UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

YASMIM BARROS SANTOS

TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO: UMA ANÁLISE DE APLICABILIDADE EM SETORES VARIADOS

SÃO CRISTÓVÃO
2020/1

YASMIM BARROS SANTOS

TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO: UMA ANÁLISE DE APLICABILIDADE EM SETORES VARIADOS

TCC apresentado como requisito para obtenção de conceito na Disciplina Trabalho de Conclusão do Curso II, da Universidade Federal de Sergipe, Campus de São Cristóvão, Sergipe.

Orientador: Prof. MSc. Eduardo Alberto da Silva Farias.
Área: Administração Financeira

SÃO CRISTÓVÃO

2020/1

RESUMO

O objetivo deste trabalho é investigar o benefício e a aplicabilidade da Teoria das Opções Reais (TOR) como instrumento de tomada de decisão na análise de projetos de investimentos. Outrossim, busca-se descrever seus pressupostos gerais e explorar sua aplicabilidade no ambiente gerencial de diversos setores. Para discutir este propósito, foram pesquisados ideias e conceitos chave, como a dinâmica e interesses das decisões financeiras, a dualidade risco-retorno, os modelos tradicionais de análise de investimentos (*payback* – simples e descontado -, valor presente líquido e taxa interna de retorno), as abordagens mais utilizadas para lidar com riscos e incertezas, como a famosa árvore de decisão e, por fim, a Teoria das Opções Reais em si - surgimento, tipos de opções, aplicabilidade, vantagens e desvantagens no uso. A abordagem metodológica foi a pesquisa qualitativa, com o tipo de pesquisa exploratório e descritivo, de método bibliográfico e documental, classificando-se, assim, como um ensaio teórico. Os resultados e conclusões da pesquisa corroboraram a abrangência e os ganhos que essa abordagem diferenciada pode trazer para os gestores ao agregar em seus cálculos a flexibilidade gerencial, principalmente em momentos de incerteza.

Palavras-chave: Administração Financeira. Análise de Investimentos. Teoria das Opções Reais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo de caixa..... 14
Figura 2 - Risco diversificável e risco não diversificável..... 16
Figura 3 - Árvore de decisão..... 26
Figura 4 - Árvore de decisão exemplificada..... 26
Figura 5 - Premissas do modelo binomial: preço da ação..... 35
Figura 6 - Premissas do modelo binomial: preço da opção..... 35
Figura 7 - Árvores binomiais do preço da ação e de uma opção de compra..... 36
Figura 8 - Fluxo de caixa determinístico..... 53
Figura 9 - Evolução da movimentação de passageiros no Brasil..... 55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipologias e definições das opções reais..... 38
Quadro 2 - Objetivos, categorias de análise e indicadores..... 47
Quadro 3 - Cronograma de investimentos..... 55
Quadro 4 - VPL tradicional x VPL expandido..... 59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ATM – At The Money

CAPM – Capital Assets Pricing Model

CDI – Certificado de Depósito Interbancário

DP – Desvio-padrão

FCD – Fluxo de Caixa Descontado

IRR – Internal Rate of Return

ITM – In The Money

IPCA – Índice de Preço ao Consumidor Amplo

NPV – Net Present Value

OTM – Out of The Money

SI – Sistema de Informação

SIN - Sistema Interligado Nacional

VPL – Valor Presente Líquido

TI – Tecnologia da Informação

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TOR – Teoria das Opções Reais

WACC – *Weighted Average Cost of Capital*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 8
1.1 SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA E PROBLEMA..... 10
1.2 OBJETIVOS..... 10
1.2.1 Objetivo geral..... 10
1.2.2 Objetivos específicos..... 11
1.3 JUSTIFICATIVA..... 11
1.4 ORGANIZAÇÃO DO PROJETO..... 11
2 REFERENCIAL TEÓRICO..... 13
2.1 DINÂMICA DAS DECISÕES FINANCEIRAS..... 13
2.2 RISCO E RETORNO..... 15
2.3 MÉTODOS TRADICIONAIS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS..... 18
2.3.1 *Payback*..... 18
2.3.2 Valor presente líquido..... 20
2.3.3 Taxa interna de retorno..... 23
2.4 ALGUMAS ABORDAGENS PARA LIDAR COM RISCO E INCERTEZA..... 24
2.4.1 Árvore de decisão..... 25
2.4.2 Análise de cenários..... 27
2.4.3 Análise de sensibilidade..... 27
2.5 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS..... 28
2.5.1 Fundamentação da teoria das opções reais: o mercado de opções..... 29
2.5.2 Tipos de opções reais..... 38
2.5.3 Pressupostos da análise teoria das opções reais..... 41
2.5.4 Opções reais e os modelos tradicionais de análise de investimentos..... 41
2.5.5 Vantagens, desvantagens e limitações da teoria das opções reais..... 42
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... 44
3.1 QUESTÕES NORTEADORAS DE PESQUISA..... 44
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO..... 44
3.3 MÉTODO DE PESQUISA..... 45
3.4 UNIVERSO E AMOSTRA..... 46
3.5 DEFINIÇÃO DE CATEGORIAS DE ANÁLISE E ELEMENTOS DE ANÁLISE..... 46

3.6 COLETA DE DADOS..... 48
3.7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO..... 48
4 ANÁLISE DOS DADOS..... 50
4.1 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS APLICADA AO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA..... 50
4.2 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS APLICADA AO SETOR DE AVIAÇÃO..... 54
4.3 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS APLICADA AO SETOR DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO..... 56
4.4 ABRANGÊNCIA DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS: OUTROS CASOS..... 58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 60
REFERÊNCIAS..... 62

1 INTRODUÇÃO

O risco sempre esteve presente durante toda a evolução da humanidade. Na pré-história, o homem que não se arriscava a caçar morria de fome. No período da antiguidade, os gregos e romanos criaram as primeiras apólices. Já na época das grandes navegações, os europeus desbravavam os oceanos à procura de especiarias (DAMODARAN, 2008 apud SALIM, 2017). Percebe-se que, ao longo do tempo, os fatores sobrevivência e liderança servem como justificativa para o risco. Seja ele no âmbito individual ou de uma nação em busca de poder.

Estudiosos, como Bernstein (1996), defendem que a ideia revolucionária que marca o limite entre os tempos modernos e o passado não é o progresso da ciência ou da tecnologia, mas sim o domínio da ideia de risco. Uma vez que se torna possível entendê-lo, ponderar suas consequências e, de certa forma, mensurá-lo, o processo de tomada de decisão passa a acontecer de forma mais racional.

A partir do século XX, a temática do risco começou a ser estudada e os trabalhos de teóricos como Harry Max Markowitz e William Forsyth Sharpe ganharam notoriedade (ROSSETTI *et al*, 2008). Tais autores desenvolveram modelos para auxiliar a tomada de decisões em relação a investimentos, tanto com a chamada teoria das carteiras, quanto com a precificação de ativos de capital (*CAPM - Capital Assets Pricing Model)*, respectivamente. Ainda nesse tempo, os chamados modelos tradicionais de análise de investimento tomaram forma. *Payback*, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) foram, e ainda são, muito utilizados em análise de projetos de investimentos. Porém, com a nova realidade que as organizações enfrentam, maneiras diferentes de avaliação obtiveram destaque, em especial a Teoria das Opções Reais.

O contexto no qual as organizações se encontram é, de certa forma, instável. A análise dos ambientes, tanto interno quanto externo, tornou-se fator primordial. Disputa de mercados, surgimento de novas tecnologias, clientes exigentes, competição a nível global, logística pulverizada, entre outros são alguns dos fatores que dificultam a tomada de decisão dos gestores. No Brasil, Assaf Neto e Lima (2017) descrevem o ambiente financeiro do país como um mercado complexo. Neste sentido, as ações tomadas no meio político têm vasta reação nos âmbitos sociocultural, econômico, demográfico e outros. Além das mudanças de projetos e políticas governamentais que ocorrem a cada quatro ou oito anos, a economia brasileira ainda é considerada jovem, pois, com cuidado, busca seu equilíbrio e bem-estar desde a crise

inflacionária que dominou os anos 1980 e 1990. E em termos de negócios, falta de estabilidade significa aumento dos riscos.

Organizações que estão inseridas em uma atmosfera de incerteza precisam ser muito coerentes com seus recursos e investimentos. Isso acontece porque as organizações possuem recursos limitados, restringindo a alocação de capitais por meio da decisão. Grasel (1999) afirma que as empresas foram obrigadas a fazer ajustes nas suas estratégias. Entretanto, parte dessas alterações não se dão apenas nas estratégias propriamente ditas, sejam estas a nível de negócio – foco, diferenciação e liderança em custo - ou a nível corporativo – diversificação, integração vertical, aliança estratégica, fusões e aquisições-, mas também na forma de analisá-las.

Quando se fala em decisões de investimento para empresas, na busca de uma estratégia por meio de diferencial competitivo, estas podem estar ligadas a expansão ou compra de novas instalações produtivas, aquisição de novas tecnologias, compra de maquinário e equipamentos, contratações de mão de obra mais especializada, campanhas de marketing, pesquisa e desenvolvimentos e outros. Independente, em todos esses casos existe um desembolso, saída de caixa, em prol de um benefício futuro, entrada de caixa.

O processo de saída e entrada de caixa chama-se fluxo de caixa. Gomes (2013, p. 39) o define como a "*confrontação das entradas e saídas de caixa num cronograma de tempo*". Os fluxos de caixas futuros são base de estudo das metodologias tradicionais de análise de investimento - *payback*, VPL e TIR. Embora esses sejam considerados, em teoria, determinísticos, na prática, eles são suscetíveis a alterações e podem não representar aquilo que uma vez foi estabelecido. Isso ocorre porque quanto maior for o horizonte de tempo, maior será a chance de erro, ou seja, maiores são as chances de fatores aleatórios, por vezes difíceis de captar, exercerem sua influência sobre eles. Além disso, vale ressaltar que tais mudanças podem acontecer tanto na fase de avaliação de projetos, como durante a sua vida útil.

Considerando que tais alterações podem, sim, ser ocasionadas por diversos fatores, surgiu a Teoria das Opções Reais (TOR) como estratégia que contrapõe os modelos tradicionais e traz uma nova abordagem para a análise de projetos de investimento. Basicamente, ela pressupõe que as alternativas dispostas aos gestores vão além do simples "aceita ou rejeita" pregado pelos tradicionais. Para a TOR os investidores têm opções que, por exemplo, vão desde expandir ou contrair (ROSSETTI *et al*, 2008) até adiar ou abandonar (BRASIL *et al*, 2007) um projeto de investimento.

Como são conhecidos, os investimentos são capazes de afetar o sucesso de uma empresa. Quando eles envolvem altas quantias e são de longo prazo, normalmente a decisão pela sua efetivação ou não se torna ainda mais complexa. Trigeorgis (1995 apud MEIRELLES, 2004) ainda acrescenta que a alocação de recursos e a avaliação apropriada dessas alternativas são fatores decisivos para a criação de valor e, consequente, vantagem competitiva da organização no meio no qual ela está inserida. Desta forma, utilizar a Teoria das Opções Reais como parte do processo de análise, aproveitando-se da flexibilidade e do realismo que ela dá, é fator chave para a sobrevivência das empresas que buscam altos retornos num ambiente de risco característico da conjuntura atual.

Sob essa ótica, este trabalho pretende investigar os benefícios e a aplicabilidade da Teoria das Opções Reais como instrumento de análise de investimento através dos teóricos da área, como Minardi (2004), Meirelles (2004), Brasil *et al* (2007), Rossetti *et al* (2008), Gitman (2010), Assaf Neto e Lima (2017), Assaf Neto (2018), Brealey, Mayres e Allen (2018) e etc. Para isso, foram utilizados estudos de casos publicados nas áreas de administração financeira, engenharias e economia, com relação aos setores de energia, aviação, tecnologia da informação, petróleo e de planejamento florestal.

1.1 SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA E PROBLEMA

Levando em consideração o contexto no qual as empresas estão inseridas, quais são os benefícios e a abrangência da aplicabilidade da Teoria das Opções Reais como instrumento de apoio para tomada de decisão na análise de projetos de investimentos?

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos servem para orientar e determinar algo a ser alcançado e, quando são atingidos, dão resposta ao problema elaborado dentro do projeto de pesquisa. Eles podem ser divididos em geral e específicos, sendo o primeiro formulado com uma abordagem mais ampla do tema e o segundo, específicos, trazem um certo “passo a passo” de como o projeto será construído, em termos de temáticas abordadas, para a conquista do que foi inicialmente planejado (FACHIN, 2017). Desta forma, a seguir estão dispostos os objetivos deste trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo geral investigar os benefícios e a aplicabilidade da Teoria das Opções Reais como instrumento para análise de projetos de investimento em diversos setores do mundo empresarial.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descrever a Teoria das Opções Reais, quanto alternativa para análise de investimentos;
- Identificar as vantagens, desvantagens e limitações enfrentadas no uso da Teoria das Opções Reais;
- Verificar a abrangência da aplicabilidade da Teoria das Opções Reais em setores variados.

1.3 JUSTIFICATIVA

Durante a investigação sobre a teoria, vê-se que as opções reais são colocadas pelos teóricos como a solução para os problemas enfrentados pelas metodologias tradicionais de análise de investimentos; uma forma de racionalizar, estrategicamente, as escolhas que um gestor e um investidor têm (NORONHA et al, 2014). Seguindo esta análise, a TOR demonstra ser uma espécie de “arma” que se aproveita das incertezas ambientais e as transformam em oportunidade, visto que ela permite a substituição da irreversibilidade dos fluxos de caixa determinísticos pela maleabilidade de tomar decisões com base em informações atuais e na realidade vivida pelas empresas. Isso acarreta na maximização do valor do projeto de investimento e, consequentemente, na maximização do retorno para as partes interessadas. Apesar disso, são poucas as discussões acerca do tema, o que gera também a escassez de publicações na área.

No cenário instável e altamente competitivo que a maioria das organizações se encontra, é complicado, senão impossível, descartar uma ferramenta que viabilize a alocação mais adequada de recursos. Deste modo, o trabalho pode ser justificado pelo peso que tal metodologia tem dentro do mercado como um todo, tanto para as empresas que trabalham com ativos reais (florestas, minas, patentes, terrenos, outros) como para as que atuam com ativos financeiros (ações, títulos, moedas, etc.).

1.4 ORGANIZAÇÃO DO PROJETO

Este trabalho está disposto em cinco seções. Esta primeira é a introdução que contém não somente uma abertura da temática a ser tratada, mas também os objetivos, motivações e problemática escolhida para nortear o presente documento. Na segunda seção, encontra-se o referencial teórico, cuja finalidade é esclarecer conceitos e ideias-chave para o objeto de estudo. Dentre os assuntos abordados, encontram-se as dinâmicas das decisões financeiras, a dualidade risco-retorno, os modelos tradicionais de análise de projetos de investimento, também chamados de modelos determinísticos, algumas abordagens para lidar com o risco e a incerteza, como a árvore de decisão, a análise de cenários e a de sensibilidade e, por fim, a Teoria das Opções Reais propriamente dita com suas fundamentações, tipologias, vantagens, desvantagens e limitações. Já a terceira parte, engloba os procedimentos metodológicos aplicados. Neste caso, foi feita uma pesquisa descritiva a partir de bibliografias e documentos, buscando estudos de casos, através da acessibilidade, nas áreas de administração financeira, engenharia de produção e economia sobre a Teoria das Opções Reais. A quarta seção é reservada para a análise dos dados encontrados. Finalmente, na quinta e última seção encontram-se as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

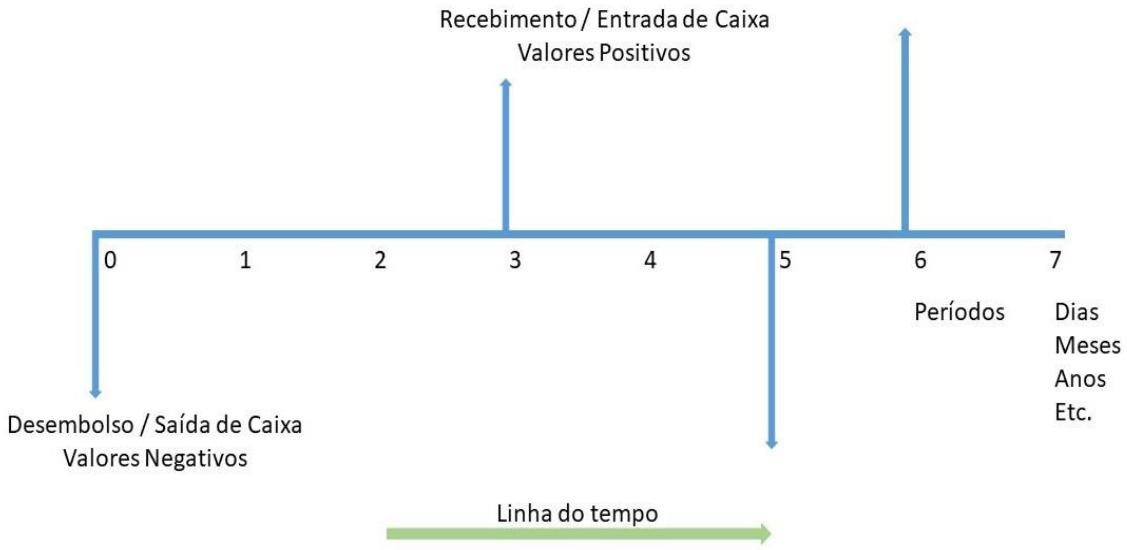
Este capítulo que servirá como embasamento para a análise de dados tem como objetivo tratar as principais temáticas que envolvem as Teoria das Opções Reais (TOR); dentre elas a dinâmica das decisões financeiras, a dualidade risco e retorno, os métodos tradicionais de análise de investimentos (ou também chamados de modelos determinísticos), as abordagens mais utilizadas para lidar com risco e incerteza e, por fim, a própria Teoria das Opções Reais, com seu histórico, tipologia, pressupostos, vantagens e desvantagens ou limitações.

