

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

Tarso Padua Dutra

Opções reais – uma aplicação em bolsa de valores

**Porto Alegre
2006**

Tarso Padua Dutra

Opções reais – uma aplicação em bolsa de valores

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia, modalidade profissionalizante, com ênfase em Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto de Oliveira Kloeckner

**Porto Alegre
2006**

Tarso Padua Dutra

Opções reais – uma aplicação em bolsa de valores

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia, modalidade profissionalizante, com ênfase em Economia Aplicada.

Conceito final: "A"
Aprovado em 06 de novembro de 2006.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ronald Otto Hillbrecht – UFRGS

Prof. Dr. Paulo Schmidt – UFRGS

Prof. Dr. Oscar Claudino Galli – UFRGS

Orientador: Prof. Dr. Gilberto de Oliveira Kloeckner – UFRGS / FCE

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Gilberto Kloeckner por ter me incentivado a participar do Programa de Mestrado e ter sido meu orientador na elaboração deste trabalho com paciência, dedicação e grande saber acadêmico.

Agradeço à Ana Beatriz Davi, minha namorada, por seu apoio, auxílio em traduções e companheirismo neste período de estudos e elaboração desta dissertação.

Aos meus filhos, Vinicius e Lisiane, que me apoiaram e incentivaram a realizar o mestrado e por terem convivido com minha ausência neste período.

Aos meus colegas da Solidus por suas contribuições e auxílios na pesquisa.

"[...] busca pela busca. Mas um buscar consciente da felicidade que produz esse esforço por encontrar; com encontros que constituem tão somente novas plataformas para novas buscas [...]".

Anísio Teixeira

RESUMO

A análise de Opções Reais é uma técnica que oferece vantagens sobre o tradicional método de Fluxo de Caixa Descontado (FCD) como ferramenta para determinar uma avaliação de projeto. Embora a análise de opções use algumas destas mesmas variáveis aplicadas na técnica de FCD, ela requer uma variável adicional, a volatilidade dos retornos previstos do projeto, que é notoriamente difícil de estimar-se com segurança. A técnica de análise por Opções Reais explora a geração de valor advindo da incerteza e da volatilidade, ampliando os conceitos de flexibilidade gerencial na tomada de decisões estratégicas e de administração de portfólio. Este trabalho revisa a natureza e limitação potencial destes modelos em ambiente de grande incerteza e volatilidade, e fornece as recomendações concernentes ao uso apropriado das estimativas resultantes destes métodos.

Palavras chave: Opções Reais. Volatilidade.

ABSTRACT

The Real Options analysis is a technique, which offers advantages over the traditional Discount Cash Flow (DCF) method as a tool to determine a project valuation. Although the analysis of Real Options uses some of the same variables already present in the DCF technique, it requires an additional variable: the volatility of return foreseen in the project, which is notoriously difficult to estimate safely. The Real Options analysis technique explores value being generated from uncertainty and volatility, thus widening the concepts of managerial flexibility in strategic decision-making and in the portfolios administration. This dissertation aims at revising the nature and potential limitation of these models in an environment of great uncertainty and volatility, applying recommendations concerning the appropriate use of estimates resulting from these methods.

Key words: Real Options. Volatility.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Fronteira Eficiente.....	34
Gráfico 2 - Opção de Compra	41
Gráfico 3 - Opção de Venda	42
Gráfico 4 - Gráfico dos valores métricos das Opções	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das opções quanto à probabilidade de exercício	40
Quadro 2 – Analogia entre Opções Reais e Financeiras.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo do Cálculo da Volatilidade – etapa 1	65
Tabela 2 - Exemplo do Cálculo da Volatilidade – etapa 2	66
Tabela 3 - Exemplo do Cálculo da Volatilidade – etapa 3	67
Tabela 4 - Volatilidades e Beta do Ibovespa e Algumas Ações Brasileiras	72
Tabela 5 - Estatísticas de Seis Projetos Independentes	78

LISTA DE ABREVIATURAS

APT	Arbitrage Pricing Theory
BM&F	Bolsa de Mercadorias e Futuros
CALL	Opção de Compra
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CBOE	Chicago Board Options
DCF	Discount Cash Flow
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
IR	Índice de Rentabilidade
MAD	Market Asset Disclaimer
PUT	Opção de Venda
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMRC	Taxa Média de Retorno Contábil
VPL	Valor Presente Líquido
WACC	Weighted Average Cost of Capital

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	DEFINIÇÃO DO TEMA DE PESQUISA	16
1.2	JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA	17
1.3	OBJETIVOS	18
1.3.1	Objetivo Geral	18
1.3.2	Objetivos Específicos	18
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
2	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO	20
2.1	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO TRADICIONAIS	20
2.1.1	Taxa Média de Retorno Contábil (TMRC)	20
2.1.2	Regra do <i>Payback</i>	22
2.1.3	Índice de Rentabilidade (IR)	22
2.1.4	Taxa Interna de Retorno (TIR)	23
2.1.5	Valor Presente Líquido (VPL)	24
2.2	MODELOS DE AVALIAÇÃO COM RISCO	25
2.2.1	Modelos de Fluxo de Caixa Descontado (FCD)	26
2.2.2	Taxa de Desconto Ajustada	27
2.2.3	Custo Médio Ponderado de Capital (WACC)	27
2.2.4	Modelo de Dividendos Descontados	29
2.2.5	Precificação de Ativos Financeiros (CAPM)	31
2.2.6	Arbitrage Pricing Theory (APT)	35
3	OPÇÕES REAIS COMO MÉTODO DE AVALIAÇÃO	37
3.1	HISTÓRICO	37
3.2	OPÇÕES FINANCEIRAS	39
3.3	FORMAÇÃO DO PREÇO DAS OPÇÕES	41
3.4	MODELO BINOMIAL	43
3.5	AVALIAÇÃO NEUTRA DE RISCO	45
3.6	O MODELO <i>BLACK E SCHOLES</i>	48
3.7	O MÉTODO DE MONTE CARLO	49
3.8	PROCESSO DE <i>MARKOV</i>	51
3.9	PROCESSO DE <i>WIENER</i>	51
3.10	ANALOGIA ENTRE OPÇÕES REAIS E FINANCEIRAS	52

4	PRINCIPAIS TIPOS DE OPÇÕES REAIS	57
4.1	OPÇÃO DE ESPERAR (DIFERIR) OU “TIMING” DE INVESTIMENTO.....	57
4.2	OPÇÃO DE ABANDONAR.....	57
4.3	OPÇÃO DE EXPANDIR.....	58
4.4	OPÇÃO DE CONTRAIR.....	59
4.5	OPÇÃO DE MUDAR.....	59
5	USO DE OPÇÕES REAIS EM PORTFOLIO DE AÇÕES NEGOCIADAS EM BOLSA DE VALORES	61
5.1	INTRODUÇÃO.....	61
5.2	A AVALIAÇÃO DA OPÇÃO DE COMPRA (CALL), VENDA (PUT) E OPÇÕES REAIS.....	63
5.3	MÉTODOS DE ANÁLISE.....	64
5.3.1	Aproximação Logarítmica dos Retornos do Fluxo de Caixa	64
5.3.2	Analisando pelo método de Monte-Carlo	67
5.3.3	Administrando Estimativas	68
5.3.4	Títulos Gêmeos	69
5.3.5	Volatilidade implícita	70
5.3.6	Volatilidade implícita para Análise de Opções Reais	72
5.4	ESTRATÉGIAS DE TOMADA DE DECISÕES EM OPÇÕES REAIS E ANALOGIA COM.....	73
6	CONCLUSÕES	82
	REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

A eficiência dos métodos tradicionais de análise de investimentos como o fluxo de caixa descontado (FCD), entre os quais, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), vem sendo amplamente questionada. De acordo com Brealey e Myers (1998), o VPL trata os investimentos como se fossem “caixas pretas”, as quais produziram **fluxos de caixa** sem qualquer intervenção. Ou seja, o VPL assume um envolvimento passivo do administrador face a uma determinada estratégia operacional.

Assim, o administrador não tomaria decisões durante a vida do projeto, mas teria apenas que seguir a estratégia previamente estabelecida.

A abordagem do VPL não consegue modelar explicitamente as incertezas que os fluxos de caixa de um investimento podem apresentar (apenas descontam-se os fluxos de caixa esperados). Porém, na prática diária, existem muitos caminhos para a realização dos fluxos de caixa, desde o início do projeto até a sua conclusão, que o VPL não consegue mapear, pois está restrito a um compromisso antecipado, que somente utiliza as informações disponíveis hoje (COPELAND; ANTIKAROV, 2001).

Para Bodie e Merton (2001), as ferramentas tradicionais de análise de investimento ignoram uma característica relevante de muitos projetos de investimento: a habilidade dos administradores em **retardar o início** de um projeto ou, uma vez iniciado, **expandi-lo** ou **abandoná-lo**. A falta de estimativa dessas opções fará com que o analista, ao avaliar um projeto, subestime seu VPL.

Existe um conjunto de dificuldades que o VPL apresenta, porém aquela que constitui a maior barreira a ser ultrapassada prende-se às ligações que se poderão estabelecer entre os investimentos atuais e as oportunidades futuras (MYERS, 1987). Para o autor, esta dificuldade deriva do fato de que essas oportunidades são opções e o VPL não consegue capturar o seu valor.

Quando a flexibilidade é incorporada ao projeto, o seu valor poderá ser incrementado e provavelmente sua possibilidade de aceitação aumentará, caso este valor não seja mensurado como no VPL, contribuirá para elevar sua probabilidade de rejeição (KEMNA, 1993).

Considerando que as técnicas convencionais, que utilizam o Fluxo de Caixa Descontado (FCD), como método de análise para a tomada de decisão em investimentos, apresenta limitações quando se defrontam com a incerteza e a flexibilidade administrativa na avaliação de projetos, uma abordagem alternativa vem sendo aplicada nos últimos anos, é a, assim chamada, **teoria das opções reais**. Esta teoria quando aplicada a projetos com intangíveis associados, tenta superar as limitações dos critérios convencionais e a falta de disciplina analítica que caracteriza a avaliação qualitativa, englobando a função empresarial na tomada de decisões, integrando finanças e estratégias de negócios (SAMANEZ, 1994).

O princípio deste método é considerar uma oportunidade de investimento como uma opção financeira, ou seja existe o direito de realizar o investimento em uma data futura, mas não a obrigação. Assim sendo, um projeto pode ser estruturado como uma seqüência de decisões administrativas ou **opções reais** ao longo do tempo.

O trabalho pretende analisar os aspectos teóricos relacionados a essa nova abordagem para análise de projetos de investimentos, examinar suas potencialidades de uso e suas limitações. Investiga ainda, os conceitos de: início, abandono e expansão de projetos utilizados na teoria de opções reais, para a formação de portfólio de ações bursáteis como um projeto de investimentos.

Portanto, a avaliação de opções financeiras parte da possibilidade de criação de uma carteira de ativos (dinamicamente gerida) a qual, em todos os momentos, deverá ter um comportamento igual ao da opção. Por exemplo, uma opção de compra pode ser replicada por meio da combinação de uma posição curta em opções de compra e de uma posição longa numa determinada quantidade de ativo subjacente, ou ainda numa carteira de ativos com eles perfeitamente correlacionados, e a contração de um empréstimo à taxa de juro sem risco.

Assim, dado que esta carteira e a opção terão exatamente os mesmos resultados futuros, ambos deverão ter o mesmo preço; caso contrário, haverá possibilidade de arbitragem (PEREIRA; ARMADA, 2000). Logo, pode-se argumentar que o valor da opção corresponderá ao custo de construir uma carteira equivalente, que replique as rentabilidades futuras da opção.

Tal como nas opções financeiras, a possibilidade de criação de uma carteira (dinamicamente gerida) que replique o comportamento da opção real faz com que, na ausência de oportunidades de arbitragem, o valor desta opção deva ser igual ao valor dessa carteira. Assim, uma vez que também a avaliação de opções reais se baseia em argumentos de equilíbrio por arbitragem, torna-se vital saber se existe, ou não, possibilidade de criação da referida carteira. De fato, conforme Dixit e Pindyck (1994), basta que, - ao menos na teoria -, exista um ativo (ou carteira de ativos), transacionado nos mercados financeiros, que seja perfeitamente correlacionado com o valor do projeto, ou ativo objeto, o que deverá acontecer em mercados completos (um mercado é completo quando existem ativos suficientes para reproduzir a remuneração de um título derivativo). No mercado brasileiro existem opções financeiras em bolsa, para somente poucas ações. Em tal contexto a teoria de opções reais poderá contribuir para formação de portfólio nas demais ações.

1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA DE PESQUISA

A pesquisa aqui desenvolvida pretende mostrar a analogia entre Opções Reais e Opções Financeiras e ainda analisar o uso da técnica do Fluxo de Caixa Descontado-(FCD), para tomada de decisão de investimento, demonstrando que o FCD não contempla todas as variáveis advindas durante a implantação de um projeto. Será também mostrada a semelhança entre as variáveis que afetam os valores de um projeto e de um investimento em bolsa de valores, tais como: taxa de juros, taxa de câmbio, oferta de crédito e regulação econômica.

Ao que tudo indica, Myers (1977) foi o primeiro a defender que uma oportunidade de investimento deveria ser vista como uma opção. Uma opção real pode ser vista como um direito, mas não a obrigação, de empreender uma ação (adiar, expandir, abandonar, contrair). É desta forma que será abordada a formatação de um método para a tomada de decisão de investir em bolsa de valores.

A questão fundamental para os investidores é saber qual o **timing** mais adequado para a realização da opção de investir, expandir ou abandonar sua posição. De um lado, o impacto da incerteza no valor da opção de investir, que poderá levar os investidores a adiarem o investimento; do outro, o impacto da existência de outros investidores que podem se antecipar na compra de ações.

1.2 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA

Nos últimos anos, iniciou-se um questionamento dos métodos de análise de investimento considerados tradicionais, como Fluxo de Caixa Descontado (FCD).

A justificativa comum nesse debate é que as aplicações das regras tradicionais podem levar a decisões de investimento equivocadas.

O presente trabalho visa analisar estes métodos à luz da conjuntura de grande incerteza que cerca as decisões de investimento em ambientes caracterizados por alta volatilidade, no caso Bolsa de Valores, como também apresentar o método de opções reais como possível alternativa à tomada de decisões para investimentos bursáteis no mercado brasileiro, procurando responder às seguintes questões de pesquisa:

- a) Quais as características principais da teoria de **opções reais** para análise de investimentos? Quais as suas limitações?
- b) Como o modelo de avaliação com base em **opções reais** poderia favorecer a análise e a decisão de investimento em ambiente de alta volatilidade como a Bolsa de Valores;

c) Exame da **teoria de opções reais** como alternativa a modelos de análise de ações como *Black-Scholes*, *Market Asset Disclaimer (MAD)* e Abordagem da Carteira Equivalente em ambiente de mercado não completo como o brasileiro.

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos estão desdobrados em; **Objetivo Geral** e **Objetivos Específicos**, conforme segue:

1.3.1 Objetivo Geral

O trabalho tem por objetivo geral analisar o método de avaliação de investimentos em ativos reais e bursáteis com base na teoria de precificação de **opções (opções reais)**, suas características, limitações e aplicações em ambiente de Bolsa de Valores e mercados caracterizados por alta volatilidade.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Estudar os principais métodos de avaliação de investimentos existentes, analisando-os sob a ótica da incerteza;
- b) Apresentar os conceitos de opções financeiras e as teorias de precificação de opções mais utilizadas;
- c) Apresentar a teoria de opções reais como método de avaliação de investimentos;

- d) Apresentar os principais tipos de opções reais existentes;
- e) Exemplificar, através de um exercício teórico, o método de opções reais em ambiente de grande volatilidade e incerteza como o mercado de Bolsa de Valores.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho busca fazer uma revisão bibliográfica, apresentando os fundamentos e o contexto atual de utilização da teoria de precificação de opções para análise de projetos de investimento.

A pesquisa inicia-se com a revisão bibliográfica das diversas teorias utilizadas para a avaliação de projetos de investimento, visando apresentá-las desde sua forma mais básica até os principais métodos mais sofisticados e recentes, cujo escopo incorpora conceitos como o do valor do dinheiro no tempo e de risco.

