

**FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS  
ESCOLA BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS  
CENTRO DE FORMAÇÃO ACADÊMICA E PESQUISA  
CURSO DE MESTRADO EXECUTIVO**

**O MÉTODO DAS OPÇÕES REAIS  
APLICADO NA AVALIAÇÃO DAS  
OPORTUNIDADES DE INVESTIMENTO  
NO SETOR DE SEGUROS**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À ESCOLA BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO  
PÚBLICA E DE EMPRESAS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

**GIANLUCA CATIGNANI**  
Rio de Janeiro 2003

**FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS**  
**ESCOLA BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**  
**CENTRO DE FORMAÇÃO ACADÊMICA E PESQUISA**  
**CURSO DE MESTRADO EXECUTIVO**

**TÍTULO**

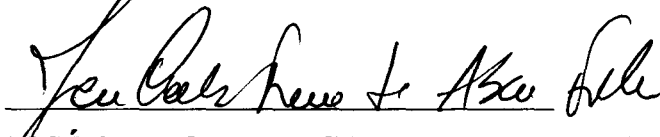
**O MÉTODO DAS OPÇÕES REAIS APLICADO NA AVALIAÇÃO DAS  
OPORTUNIDADES DE INVESTIMENTO NO SETOR DE SEGUROS**


**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR:**

**GIANLUCA CATIGNANI**

E

APROVADO EM 15/05/2003  
PELA COMISSÃO EXAMINADORA

  
**JOSÉ CARLOS FRANCO DE ABREU FILHO**  
DOUTOR EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

  
**ISTVAN KAROLY KASZNAR**  
PH.D EM BUSINESS ADMINISTRATION

  
**ROGÉRIO SOBREIRA BEZERRA**  
DOUTOR EM ECONOMIA

Gostaria de dedicar este trabalho aos meus pais, que me incentivaram sempre a adquirir o conhecimento e instrução em todos estes anos, a minha esposa que agüentou durante estes dois anos os inúmeros fins de semanas e noites que eu passei estudando e trabalhando para alcançar mais um objetivo na minha vida. Enfim gostaria de agradecer todos os professores da Fundação Getulio Vargas que me ajudaram a durante o curso de mestrado.

Feliz é o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire entendimento; pois melhor é o lucro que ela dá do que o lucro da prata, e a sua renda do que o ouro. Mais preciosa é do que as jóias, e nada do que possas desejar é comparável a ela. Longura de dias há na sua mão direita; na sua esquerda riquezas e honra. Os seus caminhos são caminhos de delícias, e todas as suas veredas são paz. É árvore da vida para os que dela lançam mão, e bem-aventurado é todo aquele que a retém.

(Prov. 3 : 13-18)

## RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo demonstrar a validade do método de análise da avaliação das oportunidades de investimentos que utiliza a Teoria das Opções Reais. De forma a demonstrar a aplicabilidade desta metodologia de avaliação, será exemplificado, com base no modelo das opções reais, uma oportunidade de investimento no setor de seguros. As opções reais fecham a brecha entre as finanças e o planejamento estratégico introduzindo um meio para incorporar o impacto da incerteza implícita nas oportunidades de investimento, e ao mesmo tempo considerando como as ações gerenciais podem limitar as possíveis perdas ou capitalizar os possíveis ganhos nos projetos de investimento. Este processo de avaliação não direciona somente os administradores a focar suas atenções nas diferentes oportunidades e alternativas estratégicas, mas fornece também uma metodologia sistemática para medir a influencia das ações contingentes sobre o próprio risco e valor do projeto.

Os métodos tradicionais de avaliação dos investimentos assumem que os administradores adotem um comportamento passivo à implementação dos projetos, considerando somente o valor dos fluxos de caixa esperados dos mesmos. A partir da teoria de precificação das opções financeiras, as opções reais expandem o valor global do projeto incorporando os potenciais ganhos e limitando as possíveis perdas. O modelo de opções reais permite aos administradores alavancar o valor do acionista em um ambiente de negócios dinâmico considerando a possibilidade de uma gestão ótima das opções estratégicas e operacionais existentes. Tipicamente, o ativo subjacente é o valor bruto dos fluxos de caixa esperados do projeto, mas considerando a incerteza, o valor total do projeto deve considerar o valor implícito das opções reais presentes nas oportunidades de investimento. A flexibilidade gerencial, que permite adaptar as decisões futuras as mudanças inesperadas do mercado, representa um fonte crucial de valor agregado em um ambiente dinâmico. Muitas opções reais presentes nos projetos e que interagem entre si, podem ocorrer em paralelo ou seqüencialmente, de maneira que o valor combinado destas opções seja diferente da simples soma algébrica das opções individuais.

## **ABSTRACT**

This dissertation pretends to analyze the validity of the real options theory in the valuation process of investment opportunities. In order to demonstrate the applicability of this valuation methodology, an investment opportunity in the insurance sector will be analyzed using the real options framework. Real options bridge the gap between finance and strategic planning by enabling a means to incorporate both the impact of uncertainty inherent in investment opportunities and how managerial actions can limit losses or capitalize on upside potential in investment projects. This valuation process not only guides managers to focus on the different opportunities and strategic alternatives, but also provides a systematic methodology to measure the influence of contingent actions on the very nature of risk itself and its impact on project value.

Traditional capital budgeting assumes management is passively committed to project implementation thereby treating value as derived from expected cash flows alone. Based on option-pricing theory, real options expand value by improving upside potential while limiting downside losses. The real options framework allows managers to enhance shareholder value in dynamic businesses through the creation and optimal management of strategic and operating options. Typically, the underlying asset is the gross project value of discounted expected operating cash inflows, but considering the presence of uncertainty, the total value of the project must consider the implicit value that manifests as a collection of real options embedded in capital-investment opportunities. Managerial flexibility that can adapt future decisions to unexpected market developments represents a critical source of value creation in a changing environment. Many types of real options may be present in investment projects and interacting options can occur in parallel, in sequential contingent stages, or a combination of these to yield a combined value different from the sum of separate parts.

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b>	1
1.1	Contextualização do problema	1
1.2	Justificativa e Relevância da Teoria das Opções Reais	5
1.3	Delimitação da dissertação	12
1.4	Definição dos termos	14
2.	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	18
2.1	Os Princípios Básicos das Teorias das Opções	18
2.2	A Oportunidade de Investimento como uma Opção Real	21
2.2.1	A Flexibilidade Operacional como <i>Portfólio</i> de Opções Reais	27
2.2.2	A Estratégia como uma Opção Real	33
2.3	O Valor Global de uma Oportunidade de Investimento	35
2.4	Modelos e Aplicações	41
2.4.1	O Valor da Flexibilidade Operacional	41
2.4.2	O Valor das Opções Estratégicas	45
2.4.3	O Valor e o <i>Timing</i> do Investimento	46
3.	<b>METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE OPÇÕES</b>	50
3.1	Principais Características das Opções	50
3.2	Técnicas de Cálculo das Opções	60
3.2.1	Avaliação por Portfolio (Não Arbitragem)	64
3.2.2	Avaliação Neutra ao Risco	69
3.3	Avaliação das Opções segundo o Modelo Binomial	72
3.4	Avaliação das Opções segundo o Modelo de Black & Scholes	86
3.5	Comparações das Abordagens na Tomada de Decisões	103
3.6	Limitações na Análise das Opções Reais	118
4.	<b>APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO PELA TOR NA EMPRESA DE SEGUROS</b>	124
4.1	O Potencial do Mercado de Seguros na América Latina	124
4.2	Descrição da Gestão da Atividade de Seguros	139
4.3	Avaliação pela TOR de um Projeto de Expansão Estratégica	146
5.	<b>CONCLUSÃO</b>	167
6.	<b>REFERÊNCIAS</b>	175

## LISTA DE FIGURAS

Num.		Pag.
1	<b>Formulação Estratégica e Opções Reais</b>	8
2	<b>Lógica do Planejamento Estratégico Organizacional</b>	9
3	<b>Criação do Valor para o Acionista</b>	10
4	<b>O Valor Total do Negócio de Seguros</b>	13
5	<b>Impacto da Entrada de um Novo Concorrente no Valor da Oportunidade de Investimento</b>	25
6	<b>Duas Visões da Resolução da Incerteza</b>	36
7	<b>A Incerteza e o Valor</b>	37
8	<b>Assimetria na Distribuição dos Resultados</b>	38
9	<b>“Payoff” do detentor e lançador de uma Opção de Compra</b>	54
10	<b>“Payoff” do detentor e lançador de uma Opção de Venda</b>	56
11	<b>Técnicas de Cálculo de Opções</b>	60
12	<b>Avaliação de Opções por Portfolio Replicante</b>	65
13	<b>Avaliação de Opções por Portfolio Livre de Risco</b>	68
14	<b>Avaliação de Opções com Probabilidades Neutras ao Risco</b>	70
15	<b>A Representação Binomial da Incerteza</b>	72
16	<b>Encurtamento do Intervalo de Tempo</b>	73
17	<b>Árvore Binomial para o Cálculo de uma Opção de Compra Européia</b>	79
18	<b>Eqüivalência entre Valor Presente (Mundo com Risco e Neutro ao Risco)</b>	80
19	<b>Árvore Binomial para o Cálculo de uma Opção de Venda Européia</b>	82
20	<b>Árvore Binomial para o Cálculo de uma Opção de Compra Americana</b>	83
21	<b>Árvore Binomial para o Cálculo de uma Opção de Venda Americana</b>	84
22	<b>As Seis Alavancas do Valor das Opções Financeiras e Reais</b>	89
23	<b>Assimetria dos Ganhos e Perdas das Opções Reais</b>	91
24	<b>Localizando o Valor da Opção no Espaço Bidimensional</b>	93
25	<b>Divisão do Espaço da Opção em Regiões</b>	96
26	<b>Análise de Sensibilidade das Alavancas do Valor da Opção</b>	102
27	<b>Avaliação pela Árvore de Decisão (sem flexibilidade)</b>	115

## LISTA DE FIGURAS

Num.		Pag.
28	<b>Avaliação pela Árvore de Decisão (com flexibilidade)</b>	116
29	<b>Distribuição dos Prêmios por País na América Latina</b>	128
30	<b>Distribuição de Frequência da Taxa de Retorno do VPL</b>	154
31	<b>Análise da Sensibilidade das Variáveis Explicativas do Valor do Projeto</b>	155
32	<b>Esquema de Avaliação dos Projetos pela Teoria das Opções Reais</b>	157
33	<b>Árvore Binomial do Valor do Projeto sem Flexibilidades</b>	159
34	<b>Árvore de Probabilidades no Mundo com Risco e Neutro ao Risco</b>	160
35	<b>Árvore do Valor do Projeto com a Opção de Expansão</b>	161
36	<b>Árvore do Valor do Projeto com a Opção de Contração</b>	162
37	<b>Árvore do Valor do Projeto com a Opção de Abandono</b>	163
38	<b>Árvore do Valor do Projeto com as 3 Opções</b>	164
39	<b>Valor do Projeto com Flexibilidade</b>	165