2.1 DINÂMICA DAS DECISÕES FINANCEIRAS

Rossetti *et al* (2008), estudioso da matemática financeira, afirmou que as principais atividades dentro da gestão financeira são: preparar o planejamento financeiro da empresa, considerando as necessidades de endividamento e financiamento para o alcance de objetivos; gerenciar os ativos, tendo em conta a melhor relação risco e retorno; gerenciar o passivo, buscando o menor custo de endividamento e, consequentemente, a melhor estrutura de capital; e a gestão dos dividendos, em termos de partilha do lucro líquido entre acionistas e reinvestimento.

Para que essas funções sejam realizadas, é preciso, inicialmente, uma boa gestão do fluxo de caixa, tanto das entradas como das saídas. Diversos autores como Gomes (2013) e Salazar (2010) definem fluxo de caixa como a relação entre a quantidade de recursos financeiros, entendendo-se recurso como capital ou dinheiro, que entram e saem do caixa da empresa num determinado período de tempo, podendo ser dias, meses, trimestres, semestres, anos, etc. As entradas são representadas por valores positivos com setas para cima e os desembolsos ou saídas são apresentados por valores negativos com setas para baixo (FIGURA 1). Apesar dos fluxos serem subdivididos em fluxo de financiamento, fluxo operacional e fluxo de investimentos, a análise global destes, ou o seu somatório, representa a formação bruta de capital das empresas bem como sua capacidade de crescimento empresarial e competitividade no mercado (SALAZAR, 2010).

Figura 1 – Fluxo de Caixa



Fonte: Rossetti (2008, p.114)

Salazar (2010) também determina que assim como o fluxo de caixa interfere nas decisões estratégicas de investimentos, estas também interferem no fluxo de caixa gerados pelos seus investimentos e financiamentos. Isto é, o desempenho das empresas depende dos fluxos de caixas presentes e futuros, pois a saúde financeira atual influencia o valor do investimento que as organizações fazem e o impacto do resultado de tais investimentos definem o sucesso ou insucesso destas. Neste contexto, supondo que a saúde da empresa esteja bem e que dispõe de recursos para investir, os diretores e/ou administradores financeiros devem avaliar os fluxos de caixa futuros provenientes de projetos de investimentos antes da tomada de decisão de implementação ou não de tal projeto. Esta análise é feita a partir da administração do orçamento de capital.

A administração do orçamento de capital, prática que planeja as despesas de capital pensando em gerar riquezas ao investir em algo que valha mais do que custa, necessita de algumas informações para sua execução. Assim, inclui o preparo de propostas de investimento, a estimativa de fluxo de caixa futuro dos projetos e a avaliação de fluxos de caixas por técnicas de análise de projetos de investimentos. Geralmente, as técnicas escolhidas são os modelos tradicionais *payback*, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retono (TIR), ou uma combinação destes. Autores como Salazar (2010) destacam que uma previsão equivocada desses fluxos futuros pode resultar numa série de consequências negativas e riscos para a empresa, como aumento de capacidade produtiva sem ter demanda instaurada, levando ao aumento de custos fixos.

2.2 RISCO E RETORNO

Finanças corporativas, área da administração financeira que estuda os fluxos de caixa de grandes empresas, tem como seu maior objetivo é a maximização do valor da organização e, por consequência, o aumento da riqueza dos proprietários (GITMAN, 2010). Entretanto, a grande maioria das decisões financeiras tomadas dentro de uma organização são decisões presentes que se apoiam em resultados e expectativas futuras incertas (ROSSETTI *et al*, 2008). Sendo assim, torna-se necessário considerar a expectativa dos investidores com relação ao dinheiro aplicado, ao período de aplicação do investimento e, principalmente, com relação às variações de risco-retorno das operações para que os objetivos alcançados sejam os melhores possíveis e se aproximem ao máximo do esperado.

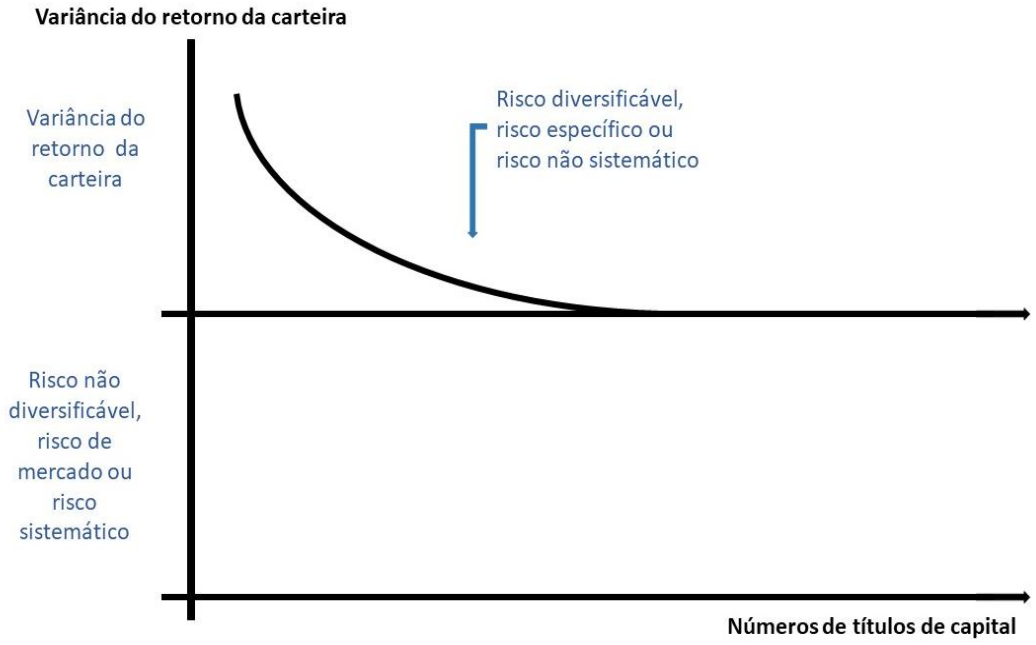
Para Gitman (2010) e Antonik (2004), risco representa a chance ou probabilidade de perda financeira ou a variabilidade de retornos associados a um dado ativo. Salazar (2010) complementa dizendo que risco é um resultado que não é o esperado, ou seja, é a chance de receber algo aquém das expectativas. Em princípio, ativos mais voláteis são mais arriscados. Isso porque estes ativos sofrem grande variação, o que os deixam mais arriscados. Por consequência, quanto menor a incerteza acerca do retorno de um ativo, menor será sua variabilidade e, assim, menor é o risco envolvido.

Salazar (2010) diz que o risco dos projetos de investimento surge devido a mudanças tecnológicas, surgimento ou desaparecimento de concorrentes e produtos substitutos, crises, mudanças políticas e governamentais, inflação, deflação, juros, variações cambiais, novas legislações tributárias etc. Rossetti *et al* (2008) afirma que, apesar de tamanha incerteza, eventos associados a probabilidades de ocorrência faz com que a análise do investimento seja mais acertada. Neste momento, surge o discernimento entre a ideia de risco e incerteza, visto que Rossetti *et al* (2008) e Salim (2017) definem o risco como o conhecimento ou probabilidade de chance de um evento e a incerteza é a falta desse conhecimento/probabilidade. Contudo, Antonik (2004) declara que muitos ainda usam os dois termos como sinônimos.

Existe uma grande quantidade de riscos que podem incorrer nas decisões financeiras. Alguns exemplos podem ser o risco de retorno (ameaça quanto ao rendimento da aplicação), risco operacional (possibilidade da empresa não ser capaz de cobrir seus custos operacionais), risco de crédito (possibilidade de não receber de volta o valor aplicado) ou ainda risco de liquidez (“perigo” do investidor não conseguir se desfazer de aplicação feita com certa facilidade). Salazar (2010) classifica tais riscos em dois grandes grupos: risco total, que

representa o risco dado pelo desvio-padrão de um projeto de investimento isolado (sendo desvio-padrão o indicativo da volatilidade de um ativo em um determinado tempo); e risco de carteira, que é o risco dos projetos de investimentos componentes da carteira. Ademais este último é divido em diversificável e não diversificável. Outros autores como Witt e Dobbins (1979) definem o risco total como a soma do risco sistemático (risco de mercado) com o risco não sistemático (risco diversificável). Já para a maioria dos teóricos, como Sá (2012) e Gitman (2010), os grandes grupos de risco são: risco diversificável e risco não diversificável. O risco diversificável (ou risco não sistemático) é o tipo de risco que afeta uma empresa ou um segmento econômico sem que as empresas que estão fora deste segmento sejam significativamente afetadas; ele pode ser minimizado através da diversificação (ideia de possuir investimentos variados pensando que, caso algum mercado em especial sofra com fatores aleatórios, os outros investimentos, que não estão relacionados a aqueles afetados, reduzirão a perspectiva de perdas). Por outro lado, risco não diversificável (ou ainda risco sistemático) é o risco a que estão sujeitas todas as empresas em um mesmo universo econômico, ainda que com diferentes graus de intensidade; é o risco que não dá para reduzir por advir do mercado como um todo. A figura 2 mostra bem a relação entre os dois, principalmente no sentido da perspectiva de redução do nível de risco de um projeto de investimento.

Figura 2 – Risco diversificável e risco não diversificável



Fonte: Salazar (2010, p. 119)

Antonik (2004), baseado nas ideias de Damodaran (1997), destaca que os investidores só são recompensados por aqueles riscos que não podem ser eliminados pela diversificação. Desta maneira, torna-se muito importante que estes fiquem atentos aos riscos que o mercado impõe. Nesta ótica, é comum que investidores, sejam estes individuais ou firmas, tentem calcular o risco de um investimento. Gitman (2010) e Salazar (2010) trazem como passo a passo para o cálculo do risco:

1. Distribuição de probabilidades: no aspecto pessimista, provável e otimista;
2. Mensuração do risco: medido através de cálculo do desvio-padrão (DP), tendo como critério o sentido de que quanto menor o DP de um investimento, menor o risco. Para tal, calcula-se valor esperado e variância, sendo:
    a. Valor esperado, representado pela fórmula:

$$\bar{x} = \sum xipi$$

Onde:

$\bar{x}$ = valor esperado

xi = valor

pi= probabilidade de i

    b. Variância, representada pela fórmula:

$$S^2 = \sum (X - \bar{X})^2 pi$$

Onde:

S^2 = variância

$\bar{x}$ = valor esperado

xi = valor

pi= probabilidade de i

Com essa informação à disposição, além de permitir que o processo decisório fique menos arriscado, ela propicia que o investidor tenha melhor conhecimento de quanto deve ser o seu nível de retorno exigido. Assim, como em sua maioria os investidores tem o perfil de avessos ao risco, eles exigem um prêmio, e quanto mais avesso ao risco, maior será o prêmio que exigirá para assumir o risco (GITMAN, 2010). Sá (2012) diz que, além desse perfil, existem outros dois chamados de: neutros ao risco, seriam aqueles que escolhem a aplicação com maior retorno independente do risco envolvido; e propensos aos risco, seriam aqueles

que sempre escolhem a opção mais arriscada independentemente do retorno esperado. Este não estaria interessado no retorno, e sim no prazer de arriscar. No entanto, no mundo dos negócios, os agentes ativos são avessos ao risco.

2.3 MÉTODOS TRADICIONAIS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Kassai *et al* (2007, p. 58) define um projeto de investimento como um apanhado de informações qualitativas e quantitativas que permitem "*estimar um cenário com base em uma alternativa de escolha*". O autor ainda comenta que algumas dessas informações básicas são relativas ao valor do projeto, a situação do mercado no qual ele se encontra, a fonte de recursos do qual será retirado o capital inicial, entre outros. Logo, essas informações são de cunho legal, técnico, mercadológico e administrativo. Elas são usadas não somente para a compreensão, mas também para a análise de viabilidade econômica.

Os chamados modelos tradicionais de análise de investimento visam tirar a dúvida de gestores financeiros quando o assunto está relacionado a qual investimento deve ser selecionado; que tipo de retornos este pode dar a empresa e o quão viável, sob o ponto de vista da organização e do acionista, tal investimento é (ROSSETTI *et al*, 2008). Neste ponto, esses modelos seguem determinados critérios de análise que envolvem o fluxo de caixa, seja este descontado ou não, o período de retorno e o custo de oportunidade. A medida que o projeto de investimento vai ganhando certa complexidade, envolvendo uma maior quantia de capital, ou até mesmo, se este possui a vida útil de longo prazo, pode-se dizer que cada metodologia é julgada como mais adaptada ou não. É o que torna os modelos tradicionais tão indispensáveis. A seguir, são dissertados os principais: *payback*, VPL e TIR.

2.3.1 *Payback*

De acordo com Salazar (2010), *payback* é um método de análise de fluxo de caixa que permite determinar o período de tempo (dias, meses, anos, etc.) no qual uma organização leva para recuperar o investimento inicial desembolsado de um projeto a partir de entradas de caixa. Desta maneira, o capital é considerado recuperado quando os fluxos de caixa gerados pelo investimento ficam iguais ao capital investido, o que, segundo Rossetti (2008), satisfaz essa igualdade:

$$I_0 = \sum_{j=1}^{n} R_j$$

Onde:

I_0 = Investimento inicial

R_j = Fluxos de caixa gerados pelo investimento

n = Vida útil da alternativa

E ainda, segundo o mesmo autor, quando os fluxos são constantes, o *payback* pode ser calculado da seguinte forma:

$$Payback = \frac{I_0}{R_j}$$

Por ser um método simples e rápido, algumas empresas o utilizam para tomada de decisão sobre pequenos investimentos, principalmente organizações que tem pouca disponibilidade de caixa e priorizam investimentos que retornam maiores quantias no curto prazo (ROSSETTI *et al*, 2008). Porém, sua fragilidade é identificada justamente porque na sua versão mais simplificada, chamada de *payback* simples, não é considerado o valor do dinheiro no tempo. Segundo Palmeiras (2012), a ideia de "valor do dinheiro no tempo" tem como preceito que o dinheiro assume um valor diferente em cada período, por motivos inflacionários ou cambiais, por exemplo, e como resultado, não se pode comparar valores referentes a períodos distintos. Ou seja, o modelo *payback* simples não trabalha com fluxos de caixa descontados (FCDs) (MEIRELLES, 2004).

