

1 Introdução

A tradicional metodologia de avaliação de empresas e projetos que consiste em descontar o Fluxo de Caixa Lívre (FCL) projetado a uma taxa que englobe seu risco, constitui-se num paradigma bem aceito pelos acadêmicos e analistas de avaliação. Atualmente são reconhecidas as limitações da metodologia de Valor Presente Líquido (VPL), principalmente porque ela não consegue avaliar a flexibilidade gerencial presente em diversos projetos. A ferramenta mais adequada para quantificar as flexibilidades gerenciais e estratégicas embutidas tanto nos projetos corporativos quanto no valor das empresas, é a avaliação pela Teoria de Opções Reais (TOR), a qual avalia com maior precisão a capacidade da gestão em adaptar-se a novas informações.

A Teoria de Opções Reais (TOR) vem ganhando força como pode ser acompanhado pelas publicações e artigos em *journals* acadêmicos em número crescente tanto no exterior quanto no Brasil. Desde a tese de doutorado pioneira de Tourinho (1979), inúmeros autores tais como Paddock, Siegel, e Smith (1988), Trigeorgis (1993), Kulatilaka (1993), Kemna (1993), Roll (1994), Ross (1995), Amram (2000), discorrem sobre a importância e complementaridade da abordagem pela TOR com relação à avaliação tradicional por fluxo de caixa livre descontado. As teses de doutorado inclusive no Brasil têm crescido em número como atestam Gomes (2002), Brandão (2002), Dias (2005), Rocha (2006), Batista (2007) e Kerr (2008) entre muitos outros. Essa produção de teses envolvendo opções reais listada no portal da CAPES¹, passou de 2 em 2002 para 6 em 2008, o que atesta a crescente produção científica nessa área de pesquisa.

Dixit e Pindyck (1994) citam que são necessárias três condições básicas para que um ativo ou projeto possa ser avaliado pela Teoria de Opções Reais: seu valor futuro é *incerto*, o investimento uma vez realizado é pelo menos parcialmente *irreversível*, e existe por parte da gestão *flexibilidade* quanto à capacidade de agir, alterando o caminho de valor do projeto no futuro na medida

¹ <http://servicos.capes.gov.br/capesdw/>

em que as *incertezas* são resolvidas. A *incerteza*, que está presente em inúmeros projetos é uma das principais fontes de riscos, privados (diversificáveis) e públicos (não diversificáveis), de qualquer projeto ou ativo como mostram Brandão e Dyer (2009). A origem desta *incerteza* está nas variáveis do projeto que possuem valor futuro pelo menos parcialmente aleatório. Uma forma de tratar tais incertezas é através de modelagem por processos estocásticos. Estes podem ser definidos como variáveis que evoluem discretamente ou continuamente no tempo de forma imprevisível ou, no mínimo, parcialmente aleatória, ou estocástica.

1.1.

Modelagem de Processos Estocásticos por Reversão À Média

A correta modelagem do comportamento estocástico da variável incerta é fundamental para a avaliação das opções reais porventura existentes num projeto. Devem ser consideradas questões como: características econômicas, tempo de vida do ativo ou projeto, as dificuldades na parametrização do modelo estocástico escolhido, a aplicabilidade deste nas soluções dos modelos usados para valoração, entre outros fatores. Dixit e Pindyck (1994) apontam para o fato que se o tempo de vida do ativo ou projeto for relativamente curto, a questão relativa ao tipo de processo estocástico a ser considerado é de menor relevância, permitindo a escolha em função da facilidade de modelagem ou obtenção de parâmetros. Isto porque em períodos curtos de tempo, segundo esses autores, processos como os de preços são dominados prioritariamente por choques estocásticos, ou seja, desvios de curto prazo. Nesse caso a busca de um processo estocástico mais adequado ao comportamento de preços pode ser considerada uma tarefa de alto custo frente aos benefícios a serem obtidos. Por outro lado à medida que o período de tempo se alonga o processo passa a ser mais dependente de componente que determina a tendência deste processo. Então quando a vida do ativo for longa, a busca por um processo que seja mais fidedigno ao desempenho do ativo será crucial na determinação do seu valor, podendo, no entanto, existir um preço a ser pago pela dificuldade na estimação de parâmetros e na determinação de soluções para valoração do ativo. Frequentemente o processo estocástico denominado Movimento Geométrico Browniano (MGB) é escolhido para a modelagem da

incerteza estocástica associada a uma opção, sem grandes considerações quanto a adequação desta escolha. Diversos autores (LUND, 1993, METCALF e HASSET, 1995, SMITH e MCCARDLE, 1998, entre muitos outros) contestam essa simplificação e lembram que os processos auto-regressivos, ou Movimentos de Reversão à Média (MRM), podem descrever melhor diversas variáveis que tendem a um nível de equilíbrio de longo prazo. Portanto a escolha e parametrização correta de movimentos de reversão à média é de grande importância para a avaliação pela teoria de opções reais.

1.2.