## LISTA DE TABELAS

Num.		Pag.
1	<b>Relação entre uma Opção e uma Oportunidade de Investimento</b>	21
2	<b>Efeitos das Principais Variáveis sobre o Valor da Opção</b>	57
3	<b>Variáveis Explicativas à Avaliação de 6 Projetos Independentes</b>	97
4	<b>Ranking Mundial do Mercado de Seguros</b>	125
5	<b>Prêmios de Seguros por Continentes e Blocos Econômicos</b>	126
6	<b>Taxa de Crescimento do PIB e do Setor de Seguros na América Latina</b>	127
7	<b>Vantagens para as Partes Envolvidas em Acordos de “Banco-Seguros”</b>	135
8	<b>Regulamentação dos Acordos de “Banco-Seguros” na América Latina</b>	136
9	<b>Evolução do Mercado Segurador Brasileiro nos Últimos Cinco Anos</b>	146
10	<b>Dados Históricos da Companhia de Seguros (1998-2002)</b>	149
11	<b>“Run-Off” Reserva de Sinistros a Liquidar</b>	149
12	<b>Projeções dos Pagamentos Futuros de Sinistros Ocorridos em Anos Anteriores</b>	150
13	<b>“Run-Off” Reserva Sinistros Saída 2002: Calculo dos Fluxos Projetados Futuros</b>	150
14	<b>“Run-Off” Reserva Prêmios Não Ganhos : Calculo dos Fluxos Projetados Futuros</b>	151
15	<b>Previsão das Principais linhas de resultado – Período 2003-2007</b>	151
16	<b>Calculo das Reservas e Pagamentos de Sinistros do Período de Previsão (2003-2007)</b>	152
17	<b>“Run-Off” Reservas Técnicas : Calculo dos Fluxos Projetados</b>	152
18	<b>Previsão dos Fluxos de Caixa da Companhia de Seguros (2003-2007)</b>	153
19	<b>Variáveis Necessárias para a Construção das Árvores Binomiais</b>	158

## INTRODUÇÃO

O problema tratado nesta dissertação situa-se na área de avaliação de investimentos utilizando as técnicas mais recentes de avaliação baseadas na Teoria das Opções Reais.

### 1.1 Contextualização do problema

Os anos mais recentes vieram relançar o debate em torno dos métodos de avaliação, de projetos de investimento. Tal fato pode ser justificado por duas grandes razões (Agmon, 1993) :

- (1) por um lado, a crescente insatisfação pelo modo como os métodos tradicionais avaliam os investimentos;
- (2) por outro, o desenvolvimento das técnicas de avaliação das opções, (com grande capacidade de aplicação à avaliação de projetos).

Atualmente, acadêmicos e gestores mostram-se insatisfeitos com os métodos tradicionais de análise (p. ex. Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Árvores de Decisão), por estes não conseguirem analisar, corretamente, todas as fontes de valor de um investimento [Trigeorgis (1993a), Siegel, Smith e Paddock (1987)].

Segundo Morck, Schwartz e Stangeland (1989) as técnicas clássicas de avaliação de projetos são baseadas no pressuposto de que os fluxos de caixa seguem um padrão rígido e que podem ser previstos até um futuro distante. Também, Brealey e Myers (1996) consideram que o VPL trata os investimentos como se fossem "caixas pretas", as quais produziriam fluxos de caixa sem qualquer intervenção do gestor. Em outras palavras, o VPL assume que o gestor adote um comportamento passivo em relação a uma determinada "estratégia operacional" (Kemna, 1993).

Tudo o mais constante, projetos com VPL positivos ou TIR superiores à taxa de desconto seriam, a princípio, melhores candidatos aos financiamentos do que projetos com VPL negativos ou TIR inferiores à taxa de desconto. Mais ainda, projetos com maiores VPL ou TIR sinalizariam, tudo o mais constante, uma alocação mais eficiente dos recursos.

A incerteza ligada ao projeto, bem como as reações dos gestores à mudança das condições que o envolvem são tratadas superficialmente, aplicando-se taxas de desconto ajustadas ao risco e criando alguns cenários determinísticos. Em situações em que a incerteza e as decisões dos gestores, ao longo da vida do projeto, são importantes, as técnicas tradicionais podem levar a decisões erradas.

Dixit e Pindyck (1994), por exemplo, argumentam que a aplicação das técnicas tradicionais pode induzir a decisões de investimento equivocadas, porque ignoram duas características importantes dessas decisões: a) a irreversibilidade, ou seja, o fato de que o investimento é um custo irre recuperável ("sunk cost"), de modo que o investidor não consegue recuperá-lo totalmente em caso de arrependimento; e b) a flexibilidade, ou seja, a possibilidade de adiamento da decisão de investir.

Essas características, juntamente com a incerteza sobre o futuro, fazem com que a oportunidade de investimento seja análoga a uma opção financeira (Dixit e Pindyck, 1994). Na presença de incerteza, por exemplo uma firma com oportunidade de investimento irreversível

na compra de um ativo detem uma opção: ela tem o direito – mas não a obrigação – de comprar um ativo (o projeto) no futuro, a um preço de exercício (o investimento). Quando a firma investe, ela exerce ou “mata” essa opção de investir. O problema é que a opção de investir tem um valor que deve ser contabilizado como um custo de oportunidade no momento em que a firma investe. Esse valor pode ser bastante elevado e regras de investimento que o ignoram – tipicamente as regras do VPL e da TIR – podem conduzir a erros significativos.

Na individualização de todas as fontes de valor associadas a um determinado projeto, para estes autores, há dois aspectos, em particular, que o VPL ignora:

- (1) A flexibilidade operacional, que permite ao gestor tomar decisões sobre o projeto em momentos futuros do tempo (à medida que o projeto se vai desenrolando, e à medida em que as incertezas dissipam-se, o gestor tem a capacidade de tomar decisões que afetam o projeto, no sentido de maximizar ganhos ou reduzir perdas);
- (2) O valor estratégico ("*strategic value*") resultante das interações com os futuros investimentos.

Para Myers (1987), o VPL encerra um conjunto de dificuldades. No entanto, aquela que é a mais difícil de ser ultrapassada prende-se às ligações que se poderão estabelecer entre os investimentos atuais e as oportunidades futuras. Esta dificuldade resulta do fato de que essas oportunidades são, claramente, opções e o VPL não tem qualquer capacidade para as avaliar.

Kester (1993) afirma que os métodos tradicionais tratam os projetos como oportunidades de investimento isoladas, sobre as quais deve ser tomada, imediatamente, uma decisão do tipo aceitação/rejeição, ou seja, a oportunidade de investimento é inadiável: ou se realiza o projeto agora ou nunca será realizado.

Portanto, resumindo as três áreas onde os métodos tradicionais, como o Fluxo de Caixa Descontado ou praticamente conhecido como a regra do VPL, são carentes em relação à Teoria das Opções Reais são :

- *Flexibilidade*. Flexibilidade é a capacidade de poder diferir, abandonar, expandir, ou contrair um investimento. Como a regra do VPL não incorpora o valor da incerteza, é intrinsecamente menos rigorosa do que a abordagem em termos de opções na avaliação da flexibilidade. Por exemplo, uma empresa pode escolher diferir o investimento por um determinado período de tempo até obter suficientes informações do mercado. A regra do VPL avaliaria aquele investimento igual a zero, enquanto a abordagem em termos de opções reais atribuiria, corretamente, algum valor àquele potencial de investimento.
- *Contingência*. Esta situação ocorre quando futuros investimentos são contingentes do sucesso do investimento presente. Os gerentes efetuam investimentos, não obstante terem um VPL negativo, quando os mesmos servirem de alavancagem para futuros investimentos. Os investimentos nas empresas farmacêuticas são um bom exemplo deste fenômeno contingente. Este elemento é importante e valioso, pois permite efetuar investimentos em diversas etapas, ao invés de tudo de uma vez só.
- *Volatilidade (Incerteza)*. Apesar de não ser muito intuitivo, investimentos com uma maior incerteza ou volatilidade tendem a ter um maior valor. Nas finanças tradicionais, uma volatilidade maior significa taxas de desconto mais altas e, por conseqüência um VPL menor. Na teoria das opções, uma volatilidade maior, devido à assimetria do payoff dos resultados, determina um valor maior. Isto significa que setores econômicos, caracterizados por elevadas incertezas, tendem a ter as opções mais valiosas em comparação com aquelas presentes em outros setores com menores incertezas.

Em resumo, é necessário avaliar corretamente o projeto de investimento, de maneira tal que se incorpore, caso presente, o maior valor relacionado com a incerteza, que implica por sua vez na presença de volatilidade (medido pelo recurso estatístico mais conhecido como desvio padrão). Dado que muitos não conseguem quantificar corretamente a volatilidade dos projetos, abandonam a abordagem das opções reais. Todavia, ignorar um problema não significa resolvê-lo.

## **1.2 Justificativa e Relevância da Teoria das Opções Reais**

Atualmente, acadêmicos e gestores mostram-se insatisfeitos com os métodos tradicionais, por estes não conseguirem avaliar, corretamente, todas as fontes de valor de um investimento [Trigeorgis (1993a), Tigeorgis e Mason (1987), Siegel, Smith e Paddock (1987)].

Outro mentor da Teoria das Opções Reais, e que foi o primeiro a cunhar o termo “Opções Reais”, Stewart Myers, em seu artigo publicado em 1987, vai mais além, afirmando que as opções reais tem o potencial de fechar a brecha entre o planejamento estratégico e as finanças. Nas palavras de Myers (1987, p.126) :

“Strategic planning needs finance. Present value calculations are needed as a check on strategic analysis and vice-versa. However, standard discount cashflow techniques will tend to underetimate the option value attached to growing profitable lines of business. Corporate finance theory requires extension to deal with real options.”

O uso dessas técnicas recentes de avaliação por opções reais traz uma nova abordagem na técnica de avaliação de ativos e tenta solucionar alguns problemas até hoje não resolvidos. Elas podem ajudar a empresa a transformar um mercado em constantes mudanças em uma

ferramenta estratégica, auxiliando na avaliação da conveniência de um novo investimento e, principalmente, orientando-a sobre o “*momento*” ótimo de investir.

Num mercado cada vez mais volátil e imprevisível, o valor das opções existentes nas decisões de investimento se tornam preponderante e não pode mais ser ignorado. A capacidade de uma empresa criar ou agregar valor depende não somente de uma alocação ótima dos recursos, mas também de uma correta avaliação das alternativas de investimento. Por outro lado, a aplicação dessa metodologia a situações reais envolve uma modelagem matemática complexa, o que tem limitado bastante sua propagação no meio empresarial.