O FCD, usado principalmente pelas metodologias tradicionais VPL e TIR, é uma proposta que considera o valor do dinheiro no tempo através do desconto de uma taxa dos valores do fluxo de caixa, trazendo-os, assim, para um mesmo momento (valor presente), o que possibilita, assim, a comparação das quantias (ASSAF NETO; LIMA, 2017). Ele pode ser feito através da fórmula (ROSSETTI, 2008):

$$FCD_n = \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

Onde:

FCD_n= Fluxo de caixa descontado no período n

FC_n= Fluxo de caixa no período n

i= Taxa de juros

n = Prazo

Então, a partir da integração do FCD com a metodologia *payback*, surgiu o *payback* descontado - um aperfeiçoamento que combate a fraqueza identificada na versão simples. Com essa nova ênfase, ele passa a satisfazer a fórmula subsequente (adaptado de ROSSETTI *et al*, 2008). Tal fórmula representa que o período de *payback* será encontrado quando o somatório dos fluxos de caixas descontados, trazidos a valor presente, forem iguais ao investimento inicial.

$$I_0 = \sum_{j=1}^{n} \frac{R_j}{(1+i)^n}$$

Onde:

$R_j =$ Fluxos de caixa gerados pelo investimento

i= Taxa de juros

n = Prazo ou vida útil da alternativa

Ambas as versões – simples e descontada - têm suas análises, por via de regra, exatamente da mesma forma: se o período de recuperação (*payback*) calculado for menor do que o período de *payback* aceitável e/ou viável, então se aceita o projeto; caso contrário, resultado maior do que período aceitável, rejeita-se (ASSAF NETO; LIMA, 2017). Novamente, a análise da metodologia a torna muito relevante, pois quanto mais tempo a empresa espera, ou precisa esperar, para recuperar fundos aplicados, maior a possibilidade de perda. Logo, quanto menor o *payback*, menor será o período de exposição aos riscos. Outrossim, esta ideia segue o princípio da administração financeira que o dinheiro vale mais hoje do que amanhã. Então, quanto mais rápido o retorno, melhor.

Sobre a técnica, Gitman (2010) ainda acrescenta que o *payback* é uma medida de risco que diversas empresas usam como "critério básico" de decisão ou ainda como um complemento a outras metodologias como VPL e TIR.

2.3.2 Valor presente líquido

Kassai *et al* (2007) considera o método do valor presente líquido (VPL), ou ainda no termo em inglês *Net Present Value* (*NPV*), como um dos métodos mais sofisticados e utilizados na análise de propostas de investimento de capital. Esta técnica, ao contrário do *payback* simples, desconta os fluxos de caixa da empresa a uma taxa especificada, considerando o valor do dinheiro no tempo (MEIRELLES, 2004). E isso é capaz de refletir a riqueza do investimento em valores monetários (KASSAI *et al*, 2007). O fato ocorre porque

existe a medida pela diferença entre os valores das entradas e saídas presente através de uma taxa de desconto. Tal taxa pode ser chamada de taxa de desconto, custo de oportunidade ou ainda custo de capital, o que representaria o retorno mínimo que deve ser obtido pelo projeto para ele ser considerado viável. Seguindo a definição de Gomes (2013), custo de oportunidade é o custo por algo que um investidor deixou de ganhar quando ele decidiu aplicar um recurso em outra alternativa. Sendo assim, funciona como um número base para que o investidor saiba se a sua renúncia (decisão) resultou, ou não, num melhor ganho. Isto é, se houve ou não a recuperação do capital investido (SALAZAR, 2010).

Salazar (2010) diz que o custo de oportunidade de capital pode ser calculado através do modelo de precificação de ativos de capital, o *CAPM (capital assets pricing model)*, cuja fórmula é:

$$E(R_{AT}) = R_F + [E(R_m) - R_F]\,\beta$$

Em que:

$$\beta = \frac{COV\ (R_i, R_m)}{VAR\ (R_m)}$$

Onde:

$E(R_{AT}) =$ Retorno exigido ou esperado de ativos de capital

R_F = Retorno do ativo sem risco ou *risk-free*

$E\ (R_m) =$ Taxa exigida ou esperada da carteira do mercado

β = beta

$COV\ (R_i, R_m)$ = Covariância dos retornos da empresa e do mercado

$VAR\ (R_m)$ = Variância da carteira de mercado

Minardi (2004), Brasil *et al* (2007) e Joaquim *et al* (2015) dizem que a metodologia mais usada para descobrir a taxa de desconto é a de custo médio ponderado de capital, o WACC, *weighted average cost of capital*, porque é necessário estimar a estrutura meta de capital, o custo de capital de terceiros e o custo de capital próprio. Então, a fórmula para o WACC, segundo Brasil *et al* (2007) é:

$$WACC = k_d * (1 - t) * \frac{Div}{Div + PL} + k_e * \frac{PL}{Div + PL}$$

Onde:

Kd = custo do capital do credor (ou de terceiros);

t = alíquota de imposto de renda;

Ke = custo do capital do proprietário (acionista ou cotista);

Div = valor de mercado da dívida;

PL = valor de mercado do capital do proprietário;

Div/(Div + PL) = proporção do ativo financiada por dívida;

PL/(Div + PL) = proporção do ativo financiada pelo proprietário.

Sendo:

$$k_d = R_f + \Delta$$

R_F = Retorno do ativo sem risco ou *risk-free* (taxa livre de risco)

Δ = *spread* determinado pelo credor em função do risco de inadimplência do cliente.

O VPL compara o valor presente dos fluxos de caixa futuros de um projeto com seu custo inicial, portanto, ele é obtido subtraindo-se o investimento inicial do valor presente dos fluxos de caixa futuros (ROSSETTI *et al*, 2008), como pode ser observado na fórmula a seguir:

$$VPL = \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+k)^t} - FC_0$$

Onde:

VPL = Valor presente líquido

FC_t = Entradas de caixa

k = Custo de oportunidade

t = Tempo

FC_0 = Investimento inicial

Quando o VPL é escolhido como método para avaliação de um projeto de investimento, com fundamento nos dados calculados, é feita a análise: se o VPL for maior que zero (VPL > 0), positivo, se aceita o projeto, pois o investidor terá um retorno maior do que o custo de oportunidade (k); se o VPL for menor do que zero (negativo), VPL < 0, rejeita-se o projeto, pois o investidor terá um retorno menor do que o custo de oportunidade (k). Vale ressaltar que também existe uma terceira alternativa: VPL = 0 (SÁ, 2012). Nesta, para Gomes (2013), a decisão de aceitar o projeto ou não é indiferente para a organização; já para Kassai *et al* (2007), qualquer projeto com VPL ≥ 0 deve ser considerado atraente e, portanto, aceito, visto que tal valor presente líquido significa que o projeto, além de pagar os valores investidos, proporcionou um retorno, no caso, lucro, exatamente igual ao mínimo esperado. De forma geral, quanto maior for o valor presente líquido, mais desejável é o projeto por conta da perspectiva de maior valor para a empresa que vai "sobrar" após o capital investido ter sido remunerado e devolvido (SALAZAR, 2010; ROSSETI *et al*, 2008).

Meirelles (2004) diz que apesar da maior complexidade do método em relação do *payback*, o VPL também apresenta uma falha, e esta advém do risco dos fluxos de caixa futuros contrastar com o esperado, visto que fluxos de caixa de projetos de investimentos considerados determinísticos raramente demonstram a teoria na prática. Ross *et al* (2013) ressalta que existe a chance de um projeto de investimento aparentemente ter um VPL positivo, porque a estimativa não é precisa, e, na realidade, ele se apresentar como negativo. O oposto também pode acontecer e uma oportunidade valiosa ser perdida. Entende-se, então, que não há garantias que o previsto irá acontecer e que fatores aleatórios não irão interferir. Por esta razão, Sá (2012, p.64) completa dizendo: "*fluxo de caixa projetado não é um fim em si mesmo*". Além disso, Palmeiras (2012) trata que modelos tradicionais como o VPL encaram as decisões como irreversíveis, entendendo-se assim, que não é possível haver modificações no projeto ao longo de sua vida útil, apesar da possibilidade de novas realidades/ informações surgirem no caminho.

Entretanto, Trigeorgis (1996 apud PALMEIRAS, 2012) pressupõe que o VPL não deve ser considerado totalmente atrasado, até porque ele pode sim ser empregado com relevância em projetos sem grandes necessidades de flexibilidade gerencial. Kassai *et al* (2007) reitera as palavras de Trigeorgis (1996) dizendo que o VPL é, de fato, umas das melhores metodologias de análise de investimento, não apenas porque trabalha com fluxos de caixas descontados, mas também porque seu resultado em valores monetários (R$, $, etc.) consegue revelar a riqueza do projeto. Ele destaca, porém, que um problema pode ser ressaltado: a dificuldade da identificação da taxa de desconto a ser utilizada na análise, dado que sua obtenção é feita por meio de uma fórmula complexa (método do *CAPM*).

2.3.3 Taxa interna de retorno

Kassai *et al* (2007) afirma que, assim como o VPL, a metodologia da taxa interna de retorno (TIR), ou ainda *Internal Rate of Return* (*IRR*), é uma das formas mais sofisticadas de avaliar propostas de investimentos. Meirelles (2004), Salazar (2010) e Gomes (2013), em consenso, definem a TIR como a taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial de um projeto. Em outras palavras, ela representa a taxa de descontos que iguala, num momento único, as entradas com as saídas de caixa, o que significa que a TIR transforma o VPL de um investimento em zero (VPL = 0). Sua fórmula é dada desta forma:

$$0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - FC_0$$

Onde:

FC_t = Entradas de caixa

TIR = Taxa interna de retorno

t = Tempo;

FC_0 = Investimento inicial

O uso da TIR busca garantir que a empresa ou investidor tenha, ao menos, sua taxa mínima de retorno, também chamada de taxa mínima de atratividade (TMA). Isto é, a taxa interna de retorno configura a rentabilidade em termos percentuais do investimento feito (ROSSETTI *et al*, 2008). Para isso a análise deve ter o seguinte parâmetro: caso a TIR calculada for maior que a taxa mínima de atratividade, TIR > TMA, aceita-se o projeto; se a TIR for menor, TIR < TMA, rejeita-se; e na situação na qual a TIR for igual a taxa mínima de atratividade, TIR = TMA, é indiferente aceitar ou rejeitar. Universalmente, quanto maior a taxa interna de retorno, melhor o projeto de investimento (GOMES, 2013).

Quanto a sua falha, Rossetti *et al* (2008) destaca que assim como no caso do valor presente líquido, a TIR também possibilita que os fluxos de caixas futuros apresentados no projeto possam divergir do esperado, uma vez que sua base de cálculo é o FCD. Ross *et al* (2013) relata que essa divergência, que geralmente leva a uma tomada de decisão ruim é chamada de risco de previsão ou risco de estimativa e ela é uma consequência atrelada a qualquer metodologia que use o fluxo de caixa descontado como parte dos dados de entrada. Ross *et al* (2013, p. 361) ainda acrescenta que " *é fácil ficar preso nos cálculos e esquecer-se dos detalhes básicos da realidade econômica*".

De modo geral, Palmeiras (2012) afirma que, dentre as técnicas abrangidas pelo FCD (VPL, TIR e *payback*), o VPL é a mais recomendada, pois ela possui maior consistência com o objetivo maior das organizações: rentabilidade.

2.4 ALGUMAS ABORDAGENS PARA LIDAR COM RISCO E INCERTEZA

Os métodos de análise tradicionais (*payback*, valor presente líquido e taxa interna de retorno) são considerados determinísticos porque eles são trabalhados fundamentando-se em entradas e saídas do fluxo conhecidas e com a premissa de que os valores calculados irão, de fato, ocorrer. Entretanto, a realidade pode ser muito diferente uma vez que quantidades

vendidas, preços de insumos, políticas legais e outros podem interferir. Ademais, a medida que os dados se alteram, os resultados também se modificam (GOMES, 2013). Por conta disso, algumas abordagens são utilizadas para avaliar projetos de investimentos sob condições de incerteza. Meirelles (2004) destaca árvore de decisão, análise de cenário, análise de sensibilidade.

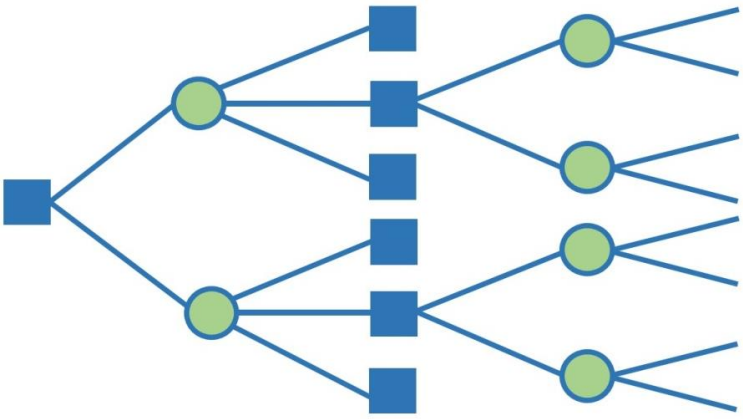
2.4.1 Árvore De Decisão

A árvore de decisão é uma técnica utilizada para analisar os processos de decisões por meio de um diagrama. É possível ver nesta representação gráfica as consequências e eventos aleatórios relacionados com as decisões atuais e futuras dos investidores (KASSAI *et al* 2007). Magee (1964 apud MEIRELLES, 2004) chega a descrevê-la como a "anatomia de uma decisão de investimento".

O diagrama feito na forma de árvore de decisão permite a visualização de alternativas financeiras, sejam elas vantajosas ou não, resultantes de diferentes ações tomadas em ambientes de grande incerteza. Essa abordagem é utilizada para avaliar situações que envolvem decisões sequenciais (BREALEY; MAYERS; ALLEN, 2018). Ainda de acordo com esses autores, a estrutura do diagrama deve ser simples. Brasil *et al* 2007, acrescenta que o analista que criar a árvore de decisão deve tomar cuidado para não deixá-la muito complexa e ocasionar a perda dos seus benefícios.

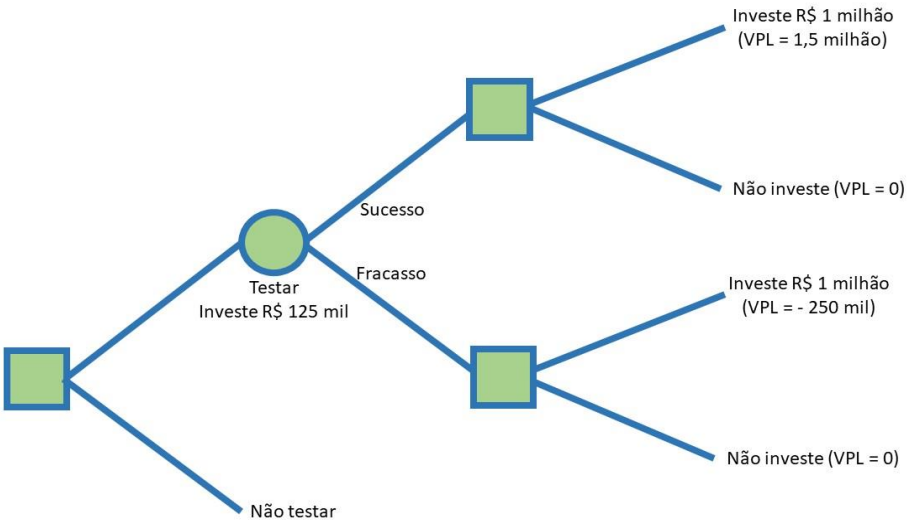
Por convenção, a árvore de decisão tem a presença de nós quadrados e nós redondos. Os nós quadrados representam as decisões e os nós redondos representam os eventos aleatórios ou destino, derivado de casa decisão (FIGURA 3). Após os nós redondos, ou também chamados nós de incerteza, são vistas as possibilidades, de, por exemplo, sucesso ou insucesso (KASSAI *et al*, 2007). Desta forma, Kassai *et al* (2007) complementa que ela permite a realização de simulações e a concepção e o controle de um número de problemas de situações sujeitas a riscos.

Figura 3 - Árvore de Decisão



Fonte: Kassai et al (2007, p. 117)

Figura 4 - Árvore de decisão exemplificada



Fonte: Brealey, Myers e Allen (2018)

Na figura acima, exemplificada por Brealey, Myers e Allen (2018), uma organização tem a opção de testar ou não um novo produto no mercado. Ao decidir fazer o teste, ela investe R$125 mil e, neste momento, existe a possibilidade de sucesso ou fracasso do projeto (evento aleatório). Caso o projeto tenha sucesso, a empresa encara outra decisão: investir mais dinheiro e incorrer com o VPL positivo de 1,5 milhão ou simplesmente não investir (VPL= 0) e abandonar o projeto. Já no caso do projeto fracassar, a empresa deve tomar a decisão de investir e incorrer com VPL negativo (VPL= - 250 mil) ou não investir (VPL= 0).

