2 Referencial Teórico

2.1 Teoria das Opções Reais

A utilização eficaz dos recursos é a base para a sobrevivência e desenvolvimento de uma organização. A questão principal será então onde e como alocá-los, ou melhor, qual ou quais projetos devem ser implementados, prosseguidos ou abandonados.

A maioria das organizações utiliza algum método quantitativo para avaliar um projeto e dentre os mais tradicionais estão o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR). Porém, estes métodos consideram gerenciamento passivo (sem consideração do efeito de decisões gerenciais ao longo do projeto), conforme Copeland e Antikarov (2002, p.113), "O VPL pressupõe implicitamente que não há flexibilidade na tomada de decisões". Entretanto com as incertezas e mudanças da realidade ao longo do projeto, os gerentes estão continuamente decidindo por mudanças administrativas e de operação com o objetivo de maximizar o valor do projeto. Copeland et al. (2000, p.65) afirmam que: "A análise do fluxo de caixa descontado tende a subestimar o valor de um projeto porque ela é ineficaz ao capturar adequadamente os benefícios da flexibilidade operacional e outros fatores estratégicos como investimentos subseqüentes". Sendo assim, temos a necessidade de entender a importância que estas flexibilidades gerenciais possuem nas decisões de investimento, e de poder quantificar o valor de tais flexibilidades com o objetivo de se obter sucesso em oportunidades de investimento futuras e para que se diminuam as perdas que possam ocorrer por mudanças adversas ou inesperadas do mercado.

As flexibilidades são valiosas e devem ser incorporadas na análise do projeto. Para isso, vem sendo proposta uma abordagem alternativa, fundamentada na teoria de opções financeiras, já que decisões gerenciais ao longo da vida útil de um projeto de investimento podem ser consideradas análogas as opções. Essa nova abordagem é chamada de teoria das opções reais, que é capaz de captar o valor das diversas formas de flexibilidade existentes em um projeto, permitindo a incorporação dessas flexibilidades nos métodos tradicionais de avaliação de investimentos, tendo se mostrado bastante capaz de explicar ações e negociações verificadas na prática.

As principais flexibilidades são a de espera para se realizar o investimento, as de contratação e expansão de escala de produção, a de desligamento temporário da operação e a de abandono definitivo em troca de um valor residual ou de uma oferta pela venda dos fluxos de caixa futuros.

2.2 Presença de Riscos e Incertezas

Os conceitos principais associados ao método de Opções Reais são: irreversibilidade, incerteza e a flexibilidade de se alterar a estratégia inicial do projeto, conforme Dixit e Pindyck (1994). Numa realidade dinâmica como a de hoje, é necessário que se considere essas três importantes características presentes na maior parte das decisões de investimentos. Como a abordagem de opções é uma tentativa de modelar teoricamente as decisões dos investidores, o seu melhor entendimento requer, antes de tudo, uma análise mais cuidadosa daquelas características.

A irreversibilidade diz respeito ao investimento inicial realizado que não pode ser facilmente recuperado no momento que se desejar. Na maioria dos casos o investimento é parcialmente ou totalmente irreversível. Investimentos específicos de uma firma ou de uma indústria são em grande parte custos afundados e mesmo os investimentos não específicos de firmas ou indústrias são parcialmente irreversíveis, pois podem ser revendidos a firmas de diferentes indústrias, mas a preços inferiores ao custo de reposição. Sendo assim, ou o investimento é reversível e pode de alguma forma ser recuperado, ou se for irreversível, a firma deve realizar o investimento em um momento específico, sem opção de adiá-lo.

Investimento em uma usina de geração de energia, por exemplo, é considerado como um custo irreversível, pois o investimento foi realizado em um projeto específico da indústria de energia elétrica, ou seja, não poderá ser utilizado para outros fins a não ser produzir eletricidade. Portanto, se uma usina não gerar retorno para o investidor, ela também não gerará retorno para qualquer outro investidor se a indústria for competitiva, consequentemente o valor de venda da usina será muito pequeno ou nenhum.

A incerteza sobre o futuro é a segunda característica importante da decisão de investir. A incerteza refere-se aos fluxos de caixa futuros que não podem ser previstos com certeza, pois dependem das condições futuras do ambiente externo e do próprio ambiente interno, que podem ser boas ou ruins. O melhor que pode ser feito é avaliar as probabilidades de diferentes resultados, os quais significam maiores ou menores retornos e até mesmo perda parcial ou total de seu investimento.