2 METODOS DE AVALIAÇÃO

Este capítulo está organizado em duas etapas:

- A primeira mostra um conjunto de técnicas de análise de uma forma básica, que não levam em conta risco ou incertezas, pois se baseiam em dados contábeis ou taxas de juros pré-estabelecidos de forma constante ao longo das avaliações do investimento;
- A segunda parte mostra algumas técnicas que levam em consideração o risco e as incertezas que podem ocorrer ao longo da vida de um projeto, mostrando abordagens probabilísticas que podem tornar as decisões mais flexíveis na sua implantação.

2.1 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO TRADICIONAIS

Esta primeira etapa irá discorrer sobre os seguintes modelos:

- Taxa Média de Retorno Contábil;
- Período de Payback;
- Índice de Lucratividade;
- Taxa Interna de Retorno;
- Valor Presente Líquido.

2.1.1 Taxa Média de Retorno Contábil (TMRC)

Este é um método tradicional para avaliação de negócios. Basicamente é a razão entre o lucro médio contábil e o valor contábil realizado em um projeto. Com

base nesta regra, um projeto é aceito se o seu retorno médio contábil for maior do que a meta estipulada. Não existe um critério de como estipular a meta com objetividade. A técnica é falha ao não considerar o valor do dinheiro no tempo e ao considerar o lucro contábil nos fluxos de caixa do investimento como base de mensuração. O conceito de lucro contábil não evidencia qual o potencial de valorização de determinada empresa. Exatamente por não evidenciar o real valor de uma empresa, Rappaport, (1996) e Copeland, Koller e Murrin (1995), fazem as seguintes críticas a este método:

- métodos alternativos contábeis podem ser empregados;
- requerimentos de investimentos são excluídos;
- valor do dinheiro no tempo é ignorado;
- distorção provocada pela inflação;
- efeitos de sazonalidade;
- efeitos de itens extraordinários e não recorrentes (normalização dos lucros).

As demonstrações contábeis devem ser ajustadas para aproximar-se do que seria o valor econômico da empresa. Ajustes sobre itens como: depreciação, estoques, ativos intangíveis e outros itens patrimoniais.

A Taxa Média de Retorno Contábil pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$TMRC = \frac{\textit{Lucros Líquidos Anuais Futuros Médios}}{\textit{Investimento Inicial Médio}}$$

Apesar de fácil de entender, a taxa média de retorno contábil possui diversas falhas, como por exemplo, utilizar relatórios contábeis normalmente baseados em valores históricos que não refletem o justo valor de mercado de alguns ativos, e não sendo por isso mesmo recomendada para a análise de investimentos.

2.1.2 Regra do *Payback*

A regra do *payback* indica o tempo necessário para recuperar os investimentos iniciais, geralmente expresso em anos. Ou seja, é o prazo no qual a soma dos fluxos de caixa de um investimento iguala seu custo. A regra do *payback* consiste em aceitar investimentos que tenham período de *payback* inferior ao seu máximo pré-estabelecido.

A regra do *payback* é uma forma simples e rápida de se avaliar um investimento; por isto tornou-se conhecida e utilizada, mas é considerada uma análise deficiente por não levar em conta o valor do dinheiro no tempo, ignorar o risco e as entradas e saídas de caixa após o período de recuperação do investimento inicial. A regra tende a favorecer investimentos que liberem caixa mais rapidamente. Para amenizar tais deficiências seria aconselhado utilizar o método do *payback* ajustado, que leva em conta o espaço de tempo entre o início do projeto e o momento quando os fluxos de caixa, trazidos a valor presente, tornam-se positivos. Como precauções deve-se considerar a não utilização de uma taxa de juros inferior à utilizada no mercado financeiro como remuneração do capital e ainda não estabelecer uma taxa de desconto muito elevada para trazer o fluxo de caixa ao valor presente líquido de forma que o projeto possa se tornar inviável.

2.1.3 Índice de Rentabilidade (IR)

De acordo com Ross (2000), o Índice de Rentabilidade expressa a razão entre o valor presente dos fluxos de caixa futuros e o seu custo inicial, através da seguinte fórmula:

$$IR = \frac{\textit{Valor Presente do Fluxo de Caixa}}{\textit{Investimento Inicial}}$$

O Índice de Rentabilidade também é conhecido pelo nome de índice quociente benefício / custo.

O IR será maior que 1 no caso de investimentos com Valor Presente Líquido positivo: portanto devem ser aceitos. Quando o IR for, por exemplo, 1,10 significa que cada unidade monetária investida rende 1,10 vezes o valor inicial. É um método simples de ser compreendido, mas não permite visualizar investimentos de magnitudes diferentes, já que é relativo. Deve-se ainda tomar precauções quanto à taxa de desconto que será utilizada para o cálculo do valor presente dos fluxos de caixa.

2.1.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é uma taxa de desconto que iguala o Valor Presente Líquido (VPL) dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial. Assim, ela representa o retorno percentual do fluxo de caixa descontado. A regra da TIR consiste em aceitar projetos onde a TIR é maior do que a taxa de retorno pré-estabelecida. Desse modo a TIR deve ser superior ao menor custo de oportunidade que um projeto pode aceitar.

A TIR está ligada ao VPL, e leva exatamente à mesma decisão no caso de projetos convencionais e independentes. Porém, no caso dos fluxos de caixa do projeto não serem convencionais, pode existir mais de uma e teremos, Taxas Múltiplas de Retorno. Nestes casos, a difícil decisão de qual taxa deve ser utilizada na comparação com a taxa mínima pré-estabelecida torna o método pouco confiável. Além disso, a TIR não pode ser utilizada para classificar projetos mutuamente excludentes, uma situação na qual, aceitar um investimento impede que se aceite outro. Neste caso, o projeto com a TIR mais alta não é necessariamente o investimento preferível, dependendo muitas vezes do perfil do fluxo de caixa futuro do projeto.

2.1.5 Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido de um investimento é a diferença entre o valor presente das entradas e saídas de caixa presentes e futuras, descontadas à taxa de juros definida (taxa de desconto).

O cálculo do VPL pode ser representado pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} - I$$

Onde:

r = taxa de desconto

C_t = é o fluxo de caixa líquido para o período t

I = investimento inicial

T = número de períodos do projeto

Ao contrário da taxa média de retorno contábil, o método do VPL usa fluxos de caixa, ao invés de lucros líquidos, incluindo a depreciação como fonte de recursos, e ainda, reconhece o valor do dinheiro no tempo. Esta característica torna a abordagem do VPL consistente com a teoria financeira moderna.

Ao aceitar projetos com VPL positivos, a empresa também aumentará o seu valor (visando à maximização da riqueza do acionista) e não correrá o risco de aceitar um projeto com retorno negativo no qual existam múltiplas taxas internas de retorno.

Na comparação entre dois projetos de investimento, o método do VPL permite que seja encontrada uma taxa de desconto ajustada ao risco de cada projeto, eliminando o problema de comparação entre projetos com diferentes riscos. Na escolha entre dois projetos mutuamente excludentes, nos quais diferentes taxas de desconto podem inverter a ordem de preferência entre os

projetos, o método do VPL é sempre o mais indicado, pois evita que decisões erradas sejam tomadas com base na TIR individual dos projetos.

Uma variável importante a ser considerada no uso do VPL é a escolha da taxa de desconto que será utilizada. Esta taxa deve levar em conta o nível de risco e duração do projeto bem como a taxa de juros como custo de oportunidade e a inflação. Ao usar o VPL devemos assumir que o fluxo de caixa futuro utilizado foi realizado com premissas que se manterão estáticas durante todo o tempo do projeto.

Na verdade sabemos que quanto mais longa no tempo for a duração do projeto, maiores serão as incertezas e mais impreciso será o fluxo de caixa previsto. É praticamente impossível prever com exatidão vendas futuras e custos em geral, taxas de juros, políticas governamentais, aspectos climáticos, mudanças demográficas, gosto dos consumidores, novas tecnologias e políticas internacionais. Assim, no VPL erros de previsão de fluxos de caixa podem levar à aceitação de um projeto que deveria ser rejeitado e vice-versa. O método do VPL também assume que a taxa de desconto a ser adotada é a mesma durante todo o projeto, o que não é realista. Esta é uma situação semelhante à que ocorre nos métodos da TIR e do *payback* ajustado, que partem do mesmo pressuposto básico.

2.2 MODELOS DE AVALIAÇÃO COM RISCO

Nos métodos apresentados até aqui, inclusive na abordagem do VPL, as alternativas de investimento são mostradas em sua forma básica, sem o ajuste ao risco, com base na premissa de que os valores de fluxo de caixa projetados são absolutamente precisos, sem qualquer possibilidade de erros, e nem de mudança de planos durante a vida do projeto.

Nesta seção apresentam-se as relações entre custo de capital, investimento e risco dividindo em três categorias principais:

- métodos que se enquadram no conceito genérico do fluxo de caixa descontado, acrescentando à análise do valor presente líquido o conceito de risco;
- métodos que buscam o conceito de resultado econômico através do valor econômico residual em uma abordagem de gestão;
- avaliação de investimentos através de abordagens probabilísticas que analisam as incertezas e propõem soluções matemáticas a fim de acrescentar à flexibilidade gerencial a possibilidade de decisões futuras.

2.2.1 Modelos de Fluxo de Caixa Descontado (FCD)

São modelos que usam a regra do Valor Presente Líquido (VPL), ou seja, consideram o valor do dinheiro no tempo, onde os fluxos de caixa futuros de um investimento são descontados a uma taxa estabelecida. Os métodos que utilizam o FCD (TIR, VPL e Índice de Lucratividade) são superiores aos métodos que não utilizam este conceito (Taxa média de retorno contábil e *Payback* simples), pois incorporam a idéia de que é importante saber o momento exato em que ocorrerá uma entrada ou saída de caixa. O VPL é considerado, pela literatura de finanças, como o método mais adequado para análise de alocação de capital objetivando a maximização da riqueza dos acionistas e a agregação de valor para a empresa.

Ao usarmos o VPL para análise de investimentos, devemos ainda inserir o conceito de risco no fluxo de caixa descontado que será utilizado. Sob incerteza deste fluxo, devemos utilizar uma distribuição de probabilidade dos valores, cuja dispersão reflete o grau de risco.

2.2.2 Taxa de Desconto Ajustada

Para o cálculo do VPL introduzindo um certo grau de risco, Trigeorgis (1996), sugere que a taxa de desconto r passe a ser substituída por k , que representa a soma de r (taxa de juros livre de risco) mais um prêmio de risco (p) usado para compensar o risco associado ao investimento.

Assim $k=r+p$, e a nova fórmula do VPL fica:

$$VPL = \sum_{t=1}^T \frac{EC_t}{(1+k)^t}$$

Onde:

k = taxa de desconto ajustada ao risco

C^t = é o fluxo de caixa líquido para o período t

I = investimento inicial

T = número de períodos do projeto

2.2.3 Custo Médio Ponderado de Capital (WACC)

O custo médio ponderado de capital - Weighted Average Cost of Capital (WACC), é uma estimativa ponderada do custo de capital em função de sua estrutura financeira. Como fontes financeiras, existem os capitais próprios e o de terceiros, representado pelos empréstimos bancários e as obrigações negociáveis. Esta estimativa (taxa de desconto) procura incorporar e refletir o custo da estrutura de capital existente, utilizando dados como, benefícios fiscais, o custo de oportunidade do capital próprio, a taxa de risco do negócio e a expectativa dos acionistas.

O custo de capital de uma empresa serve de parâmetro nas tomadas de decisões de investimento em geral, pois reflete a taxa mínima de retorno para cobrir o custo dos recursos destinados a financiar os investimentos.

Para determinação do custo de capital de terceiros, podem ser usados os valores contábeis das dívidas apresentadas no balanço ou os valores de mercado deste endividamento. Deve-se levar em conta que, na medida em que existe um maior risco de inadimplência, maior será o custo do capital de terceiros. O custo da dívida deve ser líquido de impostos, pois os juros pagos sobre a dívida são dedutíveis do imposto sobre o lucro.

Para determinação do custo de capital próprio ou custo do patrimônio líquido devem ser usados métodos que considerem o risco de mercado, como o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) e o *Arbitrage Pricing Theory* (APT).

A fórmula para o cálculo do WACC, considerando o custo do capital próprio e o de terceiros é:

$$WACC = k_i(1 - IR) \frac{P}{P + PL} + k_e \frac{P}{P + PL}$$

Onde:

IR = alíquota de imposto de renda

Ki = custo do capital de terceiros

Ke = custo do capital próprio

P = passivo oneroso (dívidas)

PL = patrimônio líquido

A fórmula acima já considera os impostos como parte do cálculo do WACC, conforme as proposições de Modigliani e Miller (1958, p. 655).

- a Proposição I, afirma que o valor de mercado de uma empresa alavancada não depende de uma mudança na estrutura de capital.

- a Proposição II, afirma que o custo de capital próprio aumenta quanto maior for a proporção entre os passivos e o patrimônio líquido. Está inserido nesta afirmação o fato de que qualquer aumento na proporção

de dívidas sobre capital próprio seria compensado pelo aumento da percepção de risco do mercado, que automaticamente elevaria as taxas de captação da empresa, equilibrando o WACC.

O uso deste método implica aceitar alguns pressupostos, como mencionam Galesne, Fensterseifer e Lamb (1999, p. 233), entre os quais, citam-se alguns:

- o valor do capital próprio e o valor do endividamento da empresa, são valores de mercado;
- não há restrições ao acesso das empresas e investidores ao mercado de capitais e todos os direitos (ações e títulos de dívida) são transacionáveis no mercado;
- é possível encontrar títulos de mesma classe de risco que sirvam como "proxies" dos títulos emitidos pela empresa, se estes não forem objeto de negociação no mercado de capitais.

Para alguns autores, como Luehrman (1997), o uso de WACC é pouco prático pois a dificuldade de levantar suas variáveis é tão grande que este método se limita a livros-texto.

2.2.4 Modelo de Dividendos Descontados

Este modelo estima o custo de capital através do desconto de dividendos futuros. Os dividendos representam o fluxo de caixa recebido pelos acionistas como remuneração pelo seu investimento enquanto proprietários de ações da empresa. Devem fazer parte deste modelo também as bonificações em ações e as subscrições privilegiadas.

Pode-se ainda, afirmar que o valor de uma ação é igual ao valor presente dos dividendos futuros esperados, expressos na seguinte fórmula:

$$P_o = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{D_t}{(1 + k_e)^t}$$

Onde:

P_0 = valor da ação no mercado (valor presente dos dividendos futuros)

D_t = dividendo por ação esperado na data t

K_e = custo do capital próprio

Assumindo-se que os dividendos por ação crescem a uma taxa g por período e que as taxas K_e e g são constantes (K_e é maior do que g), Gordon e Shapiro (1953) chegaram à seguinte equação simplificada:

$$P_0 = \frac{(D_0 \times (1 + g))}{K_e - g} = \frac{D_1}{K_e - g}$$

De onde se obtém:

$$K_e = \frac{D_1}{P_0} + g$$

Nos casos em que $g = 0$ (não há expectativa de crescimento dos dividendos), ou nas ações preferenciais com dividendos fixos, o custo do capital próprio será:

$$K_p = \frac{D_p}{P_0(1-U)}$$

Onde:

K_p = taxa de retorno exigida pelos detentores de ações preferenciais

D_p = dividendo fixo por ação preferencial

P_0 = preço por ação preferencial

U = custo de colocação das ações preferenciais, como proporção de P_0

2.2.5 Precificação de Ativos Financeiros (CAPM)

O CAPM ajuda a entender o conceito e as implicações de **risco e retorno**. Em princípio, todo o investidor deseja obter o maior retorno possível para seus investimentos, o que naturalmente pode estar atrelado a um certo grau de risco. O CAPM nos ajuda a calcular a taxa de retorno que um ativo deve proporcionar ao investidor para recompensar o risco assumido, em relação ao risco do mercado e ao retorno proporcionado por ativos livres de risco e de risco equivalente.

Segundo Bender (2001), um bom modelo de risco deve abranger as seguintes características:

- oferecer uma só medida de risco que possa ser aplicada a todos os investimentos financeiros;
- permitir análise e comparações entre riscos de diversos ativos;
- fornecer uma estimativa específica de prêmio de risco;
- apresentar uma medida de risco que seja positivamente correlacionada aos retornos.

O modelo CAPM, usado no mercado financeiro, está baseado na premissa de que a volatilidade representada pelo cálculo da variância dos retornos é a medida de risco apropriada, porém, a porção de variação não diversificável é a recompensa. Assim, o retorno esperado sobre os investimentos é a recompensa e a variância dos retornos esperados é o risco do investimento. Desta forma, no CAPM, a variância é a única medida de risco. Portanto, para dois investimentos com mesmo desvio-padrão e retornos diferentes, a escolha será sobre o de maior retorno esperado. Na realidade é mais comum usar-se o desvio-padrão como medida para cálculo de risco.

