação em que o decisor poderá aguardar para tomar a decisão sobre o investimento. Assim, pode-se acompanhar o comportamento do mercado e aguardar a variação dos preços do ativo subjacente e do PI;
- Opção de expansão: quando o decisor percebe que o mercado está em evolução favorável de preços, poderá optar por acelerar a implantação do PI, ou ampliar a sua escala de produção;
- Opção de abandono: o decisor poderá optar pela venda ou abandono do PI, a partir da comparação entre o valor de liquidação dos ativos e o valor dos FC;
- Opção de redução: poderá ser atrativo ao decisor alterar a dimensão do PI, diminuindo-o. Isso se dá dividindo o PI em etapas, e deixando de executar algumas naquele momento.

2.5.3 Modelo binomial e Árvore de decisão

O objetivo da utilização de modelos de avaliação é definir o momento ótimo para executar um PI, considerando que o valor atualizado é incerto e o tempo contínuo (COX, ROSS e RUBISTEIN, 1979; MARTINS, 2018). O modelo binomial, proposto por Cox, Ross e Rubinstein (1979), considera uma AD em tempo discreto, capaz de representar as trajetórias seguidas pelo preço da ação (JOAQUIM *et al.*, 2015).

Para a estruturação da árvore binomial, assume-se que o preço da ação S segue um processo multiplicativo, que pode subir no próximo período para $S.u$ com probabilidade p ou descer para $S.d$ com probabilidade $1-p$. Os parâmetros $u-1$ e $1-d$ são as possíveis taxas de retorno (COX, ROSS e RUBINSTEIN, 1979; COPELAND e ANTIKAROV, 2002; JOAQUIM *et al.*, 2015; MARTINS, 2018).

O preço do ativo subjacente, no momento inicial, é representado por S_0 e pode assumir dois valores: $u.S_0$ com probabilidade p ; ou $d.S_0$ com probabilidade $1-p$. A AD, representada na Figura 02, é uma maneira gráfica de visualizar as consequências atuais e futuras, bem como eventos aleatórios, permitindo o controle de um bom número de situações de um PI (JOAQUIM *et al.*, 2015).



Fonte: Iubel (2008)

A premissa do funcionamento do modelo binomial, ilustrada na Figura 03, diz que determinada ação segue um processo de multiplicação binomial em períodos discretos de tempo, podendo ser representada por uma distribuição lognormal contínua e modelada por meio de uma árvore binomial discreta (MONTEIRO, 2003; SAMANEZ, 2007; CARVALHAES, 2006; JOAQUIM *et al.*, 2015). Os cálculos para precificação da opção são feitos conforme apresentado pelas equações:

$$F = \frac{pF_u + (1 - p)F_d}{1 + r} \quad (10)$$

$$F_u = \text{máx}(uV - I, 0) \quad (11)$$

$$F_d = \text{máx}(dV - I, 0) \quad (12)$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (13)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (14)$$

$$p = \frac{(1 + r) - d}{u - d} \quad (15)$$

Na qual:

F = valor da opção;

F_u = Valor do ativo em caso de aumento do valor bruto do mesmo;

F_d = Valor do ativo em caso de queda do valor bruto do mesmo;

I = Preço do exercício da opção;

V = Valor bruto do ativo;

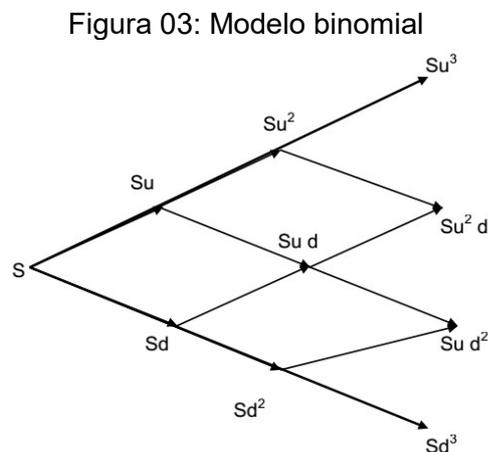
p = probabilidade neutra ao risco;

r = taxa livre de risco;

u = mudança percentual do valor bruto do ativo entre períodos, caso este aumente;

d = mudança percentual do valor bruto do ativo entre períodos, caso este diminua;

Δt = prazo de expiração da opção.



Fonte: Iubel (2008)

Kodukula e Papudesu (2006) apontam que, para opções reais, de quatro a seis etapas na composição da AD, quando aplicado o modelo binomial, são suficientes para que sejam obtidos bons resultados.

2.5.4 Metodologia de Copeland e Antikarov

Copeland e Antikarov (2002) propuseram uma metodologia para aplicação da TOR em PI, baseada em quatro passos, a saber:

- 1º passo: é feita a análise tradicional do VPL, sem considerar a FG. O resultado representará o valor do ativo subjacente, em substituição a uma busca da precificação no mercado.
- 2º passo: é construída a Árvore de Eventos (AE), ainda sem a FG. Busca-se assim modelar a incerteza relacionada ao valor do ativo subjacente, que influencia sua volatilidade. A incerteza pode ser estimada por meio de dados históricos e/ou estimativas gerenciais. As volatilidades de todas as variáveis do projeto são resumidas em uma única incerteza do valor total do projeto, com a aplicação da SMC. Copeland e Antikarov (2002) denominam essa incerteza única como abordagem consolidada. Para a construção da AE, são necessários o valor do ativo subjacente (obtido no 1º passo), o desvio-padrão dos retornos do PI (resultado da SMC), o período de vida da opção e a taxa livre de risco.
- 3º passo: momento em que devem ser identificadas as opções reais disponíveis no PI, as quais podem ser exercidas pelo decisor. Nesse momento, é criada a AD, incorporando a FG na AE.
- 4º passo: é feita a análise das opções reais em todo o PI. Ao VPL será somado o valor das opções resultado das flexibilidades, obtendo-se o VPL_e . Quanto maior a incerteza do PI e flexibilidade, maior será a diferença entre o VPL e o VPL_e . Inicia-se a resolução do valor das opções do final da árvore para o início. Cada nó de decisão definirá se a opção será recomendada ou não.

2.5.5 Trabalhos que aplicaram TOR em PII

Alguns autores têm analisado a FG existente em PII por meio da TOR. A Tabela 01 apresenta artigos recentes que adotaram essa perspectiva, seus objetivos, metodologia adotada e as conclusões dos autores.

Tabela 01: artigos recentes que aplicaram TOR a PII

Estudo	Objetivo	Metodologia	Conclusão
Morano <i>et al.</i> (2014)	Destacar o potencial da TOR como ferramenta para apoio de decisões de investimentos imobiliários.	Aplicaram o modelo Binomial de Opções, associado ao Fluxo de Caixa Descontado (FCD) com a observação do Valor Presente Líquido Expandido (VPLE) obtido, em análise de um complexo industrial na Itália.	Com a aplicação da TOR, o investimento tornou-se economicamente viável, ao contrário do que indicava a análise tradicional, que sugeria abandonar o projeto.
Trierveiler <i>et al.</i> (2015)	Aplicar a TOR na análise de viabilidade econômica de um PII, buscando determinar o valor da flexibilidade gerencial.	Utilizando o modelo Binomial de Opções, usando como indicadores o VPL e o VPLE, os autores estruturaram ao fim uma árvore de decisões para visualização dos resultados, aplicando a um empreendimento a ser realizado na cidade de Porto Alegre – RS.	Perceberam a contribuição da utilização da TOR em empreendimentos imobiliários, introduzindo uma visão de diferentes cenários de mercado.
Cirjevskis e Tatevosjans (2015)	Testar empiricamente a aplicação da TOR em PII com significativa volatilidade em termos de preço e custo e sob rígidas restrições legais.	Utilizaram a TOR, com aplicação da Simulação de Monte Carlo (SMC) e análise dos indicadores VPL e VPLE para um PI residencial na Letônia, em um contexto de recuperação após crise econômica severa no continente. Procederam com a comparação dos resultados entre o modelo de Black-Scholes e o modelo Binomial de Opções, aplicado com uma árvore de 5 períodos, na qual cada etapa representava o período de um ano.	Verificaram que os resultados com ambos os modelos foram aproximadamente os mesmos.
Durica <i>et al.</i> (2018)	Apresentar a aplicação prática da avaliação de investimento e construir um modelo de avaliação da opção para PII que considere e integre aspectos de investimento e ambiente de mercado para descrever a melhor situação do mercado imobiliário e seu desenvolvimento.	Aplicaram o método da árvore binomial para avaliar um projeto imobiliário em Praga, na República Tcheca, aplicando a TOR, considerando as opções de expansão, contração e abandono.	Perceberam que a inclusão de intervenções gerenciais possibilita a otimização do valor do projeto, contribuindo com a tomada de decisão sobre a implementação do PI.
Mintah <i>et al.</i> (2018)	Buscaram analisar o valor econômico da possibilidade da troca de uso de um empreendimento residencial na Austrália.	Utilizaram o modelo de avaliação de opções de McDonald e Siegel, de 1986, adaptado para considerar a característica da opção de troca, comparada à opção Americana com pagamento de dividendos.	Com a aplicação da TOR, verificaram que a flexibilidade do uso misto da edificação agregou valor ao PI, mesmo considerando o custo inicial maior para que a opção seja possível. Concluíram que a análise

das flexibilidades e opções pode melhorar a gestão de riscos e incertezas sobre o investimento.

Fonte: A autoria própria (2019).

Costa (2014) apresentou um levantamento sobre as aplicações da TOR no Brasil com foco em dissertações e teses, incluindo algumas direcionadas para a área de PII. Medeiros (2001) buscou determinar o momento ótimo para início de uma construção e a quantidade ótima de unidades a serem construídas, por meio da TOR. A autora se baseou no trabalho de Williams (1991), com a inclusão de impostos e desconto no FC. Desenvolveu então um estudo de caso no mercado imobiliário residencial na cidade do Rio de Janeiro.

Ribeiro (2004), em sua dissertação, buscou identificar algumas opções reais existentes em PII, bem como apresentar uma metodologia para avaliação destes investimentos por meio da TOR. Para isso, o autor utilizou o método de 4 etapas de Copeland e Antikarov (2001).

Barbosa (2005) analisou a viabilidade econômica de um lançamento imobiliário na cidade do Rio de Janeiro, considerando as opções de adiamento e abandono do projeto. Na metodologia aplicada, o incorporador pode definir qual o momento ótimo de lançamento das etapas de um condomínio residencial, a partir de informações adquiridas após o lançamento da primeira etapa.

Gonçalves (2008), em sua dissertação, apresentou um estudo de caso sobre um investimento em condomínio residencial, aplicando a TOR por meio do modelo binomial de avaliação de opções proposto por Kallberg e Laurin (1997), considerando a variação do volume anual de vendas e estruturando uma árvore binomial de opções, avaliando as opções de espera entre etapas de construção, momento ótimo para início das obras e abandono de etapas.

Borges (2009) apresentou, em sua dissertação, a aplicação da TOR para avaliação de um investimento em *shopping center*, considerando as opções de expansão da área de vendas, de abandono do negócio e de construção de um condomínio residencial anexo. Para tanto, o autor utilizou o modelo de árvore binomial proposto por Copeland e Antikarov (2002).

Brugunoli (2011) aplicou a TOR, baseado no modelo de Williams (1991), para avaliar o momento e a densidade ótimos para construção de um imóvel na cidade de

São Paulo. Com isso, o autor buscava verificar se haveria um prêmio na opção de espera da construção.

Assim, percebe-se que a utilização da TOR na análise de PII é viável e contribui tecnicamente no desenvolvimento de análises de viabilidade econômica de projetos, auxiliando na tomada de decisão. Possui ainda diferentes maneiras de ser aplicada ou desenvolvida, para diversos tipos de projetos e com variados tipos de opções a serem analisadas.

Considerando isso, torna-se conveniente que haja um modelo estruturado, que apresente clareza no modo de aplicação da TOR e seja adaptável aos diferentes tipos de empreendimentos e opções existentes, para a utilização direta pelos gestores dos PII.

Este trabalho prossegue com a classificação da pesquisa e apresentação da metodologia proposta. Posteriormente, será feito o desenvolvimento de um estudo de caso, o qual será apresentado no Capítulo 4.