Como os gerentes racionais não são passivos, ou seja, eles revisam o investimento e as decisões operacionais a fim de maximizar o valor do projeto, a incerteza adiciona valor ao projeto e esta característica não é capturada pelos métodos tradicionais de análise de projetos.

A terceira característica é a flexibilidade de alterar a estratégia inicial do projeto. Essa terceira característica está sendo cada vez mais utilizada, pois gerentes de projeto vêem nessa flexibilidade uma alternativa de rever e alterar o planejamento original de seus projetos, adaptando-os às novas situações impostas pelo mercado. A possibilidade de acompanhar as mudanças do mercado e alterar o planejamento do projeto em função das mesmas, pode reduzir os riscos envolvidos no projeto e, sem dúvida, trazer benefícios ao gerente que terá mais facilidade em conduzir o projeto adequadamente, aumentando o lucro ou reduzindo as perdas que possam ocorrer. O gerente pode adiar seu investimento até obter mais informações, embora a informação nunca possa ser completa de modo a eliminar toda a incerteza (Dixit e Pindyck 1994).

Essas três características se interagem de forma a determinar a decisão ótima dos investidores e mostra que a teoria de opções reais é mais recomendada do que os métodos tradicionais para avaliar projetos em situações de incerteza, pois considera todos esses três fatores.

2.3 Analogia com Opções Financeiras

Copeland e Antikarov (2002, p.6) definem uma opção como “o direito, e não a obrigação, de empreender uma ação (por exemplo, diferir, expandir, contrair ou abandonar) a um custo predeterminado que se denomina preço de exercício, por um período preestabelecido – a vida da opção".

Uma opção de compra (call) permite ao detentor do contrato o direito de comprar o ativo objeto por um preço de exercício preestabelecido, em alguma data futura determinada.

Uma call apresenta uma função de remuneração dada pela equação a seguir:

$Ct = \max(St - K, 0)$

Onde:

Ct: Preço da opção

T: Data do investimento

St: Preço do ativo objeto

K: Preço de exercício

A figura 1 mostra como o valor da opção varia em função do preço do ativo objeto, na data de vencimento. Pode-se observar que a opção só tem valor quando o preço do ativo objeto for superior ao preço do exercício.

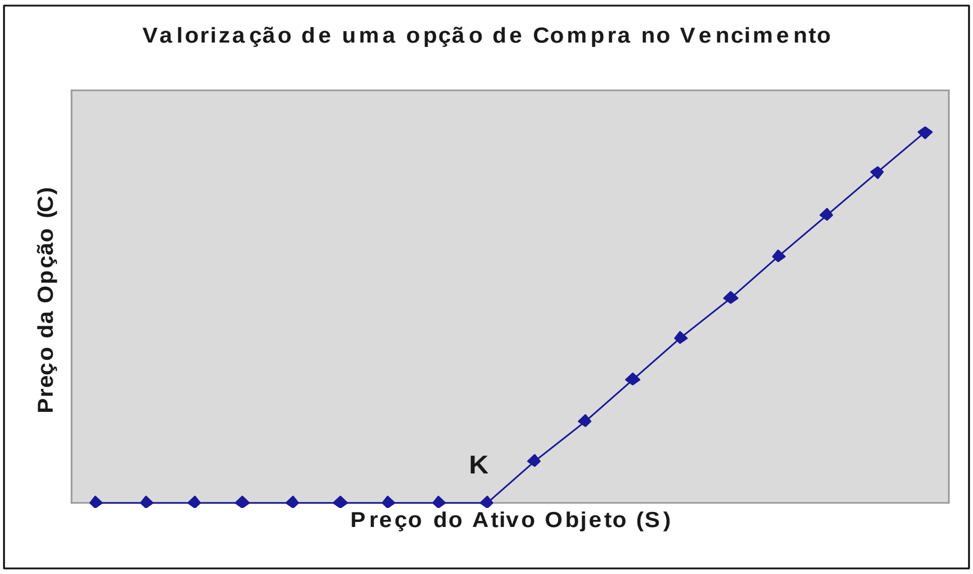

Figura 1 – Valorização de uma opção de compra no vencimento

Uma opção de venda (put) dá ao seu detentor o direito de vender o ativo objeto por um preço de exercício numa data futura. A função de remuneração da put, no vencimento, é dada pela equação:

$Pt = \max (K - St, 0)$

Onde:

Pt: Preço da opção de venda em T

T: Data do investimento

St: Preço do ativo objeto

K: Preço de exercício

A figura 2 mostra como valor da opção de venda varia em relação ao preço do ativo objeto na data de vencimento. Neste caso, a opção tem valor quando o preço do ativo objeto for menor do que o preço de exercício.