O risco sistêmico, que advém de fatores macroeconômicos, como inflação, variação cambial e conjuntura política não é eliminado por diversificação simples. Já o risco não sistêmico, que é individual a cada ativo, pode ser eliminado pela diversificação dos investimentos.

A seguir apresenta-se a fórmula do modelo CAPM:

$$r = R_f + \beta (R_m - R_f)$$

Onde:

r = taxa de retorno esperado

R_f = taxa de retorno livre de risco

β = beta do ativo

R_m = risco de mercado ou retorno de mercado

Beta:

O Beta informa quanto um certo ativo está sujeito ao risco não diversificável. Ele mostra a variabilidade dos retornos de um ativo em relação aos retornos do mercado, sendo a medida de risco não diversificável. Assim o **beta** de mercado será sempre 1 e quanto maior for o beta do ativo, maior será sua reação aos movimentos do mercado, e vice-versa. Uma ação com beta 0.5, refletirá apenas a metade da intensidade do movimento do mercado. Do contrário, um beta negativo reage em direção oposta ao mercado.

O beta é calculado através da seguinte fórmula:

$$\beta = \frac{Cov(r; R_m)}{\sigma^2(R_m)}$$

Onde:

$Cov(r; R_m)$ = covariância do retorno de um ativo e do retorno de mercado

$\sigma^2(R_m)$ = variância do retorno sobre a carteira do mercado

β = beta da ação

Para o beta de empresas de capital aberto existem publicações, já para as empresas de capital fechado deve-se usar o cálculo do beta não alavancado para o setor, ajustando-o para o grau de endividamento da empresa em questão. Beta não alavancado é a determinação de um beta como se a empresa não tivesse nenhuma dívida.

Diversificação:

Na construção de carteiras ou portfólios diversificados cita-se Markowitz (1952), onde o valor de um título para o investidor poderia ser avaliado melhor por sua média de retorno, seu desvio-padrão e sua correlação a outros títulos da carteira. A média de retorno e o desvio padrão podem ser usados para delinear o risco relativo e o retorno de qualquer seleção de títulos.

Assim, podemos afirmar que uma das premissas básicas do CAPM é a diversificação. Assumimos que existe uma relação estreita entre os retornos dos títulos individuais e os retornos da carteira, de forma que, quando os preços individuais das ações não se movem na mesma direção (seus retornos não têm uma correlação positiva perfeita), as movimentações opostas de outras ações dentro da mesma carteira tendem a anular o efeito desta movimentação. Ou ainda, o retorno de uma carteira de ações pode ser menor do que o retorno médio de uma ação individual.

A volatilidade do mercado oferece um denominador comum para a avaliação dos graus de risco dos ativos. Assim ao investidor, que pode selecionar qualquer título para sua carteira, interessa somente o risco não diversificável (prêmio pela contribuição marginal do ativo em questão para o risco da carteira). Este prêmio depende da covariância entre os retornos do ativo, e da carteira de mercado como um todo.

Fronteira Eficiente:

Pode-se distribuir a carteira em diferentes pesos para cada título, buscando-se com isto os benefícios da diversificação. Porém deve-se calcular o desvio-padrão para cada retorno dos títulos considerados. Assim, acha-se que há

um conjunto de carteiras para as quais provêm o mais baixo nível de risco para cada nível de retorno, e o nível mais alto de retorno para cada nível de risco. Considerando todas as combinações de ativos, um conjunto especial de carteiras sobressairá; este conjunto é chamado de fronteira eficiente.

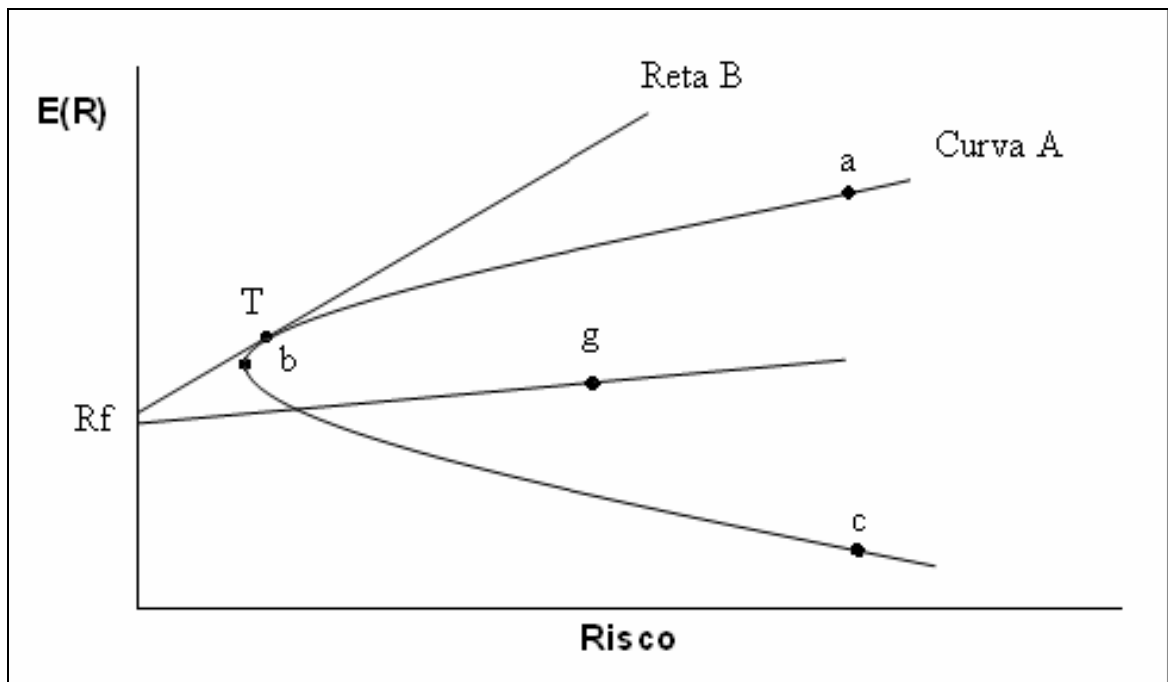


Gráfico 1 - Fronteira Eficiente

Fonte: Elaborado pelo autor.

A fronteira eficiente pode ser identificada na parte superior da figura, ou ainda é o conjunto de investimentos dominantes que vai do ponto (b) ao ponto (a). Esta curva, que também pode ser chamada de conjunto provável, representa todas as combinações de ativos eficientes. Para qualquer nível de risco, a fronteira eficiente identifica um ponto que é a carteira de retorno mais alta na sua classe de risco ou para qualquer nível de retorno, a fronteira identifica a carteira de mais baixo risco naquela classe de retorno.

Na teoria de Markowitz (1952), a curva **A** indica as relações entre risco e retorno para o mercado. Um investidor avesso ao risco, por exemplo, investiria no ponto **b**, pois este é o ponto de menor taxa de risco dentre as relações risco/retorno. Um investimento no ponto **c**, por exemplo, é ilógico, uma vez que o ponto **a**, o qual está no mesmo nível de risco, oferece maior retorno.

2.2.6 Arbitrage Pricing Theory (APT)

A teoria da valorização por arbitragem (APT), apresentada por Ross (1976), desenvolve um modelo onde o risco de um ativo é quantificado não somente em relação aos movimentos do mercado, mas também considerando-se outros fatores, os quais possuem relação às características próprias de cada ação. O que o modelo APT explicita é que a utilização dos rendimentos do mercado como *proxy* de sensibilidade é uma excessiva generalização, ou seja, existem fatores que podem afetar um certo grupo de ativos e outros não. Devido a isso, os mesmos devem ser usados, juntamente com o beta, para medir o retorno exigido do investimento frente à tomada de risco sistêmico, o qual, dentro da APT, é multidimensional.

Assim, o modelo é composto basicamente por dois fatores para medir o retorno de uma ação, os quais mostra-se a seguir:

- a influência de fatores macroeconômicos que não podem ser eliminados pela diversificação, tais como, inflação, taxa de juros, PIB e que afetam os retornos esperados;
- a influência de possíveis acontecimentos que são específicos da ação, tais como, mudança de controle acionário, novas tecnologias e notícias de concorrentes.

A aceitar estas variáveis no desenvolvimento do modelo está-se automaticamente estabelecendo que a primeira delas significa o Risco Sistêmico (fatores macroeconômicos) e a segunda o Risco Não-sistêmico (fatores específicos da ação).

Feita esta distinção, podemos formular a equação do retorno de uma ação considerando os dois tipos de risco, como segue:

$$R = E(R) + \beta F + \varepsilon$$

Onde:

R = rentabilidade observada no período

E(R) = retorno esperado

F = fator (es) de risco sistêmico

E = risco não sistêmico

Deve-se ainda considerar que a teoria da valorização por arbitragem estabelece que o prêmio de risco de uma ação depende do prêmio de risco associado a cada fator e da sensibilidade da ação a cada um dos fatores. Ou seja reconhece o coeficiente (β) como a influência do risco sistêmico em uma ação.

Como exemplo pode-se formular a seguinte equação:

$$R = R(E) + \beta_i F_i + \beta_{PIB} F_{PIB} + \beta_r F_r + \varepsilon$$

Onde:

R = rentabilidade observada

R (E) = rentabilidade esperada

F_i = fator inflação

F_{PIB} = fator PIB

F_r = fator juros

Os betas indicam a sensibilidade da ação a cada um dos fatores de risco sistêmico. Quando o beta é menor do que zero, o ativo está negativamente correlacionado com o risco sistêmico e vice-versa. Um beta igual a zero significa que a ação não tem qualquer relação com o risco sistêmico.

3 OPÇÕES REAIS COMO MÉTODO DE AVALIAÇÃO

Neste capítulo serão demonstradas algumas técnicas de precificação de opções financeiras e como elas podem ser utilizadas analogicamente na estratégia e tomada de decisões no uso de Opções Reais, como método de análise de investimentos.

3.1 HISTÓRICO

Em 1972, Black e Scholes (1973) publicam um modelo de precificação de opções que seria consagrado como “**Modelo Black-Scholes**” e, a partir daí, o amplo reconhecimento e o rápido avanço da teoria de precificação de opções, influenciou o uso de complexos modelos matemáticos na prática das finanças corporativas.

Segundo Merton (1998), a tese elaborada por Louis Bachelier (1900), sobre a teoria da especulação, formulada como um problema de precificação de opções já utilizava processos estocásticos (matemática em tempo contínuo) e a precificação de derivativos e títulos (economia em tempo contínuo).

Bachelier influenciou ainda dois trabalhos importantes, o de Kiyoshi (1987), sobre cálculos estocásticos e o de Samuelson (1965), sobre a precificação racional de *Warrants*, (títulos que, como uma opção de compra, ou de venda, dão aos seus portadores o direito, mas não a obrigação de comprar ou vender ativos a um preço fixo por um dado período).

Ainda de acordo com Merton (1998), o estudo e o desenvolvimento da teoria de finanças não passariam de uma coleção de histórias e um punhado de regras contábil não fosse os trabalhos pioneiros de Markowitz (1952), Modigliani e Miller (1958), Sharpe, Litner e Fama ([1964] apud SAMUELSON, 1965). Durante os anos sessenta e setenta surgiram os modelos de finanças mais sofisticados, envolvendo dimensões intemporais e de incerteza.

Em 1973 foi criada a Bolsa de Chicago - Chicago Board Options Exchange (CBOE) e, em 1975, os corretores já utilizavam o “**Modelo Black-Scholes**” para precificar e proteger suas posições em opções.

A principal bolsa que negocia opções no Brasil é a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F). Negocia opções sobre ativos financeiros como taxas de câmbio, juros e *commodities* (mercadorias), café, soja e outros. A Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) negocia opções de ações de algumas empresas.

O “Modelo Black-Scholes” não necessita um histórico de valores negociados de um determinado ativo, somente sua volatilidade histórica para que este possa ser avaliado. Assim, como instrumento da teoria de precificação de opções, passou a ser utilizado também para novos tipos de títulos emitidos por empresas inseridas num ambiente econômico de grandes inovações e mudanças.

A teoria da precificação de opções não se limita a opções financeiras negociadas em bolsas de valores, pois a estrutura conceitual originalmente utilizada para derivar a fórmula de precificação de opções, pode ser utilizada também para precificar e avaliar riscos de várias aplicações financeiras.

Alguns exemplos destas aplicações são:

- patentes; a decisão quando e por quanto adquirir uma patente, dependendo do seu valor intrínseco, que pode ser calculado como uma opção de compra;
- compra de imóveis; mediante o pagamento de um sinal, o comprador adquire o direito de comprar um imóvel. Caso não honre o contrato o comprador perderá seu sinal. Funciona como uma opção de compra;
- leasing de automóveis; dão ao locatário o direito, mas não a obrigação de comprar o automóvel ao final do contrato;
- na privatização de empresas estatais, foi dada, aos detentores das chamadas “moedas podres”, a opção de utilizar esses títulos na compra destas empresas. A partir deste direito o valor e a negociação destes papéis foram impulsionados.

O que estes exemplos possuem em comum para o uso da teoria de precificação de opções é um ambiente econômico volátil e um futuro incerto; do contrário não haveria necessidade de criarmos opções. Ter flexibilidade de decidir após a materialização de certos eventos futuros e incertos possui um valor, e a teoria de precificação de opções nos fornece o instrumental para mensurarmos este valor.

Alguns destes exemplos não envolvem instrumentos financeiros e podem ser classificados como “**Opções Reais**”. As aplicações do conceito de “opções reais” têm sido usadas pelas empresas nas decisões de investimento, em pesquisa e desenvolvimento, em projetos de reflorestamento e perfuração petrolífera, por exemplo.

3.2 OPÇÕES FINANCEIRAS

Uma opção é um contrato que dá ao seu titular, ou comprador, um direito futuro sobre um ativo, mas não a obrigação de compra-lo ou vende-lo, por um preço previamente estabelecido, que chamamos de preço de exercício, na data do vencimento, ou em qualquer data até o vencimento do contrato.

Para ter esse direito futuro, o comprador deve pagar, na data da contratação, um valor que é conhecido como prêmio ou valor da opção. O fato de ser um direito e não uma obrigação gera uma assimetria benéfica ao proprietário da opção, já que o exercício somente será feito no caso da oscilação no preço do ativo-objeto ser favorável ao seu detentor. O comprador e o vendedor de uma opção são respectivamente nomeados “titular” e “lançador”.

Quando o titular de uma opção compra ou vende o ativo pelo preço de exercício acordado, diz-se que a opção foi exercida.

Existem dois tipos básicos de opções:

- **Opção de Compra** (Call): proporciona ao seu detentor, o direito, mas não a obrigação, de **comprar** um determinado ativo em uma determinada data, por um preço pré-estabelecido;
- **Opção de Venda** (Put): proporciona ao seu detentor, o direito, mas não a obrigação, de vender um determinado ativo em uma determinada data, por um preço pré-estabelecido.

O preço do contrato é conhecido como “preço de exercício”, e sua data é conhecida como “data de vencimento ou de exercício”.

As opções ainda são passíveis de mais um tipo de classificação, dividindo-se em dois grupos, conforme seu prazo para exercício. Algumas delas podem ser exercidas desde o primeiro dia útil após a sua compra, até a data de vencimento do contrato. Este tipo de opção é conhecido como “**opção americana**”.

A opção que somente pode ser exercida em uma data específica, conhecida como “**opção européia**”. A maioria das opções negociadas em bolsa é do tipo americana. Porém, as opções européias são mais fáceis de analisar do que as americanas, sendo algumas das propriedades de uma opção americana freqüentemente deduzidas de uma européia. O prazo de exercício a qualquer momento confere às opções americanas um valor no mínimo semelhante ao das européias.

Também se podem classificar as opções conforme a relação de seu preço de exercício para o preço do ativo-objeto, isto é, quanto à possibilidade de seu exercício.

Quadro 1 – Classificação das opções quanto à probabilidade de exercício

CLASSIFICAÇÃO	OPÇÃO DE COMPRA	OPÇÃO DE VENDA
Dentro do dinheiro (in-the-money)	Preço do ativo objeto é maior que o preço de exercício	Preço do ativo objeto é menor que o preço de exercício
No dinheiro (at-the-money)	Preço do ativo objeto é igual ao preço de exercício	Preço do ativo objeto é igual ao preço de exercício
Fora do dinheiro (out-of-the-money)	Preço do ativo objeto é menor que o preço de exercício	Preço do ativo objeto é maior que o preço de exercício

Fonte: Adaptado de SILVA NETO, 1996.

