

## **2**

### **Referencial Teórico e Revisão de Literatura**

#### **2.1.**

##### **Referencial Teórico**

A avaliação econômico-financeira de projetos pelos métodos tradicionais, mesmo utilizando análises quantitativas, contém parcela significativa de subjetividade no processo de avaliação (DAMODARAN, 1998). A aplicação desses métodos de avaliação está sujeita a limitações e restrições, que se não forem levadas em consideração podem subestimar o valor de projetos e induzir a decisões que não maximizem o valor para a empresa. A aplicação da Teoria de Opções Reais aparece como alternativa para superar as limitações dos métodos tradicionalmente utilizados. Dessa forma, nesta seção são feitas considerações a respeito do Método do Fluxo de Caixa Descontado e o uso do Valor Presente Líquido (VPL) e apresentados os principais conceitos da Teoria de Opções Reais.

##### **2.1.1.**

###### **Valor Presente Líquido e Método do Fluxo de Caixa Descontado**

O método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) tem sido tradicionalmente utilizado na avaliação econômico-financeira de projetos e empresas e para tomada de decisão de investimento em ativos reais. Geralmente nesses tipos de avaliação é também calculada a Taxa Interna de Retorno (TIR) dos projetos. Em linhas gerais, projeta-se o fluxo de caixa futuro esperado, determina-se uma taxa de desconto que leve em consideração o risco do projeto, calcula-se o valor presente desses fluxos e deste subtrai-se os investimentos, chegando ao Valor Presente Líquido (VPL) do projeto. A regra de decisão é investir nos projetos cujo VPL é maior do que zero. Quanto à TIR, a mesma pode ser definida como a taxa que faz com o que o VPL do projeto seja zero. A decisão consiste em comparar a TIR com o custo de capital do projeto, investindo em projetos quando a primeira é maior que o segundo.

Quando direcionado à valoração de investimentos reais, tais métodos trazem implicitamente algumas premissas:

- a) O projeto apenas será realizado naquele instante;
- b) Uma vez iniciado o projeto, o mesmo não é afetado por decisões gerenciais futuras;
- c) Os fluxos de caixa esperados acontecerão, e;
- d) O risco do projeto se mantém inalterado ao longo do tempo.

Estes métodos se baseiam no princípio de que os parâmetros de entrada são determinísticos e não se alteram no decorrer do tempo, o que gera limitações ao projetar as estimativas futuras sem incorporar as incertezas presentes em algumas variáveis. A existência de flexibilidades gerenciais poderia agregar parcelas significantes de valor ao projeto (COPELAND; ANTIKAROV, 2003).

Os tradicionais métodos de avaliação apresentam uma série de limitações e restrições, sendo que uma das mais importantes é o fato de que estes métodos frequentemente falham ao não levar em consideração parcelas significativas do valor de um projeto (TRIGEORGIS, 1996). Dentre estes, destacam-se o valor da flexibilidade gerencial para alterar, expandir ou cancelar projetos em resposta às condições de mercado observadas após o início do projeto e o valor estratégico de novas oportunidades de investimento decorrentes do desenvolvimento de uma tecnologia. Além disso, estes métodos ignoram eventuais sinergias que um projeto pode criar dentro da empresa, ao interagir com outros projetos, como por exemplo, possibilitar a execução de um segundo projeto que seria inviável sem a existência do primeiro.

Dessa forma, ao não considerar o valor intrínseco da flexibilidade gerencial inerente a muitos tipos de projetos, o método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) tende a subavaliar esses investimentos. A consequência é uma análise simplificada e pouco realista, que tende a levar a decisões não ótimas. Um dos primeiros trabalhos a abordar as limitações do método do FCD foi o de Robichek e Horne (1967) que analisaram a opção de abandono de um projeto e entre as conclusões, reafirmaram que a análise tradicional não incorpora esse valor.

Com o objetivo de superar essas limitações em análises que envolvem alto grau de incerteza, irreversibilidade de investimentos e a presença de flexibilidades gerenciais, diversos autores têm buscado a utilização de avaliações através do método de Opções Reais.

### 2.1.2. A Teoria de Opções Reais

A Teoria de Opções Reais tem sua origem na Teoria das Opções Financeiras, sobretudo em instrumentos financeiros denominados derivativos. A partir do trabalho de Black e Scholes (1973) e Merton (1973) para a avaliação de opções financeiras, passou-se a incorporar métodos semelhantes ao problema do investimento sob condições de incerteza ao se reconhecer a analogia existente entre as opções financeiras e decisões de projeto que podem ser tomadas depois que parte da incerteza é resolvida, o que levou à aplicação destes métodos de apreçamento de opções ao problema de avaliação de ativos reais.