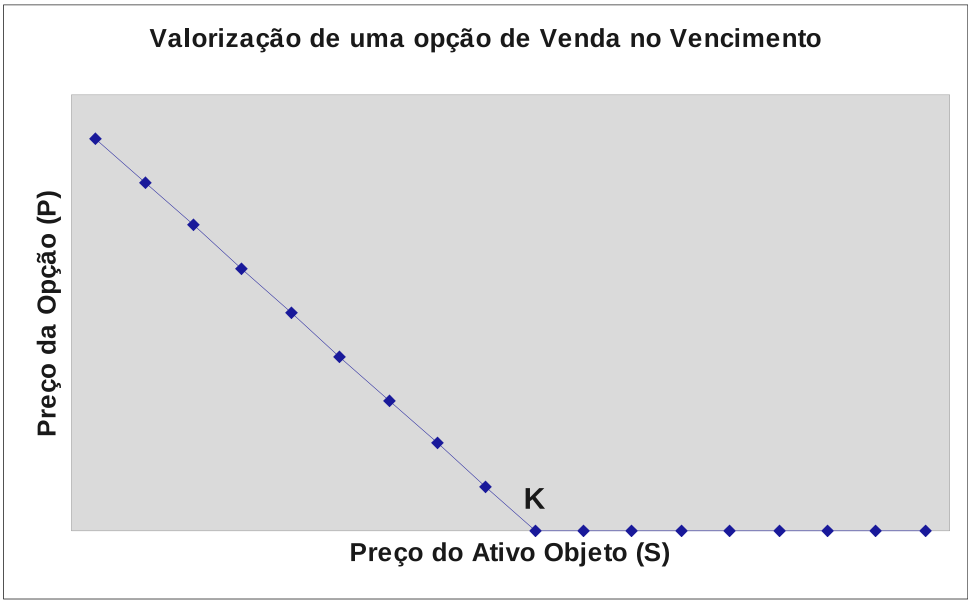

Figura 2 – Valorização de uma opção de venda no vencimento

O período no qual um contrato de opção pode ser exercido diferencia as opções em dois tipos. Uma opção européia somente pode ser exercida em um dia particular, ou seja, na data do exercício. Em contrapartida, uma opção americana pode ser exercida em qualquer data. Portanto, uma opção americana é no mínimo o valor de uma opção européia devido a flexibilidade de escolha da data de exercício ótima.

A principal diferença entre uma opção financeira e uma opção real é que opções reais são aplicadas para ativos reais. Um ativo real é usualmente tangível, como uma fábrica ou uma usina hidrelétrica, enquanto um ativo financeiro tipicamente consiste em ações, títulos, moedas, etc. Copeland e Antikarov (2002, p.13) afirmam que as opções reais se classificam pelo tipo de flexibilidade que oferecem:

"*Uma opção de diferimento é uma opção de compra americana encontrada na maioria dos projetos em que existe a possibilidade de adiar o início de um projeto. A opção de abandono de um projeto por um preço fixo (mesmo que esse preço decline com o tempo) é formalmente uma opção de venda americana. Também o é a opção de contratação (reduzir a dimensão) de um projeto, mediante a venda de uma fração do mesmo a um preço fixo. A opção de expansão de um projeto, pagando-se mais para aumentá-lo, é uma opção de compra americana. Opções de conversão são portfólios de opções de compra e venda americanas que permitem seu detentor trocar a um custo fixo entre dois modos de operação.*"

A tabela 1 apresenta uma analogia entre as opções financeiras e as opções reais:

Opção Financeira	Opção Real
Valor corrente da ação	Valor presente do fluxo de caixa futuro
Preço de exercício	Custo do investimento
Tempo de expiração	Tempo até que a oportunidade desapareça
Incerteza no valor da ação	Incerteza do projeto
Taxa de juros livre de risco	Taxa de juros livre de risco

Tabela 1 – Analogia entre opções financeiras e opções reais

Um dos desafios da teoria de análise de ativos reais como opções financeiras por gerentes de projetos, é a complexa metodologia matemática para valoração das opções.

2.4 Apreçamento de Opções (Modelo Black-Scholes)

Em 1973, Fischer Black e Myron Scholes desenvolveram um modelo para avaliação de opções de compra do tipo européia. Eles partiram do pressuposto que o preço de uma ação segue um processo estocástico conhecido como Movimento

Geométrico Browniano. Isso significa que se assume que a distribuição probabilística dos preços do ativo é uma lognormal, sendo assim, a distribuição probabilística das taxas de retorno entre duas datas é normal.