3.3 FORMAÇÃO DO PREÇO DAS OPÇÕES

O preço ou prêmio de uma opção é o valor pago pelo titular ou comprador da opção para obter o direito, mas não a obrigação, de exercê-la no prazo de exercício ou vencimento. O prêmio de uma opção está diretamente relacionado com o valor do ativo-objeto. Assim, o prêmio de uma opção deve ser uma função do valor do ativo subjacente.

A Opção de **Compra** (call) apresenta a seguinte função de remuneração:

$$C_T = \max(S_T - X, 0)$$

Onde:

$C_T =$ é o valor da opção de compra na data de vencimento T

$S_T =$ é o preço do ativo objeto

$X =$ é o preço de exercício

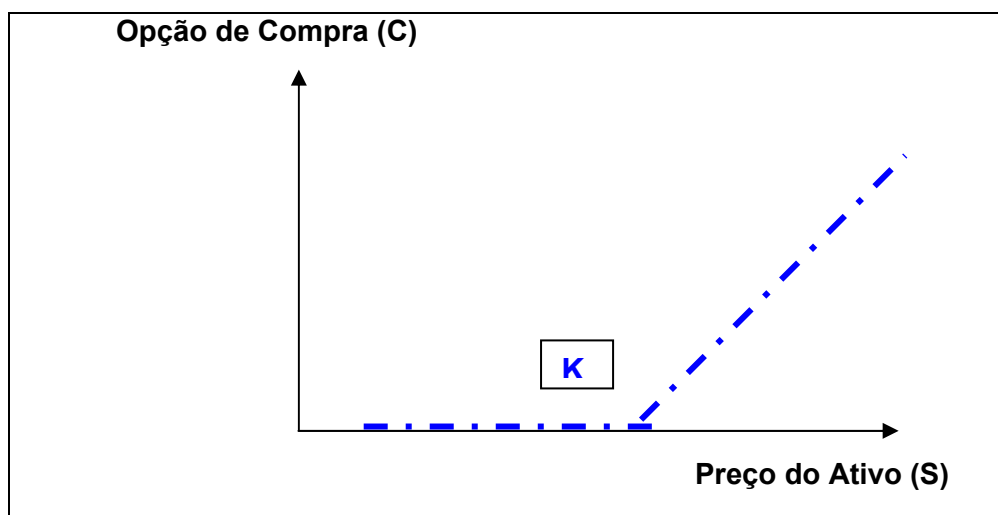


Gráfico 2 – Opção de Compra

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Opção de **Venda** (put) apresenta a seguinte função de remuneração:

$$V_T = \max(X - S_T, 0)$$

Onde:

V_T = é o valor da opção de venda na data de vencimento T

X = é o preço de exercício

S_T = é o preço do ativo objeto

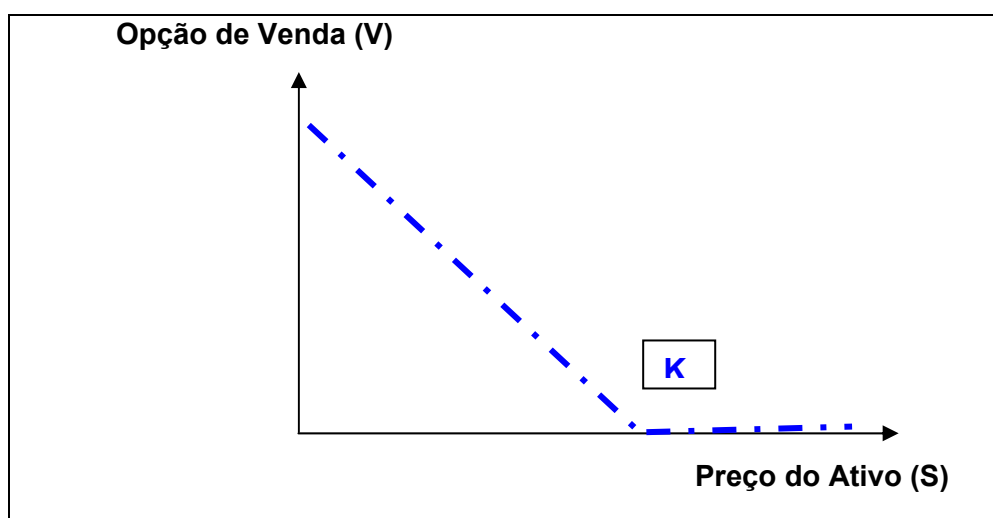


Gráfico 3 – Opção de Venda

Fonte: Elaborada pelo autor.

Um dos modelos mais utilizados para avaliar opções financeiras é o proposto por Black e Scholes (1973), que considera que o valor de uma opção depende de cinco variáveis, durante a vigência da opção:

- preço do ativo objeto (em alguns casos deve considerar dividendos e bonificações);
- prazo de vencimento;
- volatilidade do ativo objeto;
- preço de exercício;
- taxa de juros sem risco.

Observa-se que o valor de uma opção é independente da atitude dos investidores em relação ao risco, pois a rentabilidade esperada da opção não é uma variável do modelo.

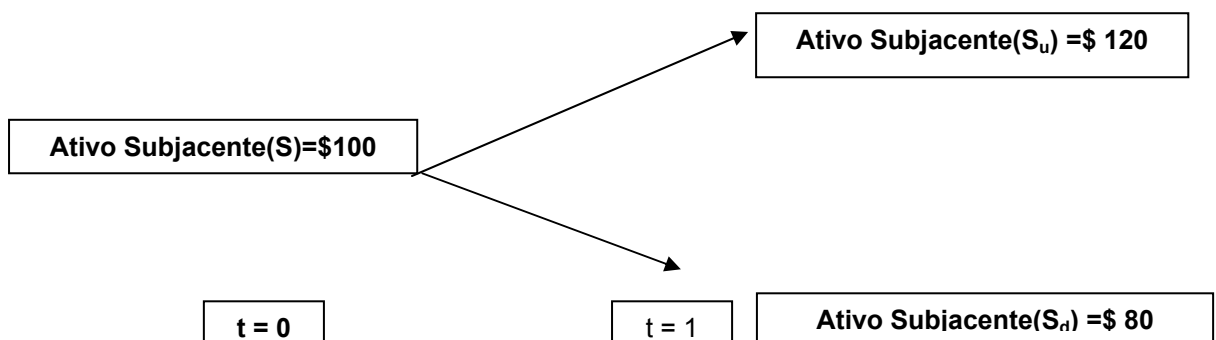
Dentre as variáveis apresentadas, quatro são auto-explicativas; no entanto a volatilidade é a mais difícil de ser determinada, pois não é diretamente observada e precisa ser estimada.

A forma como estas variáveis se inter-relacionam, para a formação do prêmio, pode ser demonstrada utilizando-se o **Modelo Binomial**, que será descrito a seguir.

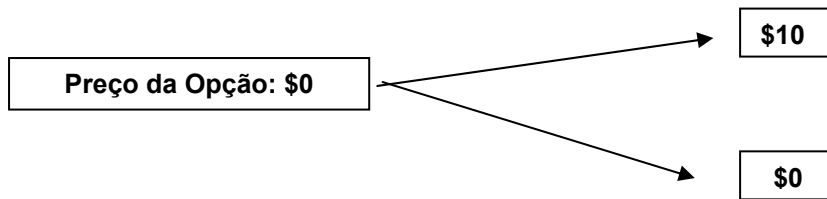
3.4 MODELO BINOMIAL

Desenvolvido por Cox, Ross e Rubinstein (1979), é o modelo mais simples e intuitivo para a avaliação do preço da opção. Baseia-se na construção de árvores binomiais, que representam os diversos caminhos que podem ser seguidos pelo preço do ativo subjacente, durante o tempo de vigência da opção.

Considere um ativo negociado pelo preço à vista de \$100 e que num momento futuro t , esse ativo somente possa valer \$ 120 ou \$ 80. Um investidor manifesta o interesse de adquirir o direito de comprar este ativo por \$ 110. O investidor acredita que o ativo-objeto desta opção de compra pode ultrapassar o valor de \$ 110; neste caso o preço de exercício. Assim teríamos o seguinte exemplo:



Preço da opção no exercício de \$ 110:



Desse modo, serão evidenciadas 4 das 5 variáveis que formam o prêmio da opção: o preço à **vista** ($A=100$); o preço de **exercício** ($E=110$); o prazo t_1 (do momento 0 ao momento t_1); a volatilidade do ativo objeto **A** da opção, (**V**), aqui representada pela variação única para cima e para baixo do preço do ativo-objeto. Falta ainda demonstrar a última variável, que é a taxa de juros livre de risco (**r**).

O detentor do ativo-objeto de valor \$ 100, lança a opção de compra para o exercício de \$ 110, que pode ser exercida até o vencimento t_1 . Como o detentor possui o ativo-objeto, não corre risco de mercado, se for exercido pelo comprador da opção por \$ 110, terá um ganho de \$ 10. Caso não seja exercido pelo comprador da opção, hipótese do preço à vista não atingir \$ 110 até o vencimento da opção, o lançador terá o ganho do prêmio da opção, que será estimado a seguir.

Calcula-se a quantidade **Q**, do ativo-objeto da opção, que torna sem risco o valor da carteira composto pelo ativo-objeto e pela posição vendida em opções.

Se o ativo-objeto tem o seu preço à vista em \$ 120, portanto a carteira vale: $120Q - 10$; \$ 120 é o valor da carteira à vista e \$ 10 é o custo da opção, já que se aceitou vender por \$ 110 aquilo que valia \$ 120.

Se o valor do ativo-objeto estiver em \$ 80, a carteira vale: $80Q$; para saber-se o valor de **Q**, que torna o valor da carteira constante, temos:

$$120Q - 10 = 80Q, \text{ de onde resulta;}$$

$$Q = 0,25$$

Assim, uma carteira composta por 0,25 ativos-objetos da opção de compra, e uma posição vendida na opção de compra, a carteira terá um valor constante, como se verifica abaixo:

$$(\$ 120 * 0,25) - \$10 = \$ 20$$

$$(\$ 80 * 0,25) = \$ 20$$

Neste exemplo, em que o ativo-objeto é uma ação que só pode assumir dois preços, \$120 e \$80, verifica-se que a carteira, independente da tendência de alta ou de baixa determinada pelo mercado, tem valor constante de \$20 no momento futuro t_1 .

Como esta carteira não possui risco, o seu retorno (r), deve ser igual à taxa de juros livre de risco, assim o seu valor presente deve ser de \$20 descontado a esta taxa, que pode ser: $r = 10\%$ (por exemplo no período).

$$VP = \frac{20}{1 + 0,10} = 19,51$$

Como o preço da ação em t_0 é de \$100, a carteira composta por 0,25 ativos vale \$25. O valor presente da carteira, como demonstrado acima, é de \$19,51. Assim, o valor justo do prêmio da opção que não gera oportunidades de arbitragem, é de $\$25 - \$19,51 = \$5,49$.

3.5 AVALIAÇÃO NEUTRA DE RISCO

Demonstrando o exemplo acima através de uma árvore binomial de passo único genérica, teremos a seguinte situação:

S_u = o preço quando o ativo está acima do preço inicial S ;

S_d = o preço quando o ativo está abaixo do preço inicial S ;

F_u = o prêmio da opção quando o preço do ativo-objeto atinge S_u ;

F_d = o prêmio da opção quando o preço do ativo-objeto atinge S_d .

Supondo uma compra do ativo à vista e a venda de uma opção de compra sobre este ativo-objeto, terá o seguinte custo de carteira:

$S\Delta - F$, onde S é o preço do ativo-objeto no momento t_0 ; F é o preço da unidade da opção de compra que foi vendida e Δ é a quantidade comprada do ativo-objeto da opção. Ao fazer esta operação o lançador pagou pelo ativo-objeto e recebeu o prêmio da opção de compra. Se o preço do ativo-objeto subir, o valor da carteira, composta pelo ativo-objeto e pela opção será;

$$S_u \Delta - F_u$$

Se o preço do ativo objeto cair abaixo de S será:

$$S_d \Delta - F_d$$

Igualando as expressões acima, obtém-se o valor de Δ , que tornará a carteira sem risco:

$$S_u \Delta - F_u = S_d \Delta - F_d$$

$$\text{Logo } \Delta = (F_u - F_d) / (S_u - S_d) \quad (1)$$

Nesta etapa, com ausência de risco o valor presente da carteira deve ser o valor futuro, descontado a taxa de juros sem risco.

$$\text{Logo: } S\Delta - F = (S_u \Delta - F_u) e^{-rt} \quad (2)$$

Introduzindo novas variáveis:

u – é o retorno da ação na alta

d – é o retorno da ação na baixa

e^{rt} – é a taxa livre de risco para o período da opção

Se p é a probabilidade de uma oscilação ascendente do preço da ação e $(1 - p)$, a probabilidade de um movimento descendente do preço da ação.

Assim, pode-se concluir que:

$$p \cdot u + (1 - p) \cdot d = e^{rt} \text{ (retorno esperado da ação)}$$

$$\text{Assim, pode-se ter: } p = \frac{e^{rt} - d}{u - d} \quad (3)$$

Substituindo (1) em (2), e simplificando a expressão, tem-se:

$$F = e^{-rt} [p \cdot F_u + (1 - p) \cdot F_d] \quad (4)$$

As expressões (3) e (4), precificam opções através do modelo binomial de passo único genérico.

Como também, considerando que p é a probabilidade do preço atingir S_u , e que o retorno esperado da ação seja a taxa livre de risco, tem-se:

$$p (S_u) + (1 - p) (S_d) = r S; \text{ onde } r + 1 \text{ é a taxa livre de risco}$$

Para o objetivo de precificar as opções, a demonstração das posições assumidas no exemplo acima, com ausência de risco, com retorno esperado certo, sem variância, permite concluir que o retorno esperado seja a taxa livre de risco.

3.6 O MODELO BLACK E SCHOLES

O modelo Black e Scholes (1973), parte da premissa de que os preços do ativo-objeto de uma opção, segue um comportamento estocástico contínuo, na forma de um movimento Browniano geométrico. Ou seja, seguem uma distribuição log-normal, e, por consequência, a distribuição probabilística dos retornos do ativo objeto em uma data futura, calculados de forma contínua e composta a partir dos seus preços, é normal. (HULL, 1998).

A fórmula de Black e Scholes para a precificação do prêmio de opções do tipo europeia sobre ativos que não distribuem dividendos é:

Para a opção de compra (call):

$$C = SN(h) - Xe^{-rt} N(h - v\sqrt{t})$$

Para a opção de venda (put):

$$P = SN(-h) + Xe^{-rt} N(v\sqrt{t} - h)$$

Onde:

$$h = \frac{\ln\left(\frac{S}{Xe^{-rt}}\right)}{v\sqrt{t}} + \frac{v\sqrt{t}}{2}$$

C = Valor da opção de compra

V = Valor da opção de venda

S = Preço do ativo-objeto, à vista

X = Preço de exercício da opção

t = tempo até o vencimento

v = volatilidade expressa na forma decimal

r = taxa de retorno sem risco

e = base dos logaritmos naturais = 2,718282....

\ln = logaritmo natural

$N(x)$ = função cumulativa normal

3.7 O MÉTODO DE MONTE CARLO

O nome deste método está relacionado ao cassino de Mônaco, fundado em 1862, e da analogia dos cassinos aos mercados financeiros. Conforme Jorion (1998), o método de Monte Carlo aproxima o comportamento dos preços de ativos financeiros, através de simulações de computador, que geram trajetórias aleatórias.

O Método de Monte Carlo é a simulação estatística, por repetidas vezes, de um processo estocástico de uma variável financeira, simulando a maior quantidade de situações-resultado possíveis. É muito utilizado para avaliação de opções financeiras, principalmente do tipo européia. Neste caso, a decisão de exercício somente é tomada no vencimento do título e o valor da opção não é influenciado pelas decisões do proprietário, ao longo de sua vida útil.