3 METODOLOGIA

Este capítulo abordará a classificação metodológica da pesquisa, bem como apresentará os procedimentos metodológicos para aplicação da TOR em PII.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

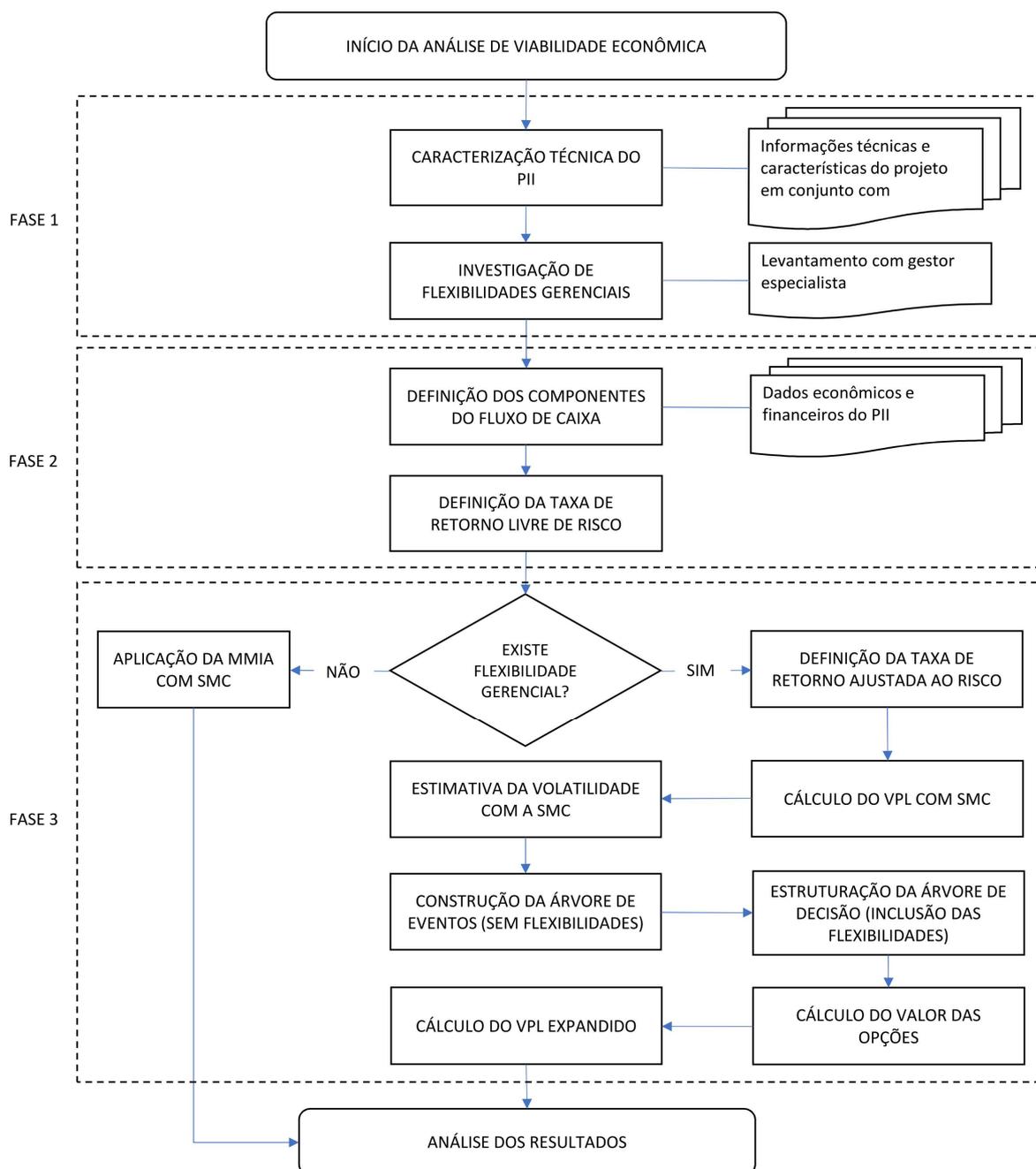
Conforme a metodologia de pesquisa científica definida por Gil (2010), em consonância com Cauchick Miguel (2012), esta pesquisa pode ser classificada de quatro maneiras distintas.

Em relação à natureza dos objetivos traçados desta pesquisa, por objetivar gerar conhecimento para aplicação prática imediata, buscando solucionar problemas específicos, classifica-se como aplicada. Sobre a forma de abordagem, por tratar com variáveis numéricas e trazer as informações quantificadas em números, essa pesquisa é classificada como quantitativa. Sobre os objetivos, visando aprofundar a familiaridade com o problema, tornando-o explícito, e com base em levantamento bibliográfico, essa pesquisa classifica-se como exploratória. Ainda, por se basear principalmente em materiais bibliográficos publicados e em materiais documentais sem tratamento analítico, classifica-se como bibliográfica. Paralelamente, classifica-se ainda, quanto a procedimentos, como estudo de caso, pois busca o estudo profundo de objetos específicos, objetivando detalhar conhecimento.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Este estudo propõe a estruturação de uma metodologia de AVE de PII utilizando a TOR. A finalidade principal é verificar a contribuição da incorporação da FG na atratividade financeira de um PII, e oferecer um conjunto de etapas para aplicação da TOR em PII, auxiliando na utilização dessa teoria pelo mercado imobiliário.

A metodologia proposta é dividida em 3 fases: caracterização técnica, caracterização econômica e análise de viabilidade econômica. A Figura 04 apresenta um *framework* com as fases da pesquisa, para melhor entendimento. Para ilustrar a aplicabilidade da proposta, foi desenvolvido um estudo de caso com dados coletados junto a um incorporador imobiliário (Capítulo 4).

Figura 06: *Framework* para aplicação da TOR em PII

Fonte: Autoria própria (2019).

3.2.1 Fase 1: Caracterização Técnica

O objetivo desta fase é a coleta de dados e informações necessárias e suficientes para a caracterização técnica e obtenção de conhecimento sobre as FGs existentes no PII. Para que seja desenvolvida uma AVE sobre um projeto, é necessário o mesmo seja viável tecnicamente. Os dados necessários são obtidos a partir de contato com o incorporador ou gestor imobiliário, especialista no ramo de

investimentos imobiliários, por meio de entrevista informal, ao qual são feitas perguntas para coleta de dados técnicos sobre o PII. São buscadas informações sobre:

- Tipo de empreendimento;
- Localização;
- Quantidades e tamanhos das unidades comercializáveis;
- Flexibilidades gerenciais.

Na investigação das FGs, requisito para aplicação da TOR, o gestor especialista deverá apontar quais as alternativas de modificação do PII durante sua execução caso novas informações sejam obtidas, de acordo com as particularidades do projeto. As flexibilidades podem ser do tipo abandono, postergação, expansão, contração, a combinação destas ou outras específicas. Caso não sejam identificadas FGs no PII, então a MMIA sob a abordagem determinística (LIMA *et al.*, 2015) e/ou abordagem estocástica via SMC (LIMA *et al.*, 2017a) pode ser suficiente para subsidiar o processo de tomada de decisão sobre o investimento.

3.2.2 Fase 2: Caracterização Econômica

Após a identificação do empreendimento, suas características técnicas e as FGs existentes, são coletados, por meio de acesso ao banco de dados do empreendimento e análise de documentos, parâmetros necessários para a caracterização econômica do PII. Nesta fase, busca-se definir os componentes e estruturar o FC do empreendimento, bem como definir a taxa de retorno livre de risco (R_f).

Destaca-se a necessidade da qualidade dos dados de entrada, fornecidos pelo gestor e pelo banco de dados do empreendimento. Quanto maior for a precisão das informações sobre o projeto, melhor será o resultado encontrado após o desenvolvimento da análise. Do mesmo modo, se forem utilizados dados de entrada pouco confiáveis, distantes da realidade da execução do PII, o mesmo acontecerá com o resultado obtido na análise de viabilidade econômica. Ou seja, a qualidade do resultado é diretamente relacionada à qualidade dos dados de entrada.

Para definição dos componentes do FC e sua estruturação, devem ser disponibilizadas informações de saídas e entradas de recursos financeiros ajustados a um cronograma de execução do PII. Os dados que deverão compor o FC, o qual

será estruturado em uma planilha eletrônica, são os custos e despesas (projetos, execução, aquisições, impostos, taxas, entre outros) e as receitas (projeção de vendas e preço das unidades). Aplica-se a SMC para avaliação do comportamento estocástico dos componentes do FC.

Será considerado o efeito da inflação homogênea nas parcelas de desembolsos e receitas do FC, de acordo com o que preconizam Souza e Kliemann Neto (2012). Para reajuste de valores, de modo a incorporar o impacto da inflação ao longo do tempo, será adotado o Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M), fornecido pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

A R_f , que será utilizada para aplicação da TOR (MINARDI, 2004) e posterior cálculo da taxa de retorno ajustada ao risco (R_i), será a taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC), fornecida pelo Banco Central do Brasil, considerada como sem risco no contexto do mercado brasileiro (ASSAF NETO, LIMA e ARAÚJO, 2008).

3.2.3 Fase 3: Análise de Viabilidade Econômica

Esta etapa objetiva aplicar a metodologia de AVE utilizando a TOR aos dados do PII coletados nas Fases 1 e 2. Caso não tenham sido identificadas FGs possíveis no PII analisado, a TOR não poderá ser aplicada. Nesse caso, conforme sugerido na Fase 1, a MMIA determinística e/ou estocástica com a SMC poderá ser utilizada para AVE.

Para definição da R_i , conforme aplicado por Yoshimura (2008), será aplicado o método CAPM. O retorno de mercado (R_m) será representado pela média dos índices de rentabilidade das ações da bolsa de valores BOVESPA.

O coeficiente β será definido conforme a Equação 04. O retorno do ativo para o cálculo do β será definido pela rentabilidade do Índice Setorial de *Real Estate* (IRE) disponibilizado pelo Núcleo de *Real Estate* da Universidade de São Paulo (USP, 2019). O IRE representa o comportamento mensal médio dos preços das ações das empresas que atuam no segmento imobiliário junto à bolsa de valores BOVESPA. De ambos os índices de rentabilidade (do ativo e do mercado) será descontada a inflação, com base no histórico do IGP-M.

Definida a R_i , procede-se com a aplicação da TOR. Para o desenvolvimento, será utilizada a metodologia de 4 passos proposta por Copeland e Antikarov (2002), com aplicação do modelo de árvore binomial.

O passo 1 consiste no cálculo do VPL, base para aplicação da TOR, obtido sobre o FC estruturado. Como taxa de desconto será utilizado o R_i , obtido com o método CAPM. O passo 2 corresponde à modelagem da incerteza, para entender como o valor presente evolui ao longo do tempo. Com base em estimativas gerenciais para as incertezas que influenciam no valor do PII, o cálculo da volatilidade se dá com auxílio da SMC, combinando todas em uma única incerteza, que representa o desvio-padrão da distribuição de retornos. Este método é denominado “abordagem consolidada” por Copeland e Antikarov (2002). A partir da estimativa da volatilidade σ , representada como o desvio-padrão de z , obtido a partir da aplicação da Equação 10, e conhecendo-se o tempo de expiração da opção Δt , é possível obter os valores dos fatores ascendente u e descendente d , e a probabilidade neutra ao risco p .

Com isso, é construída uma AE, com base nas incertezas identificadas combinadas, que influenciam na volatilidade do PII. Nesse momento, ainda não é considerado o valor da FG, se tratando de uma árvore binomial com o objetivo de modelar o comportamento do valor do projeto ao longo do tempo com base na estimativa das incertezas. O valor no período inicial, quando calculada a AE, deve ser o mesmo encontrado no cálculo do VPL.

Na sequência, no terceiro passo é criada uma AD, a partir da identificação e inclusão das FGs na AE. Nela são apresentados os retornos das alternativas de decisões. As opções são incluídas nas ramificações das árvores, sendo estruturadas para cálculo.

E, por fim, no último passo é feita a análise das opções reais, obtendo assim o valor do VPL_e , com a aplicação da TOR. Avaliam-se os retornos na AD nó a nó, retrospectivamente, calculando, assim, o valor total do projeto com as flexibilidades. O valor obtido no cálculo do nó inicial representa o valor presente do PII considerando as opções reais. Para se conhecer o valor das opções, basta descontar o VPL do VPL_e .

O próximo capítulo busca evidenciar a aplicabilidade da metodologia proposta por meio do desenvolvimento de um estudo de caso em um PII, bem como discutir os resultados encontrados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ilustrar a aplicabilidade da metodologia proposta, este capítulo apresenta o desenvolvimento de um estudo de caso. O PII em análise reporta a um empreendimento no município de Pato Branco – PR. Posteriormente, são discutidos os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta.

4.1 FASE 1 – CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA

O empreendimento em análise consiste na construção de um edifício residencial e comercial, situado na região central da cidade. O edifício será composto de 12 andares, com uma área total construída de 3.747,75 m².

O térreo e o mezanino possuirão 2 salas comerciais. A garagem 1 terá 15 vagas de veículos, e a garagem 2 terá 16 vagas. O 1º pavimento de apartamentos contará com 3 unidades e 1 salão de festas. Do 2º ao 8º pavimento serão pavimentos-tipo, com 4 apartamentos por andar.

