3
O Modelo Teórico das Opções Reais

Embora ainda não seja uma metodologia amplamente difundida pelos profissionais das avaliações de projetos de investimento, este modelo vem crescendo muito nos últimos anos devido à inserção de flexibilidades gerenciais e a forma de relacionar as tradicionais opções financeiras a projetos reais da economia. Lemme (2000) afirma que, ao tentar agregar ao valor presente dos fluxos de caixa o valor das opções eventualmente disponíveis, esta teoria traz uma nova forma de entender e tratar alternativas estratégicas disponíveis e as flexibilidades gerenciais possivelmente inseridas no projeto. Sendo assim, o objetivo seria integrar estratégia e finanças em um modelo conceitual e quantitativo.

Partindo desse ponto, este capítulo irá tratar do conceito geral de opções reais, abordando suas particularidades e seus tipos mais comuns, além de entrar na forma de mensurar e modelar estas incertezas, que podem ser analisadas através da modelagem tanto em tempo discreto quanto contínuo, restringindo estes campos aos principais modelos, dado o objetivo da presente dissertação.

3.1.
Conceitos Gerais

Conforme colocado no capítulo anterior, a maioria das decisões de investimento partilha de três características fundamentais: um investimento parcialmente ou completamente irreversível, a existência de incertezas acerca das futuras recompensas pelo investimento e a existência de uma flexibilidade gerencial em relação ao *timing* do investimento. Assim, estas três características interagiriam e determinariam a decisão ótima para os investidores. Dessa forma, tem-se que essa interação é o foco do modelo das opções reais, desenvolvendo uma teoria de investimentos irreversíveis sob incerteza, relacionada diretamente a aplicações práticas.

A teoria das opções reais tem como diferencial a inserção e modelagem de incertezas inerentes a maior parte dos projetos de investimento. Este modelo, por trabalhar com cenários e condições que se desenvolvem no futuro, evidencia diversos ambientes incertos e condições que podem ou não se realizarem, fazendo analogia ao conceito de opções já consagrado no mercado financeiro, onde o investidor poderia ou não exercer sua opção; da mesma forma que um empresário poderá ou não exercer as diversas opções existentes no projeto.

Em geral, para a avaliação de um projeto por opções reais, não se pode desprezar o método do fluxo de caixa descontado, já que as opções reais podem ser encaradas como um complemento ao uso do método do valor presente líquido, o qual passa a assumir um novo valor. Esse novo valor seria dado pelo valor intrínseco do projeto de investimento mais o valor de exercício das várias opções que cada projeto contém, de forma que o VPL final seja igual ao VPL do projeto somado ao VPL das opções.

Contudo, essa igualdade mostra que projetos que possuem valor presente líquido negativo podem ser economicamente viáveis se inseridas as flexibilidades gerenciais inerentes ao mesmo. A partir daí, é possível concluir que o método do cálculo pelo valor presente, por si só, não considera diversas opções como expandir adiar ou até mesmo abandonar um projeto. Trigeorgis (1996) enumera diversos tipos de opções reais, dentre as quais se destacam:

Opções de expansão:

Diz respeito à possibilidade de inserir na avaliação o ganho de uma possível expansão em um determinado período no tempo. Essa expansão se daria através de um novo investimento que, por sua vez, dependeria das condições de mercado e contratuais.

Pode-se imaginar, por exemplo, um centro de distribuição de uma empresa que foi construído em uma área de 100.000 m^2, mas ocupa apenas uma área de 60.000 m^2, podendo ainda ser expandido em um momento oportuno, ou onde a maior capacidade de armazenagem se faça necessária. Tem-se ainda o caso de uma concessão rodoviária onde, dependendo do volume do tráfego, a concessionária pode ter a opção de construir mais alguma faixa ou ampliar a existente, de forma a melhor atender a demanda no momento de grande número de veículos.

Dessa forma, fica claro que em diversas situações a opção de expandir um investimento pode agregar valor ao projeto, principalmente considerando a incerteza acerca do futuro.

Opções de adiar um investimento:

Neste caso, fica difícil imaginar que seja possível, em um mercado competitivo, postergar a realização de um investimento sem que haja alguma perda de oportunidade ou algum reajuste nos preços. Nessa linha, Dixit e Pindyck (1994) afirmam que nem sempre é possível adiar um investimento, citando alguns exemplos, tal como as grandes indústrias de um mercado competitivo.