Supondo a não existência de oportunidades de arbitragem, o valor da opção européia, será obtido na simulação que o valor do ativo-objeto segue em um movimento geométrico Browniano regido pela seguinte equação estocástica:

$$\frac{\Delta S}{S} = \mu * \Delta t + \sigma Z$$

Onde:

ΔS = é a variação do preço da ação durante o tempo da opção

S = é o valor atual da ação

μ = é a tendência da ação

t = é o tempo decorrido

σ = é a volatilidade do valor da ação

Z = é uma variável que segue o processo de Wiener ($Z = \varepsilon\sqrt{\Delta t}$) sendo que ε representa um número aleatório retirado de uma distribuição normal que tem média zero e desvio padrão um.

Assim o valor da ação obedece a uma distribuição lognormal e estabelece a seguinte expressão:

$$S_{i+1} = S_i r \frac{\sigma^2}{2} \Delta t + \sigma \sqrt{\Delta t} \varepsilon$$

Com o auxílio do computador, a simulação pode ser realizada em três etapas:

- 1) o computador escolhe, ao acaso, o valor de uma das variáveis do modelo, que irá variar aleatoriamente e simulará uma grande quantidade de valores possíveis para esta variável, seguindo uma distribuição estatística. Em se tratando de valor futuro, o computador escolheria a volatilidade e a faria variar dentro dos parâmetros estabelecidos;
- 2) o computador simula o caminho que o valor do ativo-objeto poderia percorrer com a volatilidade variando estocasticamente;
- 3) repete-se as duas primeiras operações em número suficiente de vezes, (ex.: 5000), obtendo assim 5.000 preços finais do ativo-objeto estudado e conseqüentemente sua distribuição.

O Método de Monte Carlo requer a compreensão dos processos de Markov e Wiener, que serão apresentados brevemente a seguir.

3.8 PROCESSO DE MARKOV

Conforme Silva Neto (1996), o processo de *Markov* é um processo estocástico, no qual as variáveis assumem valores imprevisíveis, sendo relevante apenas o estado presente do processo para prever o futuro. Os antecedentes históricos não têm importância e não são considerados por esse método. O autor acrescenta que se admite a maioria dos preços de ativos seguindo o processo de *Markov*. É importante destacar que o processo de *Markov* admite serem incertas as previsões realizadas uma vez que são expressas em probabilidades.

3.9 PROCESSO DE WIENER

O processo de *Wiener* é um caso particular do processo de *Markov*. É muito usado para explicar a evolução de preços de ativos. Silva Neto (1996), informa que este processo estocástico é também utilizado em física para descrever o comportamento de uma partícula sujeita a um grande número de choques moleculares – também conhecido como movimento browniano.

O autor exemplifica da seguinte maneira:

Supondo uma variável z que, por definição, segue o processo de *Wiener*, pode-se estudar o processo e obter melhor compreensão considerando o tempo total dividido em muitos subintervalos, tão pequenos quanto se queira, que pode ser representado por Δt . Assim, pode-se definir Δz como sendo a variação em z relativa ao intervalo Δt . Um processo de *Wiener* é normalmente definido por duas propriedades de Δz :

$$\Delta z = \varepsilon \Delta t$$

Onde:

- 1) ε é uma amostra aleatória retirada de uma normal padronizada, ou seja, uma normal de média 0 e desvio-padrão 1;
- 2) os intervalos de Δz , para quaisquer intervalos de Δt , são independentes.

3.10 ANALOGIA ENTRE OPÇÕES REAIS E FINANCEIRAS

Myers (1977) foi o primeiro autor a defender que uma oportunidade de investimento deveria ser vista como uma opção.

Uma opção real pode ser vista como um direito, mas não a obrigação, de empreender uma ação (adiar, abandonar, expandir, contrair e mudar) a um custo preestabelecido denominado como preço de exercício, por um determinado período (COPELAND; ANTIKAROV, 2001).

Segundo Trigeorgis (1987), Copeland e Keenan (1998), Copeland, Koller e Murrin (1995) é possível fazer uma correspondência entre as características de um projeto e as alavancas que definem o valor das opções financeiras:

1) Preço da ação ou ativo-objeto sujeito a risco: o valor presente de uma oportunidade de investimento; se o valor do ativo subjacente aumenta, o mesmo ocorre com o valor da opção. Uma das diferenças importantes entre opções financeiras e reais é que o detentor de uma opção financeira não pode aumentar o valor do ativo subjacente (por exemplo, ação de uma grande empresa). Porém, os administradores que operam um ativo real podem aumentar seu valor e, portanto, o valor de todas as opções reais que dele dependem;

2) Preço de exercício: o valor presente dos dispêndios no momento do exercício para concretizar a oportunidade de investimento, se for uma opção de compra; ou o montante recebido, se for uma opção de venda. À

medida que o preço de exercício de uma opção aumenta, o valor da opção de compra diminui;

3) Tempo até o vencimento (ou expiração): período durante o qual a oportunidade de investimento existe; com o aumento do prazo de expiração, o valor da opção também aumenta;

4) Volatilidade: medida da variabilidade dos fluxos de caixa. O valor de uma opção aumenta com o risco do ativo subjacente porque os retornos de uma opção (de compra) dependem do valor do ativo subjacente que está acima do preço de exercício, e a probabilidade disso ocorrer aumenta com a volatilidade do ativo subjacente;

5) Taxa livre de riscos: rendimento de uma aplicação financeira isenta de riscos que tenha mesmo vencimento que a opção real;

6) Dividendos: valor perdido durante a espera pelo exercício da opção. Pode representar o custo no qual se incorreu para preservar a opção ou perdas para os concorrentes.

Ao analisarem um investimento como uma opção, semelhante a uma opção de compra, os administradores podem compreender melhor o impacto da incerteza na decisão de investir e na determinação do momento ótimo para realizar o investimento. Para Dixit e Pindick (1995), quanto maior for a incerteza ligada ao projeto, maior será o valor da opção de investimento e maior será o incentivo para manter viva essa opção, ou seja, maior será o incentivo para diferir o investimento.

Caso não haja nenhuma outra opção, o direito de adiar o projeto terá um valor positivo, mesmo que o *VPL* do projeto, se realizado agora, seja negativo (TRIGEORGIS; MASON 1987). Esse direito dá ao administrador a possibilidade de esperar e, somente investir, se o *VPL* se tornar positivo, não havendo, portanto, a correspondente obrigação (de investir) se o cenário oposto prevalecer.

Pereira e Armada (2000) ressaltam que vários autores enfatizam que, tal como nas opções financeiras, o valor de uma oportunidade de investimento resulta, em parte, das incertezas ligadas ao valor futuro do projeto, e, mais

concretamente, da assimetria ligada ao direito de opção. Até a data de expiração (maturidade), ou seja, até a data em que a oportunidade de investimento desaparece, a empresa somente investe se isto for a melhor decisão; caso contrário difere o investimento. Na data de expiração, a empresa apenas realiza o projeto se este estiver “*in-the-money*”; de maneira inversa, não exercerá a opção. Para o autor, deve-se observar o caráter assimétrico dos ganhos e perdas da oportunidade de investimento. O detentor da opção investimento poderá maximizar os seus ganhos, mas limita sempre a sua perda ao que pagou para deter a oportunidade de investimento.

De acordo com Kester (1984), o valor de uma oportunidade de investimento corresponde, no mínimo, à diferença entre o valor presente do fluxo de caixa e o valor do investimento, ou seja, valerá ao menos o *VPL*, mas o seu valor será, provavelmente, mais elevado, dependendo:

- do tempo (prazo de vencimento) pelo qual o projeto possa ser diferido (o adiamento da implementação do projeto possibilita à empresa “esperar para ver”);
- do risco do projeto (volatilidade);
- do nível das taxas de juros (altas taxas de juros geralmente traduzem-se em altas taxas de atualização, o que diminui o valor atual dos fluxos de caixa futuros gerados pelo projeto);
- do grau de exclusividade para exercer a opção (ao contrário das opções financeiras, as opções de investimento, em muitas situações, são partilhadas, o que não permite à empresa ter a exclusividade no direito de investir).

Em mercados que apresentam alto poder concorrencial entre as empresas, terão grande influência, seja em relação ao nível do *timing* do investimento, ou ao próprio valor da oportunidade de investimento. Este fato ocorre por duas razões: a primeira, porque o valor do projeto pode diminuir significativamente em decorrência da entrada de um concorrente e, a segunda, porque a empresa não escapará a essa perda pela simples venda da opção de investimento a outros.

Isso implicará, como única solução para a empresa, antecipar-se aos seus concorrentes e investir mais cedo (KESTER, 1984).

Para Kemna (1993), num ambiente sem direitos exclusivos, o tempo de expiração ou prazo de vencimento deve ser estimado em função da ameaça de entrada de novos concorrentes.

Neste contexto, Trigeorgis e Mason (1987) afirma que a analogia entre as opções financeiras e as opções reais não é perfeita. Dentre as diferenças existentes, a que mais influenciará a decisão e o *timing* do investimento será a seguinte: enquanto as opções de compra são um direito exclusivo do seu detentor, as opções de investimento são, em algumas situações, partilhadas com os concorrentes, o que poderá motivar a realização antecipada do investimento.

A questão fundamental para os administradores é saber qual o *timing* ótimo para a realização da opção de investir. Para Dixit e Pindick (1994) é necessário conhecer, no valor do projeto, a influência dos fatores mencionados anteriormente. De um lado, o impacto da incerteza no valor da opção de investir, que poderá levar os administradores a adiarem o investimento; do outro, o impacto da existência de concorrentes (as opções de investimento são, muitas vezes, partilhadas) e de fluxos de caixa perdidos, o que incentivará a empresa a realizar o investimento, antecipando-se aos concorrentes (e, assim, ganhar alguma vantagem competitiva) e recebendo os fluxos gerados pelo projeto.

Na prática, trata-se de encontrar, para todos os pontos de decisão, um valor crítico, no qual aquilo que se perde no adiamento, iguale o valor da opção de diferir o projeto por mais um período (PEREIRA; ARMADA, 2000). O projeto deverá ser diferido sempre que seu valor do projeto for inferior a esse valor crítico.

A possibilidade que o administrador tem para tomar decisões ao longo do desenvolvimento do projeto é considerada como a flexibilidade administrativa ou operacional. Para Ross (1976), a capacidade que o administrador possui para adaptar o projeto a possíveis mudanças no cenário previsto, adiciona valor ao investimento.

Os métodos tradicionais do FCD, conforme relatado anteriormente, não conseguem incorporar e, conseqüentemente, avaliar essa flexibilidade administrativa. Considerar tal flexibilidade como um conjunto de opções,

proporcionará uma avaliação de investimentos mais realista (PEREIRA; ARMADA, 2000).

No quadro a seguir será demonstrada a analogia entre as opções financeiras e opções reais:

Quadro 2 – Analogia entre Opções Reais e Financeiras

OPÇÃO FINANCEIRA	OPÇÃO REAL
Preço de exercício da opção.	Custo de investimento no projeto
Ativo subjacente: Ação	Projeto
Retorno da ação	Retorno do projeto
Volatilidade no preço de ação.	Volatilidade no valor do projeto
Fluxo de dividendos da ação	Fluxo de caixa líquido do projeto
Tempo de expiração da opção.	Tempo expiração da oportunidade investimento
Taxa de juro livre de risco	Taxa de juro livre de risco

Fonte: Elaborado pelo autor.

4 PRINCIPAIS TIPOS DE OPÇÕES REAIS

Algumas opções são intrínsecas ao projeto e outras podem ser planejadas e incorporadas (TRIGEORGIS, 1996). Opções de espera (ou de *timing*), redução ou contração da capacidade (escala) e de abandono (ou abandono temporário) ocorrem em quase todos os projetos. As opções de expansão da capacidade, de mudança de uso, de mudança de insumo, podem ser planejadas e incorporadas ao projeto a um custo adicional (DIAS, 1996).

4.1 OPÇÃO DE ESPERAR (DIFERIR) OU “TIMING” DE INVESTIMENTO

A opção de adiar um investimento para explorar uma propriedade rural é uma opção americana para compra de ações. Como essa opção dá à administração o direito, mas não a obrigação, de realizar o investimento para explorar a propriedade, um projeto que pode ser adiado tem mais valor do que um sem a flexibilidade do adiamento. Se a decisão for investir agora, o investidor exerce a opção e incorrerá num custo de oportunidade igual ao valor da opção. Por outro lado, essa poderá ser preservada até o ano seguinte, exercendo-a caso a taxa de atratividade do projeto aumente.

Em resumo, esta opção permite ao investidor beneficiar-se de movimentos favoráveis ao valor do projeto (como aumento de preços do produto a ser gerado), e evitando perdas caso cenários desfavoráveis ocorram.

4.2 OPÇÃO DE ABANDONAR

A opção de abandonar (ou vender) um projeto – por exemplo, o direito de abandonar uma propriedade rural utilizada para o plantio de soja – equivale

formalmente a uma opção americana de venda de ações. Se os resultados forem ruins no final da primeira safra, o responsável pela decisão poderá abandonar o projeto e realizar o valor de liquidação esperado (esse valor poderá ser visto como o preço de exercício da opção de venda). Quando o *VPL* do ativo ficar aquém do valor de liquidação, o ato de abandonar o projeto equivalerá à realização da opção de venda. Como o valor da liquidação do projeto define um limite de valor mínimo (o preço da propriedade rural), a opção de liquidar tem valor. Neste caso, o projeto que pode ser liquidado vale mais do que o mesmo projeto sem a possibilidade de abandono (ou venda). Quanto maior a possibilidade de uso alternativo dos investimentos realizados do projeto, mais valiosa será essa opção.

4.3 OPÇÃO DE EXPANDIR

A opção de expandir a escala de operação de um projeto é equivalente a uma opção americana de compra de ações. Supondo-se que a opção gerencial seja pelo aumento da produção acima do nível esperado inicialmente, caso a exploração agropecuária de determinado produto tenha mais sucesso do que originalmente previsto.

Valores de um projeto, de uma opção de investir, são afetados pela incerteza associada a variáveis relevantes, como o preço do produto, o custo dos insumos, a taxa de juros, a taxa de câmbio, a oferta de crédito e a regulação econômica.

A opção de expansão é bastante relevante em projetos de pesquisa e desenvolvimento. Em alguns investimentos com elevada incerteza técnica, pode-se realizar pequenos investimentos por etapas e, posteriormente expandí-los para projetos de grande porte, caso as informações obtidas se mostrem favoráveis. Existindo, tal opção é denominada composta. Os investimentos são planejados em etapas, e no fim de cada uma destas, a opção de parar ou adiar o projeto. Portanto, cada etapa é uma opção contingente ao exercício anterior de outras opções – uma opção sobre uma opção (ou opções).

Quando as opções apresentam incertezas econômicas, adicionalmente às incertezas técnicas, são denominadas arco-íris.

4.4 OPÇÃO DE CONTRAIR

A opção de contrair a escala de operação de um projeto é equivalente a uma opção americana de venda de ações. Alguns projetos podem ser planejados de maneira que a produção possa ser contraída no futuro. Do mesmo modo que na opção de expandir, o projeto pode ser dividido em etapas, e não realizado de uma vez. Se a taxa de juros aumentar durante a execução do projeto, o proprietário poderá cancelar investimentos previstos para o futuro. O adiamento ou cancelamento de investimentos formulados no projeto inicial equivale ao preço de exercício de opção de venda.

Ao contrário da opção de expandir, ao realizar os investimentos em etapas, se os resultados não se apresentarem favoráveis, o administrador simplesmente não investirá nas etapas subsequentes.

Como a opção de contração concede à administração o direito de reduzir a escala operacional, desde que as condições se tornem desfavoráveis, um projeto que pode ser contraído vale mais do que um que não apresente essa flexibilidade. A redução na escala de produção permite ao produtor diminuir seu custo operacional, bem como a possibilidade de vender, por um valor residual, os equipamentos que serão desativados.

4.5 OPÇÃO DE MUDAR

A opção de mudar as operações de um projeto é um portfólio que consiste tanto em opções de compra como de venda. Por exemplo, reiniciar as operações quando um projeto está interrompido equivale a uma opção americana de

compra. Por outro lado, interromper as operações quando surgem condições desfavoráveis, é equivalente a uma opção americana de venda de ações. O custo de reiniciar (ou interromper) as operações pode ser considerado como o preço de exercício da opção de compra (ou venda). Um projeto cujas operações podem ser paralisadas ou ativadas dinamicamente vale mais do que um que não possua, essa flexibilidade de mudança. Um sistema flexível de operação de manufatura com capacidade de produzir dois produtos; uma unidade fabril que pode mudar seus *inputs* de energia (hidrelétrico/gás natural, óleo combustível/carvão etc.), assim como a saída de um ramo de atividade, ou a entrada nele, são exemplos deste tipo de opção.