2.4.2 Análise de Cenários

A análise de cenários é uma forma básica de análise de hipóteses que ajuda a reduzir a incerteza de um projeto de investimento. Nela, as variações de VPL são examinadas com suposições do tipo “e se” – e se a empresa vender 500 unidades ao invés de 600 ou 700? (ROSS *et al*, 2013). Como será visto posteriormente, ela se assemelha a análise de sensibilidade, porém com um campo mais amplo. Quer dizer, é utilizada para avaliar o impacto de diferentes variáveis sobre o retorno de uma organização, mas ao contrário da análise de sensibilidade, não isola o efeito da mudança em uma variável principal.

Assim, a análise de cenários examina o resultado das mudanças simultaneamente em numerosas variáveis, como entradas e saídas de caixa e custo de capital. Então, ela poderia, por exemplo, avaliar o impacto de três cenários diferentes sobre o VPL de um investimento, no caso com estimativas de fluxos de caixa pessimistas, mais prováveis e otimistas. Como existem vários cenários que podem ser explorados, um bom ponto inicial é o cenário pessimista, uma vez que este diz qual deve ser o VPL mínimo do projeto. Para seu cálculo, é atribuído a cada item analisado o valor menos favorável. Em seguida, faz-se a suposição do VPL no melhor caso, o que delimita um limite superior com base de cálculo nos melhores valores possíveis (ROSS *et al*, 2013). A determinação da amplitude provável é dada subtraindo-se o resultado pessimista do otimista. Entretanto, para Clemente *et al* (1998 apud MEIRELLES, 2004), as informações disponíveis para a abordagem não permitem estabelecer a probabilidade de ocorrência desses resultados possíveis. Brealey, Mayres e Allen (2018) também falam que é difícil determinar o que é otimista e o que é pessimista dentro de uma organização, uma vez que departamentos diferentes, como marketing e finanças, podem ter visões diferentes.

Deste modo, a análise de cenários permite que sejam descobertas possibilidades, algumas boas e outras ruins, porém não é dada uma orientação quanto ao que deve ser feito. Ou seja, ela ajuda a perceber o que pode ser um potencial ou um prejuízo para o investidor ou a empresa. Infelizmente, até mesmo o pior dos cenários pode não ser tão ruim quanto o que pode ocorrer na vida real.

2.4.3 Análise de Sensibilidade

Análise de sensibilidade é normalmente utilizada em situações em que não há nenhuma informação sobre a distribuição de probabilidades (KASSAI *et al*, 2007). Para

Rossetti *et al* (2008), ela é uma abordagem de avaliação de risco que procura reconhecer e constatar as variáveis críticas de um investimento, bem como construir cenários com essas variáveis. Por isso ela é considerada uma variação da análise de cenários (ROSS *et al,* 2013). A análise de sensibilidade é capaz de identificar o impacto de cada uma das variáveis envolvidas em um projeto, isolando e analisando uma por vez para apontar qual a sensibilidade do VPL às alterações na variável escolhida (ROSS *et al,* 2013). Gomes (2013, p. 129) simplifica dizendo que a análise de sensibilidade tem como propósito saber " [...] *qual é o impacto nos resultados a uma dada alteração numa variável de entrada e quão relevante é essa variável no resultado calculado pelo modelo*".

Rossetti (2008) exemplifica que se uma organização pretende adquirir uma máquina, com as informações sobre o valor do bem, condições de pagamento, vida útil do equipamento, capacidade produtiva do maquinário e etc., os gestores financeiros conseguem montar indicadores de avaliação como *payback*, VPL e TIR para saber se o negócio é viável ou não. Contudo, é mais interessante para o gestor ter conhecimento de quais dessas informações (variáveis) citadas anteriormente tem mais peso no sucesso ou insucesso do projeto.

Essa abordagem que lida com o risco, é constituída de quatro etapas (ROSSETTI, 2008):

1. Verificação do impacto provocado pela variação de cada uma das variáveis do modelo de avaliação;
2. Determinação das variáveis-chave, ou seja, definição de quais variáveis causam mais impacto no resultado da avaliação (geralmente são duas ou três);
3. Montagem de uma tabela utilizando valores possíveis de cada uma das variáveis-chave;
4. Construção de prováveis cenários.

Wan (2001 apud MEIRELLES 2004) diz que, geralmente, as variáveis consideradas mais sensíveis são aquelas que provocam a maior variação e por isso demandam investigações mais aprofundadas para melhorar sua estimativa. Pela análise, Ross *et al* (2013) complementa, que se a estimativa do VPL for muito sensível a variações relativamente pequenas da variável escolhida, então o risco de previsão associado a tal variável é alto. Assim, como a análise de cenários, a análise de sensibilidade não consegue dar uma orientação do que deve ser feito. Ela simplesmente destaca onde os erros de previsão poderão causar maiores danos, isso sem dizer o que fazer acerca desses possíveis erros (ROSS *et al* 2013).

2.5 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

2.5.1 Fundamentação da teoria das opções reais: o mercado de opções

Derivativos são instrumentos financeiros, com grande liquidez, cujos valores e características de negociação estão atrelados a um determinado ativo, conhecido como ativo de referência ou ativo-objeto. São nomeados dessa forma porque, de fato, derivam de outro ativo. Existem duas classes de contratos de derivativos: os financeiros, que estão referenciados a taxa de juros, inflação, câmbio, ações, outros; e os não financeiros, com ativos do setor agropecuários como boi, soja, café e do setor de energia e climático, como energia elétrica, gás natural, crédito de carbono e outros (ASSAF NETO, 2018). Um exemplo de derivativo financeiro é uma "opção de Petrobrás", cujo preço da opção deriva do ativo "ação da Petrobrás". Portanto, no mercado de derivativos, o que são negociados são contratos com base em ativos e não os próprios ativos.

Nesta grande modalidade de investimento, os investidores apostam nos preços futuros dos ativos de referência e, através de contratos, assumem responsabilidades sobre entregas e pagamentos. Tais acordos servem para transferir os riscos de flutuações, isto é, volatilidade, a terceiros por um valor chamado de prêmio (SANTOS E SILVA, 2015). Cada lado participante do contrato acredita numa possibilidade diferente. Se um produtor rural, por exemplo, acredita na queda do preço da soja no futuro e quer garantir um determinado preço, ele participa de um contrato de derivativo. A pessoa que estiver interessada em pagar o preço solicitado pelo produtor, provavelmente acredita na alta do preço da soja no futuro e considera o valor acordado abaixo do mercado, o que para ele é vantajoso, pois o investidor consegue ganhar dinheiro sem ter o ativo. Para o produtor, além da transferência do risco, a depender do tipo de contrato ele pode estar sempre coberto independente do resultado no futuro.

O mercado de derivativos possui alguns participantes importantes, os *traders*. Eles podem ser classificados como: o *hedger*, que é aquele que possui o ativo e busca a proteção contra a oscilação do mercado; o especulador, responsável por assumir o risco da operação visando obter ganhos com as oscilações; e o arbitrador, que obtém vantagens financeiras em função das distorções nos preços dos ativos em mercados diferentes, sem correr riscos (HULL, 2016).

No total, os derivativos podem ser subdivididos em quatro outros mercados, segundo Santos e Silva (2015) e Hull (2016):

- Mercado de *Swap*: este mercado de derivativo movimenta contratos de balcão entre empresas, geralmente de duas em duas, que buscam trocar fluxos de caixa no futuro.

Isto é, o contrato define as datas quando os fluxos devem ser pagos e a maneira como estes serão calculados. *Swaps*, de modo geral, causam a troca de indexador de um fluxo futuro, seja a taxa de juros, a taxa de câmbio ou alguma outra variável no mercado;

- Mercado a Termo: neste, são negociados contratos não padronizados nos quais ou o comprador ou o vendedor define os termos de um ativo e ambas as partes assumem a obrigação de comprar/vender em uma data futura o tal ativo a um preço específico;
- Mercado Futuro: assim como o contrato a termo, as partes envolvidas possuem a obrigação de honrar com o acordado, no caso a venda de um ativo no futuro a um determinado preço. A principal diferença, é que por ser negociado em bolsa, há a exigência da padronização dos contratos e a aquisição de certas características que dão uma certa garantia que o contrato será honrado, como o ajuste diário dos créditos e débitos da transação;
- Mercado de opções: é o mercado de derivativos que dá o direito ao detentor da opção e a obrigação a sua contraparte, ambos podendo exercer a compra ou venda a depender de sua posição. A principal diferença do derivativo futuro ou a termo é justamente esse direito, uma vez que nos outros o titular é obrigado a comprar ou vender com base em um ativo.

E foi justamente baseada nesta última subdivisão do que se originou a ideia da Teoria das Opções Reais.

Opções, segundo Meirelles (2004), são contratos que dão ao seu titular o direito, e não a obrigação, de comprar ou vender um determinado ativo, a um preço pré-fixado (preço de exercício), numa data de vencimento, ou antes, desta. Diz-se direito e não obrigação, pois o indivíduo não necessariamente precisa exercê-lo. As opções podem ser classificadas em dois grupos gerais. Primeiro, pelo tipo de opção (compra ou venda); e segundo, pelo período no qual ela pode ser exercida, se é antes do vencimento ou na data do vencimento (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2018). Vale ressaltar que opções são extintas após a data de vencimento e quando estas não são exercidas, usa-se o termo “virou pó” (SANTOS; SILVA, 2015). Desta maneira, existem:

- Tipo de opção:

    Opção de compra ou *call option*: concede ao titular o direito de comprar ações a um preço de exercício especificado na data de vencimento, ou antes, dessa;

Opção de venda ou *put option*: concede ao titular o direito de vender ações a um preço de exercício especificado na data de vencimento, ou antes, dessa;

- Exercício da opção:

  Opção americana: é o tipo de opção que concede ao titular o direito de comprar ou vender ações em qualquer momento até a data de vencimento da opção;

  Opção europeia: é o tipo de opção que concede ao titular o direito de comprar ou vender ações somente na data de vencimento da opção, ou seja, seu exercício só pode ser feito (caso seja) na data de maturidade da opção.

Santos e Silva (2015) e Hull (2016) chamam atenção para a questão da comparação do valor de exercício da opção e do valor do ativo-objeto no mercado e a forma que é utilizada como base para decisão se esta deve ser exercida ou não. Minardi (2004) ainda acrescenta que geralmente o comprador, titular ou detentor de uma opção só irá exercê-la se o *payoff* (fluxo de caixa no vencimento), for positivo, pois, caso contrário, ele estará perdendo dinheiro. Para eles, então:

- No caso de opção *call*:

  In the Money (ITM): "estar dentro do dinheiro", significa dizer que o preço do ativo-objeto é superior ao preço de exercício da opção. Desta forma, o detentor da opção a exerce, pois ele está comprando um contrato, que representa um ativo, por um valor menor que o valor de mercado.

  Out of the Money (OTM): "estar fora do dinheiro" significa que a o preço do ativo-objeto é inferior ao preço do exercício da opção. Desta maneira, o detentor da opção não a exerce, visto que ele estaria adquirindo um "ativo" por um valor mais caro que o valor de mercado.

- No caso de opção *put*:

  ITM: neste caso, para a opção de venda, significa que o preço do ativo-objeto é inferior ao preço do exercício da opção. Então, o detentor desta opção a exerce, pois ele venderá o contrato, que representa um ativo, a um valor superior ao valor de mercado.

  OTM: significa que o preço do ativo-objeto é superior ao preço de exercício da opção. Então, o detentor desta opção não a exerce, pois ele estaria vendendo o contrato a um preço menor do que ele poderia vender o ativo normalmente no mercado.

- No caso de ambas, tanto *call option* ou *put option:*

> *At the Money (ATM)*: uma opção é dita "estar no dinheiro", quando o preço da ação é igual ao preço do exercício da opção. Neste caso, seria indiferente exercê-la ou não, visto que a opção vale o mesmo que o preço do ativo no mercado naquele determinado momento.

As organizações começaram a usar opções sobre mercadorias, moedas e outros para reduzir o risco. Projetos de investimentos podem conter opções que dão flexibilidade ao investidor. Essa flexibilidade pode ser relativa a, por exemplo, uma empresa investir numa patente que lhe permita explorar uma nova tecnologia ou ainda, abandonar um investimento pois percebe que a demanda mercadológica mudou drasticamente e aquele retorno esperado não será realizado (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2018). De toda forma, apesar da empresa ter um custo no presente para ter acesso a essa maleabilidade, os benefícios em termos de informação, alocação de recursos e capacidade de resposta às incertezas, são o que torna a balança custo-benefício favorável. Por isso, a utilização da TOR tornou-se tão valiosa no ambiente empresarial.

Quanto ao surgimento da Teoria das Opções Reais, sabe-se que ela foi resultante da combinação de dois fatores: primeiro, a publicação de um artigo sobre precificação de opções financeiras, em 1973, pelos autores Fisher Black e Myron Scholes e, segundo, a colaboração que o professor do MIT, Stewart Myers, fez sobre este tema. Juntos, eles perceberam que o modelo de precificação desenvolvido para opções financeiras poderia ser empregado também a ativos reais. Desta maneira, a fim de diferenciar os dois termos, opções financeiras de opções aplicadas a ativos reais, emergiu o termo "opções reais" em 1977 (PALMEIRAS, 2012).

TOR, por definição, é um modelo de precificação de projetos que se aparenta com a realidade vivida por gestores e investidores no meio empresarial. Por este motivo, ela admite a associação do valor do projeto com inúmeras opções possíveis, que ao mesmo tempo em que minimizam os riscos, maximizam a operação. Opções, desta forma, simbolizam direitos e possibilidades que são oferecidos no mercado e estes, assim como as opções financeiras, podem ser mensuradas (SANTOS; PAMPLONA, 2001). Exemplos de opções reais são as flexibilidades de gestão, contratuais ou de mercado além da avaliação de intangíveis. Em opções financeiras, servindo de contraponto, tais direitos são incentivados por estratégias que apostam na alta (opção de compra) ou baixa (opção de venda) de um determinado ativo (ROSSETTI *et al*, 2008).

Santos e Pamplona (2001) defendem que a metodologia da Teoria das Opções Reais pode ser aplicada em diversos contextos quando se trata da análise de ativos reais. Dentre eles

destacam-se os investimentos em recursos naturais, como minas e florestas, em manufatura flexível, em pesquisa e desenvolvimento, seja informática ou biotecnologia, novos negócios, entre outros. Os mesmo autores comentam que além da função econômica, a TOR também pode ser usada para análise de situações socioeconômicas, como casamento, suicídio e mudanças de opinião pública.

TOR é considerada complemento do VPL porque preenche a lacuna deixada por ele quanto à flexibilidade. Assim, a TOR consegue adaptar o VPL tradicional a uma nova realidade transformando-o em VPL expandido, representado pela fórmula (MINARDI, 2000):

$$VPL_{expandido} = VPL_{tradicional} + Valor_{flexibilidade\ gerencial}$$

Sendo:

Valor flexibilidade gerencial = valor da opção gerencial

Esse valor da opção gerencial nada mais é do que o modelo de Black-Scholes (B&S) usado para precificar opções reais. Desta forma, segue (BREALEY, MYERS E ALLEN, 2018):

$$Valor\ da\ Opção\ Gerencial = [delta\ x\ preço\ da\ ação] - [empréstimo\ bancário]$$

Ou

$$Valor\ da\ Opção\ Gerencial = [N(d_1) * P] - [N(d_2) * VP\ (EX)]$$

$$d_1 = \frac{\log[P/PV(EX)]}{\sigma\sqrt{t}} + \frac{\sigma\sqrt{t}}{2}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Sendo (BREALEY, MYERS E ALLEN, 2018):

N(d) = distribuição normal acumulada;

EX = preço de exercício da opção; o VP(EX) é calculado descontando a taxa de juro sem risco (R_F);

t = número de períodos até a data de exercício;

P = preço atual da ação;

σ = desvio-padrão por período das taxas de retorno (compostas continuamente) das ações.

Ou ainda, de forma mais simplificada, no rearranjo do modelo de Black-Scholes por Brasil *et al* (2007):

$$c = S * N(d_1) - X * e^{-rT} * N(d_2)$$

$$d_1 = \left[\ln\left(\frac{S}{X}\right) + (r + 0{,}5\,\sigma^2) * T\right] / [\sigma^2 * T]^{0{,}5}$$

$$d_2 = d_1 - [\sigma^2 * T]^{0{,}5}$$

Sendo (BRASIL *et al*, 2007):

S = valor à vista do ativo-objeto;

X = preço de exercício da opção;

r = taxa de juros anualizada (capitalização contínua);

e = algarismo neperiano = 2,71828...