Seguem os principais pressupostos do modelo:

1) O preço dos ativos tem uma distribuição lognormal, com retorno do ativo (μ) e volatilidade do preço do ativo (σ) constantes;

2) A taxa de juros sem risco (r) é constante;

3) Não existem custos de transação, impostos ou margens, e todos os ativos são perfeitamente divisíveis;

4) O ativo objeto (ação) não paga dividendos ou qualquer outro rendimento durante a vida da opção;

5) Não existem oportunidades de arbitragem livre de risco (o princípio de não arbitragem é válido);

6) A negociação com o ativo é contínua (e não discreta) e o ativo é divisível; e

7) Vendas a descoberto são permitidas e pode-se tomar qualquer quantia a taxa de juros corrente.

Partindo das premissas adotadas, Black e Scholes chegaram a seguinte equação diferencial parcial:

$$\frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} + rS\frac{\partial C}{\partial S} + \frac{\partial C}{\partial t} - rC = 0 \qquad \text{Equação 2.1}$$

Ao ser resolvida a equação (2.1), foi encontrada a seguinte fórmula que calcula o preço de uma opção de compra do tipo Européia:

$$C = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2) \qquad \text{Equação 2.2}$$

Onde:

C = valor de uma opção européia

S = valor atual do ativo subjacente

N = quantidade do ativo subjacente

K = preço de exercício da opção

t = vida remanescente até o vencimento da opção

r = taxa de juros livre de risco correspondente à vida da opção

σ^2 = variância do logaritmo neperiano (ln) do valor do ativo subjacente

$$d_1 = \frac{ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)^t}{\sigma\sqrt{t}}$$ Equação 2.3

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$ Equação 2.4

Porém o modelo tinha como premissa a avaliação de opções européias, e surgiu a questão: como avaliar uma opção Americana que pode ser exercida antecipadamente? Por não existir solução analítica para a questão, então como alternativa foram utilizados métodos numéricos ou de aproximação para o problema. Brennan & Schwartz (1978) aplicaram métodos de diferença finita para resolver a equação diferencial parcial para uma opção americana e Longstaff & Schwartz (2001) resolveram através de simulação.

Cox, Ross & Rubinstein (1979) desenvolveram um processo discreto no tempo e binomial no espaço que pode ser utilizado para o cálculo de qualquer tipo de opção, conhecido como modelo binomial.

2.5 Modelo Binomial

O modelo binomial, desenvolvido por Cox, Ross e Rubinstein (1979), é o modelo visualmente mais simples e intuitivo para a avaliação do preço de opção. Devido à esta vantagem gráfica, que evita o rótulo de "caixa preta", algumas vezes atribuído à modelos matematicamente mais complexos, o modelo binomial tem sido também o modelo mais utilizado por praticantes que buscam nas opções uma forma de gerenciamento de seus investimentos em ativos reais.

A técnica do modelo baseia-se na construção de árvores binomiais que representam os diversos caminhos que podem ser seguidos pelo preço do ativo subjacente durante a vida da opção. A premissa básica adotada pelo modelo é a de não-arbitragem, ou seja, o mercado ajusta-se às eventuais oportunidades de arbitragem (retorno sem risco).

O modelo, ilustrado na figura 3, considera S o preço atual da ação e f o valor atual da opção sobre essa ação. A cada período, o preço (S) é multiplicado por uma variável aleatória, u ou d, e o preço se desloca para cima até Su com probabilidade p e para baixo, até Sd, com probabilidade $1-p$. Se o preço se move para Su, supomos que o payoff da opção é fu, e caso se desloque para Sd, consideramos fd o payoff da opção.