Todavia, tal como colocado por Blank, Baidya e Dias (2007), o adiamento em muitos casos é benéfico e pode ser viável, tal como o caso de diversas concessões ao redor do mundo, onde a empresa teria a obrigação de começar a construir ou explorar uma terra que lhe foi concedida a partir de determinado ano. Antecipar esta data seria exercer a opção e "abrir mão" do valor da mesma.

A partir daí, caberia à empresa ponderar os possíveis custos relativos ao adiamento das decisões de investimento comparados aos benefícios obtidos pela espera de uma nova informação ou oportunidade.

Opções de abandono por valor de liquidação:

Este tipo de opção foi comumente abandona por falta de metodologia de cálculo, embora fosse visível que ela apresentaria algum valor. Pelo método tradicional, a valoração do projeto pode ser feita considerando os possíveis cenários do investimento, mas sendo impossível calcular o momento em que não faria sentido continuar com o investimento obtendo consecutivos prejuízos, por exemplo.

Dessa forma, Trigeorgis (1996) coloca que, em condições de mercado desfavoráveis, o projeto pode ser abandonado pelo seu valor de liquidação, que pode fazer referência, por exemplo, à venda do imobilizado e à venda dos equipamentos no mercado secundário. Assim, fica claro que não se pode simplesmente assumir que o fluxo de caixa do projeto será constante ao longo da vida útil se, em uma condição desfavorável, o gerente pode abandoná-lo e obter seu valor residual, reduzindo suas perdas. A opção, como se vê, possui valor e deve ser considerada na avaliação.

Opções de abandono no período pré-operacional:

Estas opções baseiam-se no pressuposto de que a maior parte dos investimentos não é realizada em apenas um momento, ocorrendo uma seqüência de investimentos de capital que criam opções de abandono do projeto antes do início da fase operacional.

Este tipo de opções, segundo Trigeorgis (1996) é utilizado, por exemplo, em indústrias intensivas em capital e de alta incerteza, como as que envolvem financiamentos de capital de risco e projetos de pesquisa e desenvolvimento, onde existem diversos estágios de investimento bem definidos e, caso os resultados não sejam os esperados, podem fazer com que o investimento operacional não seja realizado, evitando uma perda maior.

Trigeorgis (1996) cita alguns outros tipos de opção, como as de contração ou de parada temporária, mas dado o objetivo do presente trabalho e a pouca utilização destas opções na avaliação de projetos, elas não serão detalhadas aqui.

Assim, pode-se perceber a importância e relevância da teoria das opções reais no contexto das avaliações de projetos de investimento, mas faz-se necessário verificar um pouco mais a fundo a teoria buscando abordar a modelagem destas opções, seja em tempo discreto, seja em tempo contínuo.

3.2. Modelagem das Opções Reais

A modelagem utilizada neste estudo parte da premissa que o valor presente esperado no instante inicial do projeto é obtido através no valor de mercado do projeto em condição de certeza. A partir daí, utiliza-se o Movimento Geométrico Browniano e realiza-se uma simulação de Monte Carlo com o objetivo de reduzir as fontes de incerteza a uma só, definindo o processo estocástico do valor do projeto.

Para compreender melhor o modelo utilizado, torna-se necessário analisar premissas e conceitos que foram utilizados como base para o desenvolvimento destes modelos, passando desde o estudo dos processos estocásticos, com ênfase no Movimento Browniano (ou processo de Wiener), até a discretização utilizada na presente dissertação por meio da modelagem determinística e da simulação de Monte Carlo.

3.2.1. Modelagem em Tempo Contínuo

Os modelos em tempo contínuo são a base para a análise do comportamento da principal variável da modelagem; o tráfego de veículos. Esta modelagem se dá de forma a possibilitar a redução na incerteza acerca desta variável, utilizando o conceito geral de processos estocásticos e, mais especificamente, o Movimento Browniano como condutor do comportamento futuro deste tráfego.

Scartezini (2006) afirma que para ativos financeiros, onde informação, negócios e mudanças de preço ocorrem a todo instante, aplicar finanças em tempo contínuo é completamente natural. Contudo, no presente estudo, dado a finalidade e a particularidade do modelo LPVR, a modelagem será realizada em tempo discreto, utilizando este estudo em tempo contínuo para projetar o tráfego futuro, tal como pode ser visto nas seções a seguir.