σ = desvio-padrão anual da taxa contínua de retorno do ativo-objeto;

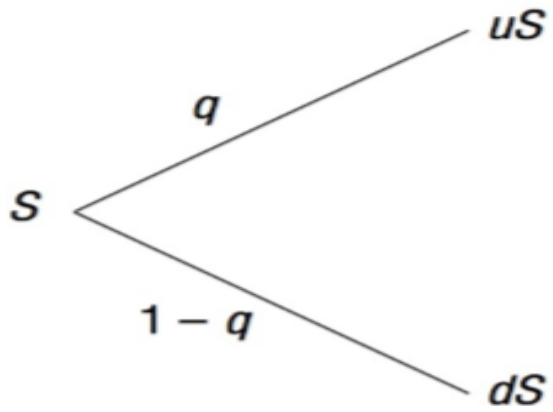
T = tempo em anos até o vencimento da opção;

N(d) = probabilidade de uma variável aleatória, de distribuição normal padronizada, ser menor ou igual a d.

Brasil *et al* (2007), Santos e Silva (2015) e outros autores descrevem um modelo substitutivo ao Black-Scholes que também serve para determinar o valor de uma opção, este é chamado de binominal. O modelo binomial, criado por Cox, Ross e Rubinstein em 1979, é uma estrutura mais simples que o B&S, uma vez que não recorre ao cálculo estocástico e funciona basicamente como uma árvore de decisão. A árvore do modelo binomial de forma similar possui "nós" e estes vão demonstrando o preço do ativo e do derivativo ao longo do tempo. O pressuposto, segundo Hull (2016), é que o preço da ação segue um caminho aleatório e a cada momento, há uma probabilidade desse preço diminuir ou aumentar.

Minardi (2004) descreve as premissas e fórmulas do modelo binomial da seguinte forma: o preço do ativo comporta-se de forma binomial, ou seja, com possibilidade de crescimento (uS) e de queda (dS), conforme figuras 5, 6 e 7; a taxa de juros é constante e positiva; a restrição u > r > d deve ser cumprida, onde r é 1 + a taxa de juros livre de risco; o valor da opção deve ser calculado momento a momento, a depender dos fatores apresentados.

Figura 5 – Premissas do modelo binomial: preço da ação



Fonte: Minardi (2004, p. 35)

Sendo, na FIGURA 5:

S = preço da ação;

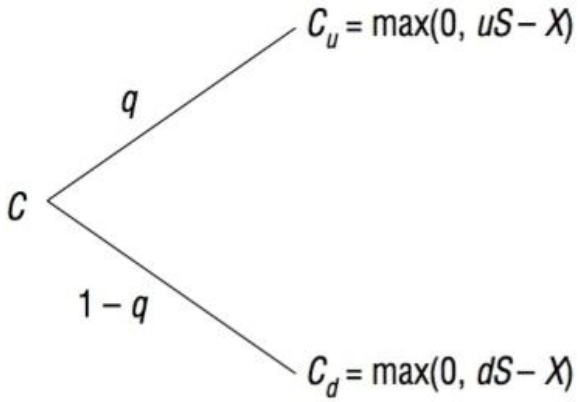
uS = alta no preço da ação;

dS = queda no preço da ação;

q = probabilidade de alta da ação;

1 - q = probabilidade de queda da ação.

Figura 6 – Premissas do modelo binomial: preço da opção



Fonte: Minardi (2004, p. 36)

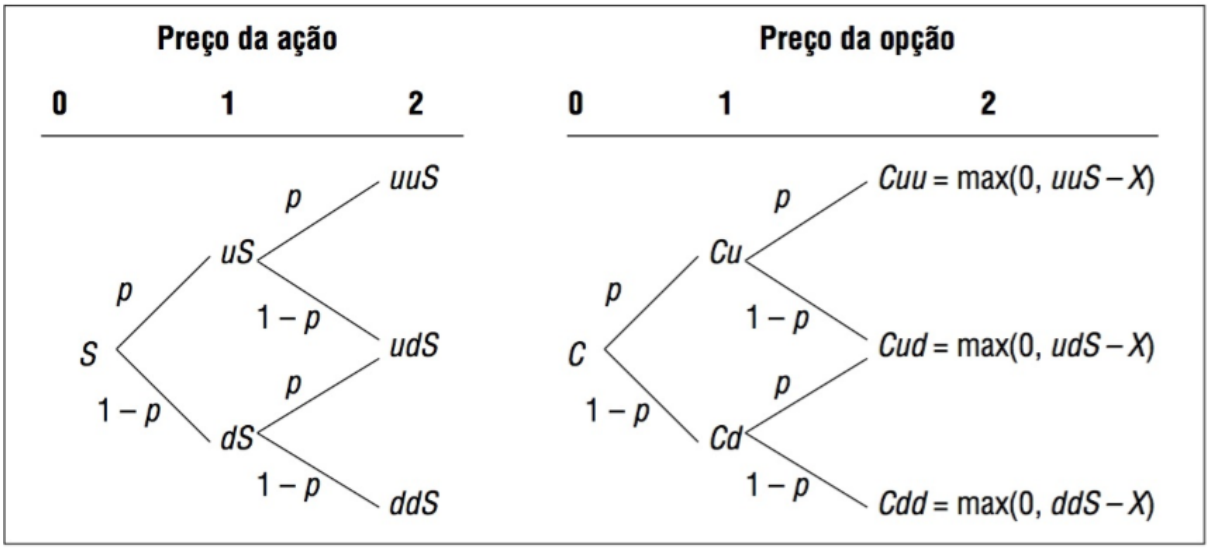
Sendo, na FIGURA 6:

C = valor atual da opção;

Cu = valor da opção no vencimento se o preço da ação for u x S;

Cd = valor da opção no vencimento se o preço da ação for d x S.

Figura 7 – Árvores binomiais do preço da ação e de uma opção de compra



Fonte: Minardi (2004, p. 38)

Desta maneira, para Minardi (2004), tanto para opção de compra (C) quanto para opção de venda (P):

$$C = \frac{p * C_u + (1-p) * Cd}{r}$$

$$P = \frac{P_u * p + P_d * (1-p)}{r}$$

Onde:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$p = \frac{r-d}{u-d}$$

$$1-p = \frac{u-r}{u-d}$$

A TOR é considerada tão eficaz que é capaz de transformar VPLs tradicionais negativos, tipicamente rejeitados seguindo a análise do modelo, em VPLs expandido positivos. Ela considera o que os modelos de fluxo de caixa tradicional não consideram: os direitos intrínsecos em certas estratégias disponíveis para a empresa. E o ponto-chave da TOR é justamente esse: combinar finanças com estratégia, pensando em crescimento e formas de adaptação da empresa às mudanças ambientais (MINARDI, 2000).

Para Rossetti *et al* (2008) a avaliação do preço de uma opção financeira está vinculada ao preço do ativo, ao preço do exercício, ao prazo, a taxa de juros no mercado e a volatilidade do ativo. Em síntese, busca estimar a real possibilidade de o valor do ativo superar o preço do exercício. No sentido das opções reais, leva-se em consideração todos esses fatores e ainda a possibilidade de suas respectivas ocorrências. Ainda em opções reais, para saber se um determinado projeto de investimento pode ou não ser comprado pelo preço de exercício atual, basta comparar o preço do ativo com o preço do exercício, sendo que o primeiro deve ser maior do que o segundo, o que respeita a condição de VPL expandido ≥ 0, isso para uma opção de compra. Para uma opção de venda, a analogia é oposta: o VPL expandido ≤ 0, e por isso o projeto deve abandonado.

Minardi (2004) destaca que existem seis variáveis importantes, a serem consideradas, para a determinação do valor de uma opção real:

- Valor do ativo sujeito ao risco: esse é o valor do projeto de investimento, ou preço corrente do ativo, desconsiderando as flexibilidades gerenciais;
- Preço do exercício;
- Prazo de vencimento da opção: também conhecido como tempo de expiração;
- Dividendos: são FCDs produzidos pelo projeto;
- Volatilidade: está associada aos riscos e incertezas quanto ao retorno futuro esperado;
- Taxa de juros livre de risco: taxa *risk-free.*

Minardi (2000) diz que a volatilidade do projeto é o desvio-padrão dos retornos do preço do ativo e que quanto maior a probabilidade, mais chances o ativo pode ter um grande retorno positivo, ou um grande retorno negativo. Isto é, o espectro do resultado é maior. A volatilidade de um projeto pode ser obtida de duas maneiras: histórica e implícita. Na forma histórica, como é de imaginar, os dados são conquistados através de uma série histórica, isto é, supõe-se que a volatilidade de projetos passados será a mesma no futuro. Na forma implícita, determina a volatilidade através de uma média entre as volatilidades as opções emitidas no mercado, que foram uma vez mensuradas pelo modelo de Black-Scholes.

Quando os projetos de investimentos são de longo prazo, em que há maior possibilidade de fatores aleatórios interferirem nos fluxos projetados, é preciso que haja uma maneira de se analisá-lo de forma mais otimizada e mais exata, a fim de melhorar os prováveis ganhos dos investidores. O mesmo vale para os projetos que demandam elevadas quantias de recursos (PALMEIRAS, 2012).

2.5.2 Tipos de opções reais

Autores como Minardi (2004), Brasil *et al* (2007) Rossetti *et al* (2008) e Brealey, Myers e Allen (2018) concordam que alguns tipos de opções reais podem ser adotados a depender não somente da situação na qual se encontra o gestor e do setor econômico da empresa, mas também do que ele deseja alcançar. No caso, existem possibilidades de atraso do investimento, flexibilização da produção, expansão de mercados, adaptação da linha de produção, abandono de projetos ruins, antecipação de boas oportunidades, etc. Apesar de cada um desses ter sua tipologia, o apanhado geral das opções mais utilizadas no mundo empresarial pode ser visto no quadro 1.

Quadro 1 – Tipologias e definições das opções reais (continua)

Classificação	Conceito	Alguns Setores Relacionados
Opções Reais como Opções de Compra		
Opção de espera	Direto que o investidor tem de aguardar momentos mais favoráveis para efetivar seu investimento na perspectiva de obter maiores e melhores informações no futuro, ou esperar algum benefício. No caso da realização de um cenário pior do que o imaginado, o desembolso com o investimento será poupado. É também conhecida como "opção de adiar".	Esta opção é mais utilizada pelo setor de P&D (pesquisa e desenvolvimento), principalmente o farmacêutico, de biotecnologia e o de exploração mineral. O cenário, no qual este setor é se encontra, é extremamente incerto, pois está sujeito a experimentos e testes específicos, preço de matérias-primas, disponibilidade ou até mesmo existência de reservas, etc.
Opção de expansão e de crescimento	Direito que o investidor tem de atender a uma nova demanda existente a partir da abertura de novas unidades em locais diferentes, compra de novo maquinário produtivo, aquisição	Esta opção é utilizada em qualquer setor que tenha grande competição. O destaque é dado ao industrial que atende o mercado varejista.

	de tecnologia, geração de produtos derivados e etc. Basicamente, significa criar oportunidades para que a empresa possa se expandir no futuro.	
Opções Reais como Opções de Venda		
Opção de abandono	Direito que um investidor tem de abandonar seu projeto de investimento adquirido por um preço definido em uma cláusula de contrato. Esse abandono pode ser temporário ou definitivo, uma vez que continuar na situação torna-se prejudicial a organização.	Esta opção é utilizada quando o investidor não sente segurança e/ou estímulo para entrar em um projeto. Ela ocorre especialmente em acordos societários.
Opção de contração	Direito que um investidor tem de diminuir um negócio realizando a venda de ativos, diminuindo a escala de produção e limitando-se as perdas do projeto.	Esta opção é bastante utilizada no setor industrial, principalmente quando há uma mudança na demanda do mercado.
Opção de cancelamento	Direito que um investidor tem de cancelar a aquisição ou pedido de produtos.	Esta opção é utilizada, principalmente, quando há maior insegurança quanto às expectativas do mercado. Um exemplo é o setor aéreo, pois a fabricação de aeronaves exige, além da complexidade, um longo período de tempo. Neste meio período, pode haver grandes variabilidades no setor.
Opções Reais Comuns a Ambos os Grupos		
Opção de conversão	Direito que um investidor tem de	Esta opção é muito utilizada no

	alterar e aproveitar uma determinada linha de produção para outros produtos, gerando uma flexibilidade de mix produtivo a custos menores. A opção de conversão permite tanto a expansão de novos produtos quanto o abandono de produtos não rentáveis.	setor automotivo, especialmente no aproveitamento de equipamentos da linha de montagem e design. Pode ser usada também em condições na qual as matérias-primas utilizadas encarecem. Por exemplo, um *boiler* que é adaptado para utilizar tanto gás como energia elétrica, pode ser movido a gás quando a energia elétrica estiver muito cara e vice-versa.

Fonte: Adaptado de Minardi (2004), Rossetti et al (2008) e Brealey, Myers e Allen (2018).

Minardi (2004) e Brasil *et al* (2007) citam mais dois tipos de opções que os demais autores não comentam. Estas são: opção de investir para aprender e entrar em um determinado setor (*learn option*), o que equivaleria a uma *joint-venture;* e opção de realizar um investimento subsequente, o que traz a ideia de que um VPL negativo analisado isoladamente, será rejeitado, porém se adotada este tipo de opção para investimentos subsequentes, existe a possibilidade desse VPL ser positivo e ser uma oportunidade para a empresa. A ideia seria construir um prédio para uma universidade, e o VPL desse prédio fosse negativo, entretanto, os ganhos futuros com os alunos fizessem esse projeto valer a pena.

Diversos setores podem usufruir de mais de uma opção ao mesmo tempo. Exemplos disso, são citados por Brealey, Myers e Allen (2018) para opção de espera e opção de expansão: uma mineradora pode adquirir direitos sobre um depósito de minérios que não vale a pena desenvolver agora, mas pode se tornar bastante lucrativo caso o preço dos minérios aumente; e um agente imobiliário que compra um terreno com o objetivo de construir um centro comercial caso seja construída uma rodovia perto.

Novamente, com essas possibilidades, Santos e Pamplona (2001) frisam o poderio da TOR como diferencial na competição e estratégia da empresa. Os mercados que atuam com patentes, propriedades intelectuais e recursos naturais conseguem se fortalecer com opções de expansão e crescimento.

2.5.3 Pressupostos da análise teoria das opções reais

Para Noronha *et al* (2014) e Palmeira (2012) a TOR possui três premissas que devem ser observadas no projeto de investimento para que este seja elegível para a análise: a irreversibilidade parcial ou completa do investimento; a existência de incertezas ao longo do projeto e a maleabilidade em relação ao *timing* durante a vida útil do investimento.

A primeira refere-se a não recuperação, parcial ou completa, dos custos iniciais caso os retornos não sejam como o esperado ou caso o investidor decida realizar alguma alteração no projeto. Isso ocorre porque uma boa parte dos custos que incorrem numa empresa são custos afundados, chamados, também, de *sunk costs.* Dois exemplos desses custos, que não fazem parte da conta de custeio, são o investimento em propaganda (totalmente irreversível) e o investimento em maquinário para atender uma demanda que deixou de existir; a empresa, para conter o prejuízo, vende a máquina e obviamente o preço de revenda dela, ou valor residual, é menor do que o de compra (parcialmente irreversível) (RIGOLON, 1999).

A segunda premissa refere-se às incertezas associadas a influências aleatórias. Neste momento, é interessante utilizar abordagens como árvore de decisão, análise de sensibilidade ou até mesmo análise de cenários para fazer um estudo realista quanto às possibilidades e os variados resultados das decisões (NORONHA *et al*, 2014).

A terceira, e última, refere-se à liberdade que o investidor tem de tomar decisões que favoreçam seu projeto, no sentido de escolher o momento ideal (*timing*) para exercer a opção (RIGOLON, 1999).

2.5.4 Opções reais e os modelos tradicionais de análise de investimentos

Na visão de Rigolon (1999), as organizações, em geral, têm preferência pelos métodos tradicionais VPL e TIR porque suas regras são extensivamente difundidas e fáceis de entender. Todavia, houve um questionamento muito grande nas últimas décadas quanto esses modelos; parte por conta do fator ambiente interno da empresa, com a preocupação constante com a rentabilidade, parte por conta da necessidade de criação de vantagens competitivas que dessem visibilidade para a empresa no mercado.