5 USO DE OPÇÕES REAIS EM PORTFÓLIO DE AÇÕES NEGOCIADAS EM BOLSA DE VALORES

Neste capítulo será mostrado como a estimação da volatilidade pode ser usada na mensuração do valor de uma opção real, que agregado ao VPL-Valor Presente Líquido auxilia a tomada de decisões nas estratégias de investimento. Será mostrado ainda como esta técnica pode ser usada na formação de portfólio de ações negociadas em Bolsa de Valores.

5.1 INTRODUÇÃO

Empresas são periodicamente avaliadas para determinar se são viáveis e meritórias de continuarem a receber financiamento. Para Lewis e Spurlock (2004), a maioria das organizações tem mais idéias do que recursos para financiá-las. Então, seus projetos competem com disponibilidade de recursos, incluindo dinheiro e talento.

A técnica mais largamente usada para avaliar projetos é o fluxo de caixa descontado. Neste método, o valor presente líquido (VPL) é determinado por descontar o fluxo de caixa futuro a uma certa taxa de retorno. Apesar de seu largo uso, o VPL é uma análise conservadora. Idéias boas às vezes não são perseguidas porque o método fornece um VPL baixo ou negativo. Este fato não permite o real manejo da flexibilidade existente durante o desenvolvimento de projetos, e esta flexibilidade não é explicada na técnica do VPL. (LEWIS; SPURLOCK, 2004).

Os projetos com valor presente líquido positivo são considerados investimentos bons da perspectiva do VPL. Os projetos com valor presente líquido negativo são freqüentemente abandonados porque não conseguem apresentar o retorno requerido. Os projetos com valor presente líquido perto de zero são analisados, de forma a determinar se tais projetos devem ser financiados ou

abandonados. A análise por opções reais pode ser usada para adicionar argumentos à decisão de financiamento, especialmente quando a análise do VPL encontra um valor presente líquido perto de zero. A análise por opções reais oferece uma alternativa que determina um valor para a flexibilidade do investimento e fornece um valor presente líquido expandido - **VPL-E**.

A opção cria um valor presente líquido expandido - **VPL-E**, que é definido como (TRIGEORGIS, 1996):

$$\mathbf{VPL-E = VPL + Valor de Opção} \quad \mathbf{(1)}$$

Sob condições de incerteza, a análise por opções reais pode ser preferida porque a volatilidade do projeto é levada em consideração.

Há cinco tipos de opções reais conforme foi mencionado no capítulo anterior. Cada uma delas representa cenários e opções distintos que podem ser simulados. Todas estas opções são dependentes em cinco variáveis:

- 1) o fluxo de caixa futuro descontado, VPL;
- 2) o custo de implementação;
- 3) o horizonte de tempo em apreciação;
- 4) a taxa de juros livre de risco;
- 5) a volatilidade do fluxo de caixa futuro.

Na análise do fluxo de caixa descontado, a taxa de retorno utilizada é ajustada para refletir o risco. Em vez de usar o custo médio ponderado da capital (WACC) como a taxa de juros, muitos administradores aumentam a taxa de juros para compensar o risco, criando o que é conhecido como taxa de obstáculo. Nos projetos de alto-risco, o administrador tende a usar uma taxa de retorno mais alta do que seria necessário, ocasionando uma redução do VPL. A dificuldade é que não há uma relação direta entre risco e a taxa de retorno. Esta taxa deve ser arbitrada.

Em análise de opções reais, antes de diretamente ajustar a taxa de retorno para o nível de risco, a taxa de retorno livre de risco é usada junto com um parâmetro separado de volatilidade. É esta inclusão de volatilidade que matematicamente diferencia a análise de opções reais do VPL. A análise de opções reconhece que diferentes tipos de projetos terão nível diferente de volatilidade, ou risco. Na análise de opções reais, quando a volatilidade aproxima-se zero, a avaliação aproxima-se do VPL. A volatilidade é a mais difícil de todas as variáveis de prever e medir, e o valor da opção é altamente dependente da estimativa de volatilidade. Uma variedade de métodos pode ser usada para calcular a volatilidade de um projeto.

Opções reais têm seu melhor uso sob condições de incerteza, onde o gerenciamento da flexibilidade expande o valor da oportunidade de investimento. O valor de opção estabelece um preço no valor desta flexibilidade, e o **VPL-E** identifica o quanto o investidor deve estar disposto a pagar para manter o projeto (ou opção) em aberto.

5.2 A AVALIAÇÃO DA OPÇÃO DE COMPRA (CALL), VENDA (PUT) E OPÇÕES REAIS

O modelo Black-Scholes nos mostra como calcular o valor destas opções. A equação aproxima o valor de uma opção de compra Européia, baseado no preço corrente da ação (S_0), preço de exercício (X), volatilidade (σ), taxa de juros livre de risco (r), e tempo até o vencimento (T), equação esta referida anteriormente. As cinco variáveis envolvidas no cálculo de Black-Scholes para ativos financeiros podem ser relacionadas a ativos reais. (TRIGEORGIS, 1996).

Há limitações ao modelo, que claramente foram declaradas no artigo original, as quais incluem:

- 1) A taxa de juros de curto prazo é sabida e constante;

- 2) O preço da ação segue um curso aleatório com o tempo e segue uma distribuição lognormal no tempo. A variância do retorno da ação é constante;
- 3) A ação não paga nenhum dividendo;
- 4) A opção é Européia, (pode ser exercitado só no vencimento);
- 5) Não há nenhum custo de transação.

Uma derivação da equação acima é também conhecida para determinar o valor de uma opção, que é baseada no teorema de paridade de compra e venda (GIBSON, 1991).

$$P = Xe^{-rT} [1 - N(d_2)] - S[1 - N(d_1)] \quad (2)$$

5.3 MÉTODOS DE ANÁLISE

Nesta seção será mostrado o cálculo de estimação da volatilidade e o seu uso na formação do preço das opções.

5.3.1 Aproximação Logarítmica dos Retornos do Fluxo de Caixa

A volatilidade deve ser estimada, quando lidamos com opções financeiras ou opções reais. A aproximação logarítmica dos retornos do Fluxo de Caixa calcula a volatilidade usando quaisquer estimativas históricas ou futuras de fluxo de caixa, junto com seus retornos logarítmicos. Este método é largamente usado para estimar a volatilidade de ativos financeiros. Supõe que os retornos seguem uma distribuição lognormal. O retorno logarítmico do fluxo de caixa é definido por:

$$r_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \quad (3)$$

A qual é uma aproximação da mudança de percentagem (ROGERS, 2002).

Abaixo um exemplo de um fluxo de caixa histórico de um projeto e seus retornos logarítmicos.

Tabela 1 - Exemplo do Cálculo da Volatilidade – etapa 1

Período	Fluxo/Caixa	Log.Natural do Retorno do Fluxo de Caixa(r_i)
0	100	
1	125	$\ln(125/100) = 0,223$
2	130	$\ln(130/125) = 0,039$
3	120	$\ln(120/130) = -0,083$
4	140	$\ln(140/120) = 0,154$
5	128	$\ln(128/140) = -0,090$

Fonte: Adaptada de LEWIS; SPURLOCK, 2004.

A média logarítmica dos retornos é $(0,223 + 0,039 - 0,083 + 0,154 - 0,090)/5 = 0,049$. A estimativa da volatilidade é então calculada como (MUN, 2002):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2} \quad (4)$$

Continuando o exemplo do cálculo da volatilidade temos:

Tabela 2 - Exemplo do Cálculo da Volatilidade – etapa 2

Tempo	Log.Natural do Retorno do Fluxo de Caixa(r_i)	$(r_i - \bar{r})^2$
0		
1	0,223	0,0303
2	0,039	0,0001
3	-0,083	0,0174
4	0,154	0,0110
5	-0,090	0,0193
	média = 0,049	soma = 0,0781

Fonte: Adaptada de LEWIS; SPURLOCK, 2004.

O desvio padrão dos retornos é calculado como:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2} = \sqrt{\frac{1}{5-1} (0,0781)} = 0,140$$

O fluxo de caixa original segue uma distribuição lognormal, e o logaritmo natural dos retornos terá uma distribuição normal. Neste exemplo, a volatilidade é igual a 0,140, ou 14,0%.

Este método é fácil de ser implementado, especialmente com a ajuda de uma planilha de computador. No entanto, há um problema primário que pode limitar seu uso. Se qualquer das entradas do fluxo de caixa é negativa, durante qualquer período de tempo, o método se torna inválido; a suposição de distribuição lognormal é inválida. Se há uma entrada negativa neste fluxo de caixa, esse período de tempo não pode ser calculado porque o logaritmo natural de um número negativo não existe. Se um período de tempo não pode ser calculado, então a estimativa de volatilidade será incorreta. A técnica é adequada para analisar valores de ações, que são positivos e seguem uma distribuição lognormal, mas não é apropriada para análise de opções reais quando alguma entrada do fluxo de caixa apresentar um valor negativo.

Para corrigir esta distorção usa-se o desvio padrão dos retornos do fluxo de caixa do exemplo como será demonstrado a seguir, utilizando a fórmula (4):

Tabela 3 - Exemplo do Cálculo da Volatilidade – etapa 3

Tempo	Fluxo/Caixa	Retorno Fluxo/Caixa(r_i)	$(r_i - \bar{r})^2$
0	100		
1	125	$(125-100)/100 = 0,250$	0,0371
2	130	$(130-125)/125 = 0,040$	0,0003
3	120	$(120-130)/130 = -0,077$	0,0180
4	140	$(140-120)/120 = 0,167$	0,0120
5	128	$(128-140)/140 = -0,094$	0,0228
		média = 0,0573	soma = 0,0902

Fonte: Adaptada de LEWIS; SPURLOCK, 2004.

O desvio padrão pode ser calculado utilizando a fórmula (4):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2} = \sqrt{\frac{1}{5-1} (0,0902)} = 0,150$$

Neste exemplo, a volatilidade é igual a 0,15, ou 15%. Esta é a correção que deve ser feita quando ocorrerem situações de fluxo negativo.

5.3.2 Analisando pelo método de Monte-Carlo

Copeland e Antikarov (2001) mostram um método mais detalhado de calcular volatilidade, a análise de Monte Carlo. Neste método, uma planilha é criada, modelando os custos e as receitas, e identificando as fontes de incerteza. A volatilidade é calculada usando as simulações de Monte Carlo. Neste processo identificam-se três fontes potenciais de incerteza: preço por unidade, quantidade de produção, e custo variável por unidade. O retorno do projeto é calculado, com base nos resultados da planilha. A análise de Monte Carlo então pode ser conduzida usando-se uma planilha de computador.

A volatilidade do retorno do projeto não será a mesma que a volatilidade dos valores de entrada no fluxo de caixa de uma empresa. A volatilidade de uma mina de ouro não será a mesma que a volatilidade do preço do ouro, e a volatilidade de uma ação de uma empresa petrolífera não será a mesma que a volatilidade do preço do barril de petróleo, embora possa ocorrer uma forte correlação entre a volatilidade dos valores da ação de uma empresa e o preço de seu principal produto.

Esta técnica pode alcançar bons resultados quando se conhece a variabilidade das entradas. O exemplo supõe que a variação dos preços, das quantidades e dos custos por unidade são conhecidos num determinado tempo. A exatidão da estimativa de volatilidade será tão boa quanto as estimativas das variáveis de entrada de valores de fluxo e seus respectivos desvios-padrão. Se o futuro apresentar dados semelhantes aos do passado, então o uso de dados históricos é um método aceitável. A alternativa deve ser usada para estimativas futuras.

5.3.3 Administrando Estimativas

As estimativas do futuro também podem ser usadas para determinar volatilidade. Supondo a pior situação e a melhor situação, a volatilidade pode ser estimada. Este método de melhor situação e pior situação é largamente usado na indústria para projetar vendas de produto e orçamentos financeiros (LEWIS; SPURLOCK, 2004). A técnica pode ser usada para fornecer informações para a análise de opções reais com relativa facilidade. Além de identificar o resultado esperado para cada variável, o administrador responsável identifica um intervalo de resultados. Novamente pode-se supor que o projeto tem três fontes de variabilidade: preço por unidade, quantidade, e custo variável por unidade. O administrador identifica um resultado esperado como antes, mas também fornece uma previsão otimista e uma previsão pessimista para estas variáveis, usando uma confiança de 95 por cento.

Este método é simples e provavelmente o menos exato. Objetivamente, cria-se duas planilhas: uma estimativa otimista e outra pessimista. Duas estimativas novas da taxa de retorno então seriam identificadas. A volatilidade pode ser estimada conforme a equação abaixo: (MEREDITH; MANTEL, 2003):

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{3,3} \right)^2$$

Onde:

b = é a taxa de retorno otimista

a = é a taxa de retorno pessimista

3,3 = é a + /- z numa probabilidade de 95% de uma curva normal

Em um método mais sofisticado, estas entradas podem ser aplicadas à planilha original, não como volatilidade de forma rígida, mas como entradas de Monte Carlo. A entrada variável é identificada, como meio, e o limite superior e inferior de 95%, são inseridos. O retorno **z** é identificado como a produção variável. A análise de Monte Carlo é executada, e uma estimativa de volatilidade pode ser obtida como o desvio padrão do retorno **z**.

5.3.4 Títulos Gêmeos

Trigeorgis (1996) recomenda encontrar um título negociado que possua igual valor e remuneração dos ativos que estamos trabalhando: esta condição é conhecida como títulos gêmeos. Na prática, achar tais títulos é extremamente difícil. Portanto, o recomendável é que se selecione títulos o mais possível correlacionados, e usar cautela quando interpretar os resultados. Esta aproximação pode ser usada para três cenários (MILLER; PARK, 2002):

- 1) Decisões sobre recursos naturais que envolvem mercadorias (commodities), negociadas publicamente;
- 2) Grandes conglomerados avaliando uma divisão específica, responsável por uma categoria de produtos, dentro de seu negócio e encontra no mercado uma ação de uma companhia na mesma categoria de produtos, que possa espelhar o valor da divisão;
- 3) Quando o projeto que está sendo avaliado contribui significativamente para o valor de mercado da companhia, a própria ação da companhia é selecionada como título gêmeo.

Para projetos nos quais uma situação apropriada de títulos gêmeos pode ser identificada no mercado, o desvio-padrão dos retornos históricos dos títulos gêmeos pode ser usado como uma proxy para a volatilidade do projeto. Mun (2002) sugere que para determinar a volatilidade de um projeto pode-se usar a volatilidade do preço da ação da própria companhia. A companhia cuja ação está sendo usada deve aceitar isto como uma situação de títulos gêmeos. Um problema comum, quando se usa o preço da ação, é que o preço da ação pode sofrer uma reação adversa dos investidores e estar sujeito à psicologia do mercado de ações, assim como muitas outras variáveis de mercado que podem afetar o preço da ação e são totalmente irrelevantes ao projeto. Usar um índice de ações seria mais útil como títulos gêmeos, do que usar uma única ação.

5.3.5 Volatilidade implícita

Em mercados financeiros, os valores de uma opção publicamente negociados são conhecidos e disponíveis através de Bolsas de Valores. Uma pergunta comum é “Qual é a volatilidade que suporta este preço?” A volatilidade implícita é a avaliação do mercado de opções da volatilidade futura esperada da ação subjacente. Isto pode ser calculado usando o modelo Black-Scholes ou outros modelos de precificação de opções. Naturalmente, o uso de modelo

alternativo dará resultado diferente (isto é conhecido como modelação de risco). Volatilidade implícita pode ser um meio interessante de comparar ativos financeiros, porque é uma indicação de risco implícito. Por exemplo, se uma opção de ação tem uma volatilidade implícita de 35 por cento, isto sugere que a ação, tem uma possibilidade de dois-terços de negociar entre $+ / - 35\%$ do preço corrente da ação sobre o próximo ano (SCHAEFFER, 1997).

Ativos com alto risco têm volatilidades implícitas altas, e ativos de baixo risco têm volatilidades baixas. O índice Bovespa possui volatilidade de 24 por cento nos últimos dois anos; o S&P500 historicamente teve uma volatilidade na região de 12-15 por cento, enquanto algumas ações de tecnologia nos Estados Unidos apresentaram volatilidade de mais de 50 por cento.