Todavia, as opções reais permitem estabelecer uma ponte entre a intuição estratégica e o rigor analítico, enquanto os investidores e administradores reconhecem que algumas avaliações do mercado refletem uma combinação de negócios já existentes mais o valor de oportunidades de novos negócios que surgirão no futuro. Citando Martha Amran e Nalin Kulatilaka (1999a, p.12), podemos entender melhor este último ponto :

“The real options approach gives managers a decision-making and valuation tool that reflects good project management, ensuring that these decisions lead to the highest market valuation of corporate strategy. The real options approach is a way of thinking and is part of a broad wave of change in financial and product markets, a change that requires executives to create value through their management of strategic investments in an uncertain world.”

O pensamento em termos de opções, “Option Thinking”, não é novo. Toda a nossa vida consiste de opções. Não sabemos a priori, se jogaremos tênis ou assistiremos à TV, quando chegarmos em casa após o trabalho. Dependendo da circunstância, de se encontrar um parceiro para jogar ou não, escolheremos se fazer uma ou outra coisa. Quanto mais opções tivermos, mais liberdade e flexibilidade teremos para reagir às circunstâncias em contínua evolução. Nas organizações a racionalidade em termos de opções também está presente, mas de forma geralmente latente.

Muitas vezes escuta-se administradores de empresas justificar a compra de uma outra empresa por um valor muito maior do valor atribuído pelo mercado, porque o investimento acrescenta novas opções em termos, por exemplo, de expansão dos negócios.

Estas ações “intuitivas” por parte dos administradores de empresas, não são quase sempre irracionais, o que falta porém é uma estruturação formal da racionalidade que está por trás destas decisões de investimento. A racionalidade em termos de opções é uma maneira estruturada e explícita de pensar estrategicamente nas possibilidades, ações e decisões de maneira tal a poder reagir às condições futuras incertas e até preparar-se antecipadamente para as mesmas.

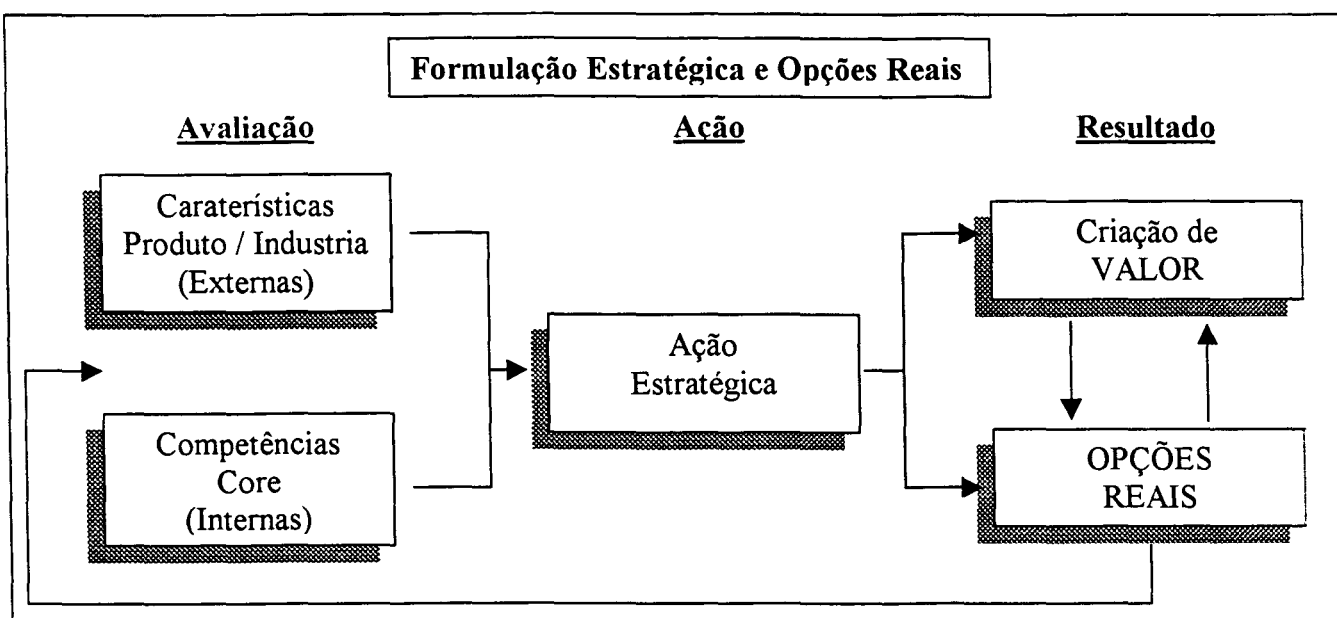
A Teoria das Opções Reais providencia a racionalidade formal para aquilo que os administradores fazem intuitivamente. Todos os projetos de investimento para os quais a decisão de implementação pode ser adiada, abandonada ou agregada a novos investimentos futuros, podem cair no domínio da racionalidade em termos de opções reais.

A Teoria da Opções Reais possibilita a criação de uma estrutura analítica capaz de incorporar o valor das opções de flexibilidades estratégicas existentes, fazendo com que seja possível agir de maneira mais flexível face às incertezas presentes no ambiente interno e externo à empresa. As opções reais introduzem uma nova maneira de interpretar a realidade, onde as incertezas são uma fonte de oportunidade e não algo a ser evitado a todo o custo.

Henry Mintzberg (1994), sugere que o planejamento estratégico, como vem sendo aplicado, não é nada mais do que “*programação*” estratégica: uma articulação de estratégias que já existem. Porém, ele almeja o que chama de “*pensamento*” estratégico, que incorpora dentro de uma moldura formal do processo de decisão estratégica a intuição e a criatividade dos administradores de empresas. O planejamento estratégico seria, para este autor, baseado em finanças estáticas (ou VPL) e o pensamento estratégico seria baseado em finanças dinâmicas (ou nas Opções).

Graficamente, o processo de decisões estratégicas seria dividido em três etapas. Uma empresa começaria avaliando as características do produto e do setor em que opera (variáveis externas) junto as suas competências “core” (variáveis internas). Esta avaliação levaria a uma ação estratégica. Finalmente, como resultado teria-se o ganho ou perda em termos de valor criado ao acionista (Shareholder Value Added).

**Figura 1 : Formulação Estratégica e Opções Reais**



Fonte : Adaptado de Henry Mitzberg, (1984).

O pensamento em termos de opções reais evidencia como as ações estratégicas, e as flexibilidades gerenciais, muito frequentemente, criam opções que tem valor. Uma vez identificadas, essas opções podem ser avaliadas e exercidas (se for apropriado), recomeçando-se, assim, o ciclo de criação de valor.

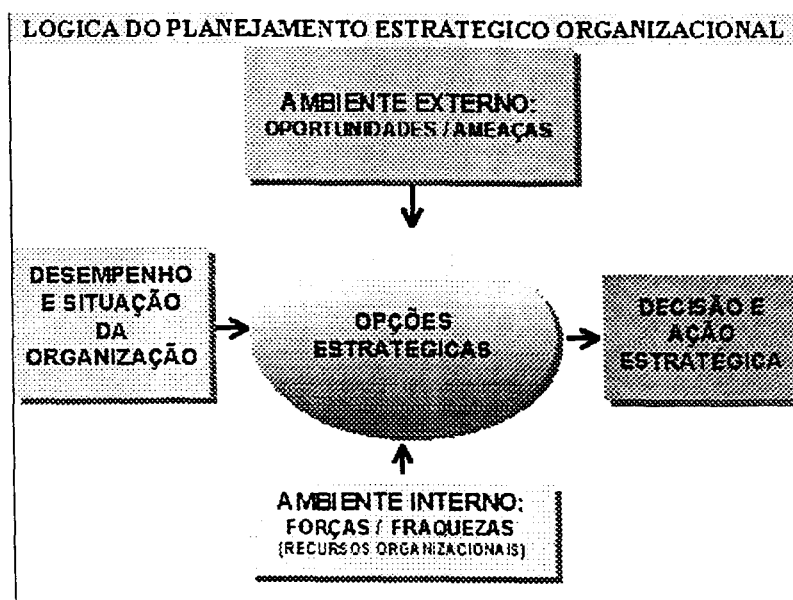
Toda empresa que pretende ser sustentável no tempo tem como objetivo maximizar o lucro no longo prazo. Seguindo este princípio os administradores, que são os tomadores de decisão, deverão sempre escolher as estratégias que maximizam o valor da empresa.

Segundo a abordagem de Rappaport (1998) é essencial diferenciar entre duas atividades distintas que ocorrem durante o processo de análise das estratégias de qualquer negócio, a saber :

- **Fórmulação** das estratégias
- **Avaliação** das estratégias

A fórmulação das estratégias implica na análise da atratividade do mercado e a posição competitiva da empresa em relação aos seus concorrentes. Existem diferentes ferramentas para a fórmulação de estratégias que se enquadram dentro deste modelo conceitual, entre os quais o mais utilizado é o da “Swot analysis”. Este modelo pode ser representado graficamente conforme podemos ver abaixo :

**Figura 2 : Lógica do Planejamento Estratégico Organizacional**



Fonte : Adaptado de Henry Mintzberg (1984).

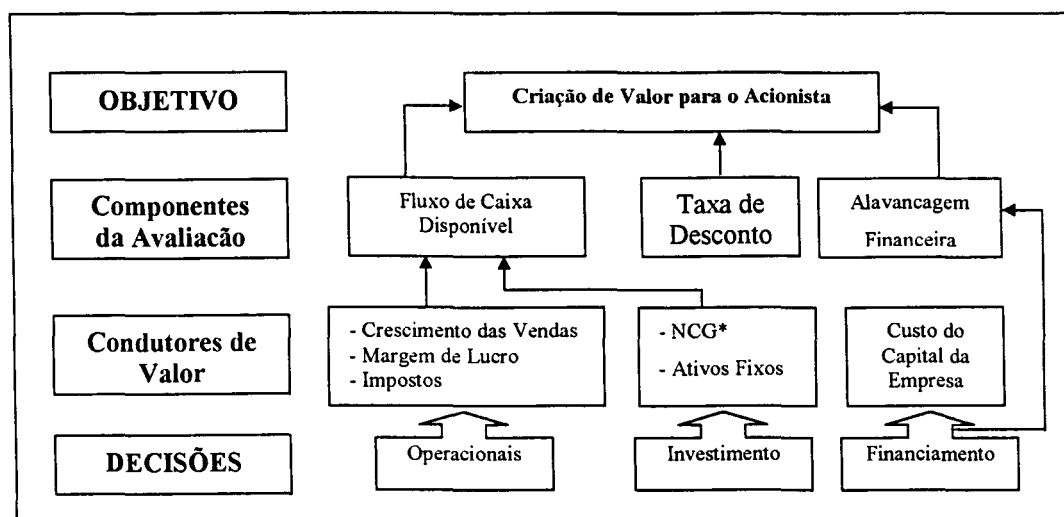
A avaliação da estratégia requer uma estimativa do valor agregado para o acionista em função da implementação das alternativas (opções) estratégicas formuladas. Qualquer que seja o modelo estratégico escolhido, o elemento crítico é transformar as estratégias, ou as expectativas inerentes ao posicionamento competitivo da empresa, em valor agregado para o acionista. As estratégias determinam o valor agregado. O valor agregado ao acionista, como

objetivo organizacional, direciona a busca e a subsequente escolha das estratégias. Este círculo virtuoso é um processo contínuo que deve existir na empresa competitiva, onde o processo de fórmulação estratégica identifica as estratégias que poderão criar valor, enquanto o valor agregado ao acionista é o elemento em função do qual as estratégias ótimas são escolhidas.