No total serão 31 apartamentos, sendo 16 unidades com 2 quartos e 15 unidades com 1 quarto. Os apartamentos com 2 quartos possuirão área privativa de 70,49 m², e área total de 86,90 m². Por outro lado, os apartamentos com 1 quarto terão 37,84 m² de área privativa e total de 46,65 m². Ao todo, serão 31 vagas de garagem, com área privativa de 13,00 m² cada.

A aquisição do terreno de 539,17 m², no qual será construído o edifício, ocorrerá por meio de permuta. Nesta, o proprietário trocará o terreno por aproximadamente 14% da área construída do empreendimento. Esta área será representada pelas duas salas comerciais.

O planejamento de execução do PII considera um tempo de construção para o edifício de 34 meses, e expectativa de venda de todas as unidades até a entrega da obra. De acordo com o gestor da construtora, nesse tempo poderão haver as seguintes FGs:

- Opção de expansão: caso for verificado um contexto de aquecimento do mercado de imóveis, com aumento da demanda, o preço das unidades à venda poderá ser aumentado em até 5% do valor atual; ou

- Opção de contração: do mesmo modo, caso for percebido ou esperado um desaquecimento e queda na demanda, o preço das unidades poderá ser reduzido em até 5% do valor atual.

Qualquer uma das opções poderá ser tomada pelos gestores em qualquer um dos períodos de análise do PII, com atualização da tabela de valores das unidades, de acordo com a observação do comportamento e das condições de mercado. Se, em um primeiro momento a empresa optar por expandir (aumentar os preços), em um momento seguinte poderá optar por contrair (reduzir os preços), e vice-versa. De modo semelhante, se em um momento optar por expandir, posteriormente poderá optar por expandir novamente, e o mesmo se aplica às contrações. E ainda, a empresa pode optar por não expandir e nem contrair, mantendo a tabela de preços como estiver no momento.

A opção de abandono da obra não é considerada. De acordo com a política da empresa, há uma decisão administrativa pela preservação e valorização da marca. Além disso, as opções de espera, de adiamento ou da redução na velocidade da construção também não são consideradas, pois a partir da assinatura do contrato de permuta do terreno, bem como início da comercialização das unidades, o prazo limite da entrega do edifício já está definido e deve ser mantido.

4.2 FASE 2 – CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA

A partir dos dados fornecidos pela empresa, foi estruturado o FC esperado para a execução do PII. O FC considera todos os custos e despesas relacionados com obras, taxas, impostos, entre outros. As receitas são decorrentes unicamente da comercialização das unidades.

Para a análise do PII considera-se desde o início do projeto (abril de 2019). A entrega da obra está programada para 34 meses, ou seja, em março de 2022. Optou-se pela representação dos períodos do FC em semestres, visto que as opções decorrentes das Flexibilidades Gerenciais (FGs) serão analisadas e poderão ser tomadas a cada período de 6 meses. O último período do projeto corresponderá a um tempo de 4 meses.

A previsão de vendas, obtida junto ao gestor especialista, considera a venda das unidades a partir do início da execução do projeto até a entrega final da obra. A previsão foi elaborada com base na experiência do profissional e na expectativa do

mesmo com o mercado atual (Tabela 02). Foram estimados três modelos de previsão, bem como suas respectivas probabilidades de ocorrência: pessimista, mais provável (ou realista) e otimista.

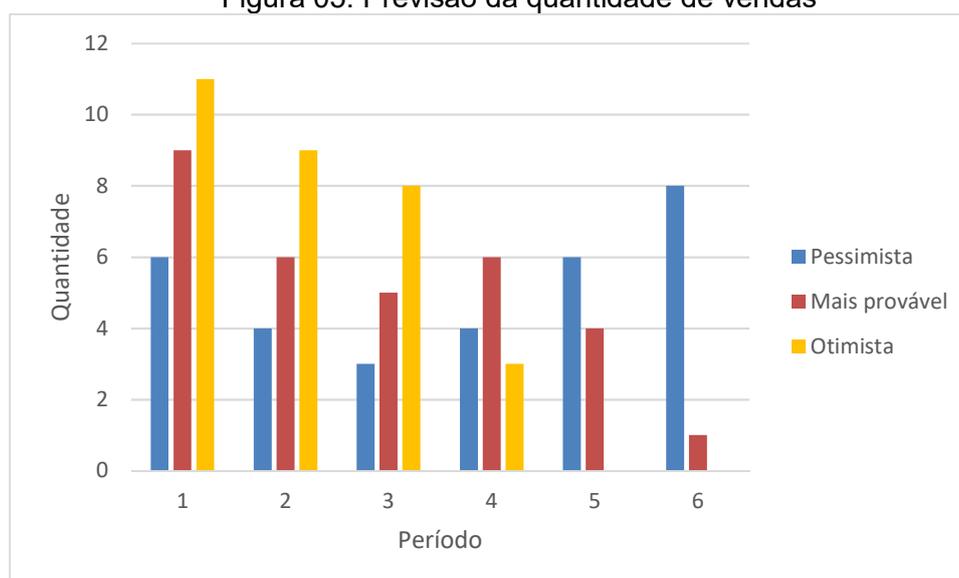
Tabela 02: Estimativa de previsão de vendas dos apartamentos

Período	Unidades vendidas		
	Pessimista	Mais provável	Otimista
1	6	9	11
2	4	6	9
3	3	5	8
4	4	6	3
5	6	4	0
6	8	1	0
Probabilidade	15%	60%	25%

Fonte: Autoria própria (2019).

Conforme pode ser observado na Figura 05, o cenário pessimista concentra as vendas no final do período de construção; ao contrário do cenário otimista, em que as vendas acontecem no início, e se esgotam ainda no segundo ano após o início das obras. Essa situação e as denominações dos cenários se explica pela aceitação do empreendimento no mercado, com velocidade de venda rápida (otimista) ou lenta (pessimista), e a antecipação da entrada de receitas em caixa (otimista).

Figura 05: Previsão da quantidade de vendas



Fonte: Autoria própria (2019).

Todas as parcelas de custos e receitas foram ajustadas à previsão de inflação acumulada até o respectivo período. Para isso, utilizou-se a previsão anual do Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M), fornecida pelo Banco Central do Brasil (BACEN, 2019a), por meio da emissão do Boletim Focus (Tabela 03).

Tabela 03: Previsão do IGP-M

Ano	Previsão	
	Anual (%)	Semestral (%)
2019	5,92	2,92
2020	4,09	2,02
2021	4,00	1,98
2022	4,00	1,98

Fonte: Elaborada pelo autor com base no BACEN (2019a).

Considerando que o início da avaliação do projeto ocorre a partir do mês de abril de 2019, para os períodos que se iniciam em um ano, sob uma taxa de previsão de inflação, e terminam no ano seguinte, já sob a previsão de inflação do ano subsequente, foi feita a devida ponderação da taxa de inflação de acordo com a quantidade de meses em cada ano para aquele período.

Para definição da taxa de retorno livre de risco (R_f), foi adotada a taxa SELIC, fornecida pelo Banco Central do Brasil (BACEN, 2019b). No momento da análise, o valor da mesma era de 6,5% anuais, ou 3,2% ao semestre.

Como existem dois tipos de apartamentos à venda (1 ou 2 quartos), cujas áreas e preços variam, e considerando que os preços também variam conforme o andar em que o apartamento está situado, foi calculado o preço médio de todas as unidades à venda, para cálculo da previsão de receitas. O preço de venda médio esperado para venda de cada uma das 31 unidades foi de R\$ 216.451,61. Por outro lado, o custo médio estimado para cada unidade foi de R\$ 150.333,84.

As receitas foram estimadas a partir da previsão de vendas fornecidas pelo especialista (Tabela 02). Para tanto, foram gerados 100.000 números aleatórios com a aplicação da Simulação de Monte Carlo (SMC) com auxílio do *software @Risk®* versão 7.6.0 associado ao *software Microsoft Excel®* 2016.

Para a modelagem da incerteza do volume de vendas para cada período foram utilizadas distribuições normais. A opção pela distribuição normal se deu após a verificação de que, entre diversas opções de distribuição, segundo o *software* utilizado, a normal foi a que melhor ajustou a variabilidade dos dados. A média da

curva normal foi representada pela média da quantidade de vendas esperada o período, ponderada de acordo com a probabilidade de ocorrência apontada pelo especialista. O desvio-padrão da curva normal foi representado pelo desvio-padrão ponderado da quantidade de vendas por período, de acordo com a probabilidade de ocorrência. A Tabela 04 apresenta os valores considerados para a modelagem.

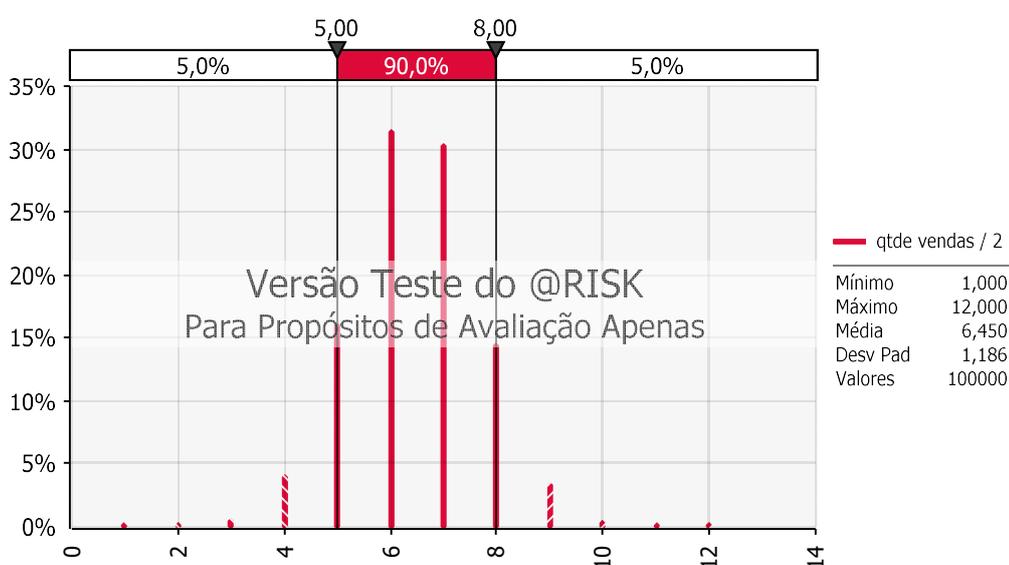
Tabela 04: Valores utilizados para modelagem da incerteza

Período	1	2	3	4	5	6
Média ponderada	9,05	6,45	5,45	4,95	3,3	1,8
Desvio-padrão ponderado	1,083	1,151	1,151	0,935	1,434	1,865

Fonte: Autoria própria (2019).

Foram utilizadas ainda três limitações para a quantidade de vendas de acordo com os números aleatórios gerados. A primeira é que se tratasse somente de números inteiros, visto que as quantidades de apartamentos vendidas são representadas por valores inteiros. Assim, não é possível, por exemplo, a venda de 1,5 apartamento. A segunda limitação é que a quantidade mínima de vendas a cada período não seria menor do que 0. Na terceira, a quantidade máxima de vendas, a cada período, seria a quantidade restante de unidades após as vendas do período anterior. A Figura 06 apresenta a distribuição de probabilidades da quantidade de vendas para o período 2, considerando as restrições impostas.

Figura 06: Distribuição de probabilidades das quantidades de vendas para o período 2



Fonte: Elaborada pelo autor no software @RISK® (2019).

Por fim, após o último período, caso restasse alguma unidade ainda não vendida, a mesma era considerada como valor residual pelo custo médio estimado. O FC estruturado é apresentado na Tabela 05.

Tabela 05: Fluxo de caixa do PII

Semestre	abr/19 a set/19	out/19 a mar/20	abr/20 a set/20	out/20 a mar/21	abr/21 a set/21	out/21 a mar/22
Período	1	2	3	4	5	6
Custos (R\$)	-744.112,63	-1.051.293,95	-811.827,61	-1.146.575,92	-728.426,45	-178.112,46
Receitas (R\$)	1.948.064,49	1.298.709,66	1.082.258,05	1.082.258,05	649.354,83	583.237,06
IGP-M previsto (%)	2,92	2,47	2,02	2,00	1,98	1,98
IGP-M previsto acumulado (%)	2,92	5,46	7,59	9,75	11,92	14,14
Custos c/ inflação (R\$)	-765.821,69	-1.108.689,40	-873.482,18	-1.258.356,33	-815.273,26	-203.295,82
Receitas c/ inflação (R\$)	2.004.898,15	1.369.612,79	1.164.450,58	1.187.768,07	726.774,31	665.701,10
Fluxo de Caixa (R\$)	1.239.076,47	260.923,39	290.968,39	-70.588,26	-88.498,95	462.405,27

Fonte: Autoria própria (2019).

4.3 FASE 3 – ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Constatada a existência de FGs, investigadas na Fase 1 como expansão e contração, prossegue-se então com a aplicação da TOR. Para isso, é preciso identificar os parâmetros necessários para tal aplicação.