Dentro do modelo de Black-Scholes, o ativo subjacente assume uma distribuição log-normal e o coeficiente de volatilidade é constante. O modelo foi estudado e foi usado extensamente nos últimos 30 anos, e foi observado que volatilidades subentendidas históricas não são constantes no tempo. De acordo com Gesser e Poncet (1997), a fórmula de Black-Scholes tende a sobre-valorizar a opção no dinheiro (at-the-money) e a sub-valorizar a opção dentro dinheiro (in-the-money) e fora do dinheiro (out-of-the-money) por causa destas suposições. Na verdade o modelo produz esta distorção sem ser esta a intenção dos autores.

Tabela 4 - Volatilidades e Beta do Ibovespa De Algumas Ações Brasileiras

	Classe	Volatilidade	Volatilidade	Beta	Beta
		12meses Jun/2005/Jun2006	24meses Jun/2004/Jun2006	12meses Jun/2005/Jun2006	24meses Jun/2004/Jun/2006
Ibovespa		0,25	0,24	1	1
Cemig	PN	0,36	0,4	0,92	0,68
Copel	PNB	0,39	0,41	1,28	1,1
Eletronbras	PNB	0,47	0,47	1,52	1,23
Bco Itau Hold Finan	PN	0,35	0,32	0,85	0,74
Bradesco	PN	0,35	0,33	1,39	1,14
Brasil	ON	0,47	0,41	1,52	1,02
Unibanco	UnN1	0,37	0,35	1,51	1,35
Vale Rio Doce	PNA	0,3	0,32	1,03	1,01
Petrobras	PN	0,32	0,29	1,39	1,14
Arcelor BR	ON	0,4	0,41	1,16	1,12
Gerdau	PN	0,38	0,38	1,48	1,58
Sid Nacional	ON	0,42	0,4	1,26	1,44
Usiminas	PNA	0,48	0,44	1,28	1,58
Brasil Telecom	PN	0,42	0,44	0,65	0,74
Embratel Part	PN	0,49	0,5	-0,15	0,49
Telemar-Tele NL Par	PN	0,3	0,29	0,53	0,71
Tim Participacoes	PN	0,41	0,42	1,69	1,28
Vivo Part	PN	0,52	0,47	1,29	1,25

Fonte: Economatica¹.

5.3.6 Volatilidade implícita para Análise de Opções Reais

Em análise de opções reais, a volatilidade é tão importante quanto em opções financeiras. A diferença chave é que a análise de opções reais usa a volatilidade para estimar e projetar fluxos de caixa futuros, custos, horizontes de tempo e outras variáveis.

Uma análise de opções reais não é tão precisa quanto uma análise de opções financeiras, porque em um projeto a maioria dos dados é relativa às previsões, tendo suas próprias imprecisões. É difícil prever o volume futuro de vendas e fluxos de receita. Calcular volatilidade futura é ainda mais complexo. Além do mais, administradores usualmente não são acostumados a pensar em termos de volatilidade, principalmente porque as ferramentas atualmente usadas (pay-back e técnicas de desconto de fluxo de caixa) não exigem este tipo de

¹ É a ferramenta (software) de análise de investimento em ações utilizada por analistas das maiores instituições financeira do BRASIL.

informação. Análise de opção real é de uma natureza menos precisa, é difícil elaborar um valor exato de opção para um projeto real. No entanto, usando números apropriados, uma estimativa razoável pode ser obtida e pode ser usada para guiar a decisão que será tomada.

Os dados também podem ser usados para a comparação relativa de projetos. Se há dúvidas concernentes à precisão das suposições, valores então relativos (tal como rankings) podem geralmente fornecer resultados aceitáveis. Se a análise da opção é usada para comparar projetos que possuem um risco semelhante, então o uso de uma estimativa de volatilidade deve fornecer resultados aceitáveis. Neste contexto, o uso apropriado da técnica do título gêmeo pode ser usada como uma proxy para estimar a volatilidade do projeto.

5.4 ESTRATÉGIAS DE TOMADA DE DECISÕES EM OPÇÕES REAIS E ANALOGIA COM AÇÕES COTADAS EM BOLSA DE VALORES:

Em termos financeiros, administrar uma carteira de investimentos como opções estratégicas, é muito mais uma série de opções do que uma série estática de fluxo de caixa descontado (LUEHRMAN, 1998).

Pode-se desenvolver e construir um retângulo que será chamado de “**gráfico de opções**”, que auxiliará as decisões a serem tomadas. O gráfico de opções é definido por duas métricas do valor da opção, cada uma delas captura uma parte diferente do valor associado com o poder de adiar ou diferir o investimento. O gráfico de opções pode ajudar a dirimir as questões de um administrador de portfólio, como, por exemplo, se é tempo de investir ou não investir.

A primeira métrica contém todos os dados usualmente capturados no valor presente líquido (VPL), mas adiciona o valor do tempo de poder adiar o investimento. Chamaremos esta métrica de VPLq; que será definido como o valor dos ativos subjacentes que se pretende construir ou adquirir, dividido pelo valor presente requerido para construir ou comprá-los. De forma simples, isto é uma

relação de valor ao custo. Para conveniência, esta métrica será aqui chamada de **valor-a-custo**, em vez de VPLq, mas deve-se ter em mente que o valor e o custo referem-se aos ativos do projeto, não à opção naqueles ativos. Quando a métrica valor-à-custo está entre zero e um, tem-se um projeto que vale menos do que custa; quando a métrica é maior do que um, o projeto vale mais do que o valor presente do que custa.

A segunda métrica será chamada de **volatilidade métrica**.

Mede o quanto a situação pode mudar antes de uma decisão de investimento final ser feita. Ambos dependem do quão incerto, ou arriscado, estão os valores futuros dos ativos e por quanto tempo pode-se adiar a decisão de investir. O modelo captura a variância por período de retornos do ativo; por último tem-se o tempo que a opção tem para expirar.

O gráfico de opções, a seguir, é definido por estas duas métricas, com valor-a-custo no eixo horizontal e volatilidade no eixo vertical.

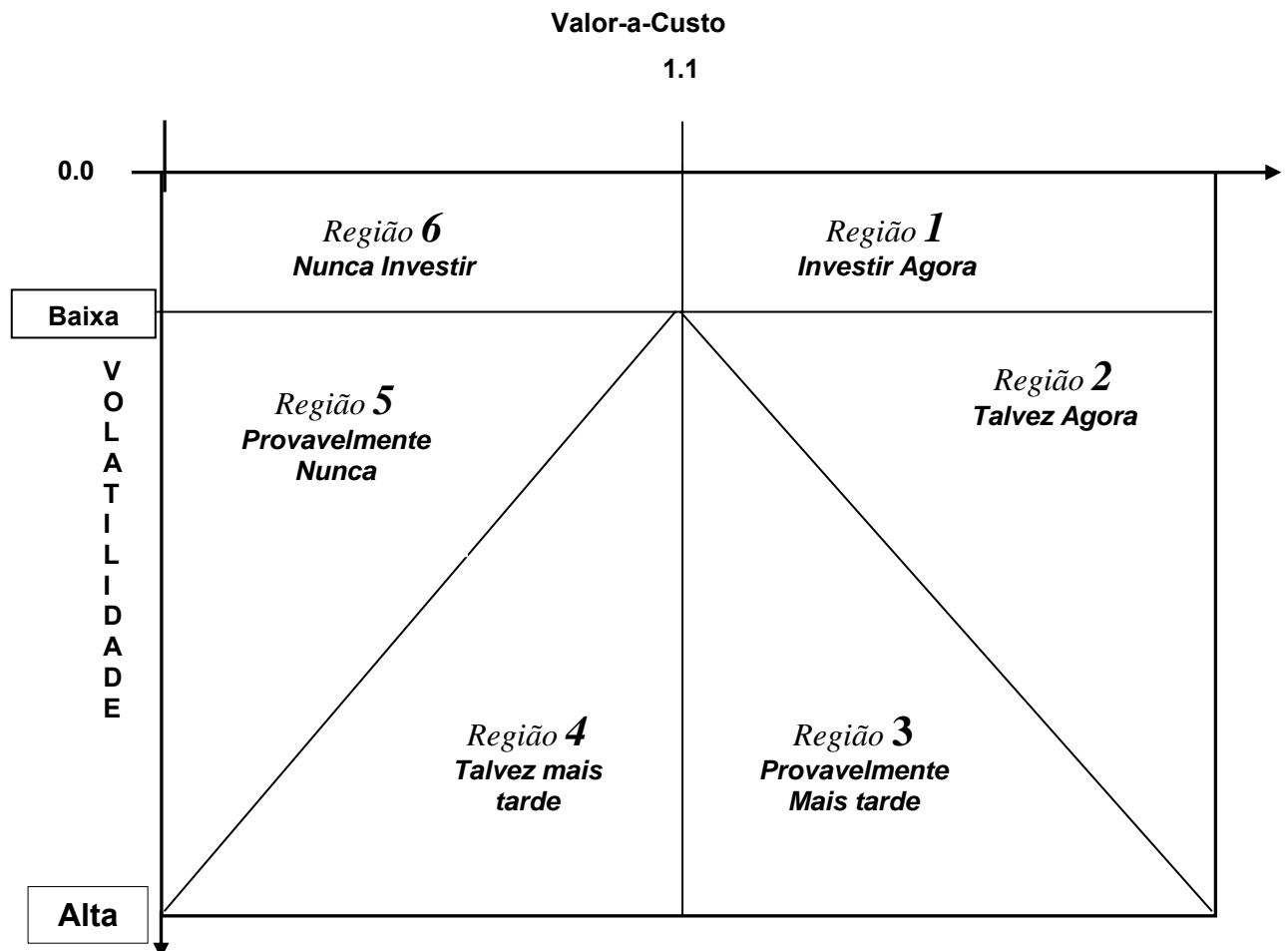


Gráfico 4 - Gráfico dos valores métricos das Opções

Fonte: Adaptado de LUEHRMAN, 1998.

O gráfico contempla que o aumento da métrica do valor-a-custo dá-se da esquerda para a direita (seu valor mínimo é zero), e o aumento da métrica da volatilidade é de cima para baixo (seu valor mínimo também é zero). Dentro do interior do gráfico (retângulo), o valor da opção aumenta com o aumento de quaisquer dos métricos; isso é, se de algum ponto no gráfico, se mover para baixo, para a direita ou em ambas as direções simultaneamente, o valor da opção eleva-se.

Como o gráfico de opções pode ajudar na tomada de decisões estratégicas?

Uma estratégia de portfólio é uma série de opções relacionadas: é como se a condição de um ativo afetasse o valor ou a situação de outro que esteja no mesmo portfólio. Isso torna o processo menos trivial. Antes de analisar uma estratégia, primeiro considera-se a circunstância mais simples em que os ativos crescem sem afetar os demais na mesma carteira. Para se fazer isso, é necessário explorar o gráfico de opções mais ainda.

No gráfico de opções, onde há seis regiões separadas, cada uma contém um tipo distinto de opção e de uma prescrição gerencial correspondente. O gráfico está dividido em regiões distintas usando-se o que se conhece sobre as métricas do valor-à-custo e da volatilidade, junto com o valor presente líquido - VPL convencional.

Qual é o ganho ao se dividir o gráfico de opções nesta forma? As finanças corporativas tradicionais usam o VPL para avaliação de projetos, o que permite somente duas ações possíveis: investir ou não investir. No gráfico das opções, nós temos o VPL, duas métricas extras, e seis situações possíveis que refletem não somente como um projeto está no presente, mas também a probabilidade dele ser descontinuado ou, ainda, postergar a decisão para o futuro. Quando se avalia a estratégia, este julgamento é especialmente útil.

Parte Superior do Gráfico:

Agora (1) e Nunca (6). Na parte superior do gráfico de opções, a volatilidade métrica é zero. Isso é assim, ou porque toda a incerteza foi resolvida ou porque o tempo expirou. Em opções, a última é a mais provável. Projeta-se

assim que a extremidade superior difere de uma outra somente de acordo com sua métrica de valor-a-custo, e é fácil ver o que fazer com ele. Se o valor-a-custo métrico é maior que um, segue-se adiante e a decisão é investir agora. Se for menor do que um, não se realiza o investimento. Assim demonstra-se no gráfico de opções a situação de "**agora ou nunca**". Será conveniente consultar as regiões pelo respectivo número. Assim, as regiões estão numeradas de 1 a 6. A região 1 contém os investimentos que serão feitos **agora**; a região 6 contém os investimentos que **nunca** serão realizados.

Lado direito do Gráfico:

Talvez Agora (2) e Provavelmente mais tarde (3). O que fazer com os projetos cuja métrica valor-a-custo é maior do que um, mas cujo momento ainda não é propício para realizar o investimento? Todos estes projetos estão em algum lugar na metade direita do gráfico de opções, mas abaixo da região superior. Os projetos aqui são promissores porque os ativos subjacentes valem mais do que o valor presente do investimento requerido. Será que isto significa que se deve seguir adiante e investir imediatamente? Em alguns exemplos, a resposta é claramente não, enquanto, em outros casos, é talvez.

Deve-se analisar e poder distinguir-se entre esses casos. A chave para fazer isto não é precificar a opção, mas usar o VPL convencional.

Nestas regiões observam-se muitos ativos promissores. O VPL convencional informa em qual ativo se deve de investir imediatamente. Se o VPL é negativo, o investimento imediato é ambíguo e não otimizável. Na terminologia de opções, esta é uma situação *out of the money* (fora do dinheiro): O custo do exercício é maior do que os ativos valem. O preço de exercício (X) é maior que o valor do ativo subjacente ($VPL = S - X < 0$).

A curva entre as regiões (2) e (3) no diagrama separa as opções que estão *fora do dinheiro* ($VPL < 0$) das que estão *no dinheiro* ($VPL > 0$). Para pontos acima da curva no diagrama, o VPL está positivo; para pontos abaixo da curva, VPL está negativo. Para pontos na curva o $VPL = 0$.

Os projetos abaixo da curva, que será convencionado como região 3, são os investimentos que não serão selecionados imediatamente. Eles são atrativos porque sua métrica valor-a-custo é positiva. Esta região denomina-se ***Provavelmente mais tarde*** porque, mesmo que ainda não seja feito o investimento, espera-se investir eventualmente no futuro com uma boa probabilidade. Neste ínterim, eles devem ser observados.

Ativos que apresentam $VPL=0$ podem se tornar interessantes. Estas opções estão no dinheiro. Deve-se considerar e selecionar o momento de seu exercício, cedo ou não. Pode parecer contraditório considerar o exercício de uma opção cedo. O que acontece é que se deve fazer uma escolha ideal no momento possível. Se há valor associado em diferir, por que fazer de outra maneira? Às vezes, especialmente com opções reais, o valor pode ser perdido assim como ganho por diferir, e a decisão adequada depende de qual efeito predomina.

A opção financeira análoga à opção real é uma opção de compra de uma ação. Se a ação paga um dividendo significativo, o acionista recebe um valor que o possuidor da opção não recebe (no caso de opções não protegidas). O possuidor da opção pode desejar tornar-se um acionista e participar do dividendo, que contrariamente seria renunciado. No caso de opções reais, onde o ativo subjacente é parte de um conjunto de fluxos de caixa do negócio, qualquer perda *previsível* de valor associada com o diferimento do investimento é como o dividendo no exemplo anterior de ações. Os fenômenos como mudanças de regulamentação, em estudo e pendentes, podem causar uma perda previsível de participação no mercado, ou uma ação antecipada por um concorrente, são todos custos associados com investir mais tarde, ou mais cedo e talvez cause o exercício antecipado de uma opção. Ganhos ou perdas imprevisíveis, no entanto, não devem determinar um exercício de opções antecipado.

As opções que estão no dinheiro, isto é, aquelas em que o $VPL > 0$ devem ser avaliadas se devem ou não ser exercidas mais cedo. O investimento imediato não será sempre o curso ideal de ação porque se investir cedo a companhia perde as vantagens de diferir, que também são reais. A decisão de investir cedo exige uma comparação de fluxos de caixa do valor a investir imediatamente com o valor de esperar um pouco mais, que é, de continuar analisando o projeto como

uma opção. No gráfico de opções esta situação será denominada como **Talvez agora** (região 2), porque se pode decidir investir imediatamente.

Lado esquerdo do Gráfico:

Talvez mais tarde (4) e Provavelmente Nunca (5). Todas as opções que estão na metade esquerda do gráfico de opções são menos promissoras porque a métrica do valor-a-custo é menor que um, e o VPL convencional é menor que zero. Nestas regiões pode-se separar os ativos de maior valor dos ativos de menor valor. A esquerda superior é uma região nada promissora porque ambos, o valor-a-custo e a volatilidade métrica, são baixos. Esta região de opção será chamada de **Provavelmente nunca (5)**.