Como Kassai *et al* (2007) e Palmeiras (2012) afirmam que dentre as tradicionais, a mais recomendada para uso é a VPL. Nota-se que muitos autores fazem o contraponto da TOR apenas com esta metodologia. Assim, Meirelles (2004) diz que opções reais devem ser escolhidas em detrimento da técnica de VPL quando os investimentos forem mais flexíveis e

estiverem em situação de grande incerteza. O autor evidencia que em ambientes de grande incerteza, os projetos e investimentos devem ser examinados sob uma perspectiva que permita a reação dos gestores a tais influências. Vale ressaltar que muitas vezes a simplicidade de uma decisão "aceita ou rejeita" pode induzir a escolha equivocada. Catignani (2003) complementa que o VPL assume que o gestor adota uma postura passiva em relação a estratégia empresarial, o que faz com que tal método ignore o que ele chama de "valor estratégico", ou *strategic value*, resultante das interações com os futuros investimentos.

Rigolon (1999) conseguiu elencar cinco tópicos dizendo o motivo da Teoria das Opções Reais ser mais sofisticada do que a metodologia tradicional:

1. Permite identificar o melhor momento para financiar o investimento;
2. Verifica o projeto não só considerando o custo de oportunidade, mas também o valor do retorno do projeto em diferentes datas e com diferentes variáveis (análise de cenários);
3. Dá importância a incerteza, tratando-a com o máximo de informações possíveis;
4. Os resultados dá TOR são fáceis de entender (busca-se o maior VPL expandido);
5. É abrangente, no sentido de que pode ser usada por diversos setores.

Brasil *et al* (2007), por sua vez, complementa que a TOR deve usada, principalmente, nas seguintes situações:

- Quando o investimento permite correções e/ ou reavaliações durante a sua vida útil;
- Quando as "*oportunidades estratégicas são mais importantes do que o fluxo de caixa em si"* (BRASIL *et al*, 2007, p. 77);
- Quando há contingências;
- Quando é vantajoso esperar por informações;
- Quando a "flexibilidade gerencial é evidente" (BRASIL *et al*, 2007, p. 77).

2.5.5 Vantagens, desvantagens e limitações da teoria das opções reais

Palmeira (2012) defende que a maior vantagem das opções reais é justamente o poder de decisão que ela trás com a flexibilidade de um projeto por conta de incertezas técnicas e econômicas, uma vez que o VPL tradicional trabalha com sua estratégia operacional de maneira estática, dado que esta é realizada de forma contínua desde o investimento até o final do projeto. É preciso adaptar o projeto de investimento à realidade do mercado. Só assim, poderá ser garantida a sua maior lucratividade. Neste sentido, a Teoria das Opções Reais

(TOR) traz uma nova dinâmica a análise de investimentos, uma vez que sua ideia principal é fazer com que o gestor tome as decisões mais favoráveis.

Além disso, autores como Brasil *et al* (2007) e Assaf Neto e Lima (2014) destacam como a TOR pondera os riscos e incertezas expostos no ambiente. Diwan (2004 apud PALMEIRA, 2012) afirma que essa flexibilidade acaba adicionando valor ao projeto. Isso pode ser visto na comparação entre análises feita sob a perspectiva do VPL tradicional e do VPL estendido, que diversas vezes aumenta. Entretanto, Falco *et al* (2011 apud PALMEIRA, 2012), declara que existem exceções. Quanto mais próximo de zero o VPL tradicional estiver, melhor. Pois quando este é muito alto, dificilmente as opções serão exercidas e quando for muito negativo, elas raramente tornarão o projeto viável.

Catignani (2003) e Brasil *et al* (2007) também contemplam a questão da contingência, o que dá chance a empresa de criar planos alternativos caso algo não saia como o esperado. Minardi (2004), por sua vez, também destaca a possibilidade do gestor, inclusive, escolher a opção de abandono, e assim, investir em outro ativo que estava mais ligado às suas expectativas iniciais.

Para Santos e Pamplona (2001), no entanto, como o conceito de teoria de opções reais é relativamente novo, a metodologia ainda tem muito o que ser aprimorada e por tanto pode ser considerada por alguns como uma ciência inexata, mesmo que contribua muito para a sobrevivência das empresas e seja melhor que os modelos tradicionais. Dessa forma, quanto aos problemas e limitações da sua aplicação, Palmeira (2012) enfatiza que um dos problemas existentes na TOR é a estimativa da volatilidade de um ativo que não é comercializado, uma vez que este não possui informações históricas. Para este, a autora apresenta a solução de escolher um ativo correlato e adotar a volatilidade deste último como sendo a do ativo não comercializado. Santos e Pamplona (2001) destacam que o maior impedimento da difusão e utilização da TOR dentro empresas é a complexidade das equações e modelos necessários para a metodologia.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Metodologia científica é, por definição, um meio ou caminho para se chegar a um determinado fim e atingir um objetivo estabelecido (MICHEL, 2015). Tal caminho é desenhado através da pesquisa científica e emprega procedimentos, abordagens, critérios, métodos, técnicas e conhecimentos – principalmente para selecionar conceitos criteriosamente e tomar decisões. De modo geral, é a maneira de se buscar respostas e soluções para um problema ou uma situação (MARTINS; THEÓPHILO, 2009). Sendo assim, esta seção aborda a trajetória adotada para que o objetivo geral de investigar os benefícios da aplicabilidade da Teoria das Opções Reais no mundo empresarial como instrumento para tomada de decisão na análise de projetos de investimentos em empresas de variados setores seja alcançado.

3.1 QUESTÕES NORTEADORAS DE PESQUISA

Elaboradas a partir dos objetivos específicos descritos na introdução (seção 1), as questões norteadoras de pesquisa assumem o papel de contribuir para o delineamento da pesquisa, facilitando, assim, o entendimento dos objetivos traçados. Desta forma, neste trabalho foram levadas em consideração as seguintes questões:

- Quais são os modelos determinísticos e não determinísticos de análise de investimentos?
- De que maneira a Teoria das Opções Reais funciona quanto alternativa para análise de investimentos?
- Quais são as vantagens do uso da Teoria das Opções Reais?
- Quais são as desvantagens e/ou limitações do uso da Teoria das Opções Reais?
- A Teoria das Opções Reais pode ser aplicada em vários setores?

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Gil (2007) e Michel (2015) esclarecem que projetos de pesquisas podem ser agrupados nas categorias exploratória, descritiva e explicativa. Para eles, pesquisas exploratórias podem, além de ocasionar descobertas, oportunizar uma maior proximidade com o tema escolhido de forma a ajudar na compreensão, coleta de informações e lapidação de ideias. Isto é, por intermédio do estudo das complexidades dos temas, esta pesquisa permite um melhor

entendimento de seus princípios e funcionamentos. Geralmente é reconhecida por conta de verbos de ação como “levantar”, “conhecer”, “identificar” escolhidos no norteamento dos objetivos. É comum esse tipo de pesquisa abranger, por exemplo, levantamentos bibliográficos e/ou estudos de caso. No que diz respeito as pesquisas descritivas, ainda sob a perspectiva dos mesmos autores, elas têm o intuito de descrever fatos ou ocorrências da vida real, registrando, estudando, interpretando os dados e fazendo conexões sem a influência do pesquisador. Normalmente, trata-se de levantamentos das características de um fenômeno, fato ou população e do estabelecimento de relações entre as variáveis. Desta maneira, pesquisas descritivas abrangem, por exemplo, pesquisa documental e estudos de caso. A terceira, e última categoria, é a da pesquisa explicativa, que procura analisar fatos, interpretá-los e descobrir suas causas. Há, literalmente, a missão de identificar fatores que causam um determinado fenômeno. Por se tratar de um aprofundando do conhecimento da realidade, ela deseja encontrar o porquê e o “como” das coisas. O método mais utilizado para isso é o experimental, por exemplo.

À vista disso, seguindo as características que o enquadram nesta categoria, o presente trabalho é definido com caráter de pesquisa exploratória e descritiva. Vale ressaltar que esses tipos de pesquisa estão diretamente relacionados com a abordagem qualitativa que se fundamenta na capacidade de interpretação do pesquisador e na correlação dos dados investigados, uma vez que seus resultados não se comprovam numericamente e/ou estatisticamente (MICHEL, 2015). Esta correlação demonstra que os métodos de pesquisa e a abordagem de pesquisa escolhida para este trabalho se complementam.

Pesquisas qualitativas são aquelas cujo resultado demanda compreensões de um determinado evento e estas não podem ser medidas, ou “traduzidas” numericamente (MARTINS; THEÓPHILO, 2009). Michel (2015) complementa que as qualitativas têm a finalidade de explorar o espectro das opiniões e as diferentes representações sobre o evento em questão. Além desta, também existem outras abordagens: as pesquisas quantitativas e as pesquisas qualitativas e quantitativas; sendo pesquisas quantitativas, simplificadamente, aquelas nas quais os dados e evidências coletadas podem ser mensurados e submetidos a testes estatísticos, como análise de regressão, coeficiente de correlação, média, moda, mediana, etc.; e pesquisas qualitativas e quantitativas, um mix dos dois modelos.

3.3 MÉTODO DE PESQUISA

No que se refere aos métodos utilizados neste trabalho, foram selecionados pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e levantamento.

Para Martins e Theóphilo (2009) a pesquisa bibliográfica é a base de qualquer pesquisa científica, uma vez que ela recolhe informações, em algum ponto da investigação, de livros, periódicos, revistas, jornais, enciclopédias, sites, etc. Quando ela é feita de forma independente, torna-se o chamado ensaio teórico (situação na qual este trabalho se encaixa). Gil (2007) enfatiza que o método bibliográfico compreende um processo que funciona em forma de etapas, sendo elas: a escolha do tema; o levantamento bibliográfico preliminar; a formulação do problema; a elaboração do plano provisório de assunto; a busca das fontes; a leitura do material; o fichamento; a organização do assunto e a redação do texto.

No caso da pesquisa documental, Michel (2015) diz que ela interpreta o fenômeno examinado através do ponto de vista das pessoas envolvidas e sua diferenciação com a pesquisa bibliográfica é dada pela categorização das fontes de dados. Na documental são usados diversos tipos de arquivos públicos e particulares como jornais, memorandos, relatórios, contratos, fotografias, bilhetes, vídeos e outros. Já na bibliográfica, usa-se materiais disponíveis na biblioteca, por exemplo, livros, periódicos, teses, e outros. Gil (2007) diz que as fases da pesquisa documental são muito parecidas com a da pesquisa bibliográfica, sendo: a determinação dos objetivos; a elaboração do plano de trabalho; identificação das fontes; localização das fontes e obtenção do material; tratamento dos dados; confecção das fichas; construção lógica e redação do trabalho.

3.4 UNIVERSO E AMOSTRA

Foi delimitada que a amostragem seria não probabilística por acessibilidade a fim do acesso a materiais de qualidade não ficar defasado. Desta maneira, para o universo foram considerados todos os artigos publicados sobre a TOR e como amostra, as publicações dos últimos 20 anos dentro das áreas de estudo administração financeira, engenharias, seja produção, florestal, civil ou outra, e economia, com relação aos setores de energia, aviação, tecnologia da informação, petróleo, combustíveis renováveis e planejamento florestal.

3.5 DEFINIÇÃO DE CATEGORIAS DE ANÁLISE E ELEMENTOS DE ANÁLISE

Amparado nos objetivos específicos, na temática exposta no referencial teórico e nas questões norteadoras de pesquisa, mediante a técnica de elaboração de categorias de análise e

elementos de análise, o quadro 2 foi desenvolvido. Ele possibilita orientar a interpretação e o tratamento dos dados encontrados com a listagem de elementos-chave para responder os questionamentos levantados.

Quadro 2 - Objetivos, variáveis e indicadores (continua)

Objetivos Específicos	Variáveis	Indicadores
1. Caracterizar os modelos determinísticos e não determinísticos de análise de investimentos.	Modelos determinísticos e não determinísticos de análise de investimentos	● Elementos; ● Conceitos; ● Fórmulas/Cálculos; ● Particularidades; ● Finalidade; ● Vantagens; ● Desvantagens; ● Limitações e dificuldades de aplicação; ● Comparativo com a teoria de opções reais.
2. Descrever a teoria das opções reais quanto alternativa para análise de investimentos;	Teoria das Opções Reais	● Fundamentação; ● Histórico; ● Conceito; ● Finalidade; ● Tipos de opções; ● Particularidades; ● Situações que são aplicados; ● Exemplos de setores que utilizam essa teoria.

3. Identificar as vantagens, desvantagens e limitações enfrentadas no uso da teoria das opções reais;	Vantagens, desvantagens e limitações da Teoria das Opções Reais	● Poder de decisão; ● Apoio gerencial; ● Flexibilidade; ● Poder de contingência; ● Consideração aprofundada do risco; ● Nova ciência; ● Complexidade.
4. Verificar a aplicabilidade da teoria das opções reais em setores variados.	Aplicabilidade da Teoria das Opções Reais	● Energia Elétrica; ● Aviação; ● Tecnologia da Informação; ● Petroleiro; ● Planejamento florestal.

Fonte: A autora (2019)

3.6 COLETA DOS DADOS

Conforme Gil (2007) todo método bibliográfico começa com a investigação do chamado "material de referência". Este se baseia em obras consolidadas na área de busca. Neste trabalho, exemplificando, os autores clássicos foram Minardi, Assaf Neto, Gitman e Brasil e suas diversas literaturas. Após esse primeiro contato, foram procuradas dissertações de mestrados, teses de doutorados, artigos, jornais e mais livros sobre a temática. Sites com publicações *on-line* também fizeram parte desta coleta, em especial as plataformas *Scielo*, *Taylor & Francis Online (TandFOnline)*, *Springer*, *Emerald Insights* e *SAGE Journals*, que são referência por compilarem em um único local uma gama variada de revistas e autores.

3.7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Neste estudo existiram algumas limitações de caráter de escopo e metodológico, uma vez que o mesmo foi executado por meio do critério de acessibilidade. A primeira limitação, de escopo, é que não há garantias de que os dados apresentados, apesar de serem embasados em diversos autores e teóricos consolidados da área, serão válidos para toda e qualquer empresa dentro dos setores de mercado apresentados. Sabe-se que cada empresa tem suas especificidades e, desta forma, elas devem ser levadas em consideração no momento de aplicação do método de avaliação de investimento pesquisado. A segunda limitação, no tocante a metodologia, foi a impossibilidade de obter todos os dados necessários para fazer o comparativo entre as metodologias tradicionais (determinísticas) e a Teoria das Opções Reais (não determinística), uma vez que nem sempre eles são expostos nas publicações. Desta forma, serão observados na análise de dados (seção 4) replicação dos cálculos realizados pelos autores e, se houver a possibilidade, cálculos realizados pela própria autora para suprir essa necessidade a fim de atingir o objetivo do trabalho.

4 ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo aborda a análise dos dados e informações encontrados, no que tange a pesquisa sobre os benefícios e aplicabilidade da TOR em setores variados, conforme a linha de raciocínio delineada na metodologia e na revisão bibliográfica previamente citada. Assim, visa-se dar ordem, estrutura e significado aos dados encontrados, evidenciando tendências e explicações nas observações realizadas que ajudem a responder o objetivo geral desta pesquisa.

Deste modo, a quarta seção destaca a aplicação da Teoria das Opções Reais (TOR) em diversos campos, a saber, os setores de energia, da aviação, da tecnologia da informação – nestes foi julgada necessária uma breve introdução e contextualização em cada subseção sobre o setor em questão –, setor de petróleo e de planejamento florestal. Todos esses fundamentados em diversos teóricos da área, tais como Santos Filho (2003), Brasil *et al* (2007), Brandão, Pamplona e Albuquerque (2009), Nunes (2015), entre outros.

4.1 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS APLICADA AO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica é uma matéria-prima indispensável à sociedade moderna e ao desenvolvimento socioeconômico dos países, presente não só no cotidiano da população, mas também em todos os setores da economia, desde o extrativismo a indústria e aos serviços. No Brasil, a geração de energia predominante é a hidrelétrica (água dos rios e bacias hidrográficas), que corresponde a 62% da capacidade instalada em operação no país, segundo a ANEEL, em seguida as termelétricas (gás natural, carvão mineral, nuclear, biomassa e combustíveis fósseis) com 28% e os outros 10% são derivados de usinas eólicas (ventos) e de importação de energia de outros países. Pereira *et al* (1998, apud BRASIL *et al*, 2007) destaca que existem grandes vantagens relacionadas à essa predominância hidrelétrica, dentre elas a geração de energia a praticamente um custo zero, por conta de não haver gastos com combustíveis fósseis e o fato desta não comprometer a qualidade do ar onde elas são instaladas e emitir baixíssimos níveis de gases de efeito estufa.