Assim, estes métodos de apreçamento buscam agregar valor de flexibilidade gerencial à metodologia tradicional do FCD, e passaram a ter denominação geral de Teoria das Opções Reais (TOR) para refletir a sua associação com ativos reais, ao invés de ativos financeiros.

Uma opção real é o direito, e não a obrigação, de agir (abandonar, expandir, adiar, etc.) a um custo predeterminado, chamado de preço de exercício, durante um período de tempo determinado pela duração da opção, chamado de período de exercício ou vida da opção. Para que um projeto apresente valor de opção, no entanto, três condições são necessárias (DIXIT; PINDYCK, 1994):

- a) O investimento é total ou parcialmente irreversível;
- b) Há flexibilidade de decisão suficiente para que o projeto seja gerenciado de forma diferenciada;
- c) Há incerteza sobre o nível dos fluxos de caixa futuros a serem gerados pelo projeto.

Assim como presente na Teoria das Opções Financeiras, as opções de forma geral podem ser do tipo americana ou europeia. As opções americanas podem ser exercidas a qualquer momento até a data de vencimento. As opções europeias, são exercidas no seu vencimento (HULL, 2006). A possibilidade de antecipação do exercício e a possibilidade de pagamento de dividendos, ou retiradas de fluxo de caixa livre, fazem com que a fórmula de Black e Sholes (1973) não se aplique com amplitude para projetos corporativos. Entre outras contribuições, Merton (1976) estendeu a citada fórmula para incluir os dividendos no seu cálculo.

Os principais tipos de opções reais e suas modelagens são resumidos a seguir (TRIGEORGIS, 1993):

- a) A opção de diferir o investimento ao longo do tempo pode agregar valor ao projeto: opção de compra americana;
- b) A opção de interromper a implementação: opção de venda americana;
- c) Opção de interromper (e recomeçar) um projeto: opção de venda americana;
- d) Opção de expansão: opção de compra americana;
- e) Opção de contrair: opção de venda americana;
- f) Opção de abandono por valor de recuperação: opção de venda americana;
- g) Outros modelos mais complexos, como por exemplo: opção de conversão; opções arco-íris, ou opções com múltiplas fontes de incerteza; opções compostas e ou sequenciais.

No entanto, diferentemente das opções financeiras, a modelagem por opções reais é mais complexa uma vez que é modelado o comportamento de um ativo real e indivisível, que possui baixa liquidez devido a sua especificidade, altos custos de transação e assimetria de informação, além do tempo de expiração longo.

Apesar de representar uma importante evolução sobre o método do FCD, a difusão do uso das opções reais na indústria tem sido limitada pela complexidade teórica e matemática deste método, assim como pelas premissas restritivas para se obter uma solução analítica. O alto grau de complexidade matemática exigido para a modelagem das opções em tempo contínuo, mesmo para os problemas mais simples, obriga muitas vezes a adoção de premissas simplificadoras que, se por um lado facilitam a tratamento das equações matemáticas, por outro lado tendem a descaracterizar o problema inicial, impossibilitando a aplicação desta metodologia a problemas mais relevantes.

De outra forma, é possível realizar a modelagem pela utilização de modelos em tempo discreto. O trabalho de Cox, Ross e Rubinstein (1979) foi o primeiro a propor um modelo binomial para valoração de opções, que permitiu que fosse desenvolvida uma aproximação discreta e computacionalmente eficiente para a modelagem estocástica do ativo básico para o problema da valoração de projetos, ao replicar uma opção a partir de um portfólio equivalente (ou replicante), de ativos negociados em mercados chamados completos.

Já a abordagem apresentada por Copeland e Antikarov (2003) parte de um portfólio de hedge composto de uma ação de um ativo subjacente, replicante do projeto em questão, e uma posição vendida de uma certa quantidade de ações da opção que está sendo apreçada. O resultado é determinado de maneira que o portfólio esteja livre de risco e em uma eventual perda com o ativo replicante esta seja compensada pelo ganho da posição vendida da opção de compra. No entanto, é necessária a existência de mercados completos nos quais sempre existirá uma carteira de ativos que possa simular o projeto avaliado. Por outro lado, quando não é possível montar um portfólio de ativos de mercado que replique as características de risco deste investimento e que considere as variáveis estocásticas do projeto, diz-se que o mercado é incompleto.