3.2.1.1. Processos Estocásticos e o Movimento Browniano

Um processo estocástico descreve, por definição, uma variável que se comporta ao menos em parte de forma aleatória no tempo, assumindo valores imprevisíveis, ou seja, é uma função que dá a probabilidade com que uma variável estará em um estado i, em um instante t, podendo descrever a evolução aleatória de uma variável com o tempo. Percebe-se ainda que o processo estocástico em si pode ser contínuo ou discreto, dependendo unicamente da variável tempo.

Uma característica fundamental dos processos estocásticos diz respeito à propriedade de Markov, onde a distribuição de probabilidade de Z_{t+1} dependeria apenas de Z_t, ou seja, sua distribuição de probabilidade em qualquer instante futuro não dependeria de seu histórico passado, mas somente do momento presente. Dessa forma, para analisar os principais processos estocásticos contínuos em opções reais, faz-se necessário estudar mais detalhadamente o processo de Wiener, ou Movimento Browniano, que serve de base para a construção de diversos outros modelos.

O Movimento Browniano, ou Processo de Wiener, é um processo estocástico contínuo com três propriedades principais:

- ✓ É um processo de Markov.
- ✓ Tem sempre incrementos independentes, fazendo com que as variações no processo em qualquer intervalo de tempo sejam independentes de qualquer outro intervalo.
- ✓ As variações no processo em qualquer intervalo de tempo finito têm distribuição normal com média zero e variância proporcional ao intervalo de tempo ocorrido.

Com base nestas três características, pode-se supor um processo de Wiener com uma variável z_t, estudada em pequenos intervalos de tempo Δt, definindo Δz como sendo a variação em z relativa ao intervalo Δt. Desta forma, e como demonstrado em Hull (2003), o Movimento Browniano poderia ser escrito como $\Delta z = \varepsilon_t \sqrt{\Delta t}$, onde ε_t é uma variável aleatória com distribuição normal padrão com média zero e desvio padrão 1. Dessa forma, utilizando o Teorema do Limite Central com base no somatório dos intervalos de tempo Δt, pode-se inferir que Δz também segue uma distribuição normal, com média zero e desvio padrão $\sqrt{\Delta t}$.

Considerando ainda intervalos de tempo progressivamente menores, ao ponto em que Δt tende a zero, o processo torna-se contínuo, fazendo com que a equação possa ser descrita por $dz = \varepsilon_t \sqrt{\Delta t}$.

Contudo, embora o processo de Wiener seja uma importante ferramenta na modelagem de variáveis que mudam de forma contínua e estocástica com o tempo, algumas adaptações de fazem necessárias, visto que em diversas situações esta ferramenta não atenderia possíveis restrições, como preços de ativos que não podem ser negativos. Uma das adaptações mais simples consiste na inclusão de uma tendência, formando o Processo de Wiener Generalizado ou o Movimento Aritmético Browniano (MAB). Este processo consiste numa generalização para uma variável x e pode ser escrito conforme a equação abaixo:

$$dx = \alpha dt + \sigma dz$$

Na equação, α representa a tendência, σ a volatilidade e dz o incremento de Wiener. Já considerando a variação de x em um pequeno intervalo de tempo Δt, tem-se:

$$\Delta x = \alpha \Delta t + \sigma \varepsilon_t \sqrt{\Delta t}$$

Nesse caso, Δ*x* teria uma distribuição normal, com média α Δt e desvio padrão $\sigma\sqrt{\Delta t}$.

Um exemplo ilustrativo seria supor um cenário onde o valor inicial do ativo seja igual a 10, o valor de α igual a 0,25 ao ano e σ^2 igual a 0,9 ao ano. Inserindo estes valores, chega-se a seguinte equação:

$$dx = 0,25dt + \varepsilon_t \sqrt{0,9}dt$$

Partindo deste ponto, torna-se necessário a mudança para uma equação em tempo discreto e onde os parâmetros α e σ sejam expressos ao mês, tal que:

$x_t = x_{t-1} + \frac{0,25}{12} + \varepsilon_t \sqrt{\frac{0,9}{12}}$, resultando na equação:

$$x_t = x_{t-1} + 0,020833 + \varepsilon_t 0,273861$$

Assim, é possível identificar algumas trajetórias para a equação acima, utilizando o software @Risk versão 4.5 para gerar os valores aleatórios de ε_t, a partir de uma distribuição normal padrão. No exemplo abaixo, são considerados 96 períodos e um preço inicial do ativo de 10, tal como segue:

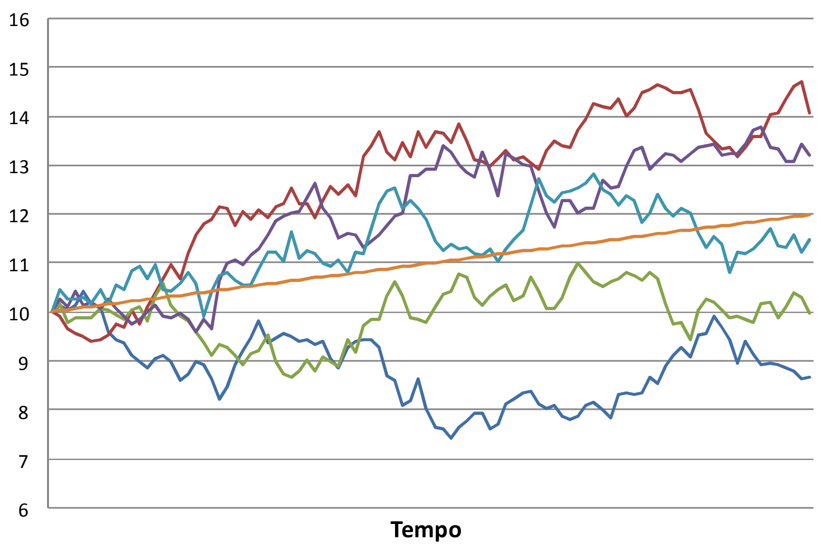

Figura 1 – Valor do Preço do Ativo no Tempo (MAB)

Monteiro (2003) indica em seu estudo que, devido à propriedade de Markov, é possível fazer previsões acerca da evolução de um processo estocástico, dada a constatação lógica de que com este modelo apenas o valor inicial da variável seria necessário para a construção do modelo futuro.

Todavia, percebe-se que se o valor inicial do ativo fosse muito baixo, este preço teria grande possibilidade de ficar negativo em diversos cenários, tornando esta hipótese pouco realista, por exemplo, para a modelagem do preço de ativos financeiros. Uma das soluções para a resolução deste problema seria a utilização da taxa contínua para a variação do logaritmo natural da variável x, fato este que faria com que esta última passasse a ter distribuição lognormal, evitando a possibilidade de valores negativos. Desta forma, o cálculo da taxa contínua seria dado por ln (x_t/x_{t-1}), tendo esta taxa uma distribuição normal e sendo descrita pelo Movimento Geométrico Browniano (MGB), cuja equação segue abaixo:

$$dx = \alpha x dt + \sigma x dz$$

Para manipular esta equação, faz-se necessário o resultado de um cálculo estocástico chamado de Lema de Itô. Em geral, um processo estocástico contínuo x_t é chamado de processo de Itô quando representado pela equação:

$$a(x,u,t)dt + b(x,u,t)dz$$

,onde a(*x,u,t*) é uma função não aleatória de tendência e b(*x,u,t*) é função não aleatória de variância. Percebe-se ainda que o Movimento Geométrico Browniano é apenas um caso específico do Lema de Itô, onde a(*x,u,t*) = α*x* e b(*x,u,t*) = σ*x*.

Desenvolvendo o Lema de Itô, é possível inferir que, em cada intervalo de tempo finito T, a variação em ln x é normalmente distribuída, com média $\left(\alpha - \frac{\sigma^2}{2}\right)T$ e variância $\sigma^2 T$, tal como demonstrado com detalhes em Dixit e Pindyck (1994). Assim, e após alguma álgebra, a equação que representa o MGB pode ser dada por:

$$X_{t+1} = X_t e^{[(\alpha_t - \frac{\sigma^2}{2})\Delta t + \sigma \xi_t \sqrt{\Delta t}\,]}$$

Através da equação acima, fica claro que a variável estocástica nunca poderia assumir valores negativos, combatendo limitações do MAB e representando valores de uma variedade maior de ativos. Contudo, existem ainda alguns outros processos possíveis para modelagens de ativos, não utilizados nesta dissertação, mas que são de fundamental importância na literatura atual.