É importante salientar também que o sistema elétrico brasileiro é fundamentalmente dividido em três grupos: geração, transmissão e distribuição. Sendo, a geração responsável pela produção de energia, a transmissão no encargo de levar a energia elétrica da fonte geradora até os distribuidores, e a distribuição compete a entrega da energia para os clientes.

Há ainda, no meio desse processo, as comercializadoras que são empresas autorizadas a comprar e vender energia para os consumidores livres (aqueles que precisam de maior quantidade de energia). Todos esses elementos são vinculados pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), que é um conjunto de instalações e equipamentos que possibilitam o suprimento de energia elétrica nas diversas regiões do país.

Então, pode ser concluído que, majoritariamente, o sistema de energia no Brasil é composto por usinas hidrelétricas, dependentes de reservatórios e chuvas, e boa parte da população possui acesso a essa energia gerada em razão do SIN e de suas linhas de transmissão. No entanto, Brasil *et al* (2007) e Turella (2017) afirmam que disponibilidade de energia hidrelétrica é limitada pela incapacidade de armazenamento de maneira econômica, viável e em escala, uma vez que os custos associados desbancam os benefícios para tal. É tão perceptível que no próprio processo de geração/distribuição, não há nada descrito sobre armazenagem. Isso quer dizer que toda energia produzida deve ser consumida e que a diferença entre oferta e demanda ou gera perda financeira ou gera problema na cadeia de abastecimento. A exemplificar, diferentemente do que ocorre com a energia derivada de hidrelétricas, a energia solar é passível de armazenamento e os sistemas de geração termelétrica podem ter sua operação desacoplada no tempo, uma vez que na hidrelétrica, por causa da complexidade da operação, decisões atuais poderão afetar os custos operacionais do futuro (BRASIL *et al*, 2007).

Após o apagão energético de 2001, devido, principalmente, a falta de planejamento e investimento no setor e a forte dependência das chuvas para as usinas hidrelétricas que eram responsáveis por cerca de 90% da energia produzida, o governo decidiu implementar em 2004 a lei nº 10.848 conhecida como "lei do novo modelo do setor elétrico" inclui alterações relevantes na regulamentação do Setor Elétrico visando fornecer incentivos aos agentes privados e públicos para construir e manter a capacidade de geração e garantir o fornecimento de energia no Brasil. Ademais, no próprio período pós-FHC, o governo, como medida para tentar reformular o setor, historicamente controlado pelo Estado, fez uma tentativa de eliminar restrições aos investimentos do setor privado. Apesar disso, medidas extras se fazem necessárias para evitar problemas como os tais citados e neste momento, a Teoria das Opções Reais demonstra sua importância.

Brasil *et al* (2007) descreve a importância de diversificar o sistema elétrico brasileiro introduzindo a energia térmica como uma complementação para aumentar a confiabilidade e diminuir os riscos nos períodos secos (com poucas chuvas e redução no nível dos rios e bacias). Para ele, esse tipo de energia é uma "*boa alternativa particularmente em regiões de*

difícil acesso para as redes de transmissão e onde as restrições de estabilidade [...] podem gerar blackouts temporários." (BRASIL *et al*, 2007, p.153). O autor ainda acrescenta as vantagens relativas ao menor prazo de construção e o menor custo de capital, comparado com as hidrelétricas. Para ele, o valor de trocar entre duas tecnologias torna o valor do sistema flexível maior do que o do sistema rígido.

Para comprovar tais afirmações, Brasil, na sua publicação de 2007, incorreu um modelo de estudo que considerava um sistema que pudesse operar em dois modos operacionais, termelétrico e hidrelétrico levando em consideração, como parâmetro do modelo, os níveis dos reservatórios e os custos operacionais da geração de termelétrica. O objetivo foi basear os fluxos de caixas nesses custos e minimizá-los em cada período. Ou seja, se o modelo tivesse operando com a energia das hidrelétricas, e este demonstrasse, naquele momento, um fluxo de caixa com custo maior que a da energia termelétrica, a opção de "troca" seria exercida.

Brasil e Aronne (2015) também entenderam essa necessidade de flexibilidade no sistema elétrico brasileiro e propuseram a aplicação da TOR em projetos de geração de energia eólica, tanto no sentido da opção de adiamento (espera), quanto da opção de expansão.

O estudo de Brasil e Aronne (2015) projeta a possibilidade de licenciamento de uma usina de geração de energia eólica que pode contemplar duas configurações diferentes em termos de capacidade instalada: a primeira, com 15 cata-ventos (ou aero geradores, ou ainda, AG), que totalizam 30 megawatts de potência; a segunda, com 43 aero geradores, que totalizam 86 megawatts de potência. Os fluxos de caixa, calculados para 30 anos (tempo do licenciamento), considerando o WACC de 9% a.a.(i), deram os seguintes resultados de VPL: primeira configuração (15 AG) $ 24.002 milhões, com valor presente de $ 94.710 milhões; segunda configuração (43 AG) $ 36.603 milhões, sendo o valor presente de $113.990 milhões. Neste cenário, percebe-se o contexto para ocorrência de, pelo menos, dois tipos de opções reais:

1. Opção de adiamento: por conta da expectativa de surgimento de preço de mercado favorável ao empreendimento e neste período, o investidor pode aplicar o capital em outro negócio há um determinado horizonte-limite (tempo máximo de aplicação);
2. Opção de expansão: com a possibilidade de aumento da capacidade instalada, aumentando a quantidade de cata-ventos de 15 para 43.

Para o cálculo das opções reais, foi utilizado o modelo binomial e o mesmo mostrou que é mais interessante para o investidor aplicar seus recursos diretamente na versão de 43

AG do que a de 15 AG, pois é a que traria maiores resultados. Além disso, segundo o modelo, o VPL expandido da opção considerada melhor demonstrou um resultado superior ao VPL estático: $ 43. 38 milhões, corroborando a teoria.

Outra pesquisa de destaque que demonstra as diversas aplicabilidades das opções reais no setor elétrico é a de Brandão, Pamplona e Albuquerque (2009). Nela, os autores reavaliam uma decisão de investimento tomada por uma distribuidora de energia, em 2004, tanto pelo modelo determinístico, quanto pela TOR, fazendo uma comparação do que foi previsto e do que realmente aconteceu. Inicialmente, foi considerado o fluxo de caixa com horizonte de 31 anos, conforme figura 8, e taxa de desconto de 13,5%, o que resultou em um VPL de R$ 662.000,00 e TIR de 14,34%. Já pela TOR, considerando a taxa livre de risco 6%, a volatilidade de 10, 43%, com o prazo da opção de um ano e seguindo a modelagem binomial, viu-se que o valor da opção é de R$ R$ 3.965,61 MIL. Desta forma, seguindo Minardi (2000):

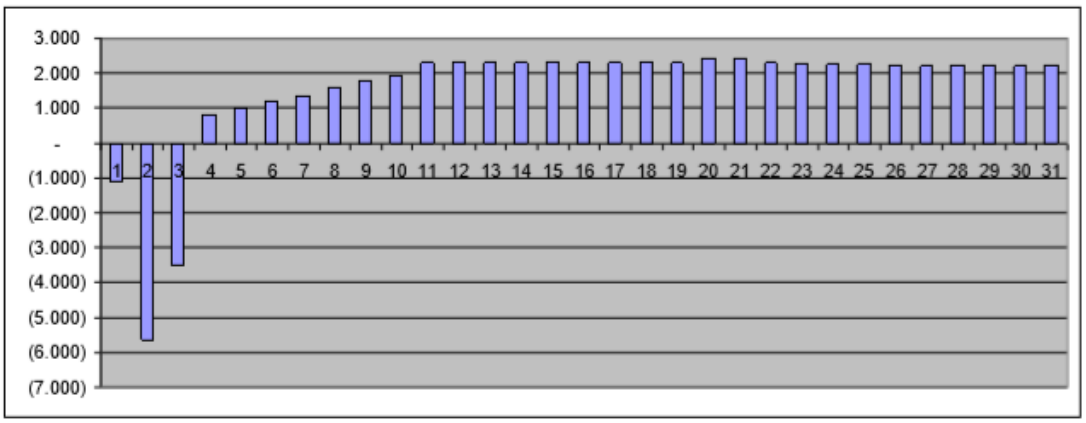
$$VPL_{expandido} = VPL_{tradicional} + Valor_{flexibilidade\ gerencial}$$

$$VPL_{expandido} = 662.000{,}00 + 3.965.610{,}00$$

$$VPL_{expandido} = 4.627.610{,}00$$

Tal resultado mostra a superioridade da técnica, uma vez que o VPL expandido foi sete vezes maior que o VPL tradicional.

Figura 8 – Fluxo de caixa determinístico (valores em MIL)



Fonte: Brandão, Pamplona e Albuquerque (2009, p. 9)

Em todos os três casos apresentados nesta primeira exemplificação, relacionados ao setor de energia elétrica, pode ser percebido que o VPL expandido foi superior ao tradicional, justamente por levar em prática a vantagem de flexibilidade gerencial que o gestor poderia ter,

tanto em relação a trocar, expandir ou esperar e que apesar da complexidade, o projeto sempre se mostrou mais vantajoso quando analisando por essa perspectiva.

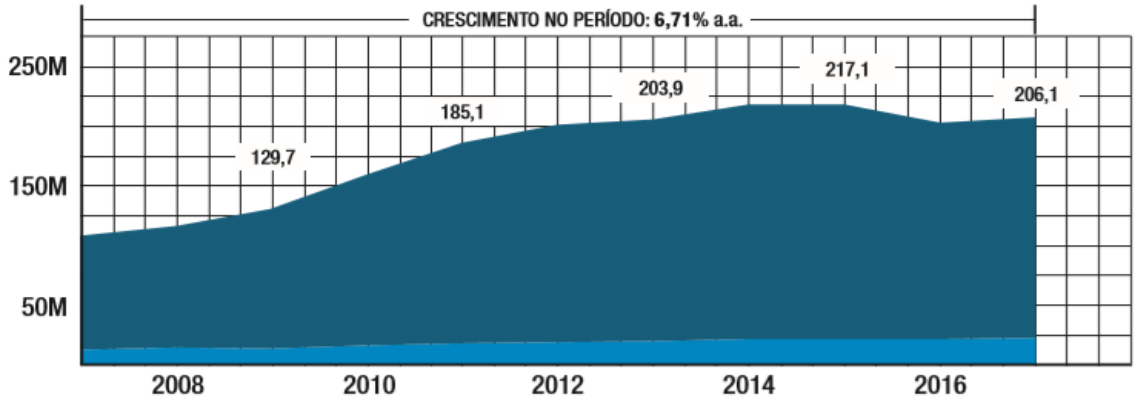
4.2 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS APLICADA AO SETOR DE AVIAÇÃO

A aviação comercial teve logo no seu início, no século XX, grande apoio tanto para desenvolvimento de tecnologia, quanto no sentido de alocação de recursos governamentais e estímulo a iniciativa privada. Na Europa, nos anos 1920, cada nação praticamente já tinha sua companhia aérea e não foi diferente para o setor aéreo brasileiro com a data de fundação da primeira empresa, a Varig, em 1927 (FERREIRA, 2017).

Até os anos 1960, por conta do apoio do Governo Federal, existia ampla concorrência e certas facilidades para entrar e sair do mercado, porém, segundo Ferreira (2017), tal conjuntura gerou um excesso de oferta resultando em perdas financeiras e fechamento de algumas envolvidas. Então, a partir de 1975, observou-se a formação de um oligopólio no mercado formado por três empresas - Varig, Vasp e Transbrasil - que durante os anos 1990 dominavam 97% do mercado. Depois desse período com crises por conta, essencialmente, da economia e dos altos custos de operação, com ênfase nas variações do preço do petróleo, foi percebida a necessidade de reestruturação do setor.

Novas empresas entraram no mercado com diferentes abordagens e isso abriu espaço para outra realidade, apesar das características de oligopólio continuarem. A Gol, por exemplo, enxergou a lacuna que existia no mercado quanto ao público que era atendido pelas empresas e com a estratégia de liderança em custos, ela conseguiu além de dar acessibilidade ao setor, diminuir os custos operacionais e, de certa forma, aumentar a demanda. Esse aumento, tanto doméstico quanto internacional, conforme figura 9, indicou também as ações conciliadas que deveriam ser feitas para comportar o crescimento e desenvolvimento do setor, principalmente na expansão e melhoria dos aeroportos.

Figura 9 – Evolução da movimentação de passageiros no Brasil



DOMÉSTICO	143,1	181,1	195,6	180,5	6,80%a.a.
INTERNACIONAL	15,3	18,7	20,9	20,6	6,00%a.a.
TOTAL	158,4	199,8	216,6	201,3	6,71%a.a.

Fonte: ANAC (2018); SAC (2018)

O caso apresentado por Nunes (2015) aborda como as concessões ajudam a aumentar a capacidade operacional das instalações aeroportuária. Em Guarulhos, foco do trabalho dele, o acordo tem um prazo de 20 anos (2012-2032) e exige um investimento em infraestrutura de R$ 4,6 bilhões neste período, a exemplificar: construção de edifício garagem, novo pátio para estacionamento de aeronaves, novo Data Center, implementação de nova sinalização, compra de novos equipamentos operacionais, reforma das pistas (rolamento, pouso e decolagem), nova praça de alimentação, etc. Alguns dos dados utilizados na pesquisa: volatilidade 39,71%, taxa livre de risco 12% baseada no valor do CDI, a taxa de desconto baseada no IPCA do ano em questão. Com isso, foram analisados dois cenários, conforme figura 10:

Quadro 3 – Cronograma de investimentos

Ano	Investimento (R$) Cenário base	Investimento (R$) Cenário Alternativo
2013	1,850,000,000	-
2014	40,000,000	40,000,000
2015	400,000,000	1,016,666,667
2016	400,000,000	1,016,666,667
2017	700,000,000	1,016,666,667
2018	300,000,000	300,000,000
2019	300,000,000	300,000,000
2020	40,000,000	40,000,000
2021	40,000,000	40,000,000
2022	40,000,000	40,000,000
2023	40,000,000	40,000,000
2024	130,000,000	130,000,000
2025	130,000,000	130,000,000
2026	130,000,000	130,000,000
2027	40,000,000	40,000,000
2028	40,000,000	40,000,000
2029	40,000,000	40,000,000
2030	8,000,000	308,000,000

Fonte: Nunes (2015, p. 43)

- Cenário Base: investir desde o início de acordo com o contrato de concessão

  VPL tradicional: R$ 1.344.359.137,00

- Cenário Alternativo – OPÇÃO DE ESPERAR: postergar ao máximo o investimento em ampliação da capacidade, porém cumprindo o acordado do investimento.

  VPL expandido: R$1.788.648.576,00

O resultado demonstra, mais uma vez, a superioridade da técnica TOR, uma vez que o VPL do projeto aumentou em 32% ao realocar os investimentos da melhor forma.

Brasil *et al* (2007), de outra forma, trás a aplicabilidade da opções reais no setor de aviação a partir da análise, genérica, de rotas aéreas. Segundo ele, uma das formas de manobrar os custos altos de operação e melhorar a eficiência operacional é trabalhar em rotas que reflitam positivamente na taxa de ocupação dos assentos oferecidos, visto que não agrega benefícios para a empresa e todo o esforço de mão de obra e equipamentos pode ser redirecionado à outra locação. Neste sentido, o autor trás a ideia de que a opção de abandono será exercida quando os lucros não superarem o custo de abandono do negócio e não será exercida quando superarem, pois tal opção funciona como uma opção de venda. Da mesma maneira, vale ressaltar que esta decisão não pode se basear na existência de lucro negativo, considerando que estes podem ser melhores que a situação dos custos.

A Teoria das Opções Reais é famosa também pela capacidade de trazer uma nova perspectiva para o investidor que a utiliza. No primeiro caso apresentado, foi visto que a possibilidade de remanejamento dos investimentos no fluxo proporcionou o aumento no VPL, o que, segundo a teoria indica um maior retorno de capital. Já no segundo caso, o maior benefício da aplicabilidade está no entendimento de que apesar de muitas vezes operar no negativo é sinônimo de prejuízo, às vezes, operar nele significa uma perda menor do que abandonar um projeto. Como hoje, diferentemente do passado, as empresas não usufruem tanto do capital estatal, e a captação de recursos, que é muito mais difícil, vem do próprio setor privado, fazer a avaliação de um projeto analisando o máximo de cenários possível torna-se primordial.