Sendo assim, Copeland e Antikarov (2003) propuseram a adoção do Valor Presente (VP) do projeto sem nenhuma opção preliminarmente, com a taxa de desconto calculada de acordo com a metodologia do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), ou seja, uma avaliação pelo método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) tradicional, com o seu valor de mercado. O próprio projeto é utilizado como o ativo básico do projeto com opções. A esta premissa dão o nome de *Market Asset Disclaimer* (MAD) ou Negação do Ativo Negociado. A utilização do próprio projeto como seu ativo básico e parte do seu portfólio replicante, torna o mercado completo para este projeto, e garante então uma correlação entre o projeto e este portfólio replicante.

De forma complementar ao modelo de Copeland e Antikarov (2003), Brandão, Dyer e Hahn (2005), propuseram uma abordagem mais intuitiva para avaliação de projetos por opções reais, com o uso de programação dinâmica de árvore de decisão para modelagem das flexibilidades gerenciais em tempo discreto. Para tanto, são extraídos 3 parâmetros para especificar a aproximação discreta para a incerteza do valor do projeto ao longo do tempo: o valor presente do projeto, a volatilidade dos retornos do projeto e a taxa livre de risco.

A volatilidade do projeto pode ser estimada extraindo-se os retornos da série temporal do ativo subjacente. Com os parâmetros valor presente, a volatilidade e taxa livre de risco, a árvore de decisão pode ser construída, com os nós da árvore representando as decisões gerenciais que podem ser feitas para maximizar o valor do projeto, à medida que as incertezas são resolvidas ao longo da vida útil do mesmo. A inclusão dos nós corresponde às opções do projeto no modelo de árvore

de decisão, utilizando a mesma taxa de desconto ajustada ao risco, considerada como apropriada para o projeto original sem opções.

A modelagem discreta através de árvores binomiais possibilita inclusive a análise de opções americanas, uma vez que é possível checar a cada nó, o exercício ou não da opção modelada (COPELAND; ANTIKAROV, 2003).

No entanto, o que se percebe ao se aprofundar no estudo de opções reais utilizando árvore binomial, é que este tratamento matemático pode sofrer significativas alterações dependendo do ativo base que está sendo modelado. Em Dias *et al.* (2011), fica demonstrado claramente que a modelagem de variáveis que seguem um movimento de reversão à média (MRM) torna-se operacionalmente mais complexa.

## **2.2. Revisão de Literatura**

Nesta seção é apresentada uma breve revisão de literatura reunindo estudos que tratam de avaliação de investimentos, opções reais, flexibilidade gerencial, *commodities* e geração de energia. A revisão foi focada em autores consagrados nestas áreas de conhecimento e estudos acadêmicos, principalmente na forma de artigos relacionados ao tema da dissertação.

Dentre os estudos levantados, verificam-se diferentes abordagens sobre avaliação econômico-financeira de projetos, sobretudo com relação ao aproveitamento energético da biomassa como fonte de energia alternativa.

Do ponto de vista da avaliação tradicional pelo FCD, em Hosier e Svenningson (1987) foi feita uma avaliação econômica de uma indústria de briquetes de biomassa à base de cana de açúcar, como um substituto para o carvão vegetal na República Dominicana, demonstrando que haveria ganhos significativos em realizar uma mudança na matriz energética. Em Tripathi, Iyer e Kandpal (1998), foram analisadas diversas combinações de fontes de biomassa para briquetagem na Índia, após uma avaliação econômico-financeira e de opções tecnológicas disponíveis. Os autores comprovam a viabilidade da usina de briquetagem e avaliam que diante da escassez de combustíveis fósseis, os briquetes de biomassa tendem a ser uma importante alternativa energética.

Caputo, Palumbo, Pelagagge e Scacchia (2005) avaliaram a viabilidade econômica pelo Valor Presente Líquido (VPL) do fluxo de caixa de um projeto, tendo por base a utilização de biomassa da cana de açúcar para a produção direta de energia elétrica por meio de processos de conversão pela combustão e gasificação, considerando a capacidade de 5-50 MW, levando em conta os investimentos de capital, as receitas da venda de energia e os custos operacionais, incluindo também uma avaliação detalhada do impacto das variáveis logísticas sobre a rentabilidade das plantas de bioenergia. Como resultado, a técnica baseada na combustão aplicada à planta de biomassa apresentou melhor viabilidade do que a adoção da gasificação. A alternativa à implementação da gasificação seria condicionada a incentivos fiscais à tecnologia e à disponibilidade de financiamento de terceiros.