Em contraste, a seção mais baixa desta metade esquerda do gráfico tem melhores perspectivas porque ao menos uma das duas métricas é razoavelmente alta. Esta região de opção será chamada de **Talvez mais tarde (4)**.

Tabela 5 - Estatísticas de Seis Projetos Independentes

Projetos		A	B	C	D	E	F	Valor do Portfólio
Variáveis								
S	(Ativo Subjacente)	\$100.00	\$100.00	\$100.00	\$100.00	\$100.00	\$100.00	
X	Preço exercício	\$ 90.00	\$ 90.00	\$110.00	\$110.00	\$110.00	\$110.00	
t	Tempo (anos)	0	2	0	0.50	1.00	2.00	
σ	Desvio padrão/anual	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30	0.40	
r_f	Tx.Livre Risco/anual	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
VPL_q	Valor-a-custo	1.111	1.248	0.909	0.936	0.964	1.021	
$\sigma\sqrt{t}$	Volatilidade	0.000	0.424	0.000	0.141	0.300	0.566	
Call	(Opção Compra)	\$ 10.00	\$ 27.23	\$ 0.00	\$ 3.06	\$ 10.42	\$ 23.24	\$ 73.95
S-X	VPL/convencional	\$ 10.00	\$ 10.00	\$(10.00)	\$(10.00)	\$(10.00)	\$(10.00)	\$ 20.00
REGIÃO		1	2	3	4	5	6	
Decisão de Exercício		Agora	Talvez Agora	Nunca	Provav. Nunca	Talvez M.Tarde	Provav. M.Tarde	

Fonte: Adaptada de LUEHRMAN, 1998.

Como exemplo, consideram-se seis projetos hipotéticos, que são inteiramente sem ligação entre si. A tabela "**Estatísticas de Seis Projetos Independentes**", acima mostra os dados relevantes para estes projetos ordenados de A a F. Cada um deles envolve ativos no valor de \$ 100 milhões. Dois deles (A e B) exigem dispêndios de capital de \$ 90 milhões; os outros quatro exigem gastos de \$ 110 milhões. A e B cada têm um VPL positivo de \$ 10 milhões. Cada um dos outros quatro tem um VPL negativo de \$ 10 milhões. O VPL da carteira de investimentos inteira é negativo em \$20 milhões ou, mais razoavelmente, positivo em \$20 milhões, desde que os quatro projetos com VPLs negativos possam ser incluídos com valor zero. O orçamento convencional de capital conduz a duas decisões: investir ou não investir. Ao seguir esta regra, aceita-se os projetos A e B e rejeita-se todos os outros.

Embora seus VPLs sejam semelhantes, os seis projetos têm diferentes perfis de tempo e volatilidade e, conseqüentemente, valores diferentes para suas métricas de valor-a-custo e volatilidade. Portanto, cada um está localizado numa região diferente do gráfico de opções. "A" é um projeto que esta na região **Agora (1)**; "C" é um projeto **Nunca** na região 6. Para ambos o tempo é zero; então sua volatilidade métrica é zero. O projeto B é muito promissor; seu VPL é positivo, e sua métrica de valor-a-custo é maior que um. B está na região 2, e deve-se considerar o tempo de exercício da opção neste projeto. No entanto, a menos que haja alguma perda previsível de valor no futuro (qualquer crescimento de custo ou queda em valor), então o exercício antecipado é desnecessário. No projeto F sua métrica de valor-a-custo é maior que um, mas seu VPL é menor que zero. Este projeto está na região 3 e é muito valioso como uma opção, apesar de seu VPL ser negativo, pois vai expirar em dois anos e tem a volatilidade mais alta do grupo inteiro. Por esta razão o prognóstico do projeto F é **Provavelmente mais tarde (3)**.

O projeto E tem menos condições para isto que o projeto F. Está na região 4 e merece alguma atenção porque tem um ano de prazo e um desvio-padrão moderado no retorno de seu ativo subjacente ($\sigma = 0,3$ por ano). Essa é a razão pela qual é classificado como **Talvez mais tarde (4)**. O projeto D promete muito menos e está em **Provavelmente nunca (5)** porque uma decisão deve ser feita

em só seis meses e, com uma volatilidade baixa, não é provável que D entre no dinheiro antes do tempo expirar.

Porque leva em consideração a flexibilidade e a incerteza, a estrutura de opções conduziu a uma avaliação desta carteira de investimentos diferente da abordagem convencional do VPL. Obviamente, onde métodos de VPL dão ao portfólio um valor de \$20 milhões, estimar o valor da opção dá-lhe um valor de aproximadamente \$74 milhões, mais de três vezes maior.

Em vez de aceitar dois projetos e rejeitar quatro, a análise através de opções permite aceitar um, rejeitar um, esperar e analisar os outros quatro. E, enquanto se espera, pode-se investigar como cada projeto evolui em perspectivas diferentes. Assim não se espera passivamente. Tendo recursos limitados para dedicar à carteira de investimentos, aquire-se mais conhecimento sobre os projetos. Pode-se ver isso nos projetos E e F que juntos valem, aproximadamente, \$34 milhões (não negativos \$20 milhões nem nivelados a \$0) e devem ser analisados ativamente antes de serem abandonados. Na pior das hipóteses, poderiam ser vendidos a algum outro investidor.

Portfólio de Ações:

Uma carteira de ações negociadas em Bolsa de Valores pode ser considerada como um portfólio de projetos e a estratégia de análise e tomada de decisões podem se valer da Teoria de Opções Reais. Analogamente, as decisões de investir, expandir, adiar ou abandonar um projeto, utilizadas em Opções Reais, são semelhantes a comprar, aumentar a posição, adiar e vender ações. Ao aceitar-se que o VPL de uma empresa representa, num dado momento, o valor de sua ação cotada em Bolsa de Valores, estabelece-se um paralelo entre os valores intangíveis contidos na empresa e a volatilidade que a cotação desta ação reflete na Bolsa de Valores.

Em mercados ditos completos, como pode ser considerado o mercado de ações dos Estados Unidos, boa parte das ações cotadas em Bolsa possuem também um amplo mercado de opções, e se utiliza métodos como a fórmula de Black & Scholes para precificar opções. Em mercados incompletos como o brasileiro, onde o mercado de opções é restrito a poucas ações, a Teoria de

Opções Reais pode ser útil na análise e valoração de empresas cotadas em Bolsa de Valores.

6 CONCLUSÕES

A Teoria de Opções Reais pode ser vista como uma evolução dos métodos tradicionais na análise de investimentos uma vez que permite a identificação de opções existentes no decorrer da aplicação de um projeto, gerando flexibilidade e integrando estratégias a orçamentos de capital. A estratégia emerge da necessidade contínua de haver flexibilidade nas decisões, o que é necessário para lidar com cenários de grande incerteza. As opções que dão flexibilidade ao projeto podem influenciar diretamente as variáveis de risco e retorno, aumentando o Valor Presente Líquido, o que, no caso das análises baseadas no método de Fluxo de Caixa Descontado (FCD), subestimam a viabilidade do projeto.

Pode-se afirmar que, na decisão de investir, tem-se configurada a primeira opção: investir ou não. Isto permite ao analista cogitar a possibilidade de adiar, abandonar, parar, sair, trocar e/ou expandir o projeto de acordo com as condições de mercado.

Uma das grandes vantagens da aplicação da Teoria de Opções Reais é que no momento em que esta gera opções que podem ser valoradas elas alteram o VPL baseado no modelo do fluxo de caixa descontado (FCD). Ao observar a natureza de cada opção, nota-se porque o método tradicional de análise de projetos de investimentos não atende mais aos seus propósitos, como atendeu durante todo o tempo em que foi amplamente utilizado.

A análise probabilística evidenciada na elaboração de uma árvore de decisões permite a visualização do investimento em dois ou mais cenários, otimistas e pessimistas. Conseqüentemente, a apuração destes panoramas altera de modo expressivo as variáveis do projeto, ensejando a escolha de uma opção para que então se defina a ação estratégica que irá integrar-se ao projeto indicado através da possibilidade de diferir, abandonar, trocar, parar, expandir, crescer.

Em todas as opções que podem ser geradas num projeto, a volatilidade, é talvez a variável mais importante, uma vez que é através de sua apuração que será montado o cenário. Considerando que qualquer aumento de incerteza, como

instabilidade política, faz com que um investimento reaja mais lentamente, vale sobre este aspecto a ponderação de alguns autores, os quais afirmam que, nesta circunstância, o melhor é sempre esperar para ver como o quadro se desenvolve.

No caso da opção de abandono, esta se assemelha à opção de saída, pois em ambos os casos o valor da opção aumenta de acordo com a apuração do valor residual obtido através da possível venda dos ativos (valor de exercício).

Exercer uma opção de crescimento nada mais é senão considerar a possibilidade de investir num projeto que apresente VPL estático desde que analisadas as probabilidades futuras e estas sejam favoráveis. Por exemplo, o investimento em tecnologia pode ser considerado uma opção de crescimento na qual o investidor deseja investir num projeto considerado inadequado pelo método tradicional, que, entretanto oferece grandes possibilidades futuras de prosperar.

Definir a expansão da capacidade produtiva de uma fábrica em determinado momento é uma opção de crescimento que aumenta o valor do projeto a ponto de ser analiticamente viável à luz da Teoria da Análise de Opções Reais. Esta é a análise que também deve ser feita na administração de uma carteira de ações.

Enfim, a Teoria da Análise de Opções Reais é indicada para analisar projetos de investimentos em tempos atuais, momento no qual as políticas, tanto administrativas quanto econômicas, mostram-se instáveis em nível mundial, fazendo com que até mesmo pequenos investimentos demandem análises mais apuradas devido ao elevado grau de incerteza e volatilidade que naturalmente existe no mercado financeiro e de capitais.

REFERÊNCIAS

AMRAM, M.; KULATILAKA, N. **Real options**: managing strategic investment in an uncertain world. Boston: Harvard Business School Press, 1999.

BACHELIER, L. Théorie de la spéculation. **Annales scientifiques de l'école normale supérieure**, Paris, série 3, tomo 17, p. 21-86, 1900.

BENDER, Irene. **Avaliação da empresa globo cabo S/A**. 2001. Monografia (Curso de Especialização em Equipes Gestoras de Sistemas e Serviços de Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of political economy**, Chicago, v. 81, n. 3, p. 637-659, 1973.

BODIE, Z.; MERTON, R. **Finanças**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C. **Princípios de finanças empresariais**. Portugal: McGraw-Hill, 1998.

COPELAND, T. E.; KEENAN, P. T. How much flexibility is worth? **mckinsey quarterly**, New York, n. 3, p. 38-48, 1998.

COPELAND, T.; KOLLER, T.; MURRIN, J. **Valuation**: measuring and managing the value of companies. 2. ed. New York: Wiley, 1995.

COPELAND, T.; WEINER, J. Proactive management of uncertainty. **The Mckinsey Quarterly**, New York, v. 10, n. 4, p. 133-152, 1990.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais**: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. **Journal of financial economics**, Lausanne, v. 7, n. 3, p. 229-263, Sept. 1979.

DIAS, M. A. G. **Investimento sob incerteza em exploração e produção de Petróleo**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Engenharia Industrial, Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. The options approach to capital investment. **Harvard business review**, Boston, v. 73, n. 1, p. 105-115, May/June 1995.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. New Jersey: Princeton University Press, 1994.

GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. **Decisões de investimento da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

GESSER, V.; PONCET, P. Volatility patterns: theory and some evidence from the dollar-mark option market. **The journal of derivatives**, New York, v. 5, n. 2, p. 46-61, 1997.

GIBSON, R. **Option valuation**. New York: McGraw-Hill, 1991.

GORDON, M. J.; SHAPIRO, E. Capital equipment analysis: the required rate of profit. **Management science**, Providence, v. 3, n. 1, p. 102-110, Oct. 1953.

HULL, J. C. **Opções, futuros e outros derivativos**. 3. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1998.

JORION, P. **Value at risk**: the new benchmark for controlling market risk. São Paulo: BM&F, 1998.

KEMNA, A. G. Z. Case studies on real options. **Financial management**, Tampa, v. 22, n. 3, p. 259-270, 1993.

KESTER, W. C. Today's options for tomorrow's growth. **Harvard business review**, Boston, v. 62, n. 2, p.153-160, Mar./Apr. 1984.

KESTER, W. C. Turning growth options into real assets. In: AGGARWAR, R. (Ed.). **Capital budgeting under uncertainty**. Englewood: Prentice Hall, 1993. Chapter 11.

KIYOSHI, Itô. **Selected papers**. New York: Springer-Verlag, 1987.

LESLIE, K. J.; MICHAELS, M. P. The real power of real options. **The mckinsey quarterly**, New York, n. 3, p. 4-22, 1997.

LEWIS, N.; SPURLOCK, D. Volatility estimation of forecasted project returns for real options analysis. In: NATIONAL CONFERENCE OF THE AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING MANAGEMENT, 25., 2004, Washington, **Proceeding...** Washington: United States, National Aeronautics and Space Administration, 2004. 1 CD-ROM

LUEHRMAN, T. A. What's it worth? A general manager's guide to valuation. **Harvard business review**, Boston, v. 75, n. 3, p. 132, May/June 1997.

LUEHRMAN, T. A. Investment opportunities as real options: getting started on the numbers. **Harvard business review**, Boston, v. 76, n. 4, p. 51, Jul./Aug. 1998a.

LUEHRMAN, T. A. Strategy as a portfolio of real options. **Harvard business review**, Boston, v. 76, n. 5, p. 89-99, Sept./Oct. 1998b.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **Journal of finance**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 77-91, Mar. 1952.

MEREDITH, J. R.; MANTEL, S. J. **Project management: a managerial approach**. 5. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

MERTON, R. C. Applications of option-pricing theory: twenty-five years later. **The american economic review**, Nashville, v. 88, p. 323-349, June 1998.

MILLER, L.T.; PARK, C. S. Decision making under uncertainty: real options to the rescue? **The engineering economist**, Norcross, v. 47, n. 2, p. 105-150, 2002.

MODIGLIANI, F.; MILLER, M. H. The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. **The american economic review**, Nashville, v. 48, n. 3, p. 187-221, June 1958.

MUN, J. **Real options analysis: tools and techn decisions**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2002.

MYERS, S. Determinants of corporate borrowing. **Journal of financial Economics**, Lausanne, v. 5, n. 2, p. 147-176, 1977.

MYERS, S. Finance Theory and financial strategy. **Midland corporate finance journal**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 6-13, Spring 1987.

NICHOLS, N. A. Scientific management at merck: an interview with CFO judy lewent. **Harvard business review**, Boston, v. 72, n. 1, p. 88-99, Jan/Fev. 1994.

PEREIRA, P.; ARMADA, M. A contribution to the determination of value and timing of investment opportunities as finite-lived american exchange option. **Working paper**: Escola de Economia e Gestão, Baga, n. 4, p. 15-18, 2000.

RAPPAPORT, A. **Creating shareholder value**: the new standard for business performance. New York: Free Press, 1996.

ROGERS, J. **Strategy, value and risk**: the real options approach. New York: Palgrave Macmillan, 2002.

ROSS, A. S. **Princípios de administração financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

ROSS, A. S. The arbitrage theory of asset pricing. **Journal of economic theory**, Burlington, v. 13, n. 3, p. 341-360, Dec. 1976.

SAMANEZ, C. P. **Análise e gestão de projetos de investimento**: uma aplicação da teoria de opções em projetos de exploração de recursos naturais. 1994. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração e Economia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

SAMUELSON, P. A. Rational theory of warrant pricing. **IMR**: industrial management review, Cambridge, n. 6, p. 13-39, Spring 1965.

SCHAEFFER, B. **The option advisor**. New Jersey: John Wiley & Sons, 1997.

SIEGEL, D.; SMITH, J.; PADDOCK, J. Valuing offshore oil properties with options pricing models. **Midland corporate finance journal**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 108-116, Spring 1987.

SILVA NETO, L. A. **Opções**: do tradicional ao exótico. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

TRIGEORGIS, L. Real options and interactions with financial flexibility. **Financial management**, Tampa, v. 22, n. 3, p. 202-224, 1993.

TRIGEORGIS, L. **Real options**: managerial flexibility and strategy in resource allocation. Cambridge: MIT Press, 1996.

TRIGEORGIS, L.; MASON, S. Valuing managerial flexibility. **Midland corporate finance journal**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 14-21, Spring 1987.