A taxa de retorno ajustada ao risco (R_i), utilizada para calcular o VPL do empreendimento com a aplicação do FCD, foi definida por meio do método CAPM. Para tanto, foram calculadas as medias de rentabilidade das ações setoriais, definidas pelo Índice Setorial de Real Estate (IRE) (USP, 2019), e da bolsa de valores, definidas pelo índice IBOVESPA (USP, 2019). Os dados disponíveis são de junho de 2006 a março de 2019 (Tabela 06). Ambos os índices foram ajustados à inflação, a partir dos dados históricos do IGP-M.

Tabela 06: Índices históricos de rentabilidade de IRE e IBOVESPA

Mês	IGP-M (%)	IGP-M adaptado	IRE	IRE ajustado	Rentabilidade IRE (%)	IBOVESPA	IBOVESPA ajustado	Rentabilidade IBOVESPA (%)
jun/06	0,75	1,7550	87,41	153,405	-	35091,82	61586,14	-
jul/06	0,18	1,7475	90,52	158,184	3,12	36280,01	63399,32	2,94
ago/06	0,37	1,7457	94,24	164,515	4,00	36937,16	64481,20	1,71
set/06	0,29	1,7420	109,24	190,296	15,67	36137,26	62951,11	-2,37
out/06	0,47	1,7391	108,22	188,205	-1,10	38560,78	67061,05	6,53
nov/06	0,75	1,7344	119,44	207,157	10,07	41123,58	71324,74	6,36
dez/06	0,32	1,7269	123,54	213,341	2,99	43264,54	74713,53	4,75
...
abr/18	0,57	1,0676	100,91	107,732	0,83	85032,32	90780,50	-0,79
mai/18	1,38	1,0619	98,57	104,671	-2,84	82295,09	87389,16	-3,74
jun/18	1,87	1,0481	87,06	91,248	-12,82	72680,71	76176,65	-12,83
jul/18	0,51	1,0294	88,13	90,721	-0,58	76993,61	79257,22	4,04
ago/18	0,70	1,0243	82,62	84,628	-6,72	77800,17	79690,71	0,55
set/18	1,52	1,0173	78,97	80,336	-5,07	77059,26	78392,39	-1,63
out/18	0,89	1,0021	90,70	90,890	13,14	84196,96	84373,77	7,63
nov/18	-0,49	0,9932	92,74	92,109	1,34	87443,16	86848,55	2,93

dez/18	-1,08	0,9981	96,74	96,556	4,83	87065,83	86900,40	0,06
jan/19	0,01	1,0089	109,22	110,192	14,12	94495,00	95336,01	9,71
fev/19	0,88	1,0088	104,98	105,904	-3,89	96718,20	97569,32	2,34
mar/19	1,26	1,0000	100,94	100,940	-4,69	96304,79	96304,79	-1,30

Fonte: Autoria própria (2019).

Desta forma, foi obtida uma média de rentabilidade do mercado (R_m), representado pelo índice da bolsa de valores, de 0,496% ao mês. Com isso, o índice de risco sistemático β calculado foi de 1,034. Como resultado, obteve-se um R_i de 0,494% ao mês, equivalente a 5,935% anuais ou 2,925% semestrais. Os dados calculados são apresentados na Tabela 07.

Tabela 07: Médias, variâncias e covariância das rentabilidades, β e R_i

Parâmetros	Rentabilidade IRE	Rentabilidade IBOVESPA
Média	0,246%	0,496%
Variância	0,0103	0,0041
Covariância	0,424	
β	1,034	
R_i	2,925% ao semestre ou 5,935% ao ano	

Fonte: Autoria própria (2019).

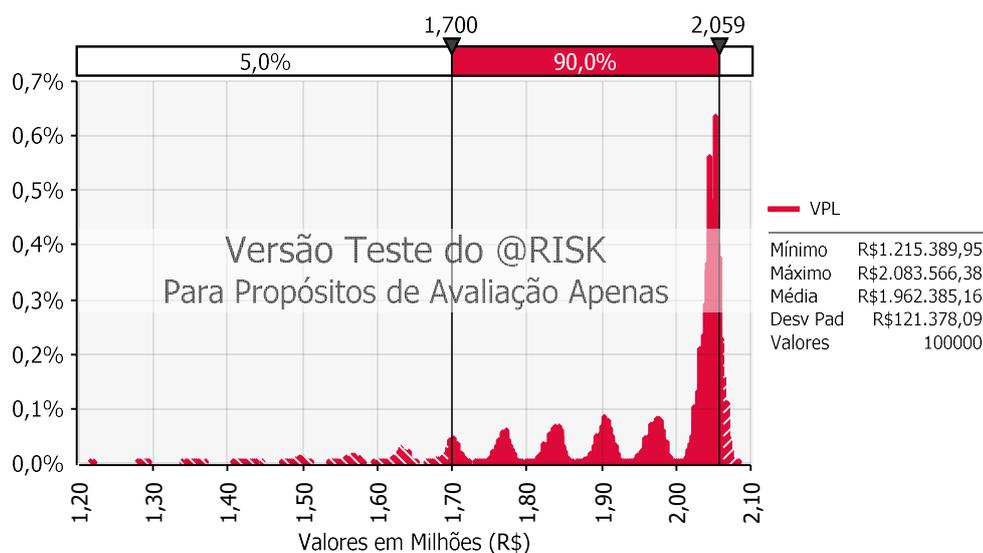
Para sequência da AVE, aplicou-se a metodologia de 4 passos proposta por Copeland e Antikarov (2002). Calcularam-se os VPs e o VPL, considerando uma taxa de desconto R_i de 2,925% ao semestre, sobre o FC estruturado (Tabela 08). A distribuição das probabilidades do VPL, com base nas distribuições de probabilidades das quantidades de vendas, é apresentada na Figura 07.

Tabela 08: VPs e VPL

Período	VP (R\$)
1	1.203.866,17
2	246.304,99
3	266.861,62
4	-62.900,33
5	-76.619,38
6	388.958,61
VPL (R\$)	1.966.471,69

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 07: Distribuição de probabilidades do VPL



Fonte: Elaborada pelo autor no software @RISK® (2019).

No passo 2 da metodologia, buscou-se gerar a Árvore de Eventos (AE) com base nas incertezas associadas ao PII. A estimativa da volatilidade foi feita sobre a quantidade de vendas, por ser essa a variável de maior impacto nos retornos do PII, considerando que os preços das unidades são tabelados. Para estimativa da volatilidade do PII, foi reaplicada a variação da quantidade de vendas utilizada para estimativa das receitas, porém agora com o valor do VPL calculado e fixado, conforme estabelecido pela Equação 09. A aplicação da SMC ocorreu com auxílio do *software @Risk®* versão 7.6.0 associado ao *software Microsoft Excel®* 2016.

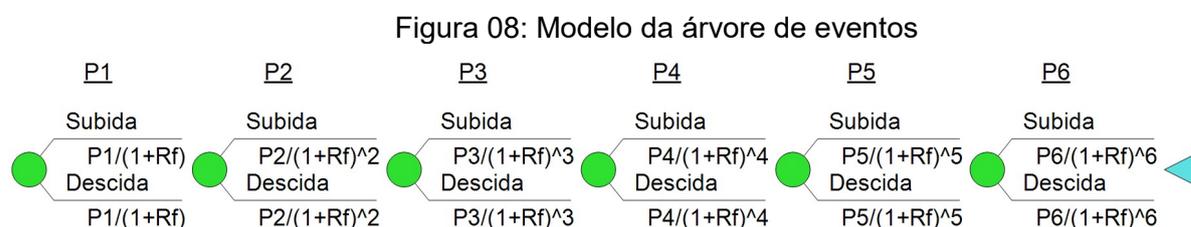
Procedeu-se com a execução da simulação, utilizando 100.000 iterações. A volatilidade (σ) calculada, representada pelo valor do desvio-padrão de z (Equação 10), foi de 6,5%. Sabendo que cada nó vai representar um período do FC, então $\Delta t = 1$. Assim, fez-se o cálculo dos parâmetros necessários para a construção da AE, de acordo com as Equações 13, 14 e 15 (Tabela 09).

Tabela 09: Parâmetros para árvore de eventos

Parâmetro	Valor
σ	6,5%
Δt	1
u	1,0672
d	0,9371
p	0,7296

Fonte: Autoria própria (2019).

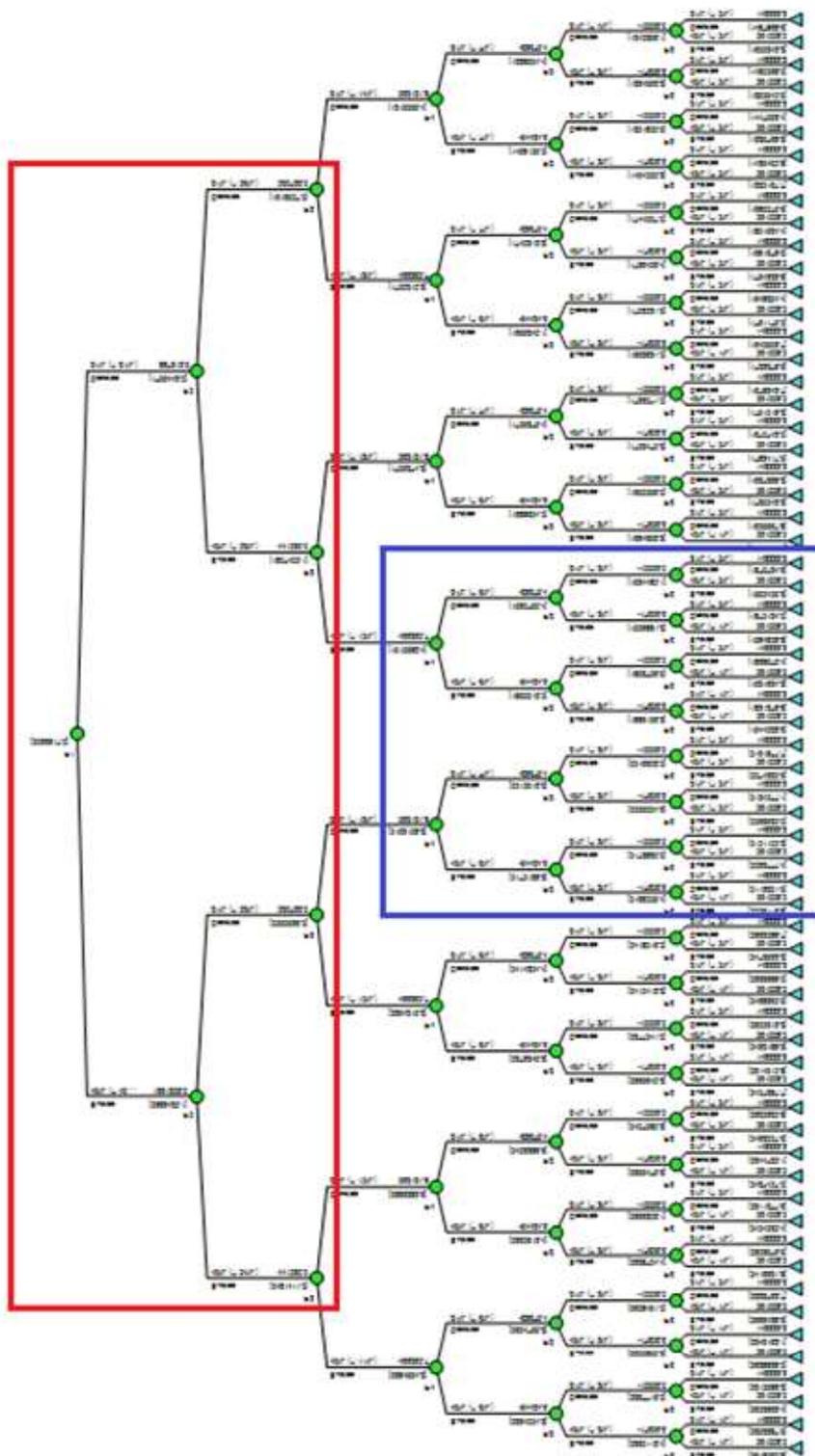
A aplicação da TOR ocorreu com suporte do *software DPL® Professional*, versão 9. No modelo da AE construído (Figura 08), cada nó representa um período, no qual P1 é o Período 1 do FC, e assim sucessivamente.



Fonte: Autoria própria (2019).