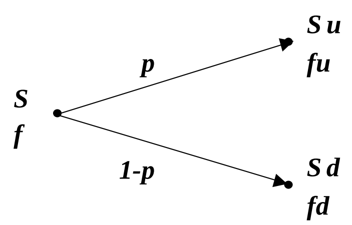

Figura 3 – Variação do preço da ação e da opção em uma árvore binomial

Hull (2002) generaliza o modelo binomial, a partir de um portfólio com Δ ativos, que o tornam livre de risco. Para tanto, os movimentos ascendentes e descendentes devem ser iguais, conforme equação 2.5.

$$Su\Delta - fu = Sd\Delta - fd \qquad \text{Equação 2.5}$$

ou

$$\Delta = \frac{fu - fd}{Su \text{ - } Sd}$$ Equação 2.6

Neste caso, o portfólio sem risco deve ser remunerado à taxa livre de risco (*r*), e o payoff esperado da opção no período t é definido conforme equação 2.7.

$$E(S_t) = pfu + (1 - p)fd$$ Equação 2.7

Na qual:

$$p = \frac{e^{rt} - d}{u \text{ - } d}$$ Equação 2.8

Ao definirmos *p* como a probabilidade de subida e 1-*p* a de descida, assumimos que o retorno do ativo equivale à taxa livre de risco. Dessa forma, a premissa básica adotada pelo modelo é a da avaliação neutra ao risco, isto é, o retorno esperado para os ativos é a taxa livre de risco, e ainda, os fluxos de caixa futuros podem ser descontados pela taxa livre de risco, desde que o ajuste ao risco seja efetuado nas probabilidades *p* e 1-*p*.

Os parâmetros *u* e *d* são definidos considerando a volatilidade *(σ*) do preço do ativo, em um determinado intervalo de tempo Δt. Assim, temos os seguintes valores para as variáveis aleatórias *u* e *d*:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$ Equação 2.9

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$ Equação 2.10

2.6 Decision Tree Analysis (DTA)

Ao mapear possíveis ações gerenciais, baseadas nos possíveis estados da natureza, as árvores de decisão (DTA) tentam capturar o valor da flexibilidade gerencial em instantes de decisão futuros. Esta modelagem, em tempo discreto, propõe a construção de uma árvore com nós de decisão, nos quais o executivo pode utilizar informações disponíveis naquele momento, para maximizar o valor do projeto.

Com DTA, algumas limitações do FCD podem ser superadas, já que o executivo pode exercer um gerenciamento ativo no projeto, afastando incertezas presentes no início do mesmo.

Entretanto, um aspecto relevante desta abordagem deve ser observado. A otimização que ocorre em cada instante futuro, representados pelos nós de decisão, altera os fluxos de caixa esperados, e conseqüentemente, os riscos associados ao projeto. Assim, quando a flexibilidade gerencial é considerada, o desvio padrão, é distinto daquele associado ao projeto sem flexibilidade. Portanto, a taxa ajustada ao risco aplicada à avaliação com flexibilidade, para determinação do valor do projeto com opções reais, não será a mesma utilizada como taxa de desconto do projeto sem flexibilidade gerencial.

Torna-se necessário então, determinar as taxas corretas de desconto. Uma solução para este problema é utilizar o método do portfólio replicante. Através do princípio de não-arbitragem o valor corrente do portfólio replicante deve ser igual ao valor do projeto. Considerando um valor para o projeto (*V*), o portfólio replicante de um período pode ser definido conforme figura 4:

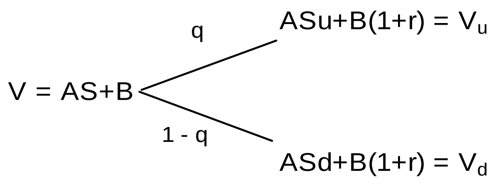

Figura 4 – Representação de um portfólio replicante

No qual:

A = quantidade de um ativo de mercado

S = preço do ativo de mercado *A*

B = valor investido num ativo livre de risco

r = juros pagos pelo ativo livre de risco

u = número maior que 1, refletindo um aumento no valor do projeto

$d = 1/u$ = número menor que 1, refletindo um decréscimo no valor do projeto

V_u = Valor assumido pelo projeto caso o valor do projeto aumente

V_d = Valor assumido pelo projeto caso o valor do projeto diminua

Para que este portfólio replicante represente o valor do projeto, os parâmetros A e B devem ser determinados. Desenvolvendo o sistema de equações, formado pelos possíveis valores assumidos pelo portfólio ao final do período, os valores de A e B são definidos conforme equações 2.11 e 2.12.

$$A = \frac{V_u - V_d}{S(u-d)} \qquad \text{Equação 2.11}$$

$$B = \frac{uV_d - dV_u}{(u-d)(1+r)} \qquad \text{Equação 2.12}$$

Se A e B representam a replicação do portfólio do projeto ao final de cada período, então sob a condição de não arbitragem, o valor presente de $AS+B$, deve corresponder a V, no instante inicial do mesmo.