Ainda em Tiffany, Morey e Kam (2009) utilizaram análise de custos e retorno sobre investimento (ROI) para avaliar diversos projetos de sistemas integrados de conversão de biomassa de etanol através do milho em diversos estados americanos, tendo como subproduto a geração de energia, em comparação a investimentos em plantas de gás natural. Os projetos vencedores supostamente teriam os melhores resultados do ROI para cada projeto.

Já em Seabra *et al.* (2010), em meio à comparação de técnicas de performance utilizadas para conversão bioquímica e termoquímica dos resíduos da cana de açúcar para produção de energia térmica e elétrica, foi adotado o FCD como método de avaliação econômico financeira. Os autores avaliam o Valor Presente Líquido (VPL) do projeto, aplicando como restrição o preço mínimo de venda do etanol para avaliação de implantação de uma usina de processamento de resíduos e geração de energia. Curiosamente, a receita com a venda de energia não é considerada no estudo. Os autores terminam por concluir que ambas as técnicas de conversão bioquímica ou termoquímica apresentam custos competitivos e atendem à restrição do preço mínimo de venda do etanol.

De maneira geral, na literatura relacionada a *commodities* e energia, encontram-se diversos trabalhos em que se aplicam opções reais. Schwartz (1997) desenvolveu um modelo de fator único, modelando o comportamento estocástico dos preços de *commodities* para precificação de estruturas a termo de preços futuros e volatilidade. Schatzki (2003) analisou opções de *switch* disponíveis para os proprietários de terras, quanto à produção agrícola e à opção de

reflorestamento. Ge *et al.* (2005) calcularam as flexibilidades existentes no controle de doenças contagiosas de animais, com base nas incertezas presentes sobre o estado das epidemias, as ações irreversíveis, como abate e vacinação de animais, e a possibilidade de agregar valor de conhecimento durante a epidemia, como estratégia de controle. Siddiqui, Marnay e Wisser (2007) utilizaram opções compostas em árvore binomial recombinante para determinação do valor da opção embutida no processo de tomada de decisão quanto à realização de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de combustíveis de fontes fósseis e renováveis. Kumbaroglu, Madlener e Demirel (2008) propuseram um modelo que integra a curva de aprendizado em tecnologias de geração de energia renovável com formulação de programação dinâmica pela análise de opções reais, tendo por base o setor elétrico da Turquia.

Em Bastian-Pinto, Brandão e Hahn (2007), foi modelada a flexibilidade existente em usinas de cana de açúcar no Brasil, como opções de *switch* entre a produção de etanol e açúcar, considerando que os preços das *commodities* seguem um Movimento de Reversão à Média (MRM). Cardoso *et al.* (2009) aplicaram opções reais para determinar o momento ótimo de investir em plantação de café no Brasil, comparando diferentes estratégias como opções de implementar ou abandonar investimentos no setor. Schmit, Luo e Tauer (2009) quantificaram o valor da decisão de moagem em uma planta de etanol nos Estados Unidos, em função do aumento da volatilidade dos preços em meio à safra agrícola, que pode influenciar na decisão de expansão ou adiamento de investimento em uma nova planta.

Tolis, Rentizelas e Tatsiopoulos (2010) através de um estudo de caso na Grécia, avaliaram a opção de *switch* entre o uso de biomassa e gás natural em termos de eficiência econômica e tecnologia disponível, adicionando a opção de recuperação de gases para geração de energia adicional e obtenção de créditos de carbono. Schmit, Luo e Conrad (2011) utilizaram opções reais para avaliar a política energética do governo americano referente à produção de etanol e seu impacto sobre as decisões de investimentos da indústria de etanol, frente à volatilidade de receitas e custos. Em Dias *et al.* (2011), foi feita uma avaliação de uma planta de açúcar e etanol no Brasil, com opção americana composta de expansão para agregar uma unidade de cogeração, permitindo a venda de energia excedente, a partir da queima do bagaço da cana de açúcar. As decisões foram

modeladas por programação dinâmica e seguindo um Movimento Geométrico de Reversão à Média.

Nos estudos levantados, o uso de opções reais evidenciou a possibilidade de capturar valor adicional à projetos ligados a desenvolvimento tecnológico, agronegócios, energia e *commodities*, ao modelar as respectivas decisões de investimento. No entanto, não foi obtido na literatura nenhum estudo sobre a viabilidade econômico-financeira da recuperação de palha para fins de geração de energia utilizando a Teoria de Opções Reais.

Cabe ainda reiterar que os processos estocásticos de reversão a média, supracitados em outros estudos serão analisados com maior profundidade na seção 4.