A avaliação das opções estratégicas implica na projeção dos principais condutores de valor (value drivers), tais como a taxa de crescimento das vendas, a margem de lucro operacional, as necessidades de capital de giro, e o custo de capital. Esses condutores financeiros terão um impacto no valor final do projeto de investimento ou negócio que se está avaliando, e torna-se necessário a mensuração correta do valor global antes que uma determinada estratégia seja avaliada em termos de potencial de criação de valor.

A figura abaixo apresenta a relação entre essas variáveis e o valor da empresa

**Figura 3 : Criação do Valor para o Acionista**



Adaptado de Rappaport (1998)

\* NCG = Necessidade de Capital de Giro

Conforme abordado por Rappaport (1998), existe, portanto, uma longa lista de itens a serem considerados na avaliação das oportunidades de investimento. O processo decisório se reflete na criação de incrementos de valor para os acionistas através dos condutores de valor

A qualidade das decisões na empresa atua diretamente sobre a taxa de crescimento das vendas, sobre a margem bruta operacional, sobre as variações das necessidades de capital de giro e sobre o custo do capital. Essas decisões são determinantes, e dependem também, da eficácia dos investimentos em ativos fixos. Portanto, são elas que determinam o período de tempo em que haverá crescimento de valor corporativo. A criação de valor na empresa será função dos fluxos de caixa gerados, que, por sua vez, estão diretamente ligados à eficiência dos condutores de valor.

Em geral, os métodos baseados no VPL ou fluxo de caixa descontado (FCD) e suas variantes têm ajudado os administradores na seleção das oportunidades de investimento devido à relativa simplicidade, porém, há algumas limitações do método, que podem ser trabalhadas por outro modelo baseado nas opções reais. Estes últimos modelos, que utilizam a perspectiva baseada nas opções ajudam a calcular corretamente o valor global criado ou agregado pela oportunidade de investimento, incorporando na avaliação a flexibilidade gerencial e as interações das diferentes opções existentes ao longo da vida de um projeto de investimento.

### 1.3 Delimitação da dissertação

O objetivo final desta dissertação é indicar o método que possa resolver o problema da correta avaliação das oportunidades de investimentos. Objetivo intermediário é portanto demonstrar a validade da Teoria das Opções Reais como metodologia para calcular o valor total de uma oportunidade de investimento em um ambiente caracterizado pelas incertezas e irreversibilidade dos investimentos.

Com este intuito esta dissertação pretende tratar as seguintes questões

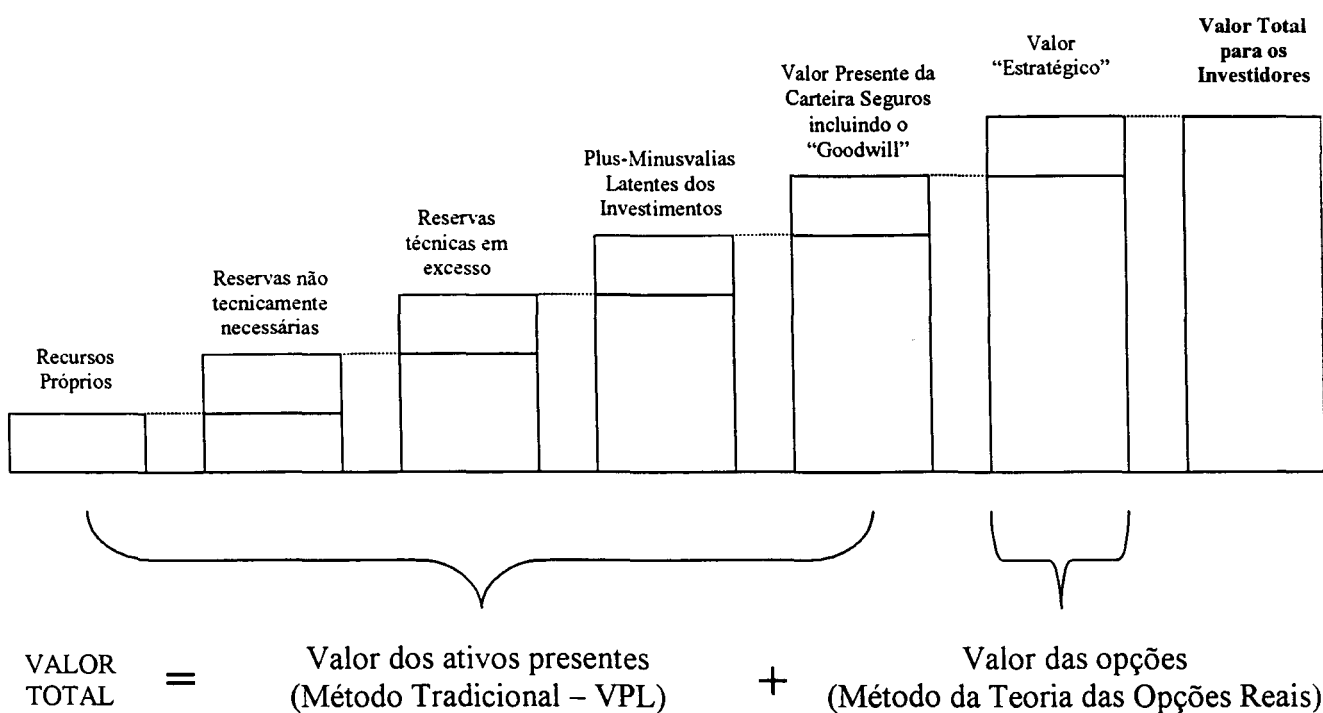
- 1<sup>o</sup>) Estudar o método de avaliação dos investimentos através da teoria das opções reais.
- 2<sup>o</sup>) Testar o método, aplicando-o a uma oportunidade de investimento no negócio de seguros.
- 3<sup>o</sup>) Comparar o método estudado com os métodos de avaliação dos investimentos tradicionais.
- 4<sup>o</sup>) Avaliar os resultados e a aplicabilidade do método estudado.

Esta dissertação, pretende analisar, à luz da teoria das opções reais, a avaliação de uma oportunidade de investimento no negócio de seguros, incorporando no modelo analítico de avaliação em tempo discreto (o modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979)) ou em tempo contínuo (o modelo de Black-Scholes (1973)), as possíveis opções ligadas ao determinado projeto de investimento. Delimitou-se o estudo ao negócio de seguros, pelo fato do autor ter acesso às informações e dados necessários para incorporá-los no modelo escolhido. Todavia, a aplicação dos modelos apresentados pode ser estendida a qualquer outra empresa caracterizada pela presença de opções implícitas nas oportunidades de investimento.

Haverá, portanto, a possibilidade de estudar, seguindo a classificação que será dada mais adiante conforme capítulo 2.2.1, opções de diferir, opções de expandir ou contrair, ou de abandonar, de maneira tal a poder calcular mais precisamente o valor total de um determinado projeto de investimento e chegar a conclusão definitiva sobre a aceitação ou não daquela decisão de investimento.

A figura da estrutura do valor do negócio de seguros abaixo especifica melhor a parte do valor total do negócio de seguros que será avaliada com a teoria das opções reais :

**Figura 4 : O Valor Total do Negócio de Seguros**



Fonte : Elaborado pelo próprio autor

## 1.4 Definição dos termos

Os termos aqui definidos foram referenciados em Ross Westerfield e Jaffe, (1995):

- A Análise de sensibilidade.** Análise do efeito de alguma alteração de variáveis críticas, tais como vendas e custos, sobre o projeto.
- **Arbitragem.** Compra de um ativo num mercado a um preço mais baixo, e venda simultânea de um ativo idêntico a um preço mais alto. Isto é feito sem qualquer custo ou risco.
  - **Árvores de decisão.** Uma representação gráfica de decisões seqüenciais alternativas e dos resultados possíveis dessas decisões.
- C Carteira.** Posição combinada em mais de uma ação, obrigação, ativo imobiliário ou qualquer outro por um investidor.
- **Correlação.** Uma medida estatística padronizada de dependência entre duas variáveis aleatórias definida pelo quociente entre a covariância e os desvios-padrão das duas variáveis.
  - **Custo de oportunidade.** A alternativa mais valiosa sacrificada. A taxa de retorno utilizada no cálculo do VPL é uma taxa de juros de oportunidade.
  - **Custo irrecuperável (Sunk cost).** Um custo já ocorrido e que não pode ser removido. Como os custos irrecuperáveis são passados, tais custos devem ser ignorados ao se decidir se um projeto deve ser aceito ou rejeitado.

- **D Data de vencimento.** Data de extinção de um contrato de opção. Além disso, data na qual deve ser feito o último pagamento de uma obrigação.
  - **Desvio-padrão.** A raiz quadrada positiva da variância. É a medida estatística comum de dispersão numa amostra.
  - **Distribuição normal.** Distribuição simétrica de frequências com a forma de sino, que pode ser definida por sua média e por seu desvio-padrão.
  - **Distribuição normal padronizada.** Uma distribuição normal com valor esperado igual a zero e desvio-padrão igual a um.
  - **Duração.** O prazo médio ponderado dos fluxos de caixa de um ativo. Os pesos são determinados por fatores de valor presente.
- E Exercício da opção.** O ato de compra ou venda do ativo-objeto via contrato de opção.
- F Fora do dinheiro (*out-of-the money*).** Descreve uma opção cujo exercício não será rentável. Dentro do dinheiro (*in-the-money*) representa uma opção cujo exercício geraria lucro.
- H Hedging.** Assumir uma posição em dois ou mais títulos negativamente correlacionados para reduzir risco.
- O Opção.** Um direito – mas não uma obrigação – de comprar ou vender ativos-objeto a um preço fixo (preço de exercício) durante um período predeterminado.
- **Opção americana.** Um contrato de opção que pode ser exercido a qualquer momento até a data de vencimento. Uma opção européia só pode ser exercida na data de vencimento.

- **Opção de compra (Call).** O direito – mas não a obrigação – de comprar um número fixo de ações a um preço pré-fixado, num prazo determinado.
- **Opção de venda (Put).** O direito de vender um certo número de ações a um preço determinado dentro de um dado prazo.
- **Opção europeia.** Um contrato de opção que só pode ser exercido na data de vencimento. Uma opção americana pode ser exercida a qualquer momento até a data de vencimento.

**P Paridade entre opção de venda e opção de compra.** O valor de uma opção de compra é igual ao valor da compra da ação, mais a compra da opção de venda mais um empréstimo à taxa livre de risco.