Contudo, para cumprir o objetivo de ajustar o risco para o projeto, o exercício do portfólio replicante deve ser repetido a cada nó da árvore. Dessa forma, tal abordagem se torna muito complexa para modelagens com um número maior de períodos.

Convém ressaltar que a principal vantagem desta abordagem é não haver necessidade de se estimar a probabilidade q de um aumento no valor do projeto. Porém, caso o valor de q fosse conhecida, a taxa de desconto apropriada (W) ao projeto poderia ser obtida diretamente através da equação 2.13.

$$V = \frac{quV_u + (1-q)dV_d}{(1+W)} \qquad \text{Equação 2.13}$$

Como abordagem alternativa ao portfólio replicante, podemos também utilizar a abordagem da pobrabilidade neutra ao risco. Nesta abordagem, consideramos a taxa de desconto W igual à taxa r livre de risco, e podemos resolver a equação 2.13 através da probabilidade neutra ao risco p. Dessa forma, o ajuste ao risco do projeto passa a ser garantido pelas probabilidades de variação no preço do ativo, ao invés de pela taxa de risco ajustada.

Substituindo os valores de A e B já determinados, na relação V=AS+B, temos a seguinte equação resultante para o valor do projeto:

$$V = \frac{pV_u + (1-p)V_d}{(1+r)} \qquad \text{Equação 2.14}$$

Na qual a probabilidade neutra ao risco p é definida por:

$$p = \frac{(1+r-d)}{(u-d)} \qquad \text{Equação 2.15}$$

Em outras palavras, o valor presente da opção é igual aos retornos esperados, multiplicados pelas probabilidades que os ajustam a seus riscos. Assim, o numerador da equação 2.14 se torna um fluxo de caixa que pode ser descontado a uma taxa livre de risco.

As probabilidades neutras em relação ao risco não são as probabilidades objetivas que utilizamos ao estimar a probabilidade de um evento qualquer. São simplesmente uma conveniência matemática destinada a ajustar os fluxos de caixa, de modo que possam ser descontados a uma taxa livre de risco.

Esta abordagem alternativa possui uma grande vantagem em relação ao portfólio replicante. Como as probabilidades neutras em relação ao risco são uma função da taxa livre de risco e dos movimentos ascendentes e descendentes, *u* e *d*, elas permanecem constantes de nó para nó de decisão, enquanto que as taxas ajustadas ao risco variam. Dessa forma, sua implementação torna-se mais fácil do que a abordagem do portfólio replicante. Copeland e Antikarov (2002) provaram que as duas abordagens geram os mesmos resultados.

Adicionalmente, o Movimento Geométrico Browniano com volatilidade constante é a premissa mais adotada para o processo estocástico associado ao valor de um projeto, o que implica na constância dos valores de *p* e 1-*p* e em sua aplicação ao longo da árvore, na qual *A* e *B* são calculados a cada nó. Conforme já mencionado, os movimentos ascendentes e descendentes, *u* e *d*, da árvore de decisão podem ser calculados através das equações 2.9 e 2.10, nas quais σ é a volatilidade do projeto.

2.7 Movimento Geométrico Browniano

A abordagem proposta por Copeland e Antikarov (2002) pressupõe que as opções associadas a um projeto podem ser avaliadas pelos métodos tradicionais de avaliação de opções, ou seja, considerando neutralidade ao risco, somente se o valor do projeto varia, ao longo do tempo, seguindo um Movimento Geométrico Browniano.

Os autores se basearam no teorema de Samuelson (1965), que demonstrou que em um mercado eficiente, isto é, considerando que os investidores têm informações completas sobre os fluxos esperados de um ativo, os preços correntes deste ativo já refletem as informações disponíveis. Logo, possíveis variações da taxa de retorno deste ativo serão aleatórias, e portanto, têm distribuição normal.

Apoiando-se nas conclusões de Samuelson (1965), e no estudo de Copeland e Antikarov (2002), assumimos que o valor do projeto varia, ao longo do tempo, seguindo um MGB. Para ilustrar esse movimento em tempo discreto, o retorno do projeto *Z*, entre os períodos 0 e 1, será então:

$$Z = \frac{V_1}{\overline{V}_0} - 1 \qquad \text{Equação 2.16}$$

Em tempo contínuo, o retorno do projeto será:

$$Z = \ln\left(\frac{V_1}{\overline{V}_0}\right) \qquad \text{Equação 2.17}$$

onde $\overline{V}_0$ é o Valor Presente do projeto obtido no cenário determinístico, V_1 é a variável estocástica do valor do projeto daqui a um ano, que incorpora o fluxo de caixa C_1 do projeto no ano 1.