3.2.2. Modelagem em Tempo Discreto

Em um projeto, têm-se algumas variáveis tais como um investimento inicial I, uma vida útil de m períodos e um fluxo de caixa esperado de C_1, C_2, C_3,..., Cm em cada período. Estes fluxos de caixa nada mais são do que dividendos distribuídos pelo projeto, onde δ_i representa a taxa de distribuição instantânea destes dividendos, dado pela razão entre o fluxo de caixa no período *i* e o valor do projeto pré-dividendos no mesmo período (V_i). Destaca-se ainda na avaliação de um projeto a taxa de desconto ponderada pelo risco, µ, obtida do modelo CAPM, taxa esta que traduz o quanto o risco privado e o de mercado poderão afetar os fluxos de caixa futuros. Porém, com a inclusão de flexibilidades gerenciais, o grau de risco de projeto seria alterado, dificultando a utilização da taxa µ para descontar estes fluxos de caixa futuros. Para tanto, nesta dissertação foi utilizado o conceito de probabilidades neutras a risco, possibilitando descontar os fluxos a taxa livre de risco.

Sendo assim, torna-se necessário seguir os passos utilizados neste trabalho, abordando tanto a modelagem determinística utilizada quanto o processo de simulação de Monte Carlo, necessário para a construção do modelo LPVR e a inserção de garantias adicionais de tráfego.

3.2.2.1. Modelagem Determinística

Na modelagem determinística, o valor presente do projeto é determinado pelo método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) tradicional, calculando o valor esperado dos fluxos sem a inclusão de flexibilidade gerencial, ou seja, em condições de certeza. Logo após este cálculo, os fluxos esperados são descontados pela taxa determinada pelo CAPM para determinar o valor presente do projeto, tal como na equação abaixo:

$$V_1 = \sum_{t=1}^{m} \frac{E[C_t]}{(1+\mu)^{t-1}}$$

,onde V_i representa o valor do projeto pré-dividendos.

Isto posto, vale a consideração de que, de um modo geral, não existe fluxo de caixa positivo no instante inicial, apenas os investimentos necessários, que não são considerados para o cálculo do valor do projeto. Logo, o valor presente do projeto no instante inicial é dado por:

$$V_0 = \sum_{t=1}^{m} \frac{E[C_t]}{(1+\mu)^{t}}$$

Além do valor do projeto no instante inicial, nesta etapa é calculado também o valor presente em cada um dos períodos, evidenciando uma trajetória de decréscimo do valor do projeto à medida que os fluxos de caixa são pagos como dividendos e menos períodos restam no projeto.

3.2.2.2. Simulação de Monte Carlo

A continuação da modelagem passa necessariamente por um método que busque simular caminhos para a evolução de um fenômeno até encontrar uma aproximação satisfatória que, dentro de pequena margem de erro, tenha a capacidade de explicá-lo. Nesse sentido, o método de Monte Carlo é um caminho interessante para medir o comportamento do fenômeno estudado, uma vez que é uma técnica de análise de risco e retorno que consiste em simular eventos futuros em Excel, inserindo dados em um modelo que leva em conta medidas de sensibilidade e distribuição de variáveis.

Este método, quando utilizado para simular valores de um Movimento Aritmético Browniano dos retornos $d\ln V = v\,dt + \sigma\,dz$, é fundamental para medir as volatilidades do projeto. Brandão (2002), afirma que os impactos das incertezas que afetam as variáveis relevantes do projeto e seus impactos nos retornos podem ser determinados através da simulação dos processos estocásticos de cada um, e, como resultado, os fluxos de caixa do projeto também se tornariam estocásticos. A partir daí, cada iteração da simulação gera um novo conjunto de fluxos de caixa futuros dos quais um novo valor do projeto no primeiro período, V_1, é calculado obtendo uma amostra da variável aleatória υ, cuja equação é dada por $\upsilon = \ln\left(\frac{\widetilde{V}_1}{V_0}\right)$, onde $E(\upsilon) = v$.

Assim, realizando um número elevado de iterações, tal como as 10.000 utilizadas neste trabalho, pode-se determinar a volatilidade do projeto com base no desvio padrão dos retornos, utilizando para tanto as amostras de υ. Considerando ainda que os valores gerados de V_1 teriam distribuição lognormal, o processo estocástico em tempo contínuo do projeto seria dado por:

$$dV(x,t) = (\mu - \delta_t)\,V(x,t)\,dt + \sigma\,V(x,t)\,dz$$

Ademais, vale ressaltar a grande importância da Simulação de Monte Carlo com base no MGB para projetar o crescimento do tráfego para os anos subseqüentes ao início da concessão, possibilitando a construção de uma distribuição de probabilidades para os possíveis valores da variável em questão.