4.3 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS APLICADA AO SETOR DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Sistemas representam um conjunto de elementos que possui um objetivo em comum. A evolução desse conceito deu origem aos sistemas de informações, que significam um

conjunto de componentes relacionados entre si que captam, manipulam, armazenam, transformam e disseminam informações para aqueles interessados.

De acordo com Laudon e Laudon (2010), sistemas de informações juntamente com tecnologias da informação são eficientes no combate e resolução de problemas e desafios organizacionais. Alguns desses desafios estão relacionados com a organização em si, outros com a tecnologia e os demais com aspectos humanos. SIs e TIs funcionam como armas estratégicas para as empresas, uma vez que permitem integrar a comunicação e os processo da empresa, reduzir custos operacionais, criar e agregar valor na formulação de produtos ou prestação de serviços, atuar em escala global, estreitar o relacionamento com o cliente, melhorar a tomada de decisão. Enfim, eles são capaz de tornar companhias mais competitivas num mercado cada vez mais acirrado. Assim, é compreendida a importância da análise e escolha correta do SI ou TI a ser integrado na empresa.

Santos Filho (2003) destaca que por conta dessa importância e da primordialidade estratégica que as grandes empresas tem de focar nas suas atividades *core*, o mercado de terceirização de serviços de SI e TI foram alavancados. Não é incomum ver empresas especializadas nessa área, como a TOVTS, CIGAM, SAP e Oracle, atuando no oferecimento de serviços tanto de integração gerencial quanto algum outro específico para atender uma determinada demanda. Então, em ambos os pontos de vista, da contratante e da fornecedora, a compra ou a proposta de serviço deve ser analisada como uma proposta de investimento, utilizando as técnicas necessárias, seja ela VPL, TIR ou TOR.

Santos Filho (2003) trata também como as opções de flexibilidades gerenciais podem ser agregadas na prestação de serviços de TI e SI, exemplificando: opção de cancelamento, ao final ou antes do término do contrato; opção de expansão ou contração, quando o investidor percebe o aumento ou diminuição, respectivamente, da demanda; opção de postergar, ao se beneficiar de alguma redução de incerteza. No mesmo artigo, é trazido um case sobre a possibilidade de construir e operar um centro de processamento de dados (CPD). Pela técnica de VPL, considerando o fluxo de caixa exposto e a taxa de desconto de 20% a.a., o projeto deveria ser rejeitado por dar um valor negativo (VPL = - U$ 40 MIL). Já pela TOR, foram explorados alguns caminhos cujos resultados diferem a depender da opção adotada: 1. com a opção de expansão do CPD (VPL expandido = U$ 110 MIL); 2. com a opção de contração da escala do CPD (VPL expandido = U$ 60 MIL); 3. com a opção de abandono (VPL expandido = U$ 40 MIL).

Entende-se, então, que a melhor decisão é adotar a opção de expansão por conta do maior retorno possível. Esse tipo de visibilidade é benéfica a empresa justamente por

minimizar os riscos e aproximar os resultados apresentados a uma realidade esperada pelos investidores.

4.4 ABRANGÊNCIA DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS: OUTROS CASOS

Como pode ser percebido, a TOR é aplicada em projetos cuja existência de incertezas pode prejudicar a rentabilidade do mesmo. A ideia de aplicar no melhor *timing*, rearranjando o fluxo, se preciso, e agregando a flexibilidade dentro do poder de decisão gerencial é o que a torna tão útil. Nesta ótica, alguns autores exploraram seus benefícios em outros setores além dos supracitados, a saber setor de petróleo, fabricação de biocombustível e de planejamento florestal, cuja utilização da técnica não é tão convencional.

Fonseca *et al* (2017), aborda a opções reais no setor de petróleo através da análise de viabilidade de desenvolvimento de um campo de exploração no qual há um contrato de partilha de produção. As principais incertezas atreladas a esse negócio são quantidade e qualidade das reservas de um campo e preço do petróleo, uma vez que a partilha será realizada entre a empresa interessada e o governo da região de exploração e todos os custos incorridos estariam a cargo da iniciativa privada, eles encontrando ou não petróleo de qualidade. Então, a única alternativa é analisar e escolher uma forma de minimizar as perdas para maximizar os lucros.

Neste sentido, a partir das análises dos projetos pelas técnicas valor presente líquido e opções reais, foram encontrados, respectivamente: VPL tradicional = - U$ 800.570.000, o que determina que não há viabilidade; VPL expandido = US$ 924.230.000, o que dá viabilidade pelo valor positivo resultante da opção de espera agregada pelos autores, na expectativa de um cenário favorável dos preços do barril de petróleo. Ou seja, o investimento não traria retornos satisfatórios caso fosse feito imediatamente.

Já o caso apresentado por Brasil, Ribeiro e Salerno (2015) ressalta como qualquer setor que envolve o desenvolvimento de ciência e tecnologia pode ter projetos de difícil valoração, principalmente por conta das incertezas que envolvem o cálculo de retorno de mercado e desempenho do produto, além dos altos investimentos agregados. Como o processo de produção de combustíveis renováveis segue essa linha, em especial o desenvolvimento de um novo processo para produção de etanol, este exemplo foi escolhido para demonstração do poder de decisão que TOR possibilita. Resumidamente, o VPL tradicional encontrado foi de $55,3MM enquanto o VPL expandido foi de $ 70,7 MM.

Por fim, Palmeira (2012) discorreu sobre um povoamento florestal, destinado a produção de madeira a lenha, a partir da ótica da Teoria das Opções Reais, visto que o projeto de investimento possui longa duração, baixas taxas de retorno no curto prazo e alta necessidade de investimento de capital, além dos riscos associados à atividade (secas, incêndios, custos de insumos, variação no valor da madeira, variação do volume, outros).

O VPL tradicional calculado foi de R$ 3.416,73, o que demonstra o resultado positivo com as receitas superando os custos, dando viabilidade. Entretanto, tal valor é único e não apresenta as variações que de fato podem ocorrer ao longo do tempo de acordo com os riscos citados. Pela ótica da TOR, no entanto, foi analisada a opção de abandono, para o caso dos resultados serem piores do que o esperado. A técnica mostrou um VPL expandido de R$ 6.168,46, o que além de tornar o projeto satisfatório, agrega valor conforme quadro 4, por conta da flexibilidade.

Quadro 4 – VPL tradicional x VPL expandido

VPL tradicional (R$)	**VPL expandido (R$)**	**Variação**
R$ 3.416,73	R$ 6.168,46	+80,54%

Fonte: A autora (2019)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho, que teve o objetivo geral de investigar os benefícios e a aplicabilidade das teorias das opções reais como instrumento para análise de projetos de investimento em diversos setores, mostrou o quanto essa ferramenta pode ser poderosa. Na apresentação dos dados pesquisados, viu-se a corroboração da teoria com a prática. Apesar dos setores analisados serem bastante diferentes entre si, destacaram-se alguns fatores comuns aos investimentos: complexidade da operação; preocupação com os custos operacionais; alto investimento; investimento de longo prazo; e incertezas e riscos envolvidos. Ademais, viu-se também que em todos esses ramos a flexibilidade agregou informações que deixaram a decisão mais assertiva, encontrando assim "VPLs expandidos" maiores que os "VPLs tradicionais", o que denota maior retorno para o investidor.

Em 2020, com a pandemia do coronavirus, o mercado global recebeu uma nova onda de estresse tão pior quanto a última crise econômica global (bolha de 2008). Neste período, algumas empresas sucumbiram e outras prosperaram, ou ao menos, sobreviveram. Parte desse sucesso, cabe não somente a capacidade de se reinventar e entender as necessidades dos mercado, mas também, deve-se a utilização de ferramentas mais modernas, e de certa maneira, não tradicionais. Entende-se que assim como as flexibilidades gerenciais são inerentes às empresas e negócios, é extremamente necessário que estas sejam incorporadas, de alguma maneira, à avaliação de investimentos.

A teoria de opções reais surgiu de forma excepcional, agregando o mercado de derivativos, o VPL tradicional e variados instrumentos para lidar com riscos e incertezas (como a árvore de decisões ou análise de cenários). A ideia por trás da TOR é fazer com que esse instrumento funcione como um *hedging* (proteção) dando maior conforto ao investidor quanto ao timing ótimo de entrada/reformulação de um negócio.

Conclui-se que apesar da limitação da técnica, face complexidade e escassez de artigos sobre o tema, a TOR permite uma flexibilidade que aumenta os ganhos potenciais do projeto (oportunidade) e limita as possíveis perdas imaginadas inicialmente. Conforme demonstrado, opções reais torna-se uma ferramenta essencial para análise de investimentos nos dias atuais que necessita de maior difusão tanto no mercado, quanto na academia, devido aos benefícios que esta agrega. Faz-se necessário que os gestores das empresas pensem de forma diferente para incorporar novas soluções e agregar uma visão mais ampla quanto ao retorno que um determinado ativo/investimento pode ter.

Como recomendação, pode-se indicar o estudo da teoria dentro da grade de matérias em administração financeira e o fomento a publicação de casos mais detalhados na área, com os fluxos e demonstrativos de caixa, assim como a técnica para lidar com risco escolhida (análise de cenários, sensibilidade ou árvore de decisão), a fim de dar um contexto mais robusto para exploração das informações apresentadas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Saiba mais sobre o setor elétrico brasileiro.** Disponível em:< http://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=14476909&_101_type=content&_101_groupId=654800&_101_urlTitle=faq&inheritRedirect=true >. Acesso em: 23 Dez. 2019.

ANTONIK. R. L. Análise de projetos de investimento sob condições de risco. **Revista FAE**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 67-76, Jan./Jun., 2004.

ASSAF NETO, A. **Mercado financeiro.** 14. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

ASSAF NETO, A; LIMA, F. G. **Fundamentos de administração financeira.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 2017.

BERNSTEIN, P. L. **Against the Gods:** the remarkable story of risk. John Wiley & Sons, 1996.

BRANDÃO, M. C.; PAMPLONA, E. O.; ALBUQUERQUE, V. O. Controle em análise de investimento com uso de opções reais: uma aplicação no setor elétrico. *In:* XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2009, Bahia. **Anais do XXIX ENEGEP.** Bahia, 2009, p. 1 – 13.

BRASIL, H. G. *et al.* **Opções reais:** conceitos e aplicações a empresas e negócios. São Paulo: Saraiva, 2007.

BRASIL, H. G.; ARONNE, A. V. Aplicação da teoria de opções reais em projeto de geração eólica de energia: opções de adiamento e de expansão. *In:* SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 2015, São Paulo. **Anais do IV SINGEP.** São Paulo, 2015, p. 1 – 17.

BRASIL,V.C.; RIBEIRO, C.O.; SALERMO, M.S. Utilização da abordagem de opções reais para modelagem e valoração de projetos de P&D: um estudo de caso no setor de combustíveis renováveis. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2015, Ceará. **Anais do XXXV ENEGEP**. Ceará, 2015, p. 1 – 12.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. **Princípios de finanças corporativas**. 12. ed. - Porto Alegre: AMGH, 2018.

CATIGNANI, G. **O método das opções reais aplicado na avaliação das oportunidades de investimento no setor de seguros.** Rio de Janeiro – RJ, 2003. 183f. Dissertação de Mestrado – Fundação Getúlio Vargas, 2003.

ENERGISA. **Setor elétrico brasileiro.** 2019. Disponível em:< https://ri.energisa.com.br/a-energisa/setor-eletrico-brasileiro >. Acesso em: 23 Dez. 2019.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia.** 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2017

FERREIRA, J. C. Um breve histórico da aviação comercial brasileira. *In:* XII CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA ECONÔMICA, 2017, Rio de Janeiro. **Anais do XII Congresso Brasileiro de História Econômica.** Rio de Janeiro, 2017, p. 1 – 26.

FONSECA, M. N. *et al.* Análise de viabilidade do desenvolvimento de um campo de petróleo: uma abordagem por opções reais no contrato de partilha de produção. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios,** v. 19, n. 66, p. 574-593, São Paulo, SP, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

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

GOMES, J. M. **Elaboração e análise de viabilidade econômica de projetos:** tópicos práticos de finanças para gestores não financeiros. São Paulo: Atlas, 2013.

GRASEL, D. **Investimentos e crescimento em setores de elevada competição:** o caso das indústrias de revestimento cerâmico e da agroindústria de carnes. 1999. 194f. Tese (Doutorado). PPGEP – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

HULL, J. C. **Opções, futuros e outros derivativos.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

JOAQUIM, M. S. *et al.* Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em sistemas agroflorestais. **CERNE**, v. 21, n. 3, p. 439 – 447, 2015.

KASSAI, J. R. *et al.* **Retorno do investimento:** abordagens matemática e contábil do lucro empresarial. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LAUDON, K.; LAUDON, J. **Sistemas de Informação Gerenciais.** 9º ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais**: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

MEIRELLES, J. L. F. **A teoria de opções reais como instrumento de avaliação de projetos de investimento**. São Carlos – SP, 2004. 131f. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

MINARDI, A. M. A. F. **Teoria de opções reais aplicadas a projetos de investimento.** São Paulo: Atlas, 2004.

MINARDI, A. M. A. F. Teoria de opções aplicada a projetos de investimento. RAE - **Revista de Administração de Empresas**, v. 40, n.2, p. 74 – 79, São Paulo, SP, 2000.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. **Plano Aeroviário Nacional:** objetivos, necessidades e investimentos. Disponível em:<

https://www.infraestrutura.gov.br/images/AVIACAO_CIVIL/PAN/PAN2018_ebook.pdf> Acesso em: 10 Fev 2020.

NORONHA, J. C. *et al.* Opções reais aplicadas à gestão do processo de desenvolvimento de produtos em uma indústria de autopeças. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 21, n. 1, p. 77-94, 2014.

NUNES, M.B. **Avaliação de concessões aeroportuárias através da teoria das opções reais:** o caso do aeroporto de Guarulhos. Rio de Janeiro – RJ, 2015. 54f. Dissertação de Mestrado - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2015.

PALMEIRA, C. B. **Teoria das opções reais:** sua aplicação na avaliação econômica de um projeto florestal. Brasília – DF, 2012. 53f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

RIGOLON, F. J. Z. Opções reais, análise de projetos e financiamentos de longo prazo. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 11, p; 137 – 166, Jun., 1999.

ROSS, S. A. *et al.* **Fundamentos da administração financeira**. 9ª Ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

ROSSETTI, J. P. *et al*. **Finanças corporativas:** teoria e prática empresarial no Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

SÁ, C. A. **Fluxo de caixa:** a visão da tesouraria e da controladoria. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

SAITO, M. B.; TÁVORA, J. L; OLIVEIRA, M. R. G. A teoria das opções reais: uma aplicação a projetos de investimento em inovação tecnológica considerando-se o valor da flexibilidade gerencial. *In:* SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2010, Pernambuco. **Anais do VII SEGeT.** Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

SALAZAR, G. T. **Fundamentos de finanças corporativas:** teoria e aplicações práticas. São Paulo: Atlas, 2010.

SALIM, P. H. A. D. **Ensaios econômicos sobre riscos e incertezas.** São Cristóvão - SE, 2017. 94 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2017.

SANTOS, E. M.; PAMPLONA, E. O. **Teoria das opções reais:** uma abordagem estratégica para análise de investimentos. XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, 2001.

SANTOS, J. C. S.; SILVA, M. E. **Derivativos e renda fixa:** teoria e aplicações ao mercado brasileiro. São Paulo: Atlas, 2015.

SANTOS FILHO, A. D. **Teoria das opções reais aplicada a projetos de investimentos em prestação de serviços de tecnologia da informação.** Rio de Janeiro – RJ, 2003. 96f. Dissertação de Mestrado – Fundação Getúlio Vargas, 2003.

TURELLA, R. **Setor elétrico brasileiro e seus três grandes grupo**s. 2017. Disponível em:< https://www.cubienergia.com/conheca-um-pouco-dos-3-grupos-do-setor-eletrico-no-brasil/>. Acesso em: 23 Dez. 2019.

WITT, S. F.; DOBBINS, R. The Markowitz contribution to portfolio theory. **Managerial Finance**, v. 5, n. 1, p. 3 – 17, 1979.