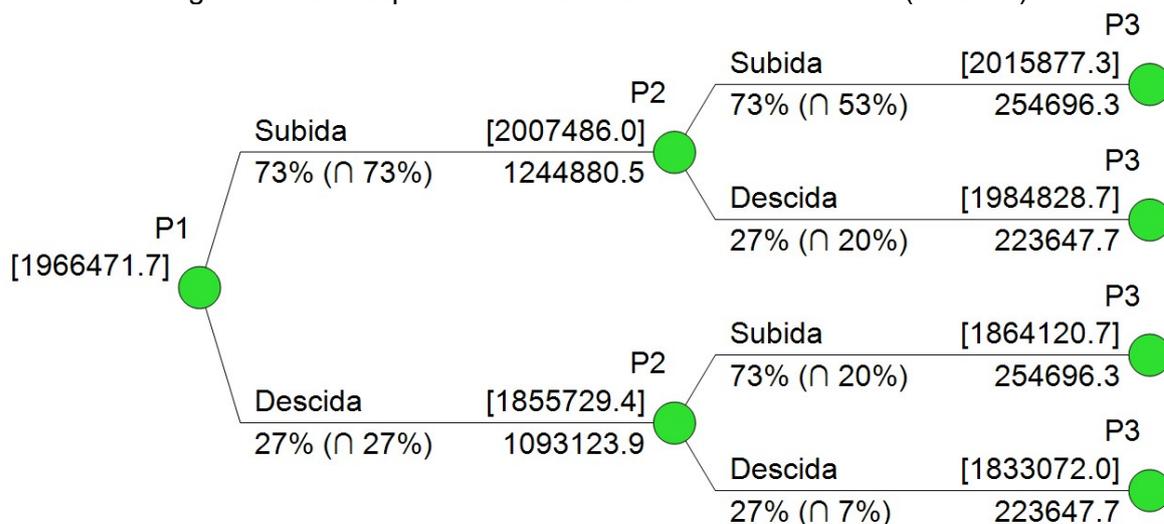
O modelo binomial apresenta o valor do projeto ao longo do tempo, consideradas as incertezas e a volatilidade. Conforme esperado, o resultado do modelo binomial, sem as flexibilidades, é o mesmo valor obtido para o VPL calculado (R\$ 1.966.471,69). Devido à extensão da árvore, consideradas suas ramificações (no período 6, são 32 nós e 64 resultados), a mesma é apresentada inteira (Figura 09), porém sem identificação dos valores, e a ampliação de algumas ramificações, destacadas em vermelho (Figura 10) e azul (Figura 11).

Figura 09: Árvore de eventos



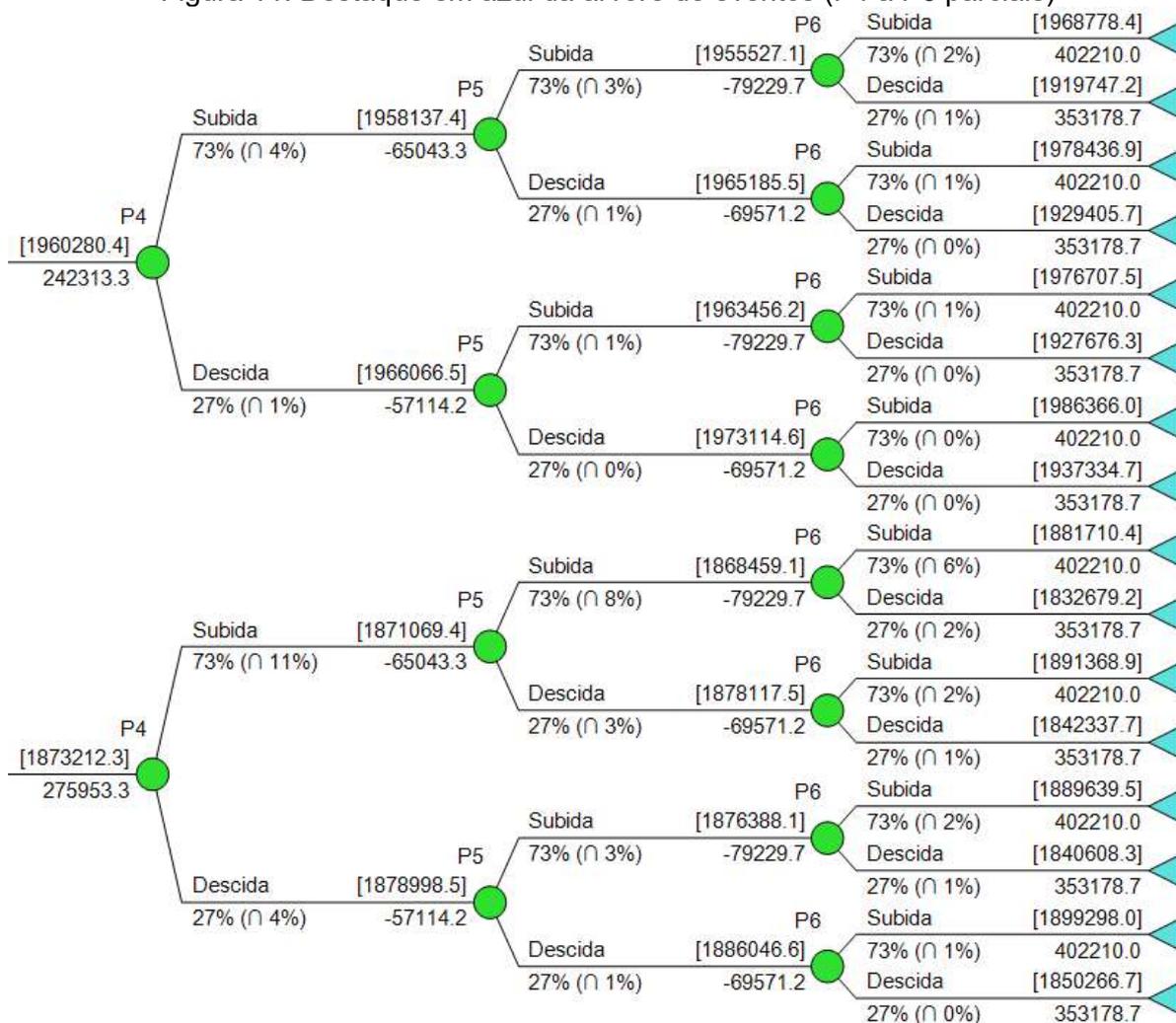
Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 10: Destaque em vermelho da árvore de eventos (P1 a P3)



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 11: Destaque em azul da árvore de eventos (P4 a P6 parciais)



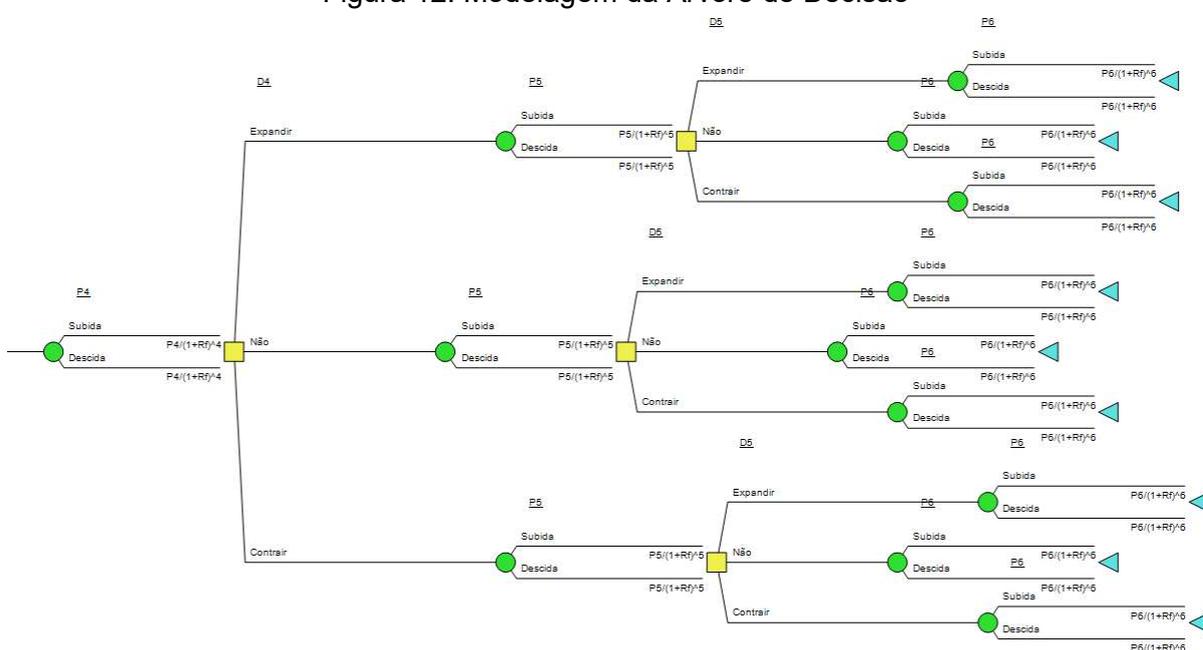
Fonte: Autoria própria (2019).

A partir da construção da AE, procede-se com a análise das opções decorrente das FGs identificadas. Para a análise do valor das opções, também foi utilizado o *software DPL® Professional*, versão 9.

Foram incluídas na árvore, as opções de expansão (aumento de 5% no valor das unidades), de contração (redução de 5% no valor) e nenhuma das duas, ou seja, permanecer o valor como está. Assim, com exceção do período 1, que segue o preço tabelado inicialmente, antes de cada período é incluída uma decisão (identificada na árvore pela letra D), na qual a opção pode ser exercida.

Em cada decisão, caso a opção de expansão seja a escolhida, o valor das receitas dos períodos posteriores é multiplicado por 1,05. Caso a opção seja a de contração, o fator de multiplicação das receitas dos períodos futuros é 0,95. E caso não for exercida nenhuma opção, o valor é mantido, multiplicado por 1. Deste modo, todas as opções foram avaliadas de modo conjunto. A Figura 12 apresenta uma parte da ramificação da modelagem da AD.

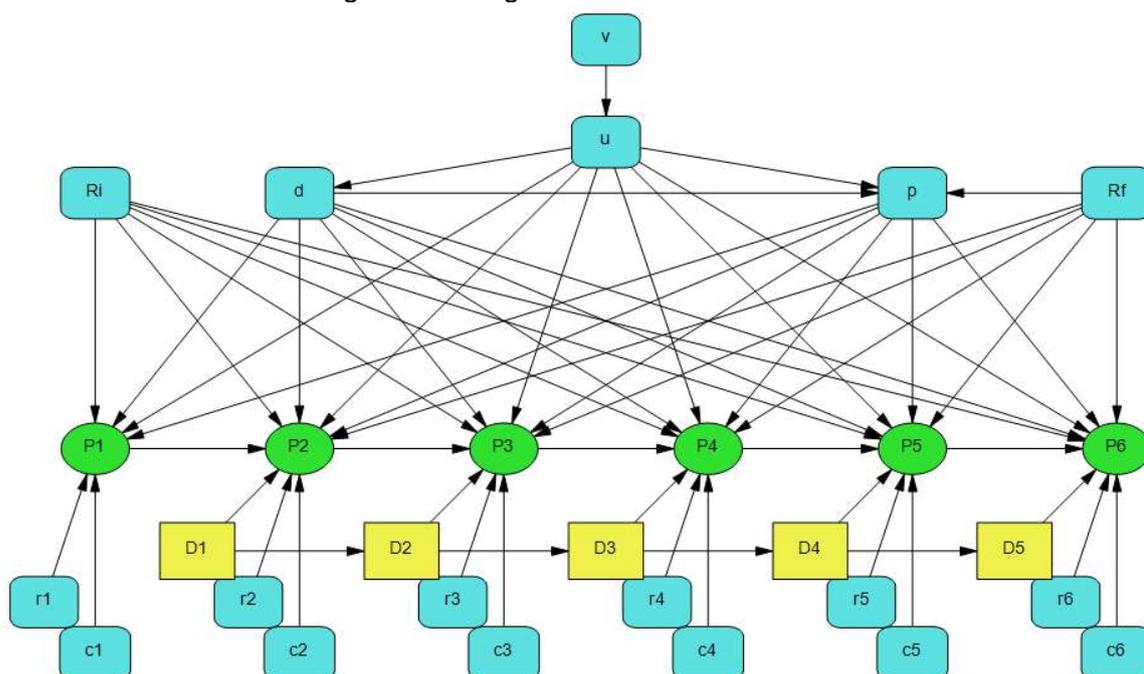
Figura 12: Modelagem da Árvore de Decisão



Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 13 contém um diagrama de influência entre as informações que alimentam a AD. Nesta, as receitas e os custos de cada período são representados pelas letras *r* e *c*, e a volatilidade pela letra *v*.