- **Preço de exercício.** Preço ao qual o titular de uma opção pode comprar (no caso de uma opção de compra) ou vender (no caso de uma opção de venda) a ação-objeto.
- **Prêmio de opção de compra.** Preço de uma opção de compra de ações.
- **Prêmio por risco.** O excedente de retorno do ativo com risco que é igual à diferença entre o retorno esperado de ativos com risco e o retorno de ativos sem risco.
- **Programação Dinâmica.** Técnica utilizada no cálculo das opções em tempo discreto. Esta técnica resolve o problema de como efetuar decisões ótimas quando a decisão corrente tem influência nos “payoffs” futuros. A técnica baseia-se no Princípio de Bellman que afirma que : *dada a escolha de uma determinada estratégia em um certo período, a estratégia ótima a seguir no período sucessivo é aquela que seria escolhida se a análise inteira iniciasse naquele instante.*

**R Regra básica da TIR.** Aceitar o projeto se a TIR for superior a taxa de desconto; rejeitar o projeto se a TIR for inferior a taxa de desconto.

- **Regra do período de *payback*.** Uma regra de decisão de investimento que afirma o seguinte : que todos os projetos de investimento que possuem períodos de recuperação do investimento iguais ou inferiores a um determinado limite são aceitos, e todos os que recuperam o investimento em tempo superior a esse são rejeitados. O período de *payback* é o número de períodos necessários para que uma empresa recupere o investimento inicial num projeto com o fluxo de caixa gerado.
- **Regra do período de *payback* descontado.** Uma regra de decisão de investimento onde se aplica a regra do *payback* sobre os fluxos de caixa descontados a uma determinada taxa de juros.
- **Regra do valor presente líquido.** Vale a pena fazer um investimento quando possui VPL positivo. Se o VPL de um investimento for negativo, deve ser rejeitado.

**T Taxa de desconto.** Taxa utilizada para calcular o valor presente dos fluxos de caixa futuros.

- **Taxa interna de retorno (TIR).** Uma taxa de desconto cujo valor presente líquido de um investimento é igual a zero. A TIR é um método de avaliação de propostas de investimento.

**V Valor presente líquido (VPL).** Valor presente de recebimentos futuros, descontados à taxa de juros de mercado apropriada, menos o valor presente do custo do investimento.

- **Variância da distribuição de probabilidades.** O valor esperado do quadrado da diferença em relação ao retorno esperado.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Os Princípios Básicos das Teorias das Opções

Através de um artigo de singular importância, publicado em 1973, Fisher Black e Myron Scholes apresentaram, pela primeira vez, uma metodologia capaz de avaliar, de forma satisfatória, opções financeiras. Partindo da possibilidade de criação de uma posição coberta (*hedge position*), através de uma posição curta em opções de compra e uma posição longa numa determinada quantidade de ativo subjacente, é, pelo menos teoricamente, possível eliminar o risco, de tal forma que alterações no preço do ativo subjacente sejam compensadas por alterações no valor da opção. Obviamente que isto se verifica para curtíssimos períodos de tempo, o que implica que, conforme o tempo for passando e o preço da ação se for modificando, a *posição de hedge* deverá ser continuamente ajustada. Como desta forma o risco é eliminado, esta carteira deverá ter como remuneração a taxa de juros livre de risco (de curto prazo), caso contrário haverá possibilidade de arbitragem.

O modelo faz com que o valor da opção dependa de cinco fatores, alguns dos quais (os últimos três) são tidos como constantes durante a "vida" da opção: (i) preço do ativo subjacente, (ii) tempo para a maturidade, (iii) volatilidade do ativo subjacente, (iv) preço de exercício, e (v) taxa de juros sem risco.

Repare-se que o valor de uma opção é independente da atitude dos investidores face ao risco, pois a rentabilidade esperada (exigida) do ativo não é uma variável do modelo.

Desde o artigo de Black e Scholes muitos outros têm sido publicados sobre a avaliação de opções, dentre os quais: Merton (1973), Cox e Ross (1976), Brennan e Schwartz (1977),

Margrabre (1978), Cox, Ross e Rubinstein (1979), Stulz (1982), Johnson (1987), entre muitos outros.

Como é ressaltado por Trigeorgis (1993a) a avaliação de opções foi significativamente facilitada pelo reconhecimento por parte de Cox e Ross (1976), de que uma opção pode ser "replicada" através da criação de uma carteira de ativos negociados no mercado, ou seja criando uma opção sintética (*synthetic option*) (Natenberg, 1994).

Portanto, a avaliação de opções financeiras parte da possibilidade de criação de uma carteira de ativos (dinamicamente gerida) que, em todos os momentos, deverá ter um comportamento igual ao da opção. Por exemplo, uma opção de compra (*Call*) pode ser "replicada" através da combinação de uma posição longa numa determinada quantidade de ativo subjacente, ou numa carteira de ativos com ela perfeitamente correlacionada, e a contração de um empréstimo à taxa de juros sem risco. Portanto, dado que esta carteira e a opção terão exatamente os mesmos resultados futuros, ambos deverão ter o mesmo preço. caso contrário, haverá a possibilidade de arbitragem. Assim, podemos afirmar que o valor da opção corresponderá ao custo de construir uma carteira equivalente que "replique" os futuros rendimentos da opção.

Tal como nas opções financeiras, a possibilidade de criação de uma carteira dinamicamente gerida (*dynamic tracking*) que "replique" o comportamento da opção real faz com que, na ausência de oportunidades de arbitragem, o valor desta opção seja 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, a possibilidade de criação da referida carteira. De fato, segundo Dixit e Pindyck (1994), basta que pelo menos em teoria exista um ativo (ou carteira de ativos) negociado nos mercados financeiros que seja

perfeitamente correlacionado com o valor do projeto de investimento, para permitir a avaliação do projeto, e isto deverá acontecer em mercados completos.

Trigeorgis segue a mesma linha, quando afirma (Trigeorgis (1993a, p.206) :

*"The existence of a twin security (or dynamic portfolio) that has the same risk characteristics (i.e. is perfectly correlated) with the nontraded real asset in complete market is sufficient for real option valuation."*

Também para Smit e Ankum argumentam (1993, p.243) :

*" (...) if the financial markets are complete, in that the securities traded are sufficient for dynamic spanning of the underlying asset, the option valuation method can still be applied. In complete markets, there would exist portfolios of securities that replicate the dynamics of the present value of the project caused by the rate of change of prices and market demand."*

Na mesma linha Dixit e Pindyck adicionam (1994, p. 46) :

*"The assumption of spanning should hold for most commodities, which are typically traded on both spot and futures markets, and for manufactured goods to the extent that prices are correlated with the values of shares or portfolios."*

No entanto, estes autores levantam alguns problemas na utilização destes princípios, embora existam casos em que esta suposição não se aplica. Um exemplo pode ser um projeto de desenvolvimento de um produto que não esteja relacionado com nenhum produto existente ou projetos de P&D cujos resultados sejam de difícil previsão.

Para superar este problema, pode-se partir de um pressuposto fundamental, que é comum a metodologia tradicional de avaliação de projetos, e que foi sugerido por Mason e Merton (1985, p.19):

*"The fundamental assumption underlying this [real option] approach is that the value of a nontraded project is the price that project would have if it were traded."*

## 2.2 A Oportunidade de Investimento como uma Opção Real

A abordagem das opções reais vem demonstrando a sua importância para avaliar projetos de investimento em contexto de incerteza. O projeto é, em si mesmo, uma opção e que pode conter outras opções, quer estratégicas, quer operacionais. Encarando desta forma os projetos de investimento, alteram-se as regras tradicionais e introduzem-se outras, supostamente mais corretas. Num artigo precursor, Myers (1977) defendeu que uma oportunidade de investimento deve ser vista como uma opção. Mais tarde, Kester (1984) reforça a idéia de que existe uma estreita semelhança entre uma oportunidade de investimento e uma opção de compra (*call option*) sobre um ativo financeiro. Como consequência, por analogia, o capital a investir no projeto representa o preço de exercício da opção, o valor atual dos fluxos de caixa resultantes do projeto corresponde ao valor do ativo subjacente e o tempo disponível, antes que desapareça a oportunidade de investir, que representa o tempo para a maturidade. Luerhman (1988a) sistematiza as analogias através da seguinte tabela abaixo :

**Tabela 1 : Relação entre uma Opção e uma Oportunidade de Investimento**

<b>Opção de compra de ação (Call Option)</b>	<b>Oportunidade de Investimento</b>
Valor de Mercado do Ativo (S)	Valor Presente dos Cash-Flows do projeto (V)
Preço de exercício (X)	Investimento inicial (I)
Tempo para a maturidade (T)	Tempo até a oportunidade de investimento desaparecer (T)
Incerteza relativa ao preço da ação ( $\sigma$ )	Incerteza relativa ao valor do projeto ( $\sigma$ )
Taxa de juros sem risco ( $r_f$ )	Taxa de juros sem risco ( $r_f$ )

Fonte : Luehrman (1998a)

Como será visto, o valor da oportunidade de investimento não corresponde apenas ao valor presente dos *fluxos de caixa*, pois a ele se acrescenta o valor das opções reais que o projeto possa conter.

Para Kester (1984), o valor de uma oportunidade de investimento corresponde, pelo menos, à diferença entre o valor atual dos fluxos de caixa e o valor do investimento. Ou seja, valerá pelo menos o VPL (Valor Presente Líquido), mas o seu valor será, provavelmente, mais elevado dependendo :

- (1) Do intervalo de tempo no qual o projeto possa ser diferido (o adiamento da implementação do projeto dá à empresa a capacidade de obter maiores informações para analisar melhor as possibilidades do investimento);
- (2) Do risco do projeto (é um fator que tende a contribuir positivamente para o valor da oportunidade de investimento);
- (3) Do nível das taxas de juros (altas taxas de juros geralmente se traduzem em altas taxas de atualização, o que diminui o valor atual dos fluxos de caixa futuros gerados pelo projeto, mas, altas taxas de juros implicam também em um menor valor atual do capital necessário para exercer a opção);
- (4) Finalmente, do grau de exclusividade para exercer a opção (ao contrário das opções financeiras, as opções de investimento são quase sempre compartilhadas, o que não permite a empresa ter a exclusividade no direito de investir).

Na mesma linha, Dixit e Pindyck (1994) argumentam que um projeto de investimento irreversível é semelhante a uma opção de compra. O detentor de uma opção de compra tem o direito, mas não a obrigação, de em uma (ou até uma) determinada data, dependendo se a opção seja do tipo *Americana* ou *Europeia*, pagar o preço de exercício e receber em troca um determinado ativo. Da mesma forma, uma empresa que detenha uma oportunidade de investimento possui a opção de investir, agora ou no futuro, recebendo em troca um ativo com um determinado valor (o projeto). Mas, tal como acontece com as opções financeiras, o ato de investir, ou seja, o ato de exercer a opção, é irreversível, já que o investidor ou a empresa nunca mais poderá recuperar a posição que detinha anteriormente.