A média e a variância da distribuição normal podem ser determinadas como z e σ^2, respectivamente.

Dessa forma, podemos considerar que se o retorno do projeto tem distribuição normal, logo, o processo estocástico do valor do projeto segue um MGB, isto é, o valor projeto tem uma distribuição lognormal. Assim, mudanças em V_1 podem ser modeladas na forma:

$$dV = \mu V dt + \sigma V dw \qquad \text{Equação 2.18}$$

Na qual:

$$\mu = z + \frac{1}{2}\sigma^2 \qquad \text{Equação 2.19}$$

e dw é o processo de Wiener padrão, conforme definido abaixo:

$$dw = \varepsilon\sqrt{dt} \qquad \text{Equação 2.20}$$

A aplicação desta premissa decorre da validade de que o valor presente de um projeto é a melhor aproximação de seu valor de mercado (Copeland e Antikarov 2002). Dessa forma, é possível tratar o projeto como um ativo negociado em mercado e se utilizar do teorema de Samuelson para considerar este mercado eficiente, e portanto definir que as variações de valor do ativo real seguirão um MGB.

Esta premissa é muito importante para análise de projetos que envolvam muitas variáveis, uma vez que permite a combinação de diversas incertezas em apenas uma única representativa: a incerteza associada ao processo estocástico do valor do projeto.

Por outro lado, em todos os modelos de opções, a determinação correta da volatilidade do projeto é de fundamental importância uma vez que o valor da opção está diretamente relacionado com a volatilidade do ativo básico.

Sendo assim, outra questão é que método devemos utilizar para a apuração da volatilidade vinculada ao ativo subjacente da opção. Uma alternativa é a utilização da Simulação de Monte Carlo.

2.8 Simulação de Monte Carlo

Nome inspirado no jogo de roleta do cassino de Monte Carlo, um dos primeiros estudos envolvendo a Simulação de Monte Carlo na avaliação de investimentos data de 1964 com a publicação do artigo “Risk Analysis in Capital Investments” por David B. Hertz (1964).

Resumidamente, a Simulação de Monte Carlo é baseada na geração de números aleatórios, os quais são utilizados como parâmetros de entrada para se extrair valores de uma distribuição acumulada de uma variável qualquer, como receitas, custos ou investimentos.

A Simulação de Monte Carlo é uma técnica de análise de risco onde se utiliza um software para simular prováveis eventos futuros (Brigham, Gapenski e Ehrhardt, 2001).

Inicialmente deve-se criar uma tabela de distribuição de probabilidades das variáveis que serão simuladas. Em seguida o software de simulação gera um número aleatório para cada variável simulada, buscando na tabela feita inicialmente qual valor da variável corresponde ao número aleatório gerado. Dessa forma obtém-se um primeiro cenário de variáveis que é utilizado para encontrar um primeiro valor presente esperado do investimento. São feitas várias simulações e no final são obtidos: o valor presente esperado médio e o desvio padrão do valor presente.

A Simulação de Monte Carlo pode ser realizada através de softwares específicos como o @RISK, da Palisade, o Crystal Ball 2000, da Decisioneering.

Na Figura 5 temos uma representação gráfica de uma avaliação de investimento de capital envolvendo uma Simulação de Monte Carlo.