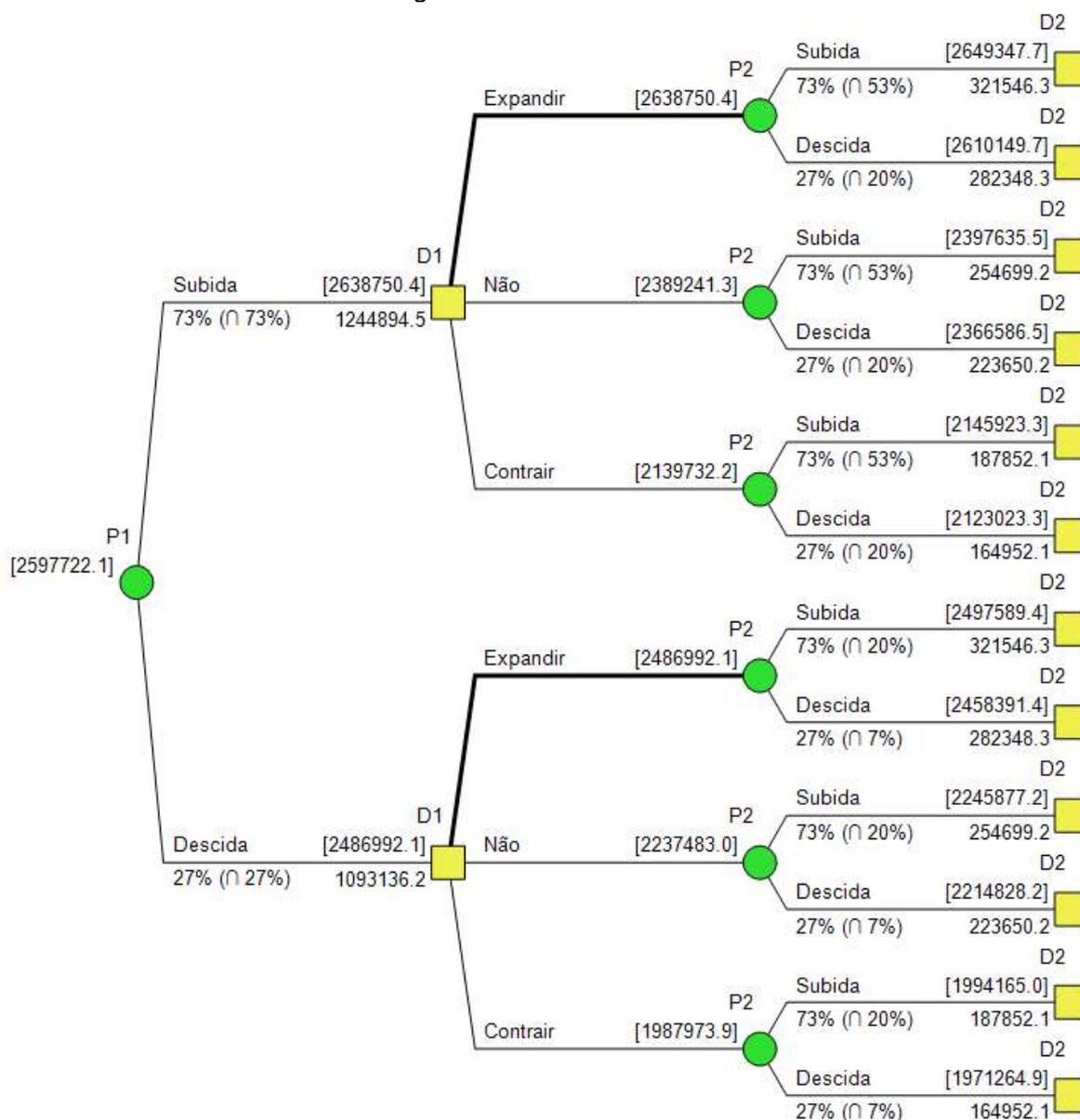
Figura 13: Diagrama de influências da AD



Fonte: Autoria própria (2019).

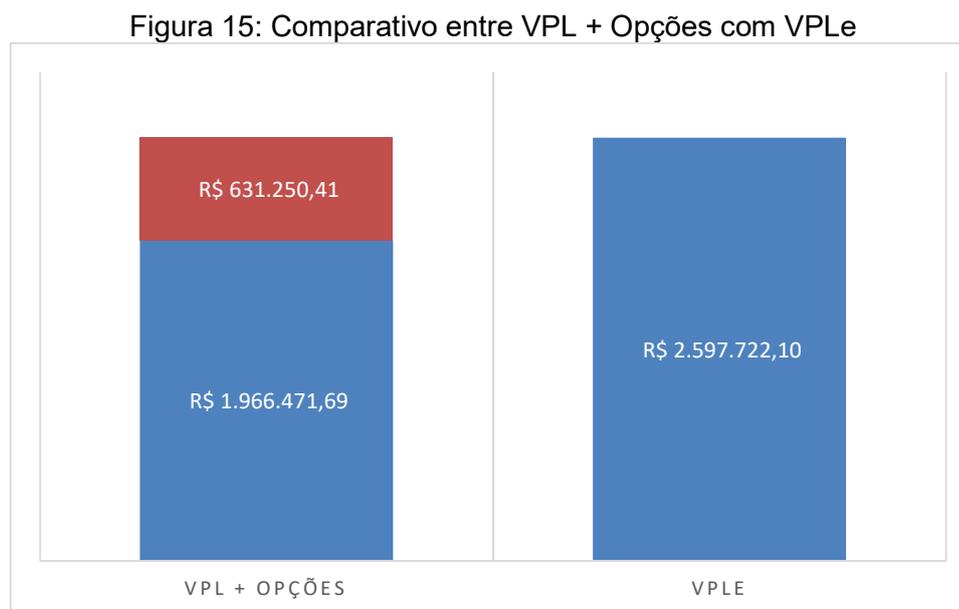
Devido ao tamanho da AD após seu cálculo e da elevada quantidade de ramificações, não foi possível apresentá-la de forma completa por meio de uma imagem. Exemplificando, enquanto no período P3 são 36 nós (6^2), a quantidade de nós no período P6 chega a 7.776 (6^5), com 15.552 resultados. Assim, a Figura 14 apresenta o resultado do cálculo da AD, apresentando-a somente até o período P2.

Figura 14: Resultado da AD



Fonte: Autoria própria (2019).

Observa-se que o resultado calculado, que é o VPL_e , foi de R\$ 2.597.722,10. Descontando deste o valor do VPL, verifica-se que o valor das opções foi de cerca de R\$ 631.250,41, ou 32,1% do VPL. A Figura 15 faz a representação dos valores encontrados.



Fonte: Autoria própria (2019).

4.4 DISCUSSÃO

Com a aplicação da metodologia proposta, a partir do desenvolvimento do estudo de caso, foi possível observar a contribuição da análise do valor da FG existente na execução de PII com a utilização da TOR. O *framework* proposto, seguido passo a passo, possibilitou esta análise. Assim, verificou-se que a metodologia se mostrou adequada para a utilização da TOR em PII. A distância entre a aplicação da TOR em PII e o mercado imobiliário foi reduzida.

Com a descrição adequada de quais informações devem ser buscadas e como organizá-las, separando a busca em fases, entende-se como facilitada a aplicação da TOR por empresas do ramo de empreendimentos imobiliários. A aplicação em um caso real, com todas suas particularidades, confirma que foi possível a aproximação entre a teoria e a prática da análise por opções reais, oferecendo suporte para o mercado imobiliário.

Na primeira fase, em que é feita a caracterização técnica do empreendimento, a etapa se mostrou convenientemente bem posicionada no fluxo do processo, visto que há necessidade de clareza da viabilidade técnica do empreendimento para que a AVE seja desenvolvida. Ainda, a partir da caracterização técnica, torna-se possível a visualização das FGs existentes no PII, que é a etapa seguinte.

A identificação das FGs baseia-se nas características do PII, da empresa, do mercado em que ambos estão inseridos e na experiência do especialista. No estudo

de caso desenvolvido, já de início foram descartadas as opções de abandono, de espera e de contração por meio da redução da velocidade de construção, por decisão da gerência, visando uma política de valorização da marca e por força de contratos estabelecidos a partir da negociação do terreno e do início da venda das unidades. Assim, torna-se mais evidente a importância de se conhecer, antes da tomada de decisão, o valor das FGs existentes.

Para o estudo de caso apresentado, a da revisão da tabela de preços das unidades, considerando um incremento ou redução de 5% no valor de venda a cada período de 6 meses, foi a opção considerada. Esta revisão é comum no mercado (atualização de preços) e a estruturação da opção mostrou-se coerente com a realidade. O tomador de decisão pode aumentar o preço de vendas das unidades quando, por exemplo, verificar que haverá um aumento de crédito disponível para financiamento de moradias no futuro, apesar da redução da demanda por unidades no período atual (também por influência do maior crédito no futuro). As opções analisadas se restringiram às que foram indicadas como possíveis pela empresa. Quando a metodologia for aplicada em outros PII, outras opções poderão estar disponíveis, conforme características e particularidades da empresa e do empreendimento. Para tanto, basta seguir a proposta deste trabalho.

Na segunda fase, em que é feita a caracterização econômica do PII, é o momento em que a empresa fornece os dados que embasam toda a AVE. Os resultados obtidos na análise estão diretamente relacionados à qualidade dos dados de entrada. Assim, para que haja um resultado confiável nas análises, é importante que os dados fornecidos pela empresa sejam também confiáveis. Ainda, do mesmo modo, é importante que o FC seja completo e fidedigno, considerando todos os valores que estão relacionados com o empreendimento, desde custos, despesas, taxas, impostos, publicidade, corretagem, entre outros.

No estudo de caso desenvolvido, os valores totais relacionados a custos, despesas e desembolsos foram fornecidos por período. Caso estes valores possam ser fornecidos discriminados, é possível que sejam aplicados fatores de inflação individualmente, conforme o tipo de custo ou despesa analisado. Desta forma, utiliza-se o conceito de inflação heterogênea (SOUZA e KLIEMANN NETO, 2012), que reflete as condições de evolução dos preços mais próximas da realidade.

No estudo de caso desenvolvido, optou-se pela aplicação do índice IGP-M, que possui previsibilidade fornecida pelo Banco Central do Brasil. A inflação homogênea,

do modo como foi abordada, acabou tendo efeitos de heterogênea por considerar anos futuros em que a mesma taxa possui valores diferentes. Com um FC variável entre os períodos e entre os anos, a aplicação da inflação, mesmo homogênea, ganha relevância.

A utilização da SMC para estruturação do FC se mostrou conveniente pela capacidade da técnica de apontar a probabilidade de resultados possíveis, a partir de uma incerteza modelada. No estudo de caso, a incerteza é sobre a previsão da quantidade de vendas de unidades. Em outras aplicações da metodologia, outras variáveis de entrada poderão ser simuladas, ampliando a quantidade de incertezas, como a TMA, os índices inflacionários, os custos, entre outros.

Sobre o cálculo da taxa livre de risco, no estudo de caso desenvolvido, optou-se pela utilização da taxa SELIC. Contudo, em outras aplicações da metodologia, outras taxas consideradas como “sem risco”, ou de aplicação segura e retorno conhecido e garantido, poderão ser utilizadas, a critério do pesquisador, e conforme o contexto financeiro no momento.

Estabelecido o FC e a R_f , é feita a verificação da existência de FGs. Na fase 1, caso não fossem verificadas FGs para o PII, então não seria possível aplicar a TOR. Neste caso, a metodologia sugere a utilização da MMIA associada ou não à SMC (LIMA *et al.*, 2015; LIMA *et al.*, 2017a). A utilização desta metodologia torna-se conveniente por considerar a capacidade da mesma em apresentar, em seus resultados, diversos índices de análise do retorno e dos riscos associados ao projeto. Assim, o tomador de decisão poderá observar os resultados esperados e os riscos envolvidos no projeto sob diversos pontos de vista.

No caso da existência de FG, deve-se calcular então a taxa ajustada ao risco. Na metodologia proposta, com a utilização do método CAPM, a R_i é calculada em relação ao comportamento do mercado financeiro imobiliário nacional em relação ao mercado financeiro geral nacional, por meio da comparação entre as taxas de rentabilidade das ações específicas do mercado imobiliário e o índice geral da bolsa de valores. Percebeu-se, ao fazer a leitura do histórico destes retornos, que o comportamento do mercado financeiro brasileiro sofreu períodos de instabilidade, com variações diferenciadas nos seus indicadores de referência ao longo das últimas décadas, o que dificulta a previsão dos índices para o futuro e aumenta o risco sistemático associado a investimentos realizados no país.

No cálculo do VPL tradicional, obtido pela MC, novamente é aplicada a SMC. Porém, como na metodologia a incerteza já foi modelada e seus resultados obtidos ainda na estruturação do FC, o VPL calculado a partir daquele FC já é resultante do resultado da simulação. Ainda assim, quando observado seu comportamento (Figura 07), verifica-se que seu comportamento é bem característico das peculiaridades do estudo de caso desenvolvido. Os picos seguidos de baixas e novos picos de valor são resultado da restrição da quantidade de vendas para números inteiros, o que limita a linearidade dos resultados. E a limitação ao valor máximo do gráfico (Figura 07) reflete a limitação de quantidade de unidades à venda (seriam vendidos no máximo 31 apartamentos).