Assim, quando se realiza um investimento, exerce-se uma opção e, ao fazê-lo, perde-se a oportunidade de investir mais tarde, ou seja “mata-se” a opção de diferir o investimento. A empresa perde assim a possibilidade de esperar por nova (é imprevisível) informação que pode influenciar o valor do projeto. Desta forma, a perda da opção de investir (mais tarde) é um custo de oportunidade, que deve ser adicionado ao custo do investimento. Afinal, não é suficiente que o VPL de um projeto seja positivo. O VPL deverá ser pelo menos igual ao valor da opção de investimento quando mantida “viva”, ou, em outras palavras, o VPL deverá compensar o custo de oportunidade associado à perda da opção de adiar o investimento (Sick, 1995).

Trigeorgis (1988), salienta que mesmo que não exista outra opção real, o direito de adiar o projeto tem um valor positivo, mesmo que o VPL do projeto, se realizado agora, seja negativo. Tal direito dá ao gestor a capacidade de esperar e só investir no projeto caso o VPL se torne positivo, sem haver a correspondente obrigação (de investir) se o cenário oposto ocorrer.

Como referem vários autores [Brealey & Myers (1996), Hull(1997)], 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 dos payoffs líquidos ligados ao direito da opção. Até a maturidade, ou seja até a data em que a oportunidade de investimento desaparece, a empresa só investe se essa for a melhor decisão, caso contrario a empresa difere o investimento. Na maturidade, a empresa realiza o projeto se este estiver dentro-do-dinheiro, “*in-the-money*”, caso contrário deixa morrer a opção sem a exercer. Daí o caráter assimétrico dos ganhos e perdas da oportunidade de investimento. O detentor da opção de investimento poderá maximizar os seus ganhos, mas limita sempre a sua perda ao que “pagou” para deter a oportunidade de investimento.

O fato dos gestores olharem para um investimento como uma opção, semelhante a uma opção de compra, poderá ajudá-los a compreender melhor o impacto da incerteza na decisão de investir e na determinação do momento ótimo para realizar o investimento. Quanto maior for a incerteza ligada a um 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. Quanto mais incerto for o futuro, ligado ao projeto, maior o valor da opção de investimento nesse projeto, logo maior será o custo oportunidade de se exercer agora essa opção e portanto menor será o VPL que incorpore esse custo de oportunidade. Pode-se também dizer que só investimentos suficientemente *dentro-do-dinheiro*, serão realizados agora, pois só estes compensarão o custo de oportunidade de investir (agora) em projetos cujo valor é altamente volátil (Dixit e Pindyck, 1995).

Como pode-se destacar, existe uma estreita analogia entre as opções financeiras e as opções reais, no entanto, como refere Trigeorgis (1988), essa analogia não é perfeita. Dentre as diferenças existentes, a que mais influenciará a decisão e o *momento ótimo* do investimento será a seguinte: enquanto que as opções de compra são um direito exclusivo do seu detentor, as opções de investimento são, na maioria dos casos, compartilhadas com os concorrentes. Tal fato poderá motivar a realização, mais cedo, do investimento de forma a haver uma antecipação da empresa face as estratégias desses concorrentes.

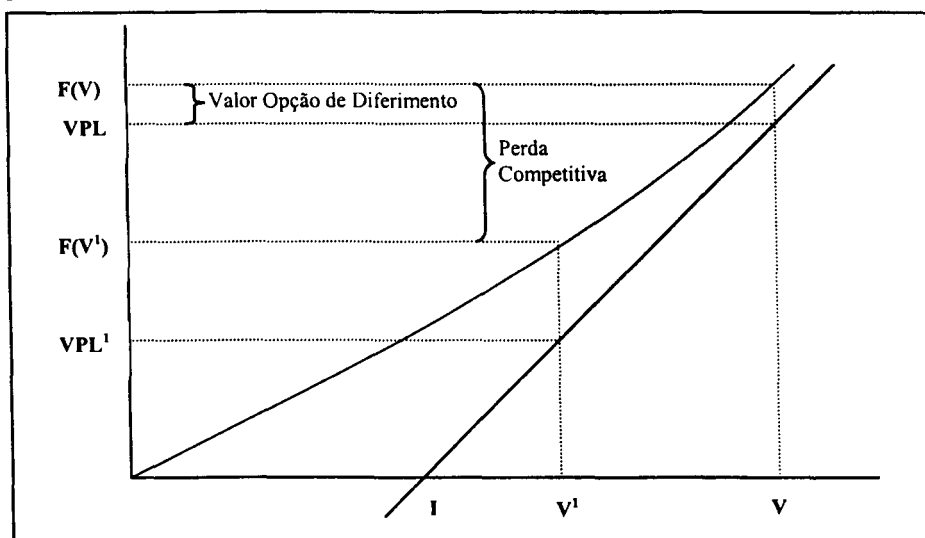
Kester (1984) esclarece que a antecipação do investimento poderá acontecer devido às seguintes razões:

- (1) Acesso à mesma oportunidade de investimento (opção) por parte dos concorrentes;
- (2) Elevado VPL do projeto;
- (3) Baixo nível de risco e de taxa de juros;
- (4) Grande concorrência ao nível do setor analisado.

Como facilmente se percebe, elevados níveis de competição entre as empresas em um dado setor econômico, terão grande influência, quer ao nível do *timing* do investimento, quer ao nível do próprio valor da oportunidade de investimento. Isto deve-se ao efeito de dois fatores: a) por um lado o valor do projeto pode diminuir significativamente em função da entrada de um concorrente; b) por outro a empresa não escapará a essa perda pela simples venda da opção de investimento a outros. Assim, a única solução que a empresa terá será a de se antecipar aos seus concorrentes e investir mais cedo (Kester, 1984).

Na figura seguinte, é esquematizado o impacto que a entrada de um novo concorrente poderá ter relativamente ao valor do projeto.

**Figura 5 : Impacto da Entrada de Um Novo Concorrente no Valor da Oportunidade de Investimento**



Fonte : adaptado de Trigeorgis (1998, pag.149),

Onde:

$V$  – Valor Presente (VP) dos *fluxos de caixa* do projeto se realizado agora;

$V^1$  – VP dos *fluxos de caixa* do projeto após a entrada de um novo concorrente;

$I$  – Investimento inicial;

$VPL$  e  $VPL^1$  – Respectivamente  $V-I$  e  $V^1-I$ ;

$F(V)$  e  $F(V^1)$  – Valor da oportunidade de investimento antes e após a entrada de um novo concorrente.

Se a perda competitiva (perda no valor da opção de investimento), pela entrada de um concorrente, puder ser antecipada pela empresa, esta deverá investir mais cedo, desde que a

perda potencial do valor do projeto seja maior do que o custo associado à “morte” da opção de diferir o investimento, como, aliás, é o caso do exemplo apresentado.

No entanto, o custo de adiar o projeto não resulta apenas do risco de entrada de novos concorrentes. Esse custo inclui também os fluxos de caixa que a empresa deixa de gerar pelo fato de diferir o investimento (Dixit e Pindyck, 1994). Assim, o *momento ótimo* do investimento deve ser visto da mesma forma que o *momento ótimo* de exercer uma opção de compra sobre uma ação que distribua dividendos (Smit e Ankum, 1993).

Dixit e Pindyck (1995) consideram que a questão central é saber qual é o momento certo para exercer a opção de investimento, ou seja, é fundamental saber qual é o momento ótimo para a realização da opção de investir. Para tal é necessário ver a influência no valor do projeto dos fatores atrás referidos, por um lado, o impacto da incerteza no valor da opção de investir, que poderá impelir o gestor a adiar o investimento, por outro, o impacto da existência de concorrentes (as opções de investimento são, quase sempre, partilhadas) e de fluxos de caixa “perdidos”, que incentivará a empresa a investir mais cedo de maneira a antecipar-se aos concorrentes (e, assim, ganhar alguma vantagem competitiva) e receber os fluxos gerados pelo projeto [ Kester (1984), Dixit e Pindyck (1994)].

Na prática trata-se de encontrar, para todos os pontos de decisão, um valor crítico, no qual aquilo que se perde, em resultado do adiamento, iguala o valor da opção de diferir o projeto por mais um período. Sempre que o valor do projeto for inferior a esse valor crítico, o projeto deverá ser diferido. Caso contrário, a empresa deverá realizar, de imediato, o investimento (Smit e Ankum, 1993).

A análise, até aqui, demonstra que as oportunidades de investimento são semelhantes as opções de compra e que o seu valor depende de um conjunto de fatores, em particular, da incerteza que envolve o projeto, do intervalo de tempo para a maturidade, da taxa de juros e da exclusividade (ou não) do direito de opção. Demonstrou-se, também, que a realização de

um investimento é um ato irreversível e que essa realização constitui um custo de oportunidade. O gestor é mais proativo, pelo fato de olhar para as oportunidades de investimento como opções sobre ativos reais (opções reais), e estará mais atento ao impacto da incerteza na decisão de investir, particularmente, no seu *timing*. Finalmente, foi ressaltado que a questão fundamental que se coloca ao gestor será a determinação de qual é o momento ótimo para a execução do projeto, e que para o qual concorrem fatores que se opõem: por um lado, quanto maior a incerteza, maior a tendência para o diferimento, por outro, quanto mais partilhada for a oportunidade de investimento e mais volume de fluxos de caixa a empresa perder com o adiamento, maior será a tendência para antecipar esse investimento ao presente.

### 2.2.1 A Flexibilidade Operacional como *Portfólio* de Opções Reais

Para Ross (1995), entre outros, o valor de qualquer projeto de investimento resulta de três fatores. Primeiro, depende do seu valor “dentro-do-dinheiro”, que nada mais é do que o VPL do investimento, se realizado agora. Depois, o seu valor depende também da sua capacidade de diferimento, ou seja, ao VPL tradicional se acrescenta o valor da opção de diferimento. Finalmente, a terceira fonte de valor relaciona-se com a flexibilidade operacional ou de gestão que corresponde à capacidade do gestor de tomar decisões ao longo da vida do projeto, de forma a adaptá-lo à realidade.

Como refere Kulatilaka (1995a) a flexibilidade dá, ao gestor, a opção de agir ao longo da vida do projeto.

Um projeto que pode ser modificado e adaptado pelo gestor, conforme o tempo for passando e a sua evolução prosseguir, valerá mais do que outro que não contenha esta

possibilidade. Logo, a flexibilidade tem valor. No entanto, esse valor só existe porque existe incerteza, e quanto maior ela for, maior o valor da flexibilidade (Kogut e Kulatilaka, 1994b).

Como visto anteriormente, uma das dificuldades do VPL, e de outros métodos tradicionais, é a incapacidade dos mesmos de incorporar e avaliar corretamente a flexibilidade de gestão. Portanto, a suposição que se faz é que a perspectiva correta é a de entender esta flexibilidade como um conjunto de opções, o qual deve ser tido em conta para efeitos de avaliação do projeto.