Modelagem de Opções Reais por Árvores Binomiais

Opções reais geralmente têm prazos ou maturidades bastantes mais longos que opções financeiras, podendo até ser perpétuas; o que justifica um esforço maior na correta estimação e parametrização do processo estocástico modelado. Também é freqüente considerar que as opções reais têm possibilidade de exercício anterior ao eventual vencimento do prazo da opção, sendo assim classificadas como opções americanas (AMRAM e KULATILAKA, 1999). Apesar de mais realista, essa modelagem dificulta a avaliação da opção real, porque o exercício antecipado não permite usar soluções fechadas como a de Black, Sholes e Merton (1973). As soluções então devem ser por métodos numéricos, como diferenças finitas (KERR, 2008) ou árvores de decisão (COPELAND e ANTIKAROV, 2003, BRANDÃO, HAHN e DYER, 2005, ARNOLD, CRACK e SCHWARTZ, 2007). Ainda assim a escolha do processo estocástico deverá gerar dificuldades se não for um MGB, apesar de soluções já terem sido mostradas por Kerr (2008) e Bastian-Pinto e Brandão (2007). Outra alternativa são os processos de simulação por mínimos quadrados ordinários como fazem Grant, Vora e Weeks (1997), Longstaff e Schwartz (2001), e Fu, Laprise e Madan (2001), ou por determinação da curva de gatilho (IBÁÑEZ, e ZAPATERO, 2004, e CASTRO, BAIDYA e AIUBE, 2007). As metodologias de simulação são muito versáteis, porém frequentemente requerem programação própria principalmente no caso de se estar em presença de diversas opções concorrentes (HAHN e DYER, 2008).

A aproximação binomial recombinante, ou *lattice*, é robusta, versátil e talvez uma das metodologias mais utilizadas para discretização de processos estocásticos desde que Cox, Ross e Rubinstein (1979) apresentaram seu modelo que generaliza o resultado de Black, Sholes e Merton (1973). No entanto este se aplica exclusivamente a processos de possam ser reproduzidos por um MGB. Portanto a aproximação de outros processos estocásticos, tal como o Movimento de Reversão à Média, por um processo binomial recombinante é de grande valia para a avaliação pela Teoria de Opções Reais.

1.3. Aplicação de Opções Reais na Indústria Brasileira de Etanol

Em função da recente volatilidade dos preços do petróleo e do aumento projetado da demanda de energia no futuro, as fontes alternativas de energia renovável têm se mostrado cada vez mais atraentes e viáveis. Algumas dessas alternativas, das quais uma já se encontra em ampla aceitação no Brasil, é o uso do etanol de cana de açúcar como combustível automotivo. No entanto ainda pairam dúvidas sobre os bio-combustíveis como fontes alternativas de energia não somente quanto a sua viabilidade financeira, mas também quanto à capacidade sustentável destes em se tornarem fatia importante da matriz energética brasileira (UNTAD, 2005, ÚNICA, 2008). As incertezas às quais a indústria de bio-combustíveis no Brasil está sujeita, quando associadas às flexibilidades gerenciais também presentes nessa indústria, configuram-se como verdadeiras carteiras de projetos com Opções Reais, as quais podem elevar significativamente o valor das avaliações financeiras dos bio-combustíveis no Brasil. Essas flexibilidades gerenciais, tais como a possibilidade de conversão da produção entre açúcar ou etanol a partir de um mesmo produto, a cana de açúcar, são de fato exercidas pela gestão. No entanto essas opções reais são avaliadas somente de forma intuitiva pela própria indústria ou pelas áreas de avaliação de instituições financeiras. Portanto fica clara a necessidade existente e o benefício que pode gerar a correta avaliação, pela metodologia de Opções Reais, das flexibilidades gerenciais existentes na indústria de bio-combustíveis brasileira.

1.4. Organização da Tese

Da contextualização acima exposta sobressaem três temas principais de pesquisa que serão tratados aqui: a escolha, modelagem e parametrização dos processos de reversão à média de fator único ou de dois fatores, para aplicação em opções reais; a modelagem por árvore binomial dos modelos de reversão à média desenvolvidos; e a aplicação destes na indústria brasileira de etanol. Esta tese de doutorado está organizada em três capítulos centrais, estes em formato de artigos completos e independentes, mas que cobrem a cada um dos temas de pesquisa formulados nessa introdução.

O primeiro capítulo, de numeração 2, trata dos principais modelos estocásticos de reversão à média, de fator único e de dois fatores. São desenvolvidas as expressões de valor esperado, variância, simulação ajustada e neutra ao risco, assim como levantamento de parâmetros a partir de séries históricas, para todos os modelos tratados. Também é feita uma discussão sobre validação de uso de um processo de reversão à média e é sugerido um modelo, conhecido como de Schwartz e Smith (2000) composto de reversão à média e de movimento geométrico browniano. São ainda levantados os parâmetros para séries de etanol e açúcar para modelagem dos processos descritos.

O segundo capítulo, de numeração 3, propõe dois modelos binomiais para aproximação de processos de reversão à média, e também a composição de um deles com outro, seja um MGB ou um MRM, numa árvore bi-variável. A composição de um MGB com um MRM nessa aproximação bi-variável permite modelar de forma discreta o modelo de Schwartz e Smith (2000), e esta é aplicada na avaliação de uma opção hipotética de expansão de uma usina de açúcar em planta flexível de etanol.

Finalmente o terceiro capítulo, de numeração 4, avalia a opção de conversão entre produção de açúcar e etanol disponível às usinas flexíveis de processamento de cana de açúcar no Brasil, e mostra que esta flexibilidade confere valor substancial ao negócio. Para tal são usadas abordagens desenvolvidas nos capítulos precedentes, na qual os preços de etanol e açúcar são diretamente

modelados numa árvore bi-variável de dois MRMs independentes e correlacionados. Também é feita uma comparação dos resultados com a mesma abordagem usando modelagens por MGB e os resultados mostram que esta sobrevaloriza de forma significativa o valor da opção real.