Do mesmo modo, para o cálculo da volatilidade, a incerteza já estava modelada. No estudo de caso desenvolvido, baseou-se na estimativa de vendas estabelecida pelo especialista, que se referenciou em sua experiência e no que espera a partir de observações do mercado. Em outras situações, a mesma poderá ser estimada a partir de dados históricos do comportamento das incertezas sobre ativos semelhantes àquele em análise. Ainda, conforme a abordagem consolidada, outras incertezas podem ser consideradas para estimativa da volatilidade do PII, como o preço de venda, condições de financiamento, variações nas taxas de desconto, inadimplência, custos, entre outros. O estudo de caso desenvolvido não esgotou a quantidade de variáveis ou incertezas que podem ser analisadas em um PII, limitando-se a estimar a variação do volume de vendas das unidades, com impacto direto nas receitas.

Com a leitura e interpretação do diagrama de influências da AD (Figura 13) é possível identificar como uma variável pode influenciar no resultado da outra, direta ou indiretamente. O estudo de caso apresentado também não considerou as correlações entre as variáveis. Por exemplo, o impacto sobre a quantidade esperada de venda de unidades caso haja um aumento ou uma redução de preços.

Na modelagem e cálculo da AE é possível verificar se a sua estruturação está correta e condizente com o método, a partir da comparação do VP obtido na árvore com o VP tradicional. Neste momento, sem flexibilidades, devem ser iguais. Isso foi constatado no presente estudo.

Logo após a construção da AD, a partir da inclusão das flexibilidades na AE por meio das decisões, percebe-se a quantidade de caminhos possíveis que os retornos do projeto poderão seguir. No estudo de caso desenvolvido, foram 15.552

resultados possíveis ao final do último período. Se houvesse outros tipos de FGs possíveis, além da revisão periódica da tabela de preços, a quantidade de resultados seria ainda maior.

A partir do resultado da AD, obtém-se o VPL. Comparando-o com o VPL, obtém-se o VP das opções (Figura 15). No estudo de caso apresentado, apesar da baixa volatilidade (6,5%), o valor das opções chegou a representar 32,1% do VPL. Gonçalves (2008), a partir do estudo de caso sobre condomínios de edifícios, em que as opções consideradas foram a de deferimento, adiamento e abandono, encontrou um valor das opções de 15% do VPL. Borges (2009) verificou que o valor das opções de expansão, de abandono, ou de nova construção no terreno de um *shopping center* representou 43,5% do VPL sem flexibilidades. E Trierveiler *et al.* (2015) encontraram uma relação de 27% do valor das opções sobre o VPL de um empreendimento residencial de 5 edifícios de apartamentos, em Porto Alegre – RS, em quem foram consideradas opções de deferimento, abandono, espera e expansão.

O valor das opções encontrado reforça a relevância da consideração desse valor na tomada de decisão do início da execução de um PII, destacando a importância da utilização da TOR para AVE de PII. No estudo desenvolvido, este valor foi de mais de R\$ 630 mil, o que destaca a importância da consideração do valor das FGs na análise do PII.

A dimensão do valor das opções encontrado representa o valor agregado à tomada de decisão do empreendedor. A metodologia apresentada e aplicada no estudo de caso apresenta-se como um meio organizado e explicativo de como alcançar e avaliar as FGs.

A presente dissertação prossegue e finaliza com o Capítulo 5, no qual são feitas as conclusões acerca do estudo desenvolvido. Destaca-se o alcance dos objetivos propostos, as considerações finais sobre a pesquisa e apresentam-se sugestões de trabalhos futuros.

5 CONCLUSÕES

Investimentos em empreendimentos imobiliários demandam elevadas quantidades de recursos iniciais e apresentam longo tempo para maturação. Desta forma, os investimentos ficam expostos a variações contextuais que geram incertezas na previsão dos FC. Nas metodologias tradicionalmente utilizadas para AVE desses investimentos, a incerteza é considerada por meio de um ônus ao VPL do projeto, ou como um risco capaz de levar à sua não recomendação. Contudo, as incertezas com cenários futuros abrem a possibilidade do gestor tomar decisões a fim de mitigá-las ou aproveitá-las durante a implantação do projeto. Para isso, a utilização da TOR vem sendo estudada e aplicada como metodologia para análise de investimentos com capacidade de captar o valor da FG existente no projeto.

Assim, esta dissertação foi desenvolvida com a proposta de estudar a aplicabilidade da TOR na AVE de PII, desenvolvendo uma metodologia para avaliar esse tipo de empreendimento, oferecendo suporte para o mercado imobiliário e buscando reduzir a distância entre teoria e prática da TOR nesse setor. Como objetivo geral, buscou-se desenvolver uma metodologia para AVE de PII com base na TOR. Dentre os objetivos específicos, esperava-se estudar a aplicabilidade da TOR para analisar as FGs presentes em PII, bem como elaborar uma metodologia de modo a incorporar as FGs na AVE de um PII por meio da TOR, e aplicar a metodologia proposta em um estudo de caso.

Este trabalho, com a estruturação e o desenvolvimento da metodologia apresentada no Capítulo 3, e a posterior confirmação da sua aplicabilidade a partir do estudo de caso desenvolvido no Capítulo 4, alcançou os objetivos almejados. Para o desenvolvimento da metodologia de AVE de PII, foi necessário o estudo da aplicabilidade da TOR nesses empreendimentos. Para mostrar a sua aplicabilidade, o estudo de caso confirmou o valor das FGs existentes.

Com a estruturação e aplicação da metodologia, pôde-se verificar que a TOR complementa a MC, adicionando o valor das opções ao VPL. Destaca-se que o valor das opções calculado já existia e fazia parte do PII, porém a MC não o avaliava. Muitas das FGs existentes já são consideradas intuitivamente, porém a utilização de uma metodologia para avaliação possibilita a quantificação do seu valor. A utilização da TOR possibilita, além disso, uma visão da estrutura de decisões estratégicas que podem ser tomadas pelo gestor durante a execução do PII.

Com a utilização da metodologia proposta para AVE de PII, entende-se facilitada a organização dos dados necessários, bem como clara a sequência de passos necessários para a aplicação da TOR e obtenção do valor das opções. Assim, a aplicação desta metodologia apresenta-se vantajosa ante a utilização somente da MC. Ainda, destaca-se que, caso não forem identificadas FGs no PII avaliado, o próprio *framework* apresentado já aponta que o caminho deverá ser o da aplicação da MMIA com ou sem a SMC para AVE, dependendo das especificidades do projeto.

Tem-se então, como contribuição do presente estudo: o detalhamento da aplicação da TOR em PII, inclusive pelas próprias empresas do ramo imobiliário, a partir da disponibilização de uma sequência de fases e etapas a serem seguidas; a estruturação de decisões estratégicas relacionadas à FG durante a execução do PII; e a consideração de uma metodologia alternativa à TOR caso as FGs não forem identificadas.

Sugere-se, no desenvolvimento de estudos futuros, a adaptação da metodologia para outros métodos de cálculo do valor de opções, além do proposto por Copeland e Antikarov (2002). Também alternativas aos índices da taxa livre de risco, à utilização da CAPM para taxa ajustada ao risco e outros métodos de estimativa da volatilidade. Com isso, os resultados entre esta metodologia e outras poderão ser comparados e estudados.

Sugere-se também o estudo e possível inclusão na metodologia da correlação entre as variáveis, considerando a influência e correlação da variação do preço sobre a demanda esperada. Ainda, em pesquisas futuras, podem ser considerados os efeitos da concorrência do mercado imobiliário sobre as opções e sobre a FG do PII, como por exemplo, novos lançamentos imobiliários na região, aumentando a oferta de unidades ao comprador. Do mesmo modo, os efeitos da alteração da disponibilidade de crédito no mercado financeiro.

REFERÊNCIAS

AGATON, C. B.; KARL, H. A real options approach to renewable electricity generation in the Philippines. **Energy, Sustainability and Society**. v. 8, 2018.

AMARO DE MATOS, J., **Theoretical Foundations of Corporate Finance**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2001.

ANSARIPOOR, A. H.; OLIVEIRA, F. S. Flexible lease contracts in the fleet replacement problem with alternative fuel vehicles: a real-options approach. **European Journal of Operational Research**. v. 266, 2018.

ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G.; ARAÚJO, A. M. P. Uma proposta metodológica para o cálculo do custo de capital no Brasil. **Revista de Administração**. v. 43, n. 1. 2008.

BACEN. **Focus – Relatório de Mercado – 07/06/2019 – junho 2019**. Banco Central do Brasil. 2019a. Disponível em <<https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus/07062019>>. Acesso em 10 de junho de 2019.

_____. **Taxa de juros básicas – Histórico**. Banco Central do Brasil. 2019b. Disponível em <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em 10 de junho de 2019.

BALARINE, O. O uso da análise de investimentos em incorporações imobiliárias. **Revista Produção**, v. 14, n. 2, 2004.

BARBOSA, L. S. **Viabilidade econômica em investimento no mercado imobiliário: gerenciamento de risco e Opções Reais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BISPINCK, H. Real estate investment decision making – a review. **Journal of Property Investment and Finance**, v. 30, n. 5, 2012.

BLANK, L.; TARQUIN, A. **Engenharia Econômica**. 6 ed., São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

BORGES, B. S. C. D. **Teoria de Opções Reais em Tempo Discreto – Uma aplicação no segmento de Shopping Centers**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Administração de Empresas, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL, H. G.; FREITAS, J. M.; MARTINS, V. I. O.; GONÇALVES, D. S.; RIBEIRO, E. **Opções Reais: Conceitos e Aplicações a Empresas e Negócios**. São Paulo: Saraiva, 2007.

BRENNAN, M. J; SCHWARTZ, E. S. Evaluating Natural Resource Investments. **Journal of Business**, v. 58. 1985.

BRUGUGNOLI, V. F. **Opções Reais, Operações Urbanas e o Mercado Imobiliário na Cidade de São Paulo**. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2011.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de investimentos**: matemática financeira; engenharia econômica; tomada de decisão; estratégia empresarial. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CAUCHICK MIGUEL, P.A. **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

CHAVES, R. R. **Aplicação de análise estatística e opções reais na avaliação de investimento em empreendimento imobiliário: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2018.

CHENG, Y. J., **Decisão de Investimento através da Teoria de Opções Reais: Estudo de Caso em Projetos do Setor Financeiro**. Dissertação (Mestrado profissional em Economia) – Escola de Economia, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2007.

ČIRJEVSKIS, A.; TATEVOSJANS, E. Empirical Testing of Real Option in the Real Estate Market. **Procedia Economics and Finance**, v. 24, 2015.

COPELAND, T. E.; ANTIKAROV, V., **Opções Reais: Um Novo Paradigma para Reinventar a Avaliação de Investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

CORREIA NETO, J. F. **Elaboração e avaliação de projetos de investimento**. São Paulo: Campus. 2009.

COSTA, B. E. **Estudo bibliométrico sobre opções reais no Brasil**. Dissertação (mestrado). Administração. Universidade Federal de Uberlândia, 2014.

COSTA, L. G. T. A.; AZEVEDO, M. C. L. **Análise Fundamentalista**. Rio de Janeiro: FGV/EPGE, 1996.

COUTO, G., CRISPIM, J., LOPES, M., PIMENTEL, P., E SOUSA, F. **Avaliação de Investimentos**. Lisboa: Áreas, 2014.

COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M., Option pricing: A simplified approach. **Journal Financial Economic**. n. 7, 1979.

D'ALPAOS, C.; MARELLA, G. Urban planning and option values. **Applied Mathematical Sciences**, v. 8, n. 157-160, p. 7845-7864. 2014.

DAMODARAN, A. **Avaliação de Investimentos**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

_____. **Avaliação de Investimentos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

_____. **Damodaran on Valuation**. 1ª ed. New York: Wiley, 2002.

_____. **Gestão Estratégica do Risco**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

DELGADO, F. M. **Utilização de análise econômica e de risco na decisão de investimento de um projeto de escoamento de gás natural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2015.

DIAS, M.A.G. Real Option Theory for Real Assets Portfolios: the Oil Exploration Case. **10th Annual International Conference on Real Options**. New York, 2006.

DIMAKOPOULOU, A. G.; PRAMATARI, K. C.; TSEKREKOS, A. E. Applying real options to IT investment evaluation: the case of radio frequency identification (RFID) technology in the supply chain. **International Journal of Production Economics**. v. 156, 2014.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under Uncertainty**. New Jersey: Princeton University Press, 1994.

DURICA, M.; GUTTENOVA, D.; PINDA, L.; SVABOVA, L. Sustainable Value of Investment in Real Estate: Real Options Approach. **Sustainability**. v. 10, 2018.

EHRlich, P. J.; MORAES, E. A. de. **Engenharia Econômica: Avaliação e Seleção de Projetos de Investimento**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2014.