Para apontar melhor o que se entende por flexibilidade estratégica e operacional, pode-se seguir, genericamente a segmentação apresentada por Trigeorgis (1996b). Podemos classificar as opções do ativo em cinco categorias mutuamente exclusivas (mas não exaustivas). Conforme o projeto se vai desenrolando e as incertezas iniciais se vão dissipando, o gestor poderá usar a flexibilidade do projeto para adaptá-lo à nova realidade. Genericamente, o gestor poderá :

- diferir
- expandir
- contrair
- encerrar temporariamente
- abandonar ou de qualquer outra forma alterar a estratégia inicialmente estabelecida.

Todas estas são opções reais, análogas às opções financeiras e que poderão ser avaliadas recorrendo à Teoria de Avaliação de Opções (Kensinger, 1987).

### **Opção de Diferimento**

Mesmo que não exista qualquer outra opção real, a flexibilidade de diferir o investimento de forma a esperar por nova (é imprevisível) informação acrescenta valor ao projeto, mesmo que o seu VPL seja negativo. Esse tipo de flexibilidade confere ao gestor o

direito de esperar para ver, antes de realizar o investimento. A opção de diferimento permite ao gestor beneficiar de movimentos (aleatórios) favoráveis ao valor do projeto, sem que ao mesmo tempo possa ser prejudicado por movimentos desfavoráveis. Como foi analisado, esta assimetria é própria do direito de opção. A opção de adiar um investimento é equivalente a uma opção de compra americana.

Por exemplo o arrendatário de uma reserva de petróleo inexplorada tem o direito de adquirir uma reserva explorada por meio do pagamento do custo do arrendamento em desenvolvimento. Mas pode adiar o processo de desenvolvimento até que os preços do petróleo subam.

### **Opção de Expansão**

Após ter iniciado o projeto, e caso as condições de mercado se mostrem favoráveis, a empresa poderá ter a flexibilidade de expandir a escala produtiva em  $X\%$ , suportando, para isso, um investimento adicional de  $I \cdot X$ . A opção de expansão poderá ser vista como uma opção de compra do tipo americana, pela qual se compra  $X\%$  da capacidade, pagando para isso um preço de exercício de  $I \cdot X$ . Neste caso, a oportunidade de investimento poderá ser vista como o valor base do projeto mais o valor da opção de expansão.

Por exemplo a administração de uma empresa pode optar por construir uma capacidade superior ao nível previsto de produção para que possa fabricar mais se o produto tiver mais sucesso do que o esperado. A opção de expansão confere à administração o direito, mas não a obrigação, de fazer mais investimentos no futuro somente se as condições do projeto se revelarem favoráveis.

### Opção de Contração

A opção de contração (diminuição) da dimensão de um projeto, através da não execução de investimentos inicialmente planejados, permite a empresa adaptar-se, por exemplo, à má aceitação do produto por parte do mercado. A opção de contração poderá ser vista como uma opção de venda americana de  $X\%$  da dimensão do projeto, poupando parte dos investimentos previamente estabelecidos,  $I \cdot X$ . Assim, esta opção tem como ativo subjacente  $X\%$  da dimensão, com um preço de exercício de  $I \cdot X$ .

### Opção de Encerramento Temporário e de Abandono

Em alguns projetos, principalmente os ligados à exploração de recursos naturais, o gestor poderá ter a flexibilidade de suspender temporariamente essa exploração, em determinado período, sempre que as receitas operacionais não permitirem cobrir os custos variáveis operacionais. Cada ano de exploração poderá ser visto como uma opção de compra sobre as receitas de exploração, tendo como preço de exercício os custos variáveis operacionais. Caso as condições de mercado se tornem altamente adversas, o projeto poderá ser definitivamente abandonado, sendo os seus ativos vendidos ou usados noutra projeto. Em ambos os casos, denominaremos o seu valor por *valor de resgate (salvage value)*. Como, em princípio, o projeto poderá ser abandonado em qualquer momento, este tipo de flexibilidade é semelhante a uma opção de venda Americana sobre o atual valor do projeto, tendo como preço de exercício o seu "*salvage value*". Um projeto que possa ser liquidado vale mais do que o mesmo projeto na ausência da possibilidade de abandono. Assim, o valor do projeto corresponderá ao seu valor base mais o valor da opção de abandono.

Será importante referir, como defendem Dixit e Pindyck (1994), que o abandono do projeto poderá ter associado um custo de oportunidade (que obviamente convém equacionar).

que corresponde à perda da opção de manter o projeto em funcionamento, de maneira a poder ser usado de uma forma lucrativa, caso as condições de mercado viessem a melhorar.

### Outros Tipos de Flexibilidade

- **Opções de Mudança** : Uma determinada indústria que possua uma estrutura que lhe permita utilizar, por exemplo, mais do que um *input* energético no seu processo produtivo, tem uma flexibilidade valiosa, já que poderá utilizar várias formas de energia para produzir o seu produto final. Esta flexibilidade permite-lhe trocar o atual *input* energético por aquele que, no futuro, vier a ser mais barato. A opção de mudar a operação de um projeto é uma carteira de opções que consiste em *opções de compra e opções de venda*.
- **Opções de ampliação ou redução de escopo** : Existem ainda outros tipos de flexibilidade, como por exemplo a capacidade de uma empresa produzir um variado tipo de produtos, ou ajustar permanentemente as quantidades produzidas, o que lhe permite responder e adaptar-se a novas condições de mercado. A ampliação de escopo é semelhante à diversificação, e a opção de maior escopo é similar a uma *opção de compra*.
- **Opções compostas** : São opções sobre opções. Os investimentos escalonados são um bom exemplo da espécie. Pode-se ter uma fábrica que pode ser construída como uma seqüência de opções reais, cada uma dependente da que a antecedeu. A cada estágio, o projeto pode ser continuado por meio do investimento de uma nova soma de dinheiro (o preço de exercício). Alternativamente, pode ser abandonado em troca do valor que se puder obter por ele. Outros exemplos são programas de pesquisa e desenvolvimento, lançamentos de novos produtos, exploração e desenvolvimento de novos campos de petróleo, e gás mineral e um programa de

aquisição em que o primeiro investimento seja tido como plataforma de lançamento para os seguintes investimentos.

Ao longo dos parágrafos acima vimos que o valor da flexibilidade operacional, ou de gestão, não poderá ser capturado, e portanto avaliado, pelos métodos tradicionais, porque eles ignoram expressamente este tipo de valor. A introdução da flexibilidade de gestão, e dado o seu caráter assimétrico, requer a utilização de uma metodologia que incorpore a totalidade do valor de uma oportunidade de investimento: por um lado, o “VPL tradicional” que reflete o valor do projeto quando visto de uma forma estática ou passiva, por outro, o “valor das opções” resultantes da gestão ativa do projeto, quando visto de forma dinâmica.

A utilização da Teoria de Avaliação de Opções na avaliação de projetos de investimento permite, de uma forma teoricamente mais abrangente, avaliar a flexibilidade de gestão e, assim, captar todas as fontes de valor que um projeto possa conter .

*“Unlike other approaches, the option-based techniques or contingent claims analysis explicitly recognises that management’s flexibility to adapt its future actions, contingent on future events, introduces an asymmetry or skewedness in the distribution of the value of the project.”*  
[Trigeorgis e Mason (1987, p.15)]

### 2.2.2 A Estratégia como Opção Real

Um dos principais problemas do VPL deve-se a sua incapacidade de, corretamente, estabelecer relações entre os investimentos atuais e as oportunidades futuras. Essas ligações existem sempre que as oportunidades de investimento futuras dependerem de decisões tomadas no presente. Nesta linha Trigeorgis (1996) salienta que um dos problemas centrais na aplicação dos métodos tradicionais resulta da interdependência entre as decisões atuais e as (incertas, contingentes) decisões futuras. Muitas vezes as empresas investem e entram em novos mercados, não tanto pelo fato de esses investimentos terem um VPL positivo, mas antes pelas oportunidades (de crescimento) que eles proporcionam.

Alguns (talvez muitos) projetos de investimento poderão ser vistos como o primeiro passo de uma série de projetos futuros, em que estes últimos dependem, em absoluto, dos primeiros.

À primeira vista, a avaliação de projetos deste tipo apenas parece ser um problema de previsão em que bastará estimar os fluxos de caixa para determinar, em conjunto, o VPL das várias fases do projeto. Só que, como refere Myers (1987), desta forma não chegaremos à resposta correta. Isto porque a fase subsequente do projeto é uma opção, já que a empresa não está obrigada a realizá-la, antes, ela apenas continuará com o projeto se essa for a melhor decisão, caso contrário não investirá e limitará as suas perdas.

Desta forma, investir na primeira fase permite à empresa comprar um ativo intangível: a opção de compra sobre a fase seguinte. Os projetos de investimento poderão ser semelhantes a opções compostas (*compound options*), ou seja, opções que ao serem exercidas criam novas opções.

Investir em projetos com um VPL negativo poderá ser uma decisão correta se o valor presente das opções que dele resultarem for suficiente para compensar esse VPL negativo inicial.

Para Kester (1984) grande parte do valor das empresas resulta das suas oportunidades de investimento futuras. Como ressalta o autor alguns projetos poderão, quando vistos isoladamente, ser pouco atraivos. No entanto, eles poderão ser a única forma de realizar outros projetos. Neste caso, o valor do projeto inicial não resulta apenas dos fluxos de caixa que ele próprio possa gerar, mas também das oportunidades de investimento que dele resultam. Para Kasanen (1993) o importante é criar valor através da criação de oportunidades de crescimento.

Amram e Kulatilaka (1999b) defendem que a questão central deixa de ser : O que se espera ganhar passando do ponto A para B? ; mas passa a ser : Movendo-se ao longo do percurso (*time-path*) de A para B, o que se espera ganhar tendo disponíveis diversas opções ?. Mais precisamente, para os autores, o primeiro passo na reorganização do planejamento estratégico deverá ser a definição das opções reais que existem nas decisões de investimento. Do ponto de vista financeiro, uma estratégia de negócios é mais parecida com uma série de opções do que uma série de *fluxos de caixa estáticos*.

Kulatilaka e Venkatraman (1998) introduzem uma nova abordagem de formulação estratégica. Esta nova abordagem é, na linha da teoria da opções reais, particularmente importante em períodos de elevada incerteza. Esta metodologia pretende fazer a ponte entre as metodologias de formulação estratégica e a teoria das opções reais.

## 2.3 O Valor Global de uma Oportunidade de Investimento

Procedendo por etapas, e conforme foi apresentado nos parágrafos anteriores, em primeiro lugar o projeto de investimento é, ele próprio, uma opção o qual, na maioria dos casos, poderá ser diferido. A opção de diferimento acrescenta valor ao projeto e poderá contribuir para a alteração do *momento ótimo* do investimento. O benefício resultante da decisão de diferir deverá ser comparado, quer com as perdas competitivas, resultantes da entrada de novos concorrentes, quer com os fluxos de caixa que a empresa deixa de gerar em função desse diferimento.