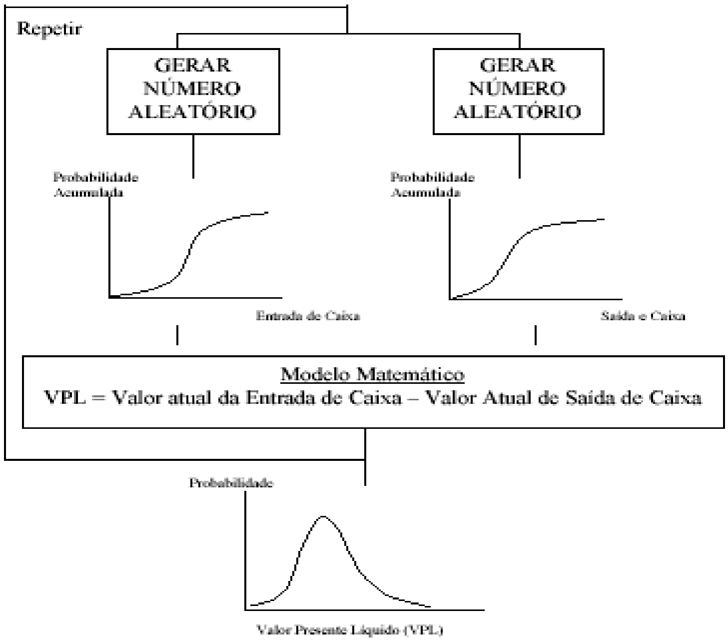

Figura 5 – Representação da Simulação de Monte Carlo para valor presente líquido

2.9 Tipos de Opções Reais

Conforme Copeland (2002), baseados nos trabalhos de Trigeorgis (1996), podemos classificar as opções sobre investimentos em cinco categorias mutuamente exclusivas, porém reconhecidas pelo próprio autor como não exaustivas. São identificados os seguintes tipos de opções:

Opção de Abandonar: a opção de abandonar ou vender um projeto é formalmente equivalente a uma opção americana de venda. Caso ocorra um resultado ruim após algum tempo, o tomador de decisão pode decidir abandonar o projeto e realizar o valor de liquidação esperado. Desta forma, o valor esperado de liquidação, ou revenda, do projeto pode ser estendido como o preço de exercício da opção de venda. Quando o valor presente do ativo cai abaixo do valor de liquidação, o ato de abandonar, ou vender, o projeto é equivalente ao exercício da opção de compra. Em razão do valor de liquidação do projeto situar-se em uma faixa de valor inferior ao valor do projeto, a opção de liquidar tem sua devida significância. Um projeto que pode ser liquidado é portanto mais valioso que o mesmo projeto sem a possibilidade de abandono.

Opção de adiar o desenvolvimento: a opção de adiar um gasto com investimentos para desenvolver um empreendimento é formalmente equivalente a uma opção americana de compra. O custo de desenvolvimento esperado pode ser interpretado como o preço de exercício da opção. O resultado líquido operacional menos a depreciação do ativo desenvolvido é o custo de oportunidade incorrido pelo adiamento do investimento. Se este custo de oportunidade for muito alto, o tomador de decisão pode desejar exercer a opção de desenvolver o projeto antes do previsto. Pelo fato de a opção de postergar um investimento proporcionar o direito, e não a obrigação de investir para desenvolver o empreendimento, um projeto que pode ser adiado vale mais do que um projeto sem a flexibilidade de adiar o desenvolvimento.

Opção de expandir: a opção de expandir a escala de operação de um projeto é formalmente equivalente a uma opção de compra americana. Como a opção de expandir concede o direito, mas não a obrigação de fazer investimentos adicionais subseqüentes se as condições do projeto forem favoráveis, um projeto que pode ser expandido vale mais do que o mesmo projeto sem a flexibilidade de expansão.

Opção de contratar: a opção de contratar a escala de um projeto é formalmente equivalente a uma opção de venda americana. Muitos projetos podem ser planejados de forma a possibilitar a contratação futura de produção, como acontece por exemplo, nos leilões de longo prazo de geração de energia.

Estes gastos futuros são equivalentes ao preço de exercício da opção de venda. A opção de contratar pode conceder o direito de reduzir a escala de operação se as condições de produção passarem a ser desfavoráveis ou também de substituir o tipo de produto vendido caso o preço também esteja desfavorável, sendo assim, um projeto que pode ser contratado pode valer mais do que o mesmo projeto sem a flexibilidade de contratar. Como exemplo no mercado de geração de energia, caso os preços dos contratos de curto prazo possuam volatilidade muito superior que a dos contratos de longo prazo, a opção de operar com contratos de curto prazo ao invés de apenas por contratos de longo prazo também pode gerar valor ao projeto.

Opção de alternância: a opção de alternar operações de um projeto é de fato uma carteira de opções que consiste tanto em opções de compra quanto de venda. Por exemplo, reiniciar uma operação quando um projeto está temporariamente suspenso, equivale a uma opção americana de compra. Similarmente, encerrar as operações quando condições desfavoráveis surgem é equivalente a uma opção americana de venda. O custo de reiniciar, ou encerrar, operações pode ser visto como o preço de exercício da opção. Um projeto cuja as operações podem ser dinamicamente interrompidas e reiniciadas vale mais do que um projeto que exija continuidade ininterrupta.

Copeland e Antikarov (2002) definem também as opções compostas. Quando uma empresa decide construir uma nova unidade produtiva, esta pode ser construída em etapas. Existe então a opção de parar ou adiar a construção ao fim de cada etapa. Desta maneira, cada etapa é uma opção contingente ao exercício anterior de outras opções.