FILIPPO, T. H. **Planejamento e Execução de Investimentos Estratégicos sob Incerteza: Contribuições da Teoria das Opções Reais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GODEIRO, L. Estimating the VAR (Value-at-Risk) of Brazilian Stock Portfolios via GARCH Family Models and via Monte Carlo Simulation. **Journal of Applied Finance & Banking**, v. 4, n. 4, p 141-170. 2014.

GONÇALVES, C. **Gestão de investimentos em projetos de construção civil considerando opções reais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UNIFEI, Itajubá, 2008.

GONZALEZ, M. A. S. **Metodologia de avaliação de imóveis**. Novo Hamburgo – RS: SGE, 2003.

GONZALEZ, M. A. S., FORMOSO, C. T. Análise de Viabilidade Econômico-financeira de Construções Residenciais. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Salvador: ANTAC – 2000.

GUAJARATI, D. N. **Econometria básica**. 3 ed. São Paulo: Makron Books, 2002.

GULARTE, L. C. P. **Modelo de avaliação da viabilidade econômico-financeira da implantação de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil em municípios brasileiros**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco – PR, 2017.

GULARTE, L. C. P.; LIMA, J. D. de; OLIVEIRA, G. A.; TRENTIN, M. G.; SETTI, D. Estudo de viabilidade econômica da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil no município de Pato Branco – PR utilizando a metodologia multi-índice ampliada. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 22, n. 5. 2017.

HAEHL, C.; SPINIER, S. Capacity expansion under regulatory uncertainty: a real options-based study in international container shipping. **Transportation research part E: logistics and transportation review**. v. 113, 2018.

HARZER, J. H. **Indicadores de riscos em projetos de investimentos: uma contribuição à Metodologia Multi-índice**. Tese (Doutorado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica, Curitiba, 2015.

HARZER, J. H.; SOUZA, A.; SILVA, W. V.; CRUZ, J. A. W. C. Abordagem probabilística do indicador TMA/TIR para avaliação do risco financeiro em projetos de investimentos. **XXI Congresso Brasileiro de Custos**. Natal - RN, 2014.

HERTZ, D. **Risk analysis in capital investment**. Harvard Business Review. v 42, 1964.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

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

IBGE. **Contas Nacionais Trimestrais, 1º tri/2018**. Indicadores de Volume e Valores Correntes. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2018a.

_____. **Estimativas de população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1ª de julho de 2018**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018b. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>>. Acesso em 05 de outubro de 2018.

INGERSOLL, J.; ROSS S. Waiting to Invest: Investment and Uncertainty. **Journal of Business**. v. 65. 1992.

IUBEL, F. B. **Análise das Decisões de Investimentos de um Plano de Saúde a partir da Teoria das Opções Reais**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Pontifícia Universidade Católica, Curitiba, 2008.

JOAQUIM, M. S. **Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em sistemas agroflorestais**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Programa de pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

JOAQUIM, M. S.; SOUZA, A. N.; SOUZA, S. N.; PEREIRA, R. S.; ANGELO, H. Aplicação da Teoria das Opções Reais na Análise de Investimentos em Sistemas Agroflorestais. **CERNE (online)**. v. 21, n. 3. 2015.

JORION, P. Risk Management. **Annual Review of Financial Economics**, v. 2, p. 347-365, 2010.

KALLBERG, G.; LAURIN, P. **Real Options in R&D Capital Budgeting – A case study at Pharmacia & Upjohn**. Tese (Doutorado em Economia) – Economia, Gothenburg School of Economics and Commercial Law, Suécia, 1997.

KHAN, S. S.; ZHAO, K.; KUMAR, R. L.; STYLIANOU, A. Examining real options exercise decisions in information technology investments. **Journal of the association for information systems**. v. 18, 2017.

KLIEMANN, F.; SOUZA, J. S.; CARMONA, C. M.; MARGUERON, C.; RANGEL, D.; ABENSUR, E.; CARVALHO JUNIOR, L. J.; LEIT, M. S. A.; MOTTA, R.; OLIVEIRA, T. K.; AQUINO, T. A gestão de riscos como ferramenta para aumento da competitividade das empresas. In: OLIVEIRA, V. F.; CAVENAGUI, V.; MÁSCULO, F. S. (Org.). **Tópicos Emergentes e Desafios Metodológicos em Engenharia de Produção: Casos, Experiências e Proposições**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2011.

KODUKULA, P.; PAPUDESU, C. **Project Valuation Using Real Options: A Practitioner's Guide**. Florida – USA: Ross, 2006.

LAPPONI, J. C. **Projetos de investimento na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LIANG, B., PARK, H. Risk measures for hedge funds: a cross-sectional approach. **European Financial Management**, v. 13, n. 2, p. 333-370, 2007.

LIMA, J. D. de; ALBANO, J. C. S.; OLIVEIRA, G. A.; TRENTIN, M. G.; BATISTUS, D. R. Estudo da viabilidade econômica da expansão e automatização do setor de embalagem em agroindústria avícola. **Custos e Agronegócio Online**, v. 12, n. 1, 2016.

LIMA, J. D. de, BATISTUS, D. R., TRENTIN, M. G., OLIVEIRA, G. A., SETTI, D. Systematic Analysis of Economic Viability with Stochastic Approach: A Proposal for Investment. **Engineering Systems and Networks**, v. 10, 2017a.

LIMA, J. D. de; BENNMANN, M.; SOUTHER, L. F. P.; BATISTUS, D. R.; OLIVEIRA, G. A. \$AV€Π Web System to Support the Teaching and Learning Process in Engineering Economics. **Brazilian Journal of Operations and Production Management**, v. 14, n. 4, 2017b.

LIMA, J. D. de; SCHEITT, L. C.; BOSCHI, T. F.; SILVA, N. J.; MEIRA, A. A.; DIAS, G. H. Propostas de ajuste no cálculo do payback de projetos de investimentos financiados. **Custos e Agronegócio on line**, v. 9, n. 4, 2013.

LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A.; BATISTUS, D. R.; SETTI, D. A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects. **International Journal of Engineering Management and Economics**, v. 5, n. 1/2, 2015.

MARTINS, D. M. O. **Avaliação de investimentos imobiliários através da análise de opções reais**. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia e Gestão, Universidade dos Açores, Portugal, 2018.

MANFRINATO, J. W. S.; FIGUEIREDO NETO, L. F.; CREPALDI, A. F. Teoria das Opções Reais: de que se está falando? **X Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru – SP, 2003.

MATOS, D.; BARTKIW, P. I. N. **Introdução ao mercado imobiliário**. 1. ed. Curitiba: IFPR-E-tec, 2013.

MEDEIROS, P. Y. **Aplicação de Opções Reais no Mercado Imobiliário Residencial com Enfoque na Cidade do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Economia) – Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2001.

MICALIZZI, A; TRIGEORGIS, L. Real options applications. **Proceedings of the First Milan International Workshop on Real Options**. Università Bocconi, 1999.

MINARDI, A. M. A. F. Teoria de opções aplicada a projetos de investimento. **Revista de Administração de Empresas**. v. 40, n. 02, 2000.

_____. **Teoria de opções aplicada a projetos de investimento**. São Paulo: Atlas, 2004.

MINTAH, K.; HIGGINS, D.; CALLANAN, J. A real option approach for the valuation of switching output flexibility in residential property investment. **Journal of Financial Management of Property and Construction**. v. 23. 2018.

MONTEIRO, R. C., **Contribuições da Abordagem de Avaliação de Opções Reais em Ambientes Econômicos de Grande Volatilidade – Uma Ênfase no Cenário Latino – Americano**. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de

Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MORANO, P.; TAJANI, F.; MANGANELLI, B. An application of real option analysis for the assessment of operative flexibility in the urban redevelopment. **WSEAS Transactions on Business and Economics**, v. 11, n. 1, p. 465-476. 2014.

MOON, Y.; BARAN, M. Economic analysis of residential PV system from the timing perspective: a real option model. **Renewable Energy**. v. 125, 2018.

MOORE, J. H., WEATHERFORD, L. R. **Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MUN, J., **Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2002.

NORONHA, J. C.; NORONHA, J. C. C.; LEITE, V. F. A Avaliação de empresas nascentes pela lógica de opções reais. **XII SemeAd**, 2010.

OLIVARES, M. G. **As contribuições post keynsianas sobre as expectativas numa economia monetária**. Departamento de Economia, Instituto Superior de Economia e Gestão. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2001.

PAGOURTZI, E.; ASSIMAKOPOULOS, V.; HATZICHRISTOS, T.; FRENCH, N. Real estate appraisal: a review of valuation methods. **Journal of Property Investment and Finance**, v. 21, 2003.

PENROSE, E. **A teoria do crescimento da firma**. Campinas: Editora da Unicamp, 2006.

RIBEIRO, F. S. M. **Avaliação de projetos de incorporação imobiliária sob incerteza: uma abordagem por opções reais**. Dissertação (mestrado). Administração. Rio de Janeiro: PUC, 2004.

ROCHA, K.; SALLES, L.; GARCIA, F. A. A.; SARDINHA, J. A.; TEIXEIRA, J. P. Real estate and real options – a case study. **Emerging Markets Review**, v. 8, n. 1, p. 67-79. 2007.

ROCKAFELLAR, R. T., URYASEV, S. Optimization of Conditional Value-at-Risk. **Journal of Risk**, v. 2, n. 3. 2000.

SANTOS, D. F. L. **A Teoria das Opções Reais como instrumento de Avaliação na Análise de um Processo de Fusão/Incorporação de Empresas**. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas) – Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ, 2004.

SANTOS, E. M.; PAMPLONA, E. O. Teoria das Opções Reais: uma atraente opção no processo de análise de investimentos. **Revista de Administração**. v. 40, n. 3, 2005.

SCHROEDER, J. T.; SCHROEDER, I.; COSTA, R. P.; SHINODA, C. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Revista Gestão Industrial**. v. 01, n. 02. 2005.

SCHUCH, T. M., KLIEMANN NETO, F. J., CORRÊA, R. G. de F., DENICOL, J. Viabilidade econômico-financeira de empreendimentos imobiliários: Elaboração de uma metodologia de avaliação. **Revista Espacios**, v. 37, 2016.

SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1996.

SILVA, B. R.; LIMA, J. D. de; SCHENATTO, F. J. A. Revisão sistemática da literatura sobre análise de risco e de viabilidade de investimentos em empreendimentos imobiliários. **VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção (CONBREPRO)**. Ponta Grossa – PR, 2017.

SOUSA NETO, J. A.; OLIVEIRA, V. I.; BERGAMINI JUNIOR, L. C. **Opções Reais: Introdução à Teoria e à Prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Gestão de Custos**: aplicações operacionais e estratégicas. São Paulo: Atlas, 2007.

_____. **Decisões financeiras e análise de investimentos**: fundamentos, técnicas e aplicações. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA, J. S. de; KLIEMANN NETO, F. J. O impacto da incorporação da inflação na análise de projetos de investimentos. **Produção**, v. 22, n. 4, 2012.

TITMAN, S. Urban Land Prices under Uncertainty. **American Economic Review**. 1975.

TRIERVEILER, A. R.; MIORANDO, R. F.; KLIEMANN NETO, F. J.; CORRÊA, R. G. F.; DENICOL, J. Teoria das opções reais na análise de investimentos imobiliários. **Espacios**. v. 36, n. 17, 2015.

TRIGEORGIS, L. **Real options in capital investment: models, strategies and applications**. Westport: Praeger, 1995.

USP. **Índice Setorial de Real Estate - IRE**. Núcleo de Real Estate. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2019. Disponível em <<http://www.realestate.br/site/conteudo/pagina/1,10+%C3%8Dndice-IRE.html>> Acesso em 10 de junho de 2019.

VIMPARI, J. **Is there hidden value in real estate investments? Real options analysis provides rationale to contingent investment decisions**. Tese (doutorado em Planejamento) – Departamento de Real Estate, Planejamento e Geoinformática, Alto University, Helsinque – Finlândia, 2014.

WESSEH, P. K.; LIN, B. A real options valuation of Chinese wind energy technologies for power generation: do benefits from the feed-in tariffs outweigh costs? **Journal of cleaner production**. v. 112, 2016.

WILLIAMS, J. Real estate development as an option. **Journal of Real Estate Finance and Economics**. v. 4, 1991.

XIAO, Y.; FU, X.; OUM, T. H.; YAN, J. Modeling airport capacity choice with real options. **Transportation research part B: methodological**. v. 100, 2017.

YOSHIMURA, E. K. **Opções reais aplicadas à análise da qualidade de investimento na construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2008.

ZHANG, M.; ZHOU, D.; DING, H.; JIN, J. Biomass power generation investment in China: a real options evaluation. **Sustainability**. v. 8, 2016.

ZHOU, J. ANDERSON, R. I., Extreme Risk Measures for International REIT Markets. **Journal of Real Estate Finance and Economics**, v. 45, p. 152-170. 2012.