Em segundo lugar, a flexibilidade operacional do projeto é um conjunto de opções reais, que aumenta o valor do projeto, na medida em que permite ao gestor modificá-lo e adaptá-lo continuamente, conforme a evolução do projeto.

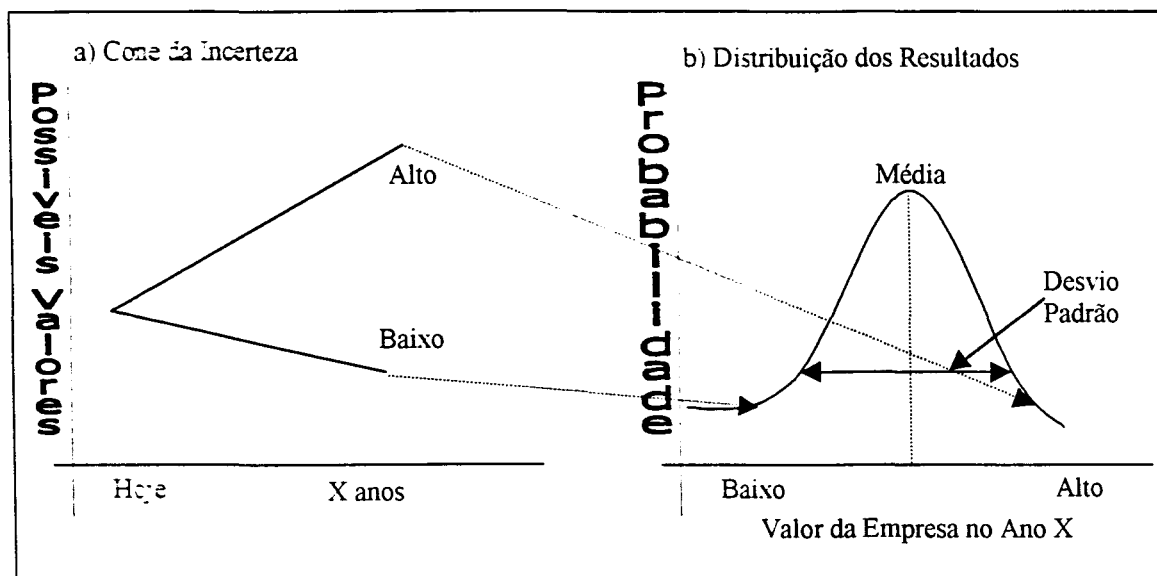
Por outro lado, a flexibilidade gerencial é extremamente útil em um ambiente de grande incerteza como o mercado. A incerteza origina-se de um conjunto de fatores como: a performance dos fornecedores, os processos produtivos, a demanda dos consumidores e outras áreas do mercado, e influência diretamente as taxas de descontos aplicadas nos projetos das empresas, sinalizando o grau de exposição das mesmas (Amran e Kulatilaka, 1999).

A Figura 6 abaixo mostra a evolução de uma distribuição de possíveis resultados em um período de tempo qualquer. A Figura 6(a) mostra o Cone da Incerteza, que é o espaço formado por todos os resultados possíveis de um projeto específico. Possui este nome devido ao fato de ser a incerteza o fator que explica a variabilidade no resultado esperado.

O grau de exposição destes ativos determina a forma do cone da incerteza para o valor do investimento estratégico. A Figura 6(a) representa apenas os limites superiores e inferiores dos possíveis resultados. A identificação e o gerenciamento das opções existentes podem

alterar a posição do cone da incerteza, inclinando-o para cima. Esta alteração do posicionamento aumenta o valor esperado do projeto.

**Figura 6 : Duas Visões da Resolução da Incerteza**



Fonte : Amran e Kulatilaka (1999a, pg. 16)

A Figura 6(b) mostra a distribuição dos resultados esperados onde cada valor possui uma probabilidade específica. Nesta figura tem-se os resultados esperados para o ano X em particular, ressaltando que a maior probabilidade refere-se ao valor médio esperado. Durante o horizonte de tempo, o valor da empresa é esperado crescer a alguma taxa média. No entanto, existe incerteza sobre a taxa de crescimento que acontecerá em cada ano do projeto, esta incerteza é medida pela **volatilidade**, que o desvio padrão dos retornos esperados.

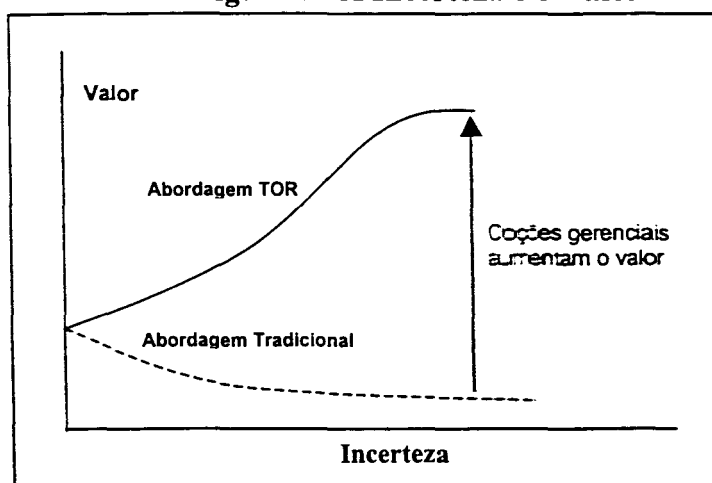
Amran e Kulatilaka (1999a, pag. 14) argumentam que:

*...A partir do momento que a nossa maneira de pensar inclui o elemento da incerteza, toda a estrutura lógica da tomada de decisões fica alterada. A incerteza cria oportunidades. Os gerentes devem agradecer a sua existência e não temê-la. Repensando sobre investimentos estratégicos, eles devem procurar visualizar seus mercados em termos de origem, tendência e evolução da incerteza: determinar o grau de exposição de seus investimentos (como os eventos externos são traduzidos em lucros e perdas); e então responder posicionando seus investimentos para tirar as melhores vantagens da incerteza.*

Portanto outro ponto a ser frisado é que : a **existência de incerteza amplia as possibilidades de atingir ganhos maiores.**

Graficamente abaixo, podemos apresentar como a abordagem tradicional de avaliação dos investimentos, baseada na regra do VPL, conduz a um valor menor dos ativos na presença de elevada incerteza, já que a taxa de desconto ajustada ao risco será cada vez maior na medida que aumenta a incerteza. Por outro lado, a abordagem de avaliação das opções reais, demonstra que um grau maior de incerteza pode determinar um valor maior dos ativos na medida que os administradores conseguem identificar e exercer as opções para responder flexivelmente aos acontecimentos que se seguem no decorrer do tempo.

**Figura 7 : A Incerteza e o Valor**



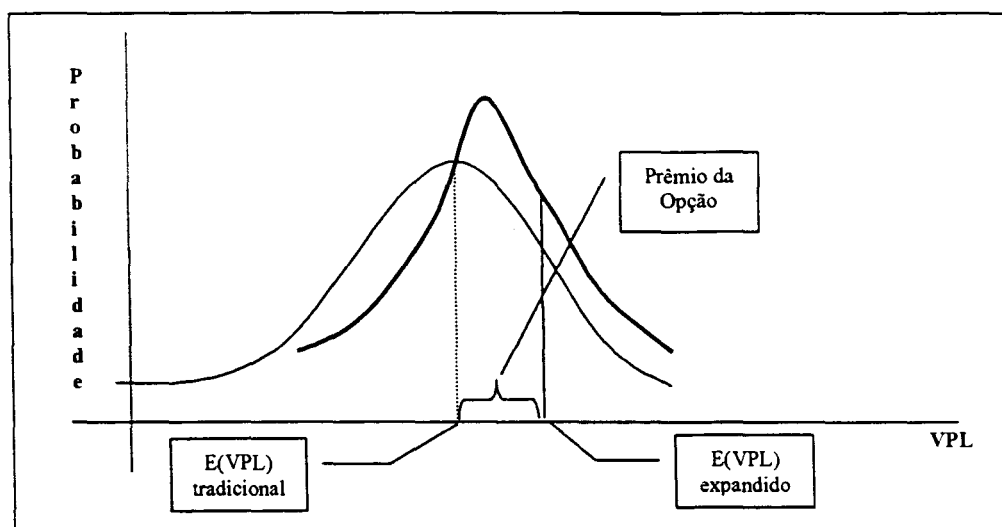
Fonte : Amran e Kulatilaka (1999a, pg. 16)

Finalmente, as oportunidades de investimento permitem, não raras vezes, realizações futuras, as quais só são possíveis se as primeiras forem realizadas. Assim, um projeto de investimento não valerá apenas por si, mas incluirá o valor das oportunidades de investimento que dele dependerem e que dele resultarem.

Em complemento ao argumento destes autores, Trigeorgis (1998) argumentara que a flexibilidade gerencial introduzia uma assimetria na distribuição probabilística (ou distribuição dos resultados) do Valor Presente Líquido, pois a flexibilidade gerencial aproveita as oportunidades do mercado, maximizando os ganhos, e limita possíveis perdas, assim, os efeitos da incerteza ocorreriam somente no lado dos resultados favoráveis.

A figura 8 abaixo ilustra a assimetria causada pela flexibilidade gerencial sobre a distribuição dos resultados. A distribuição em pontilhado é referente a avaliação sem considerar a flexibilidade gerencial. Já a distribuição em negrito refere-se a avaliação considerando a flexibilidade gerencial. Nota-se que a flexibilidade gerencial modifica a curva de distribuição, aumentando o valor esperado deste projeto. Este gráfico é uma outra forma de ilustrar a mudança de posição do cone da incerteza.

**Figura 8: Assimetria na Distribuição dos Resultados**



Fonte :Trigeorgis (1998, pag.123)

Na avaliação tradicional (ou estática), o VPL é calculado da seguinte forma :

$$VPL = V - I_0$$

Onde :

V = Valor presente do fluxo de caixa projetado

$I_0$  = Custo de investimento (Preço de exercício)

A regra convencional é que : o projeto será viável se  $VPL > 0$

Rescrevendo a fórmula acima tem-se a fórmula para o cálculo do VPL :

$$VPL = \sum_{t=1}^N \frac{E(FC_t)}{(1+K)^t} - I_0$$

Onde :

$E(FC_t)$  = Valor esperado do projeto

$K$  = Taxa de desconto ajustada ao risco

$t$  = Tempo do projeto

A presença de decisões contingenciais (decisões com a possibilidade de acontecer ou não), introduzidas pela flexibilidade gerencial, causa problemas nas avaliações de projetos pelo método tradicional, sendo necessário utilizar uma metodologia que contemple a existência de opções. O VPL neste caso deve ser ampliado para compreender estas opções.

É possível, finalmente, equacionar o valor total de uma oportunidade de investimento, a qual corresponde a seguinte expressão [Trigeorgis e Mason (1987) e Trigeorgis (1998, 1996b)]:

$$VOI = VPL + VO$$

VOI = Valor da Oportunidade de Investimento (VPL expandido),

VPL = Valor Presente Líquido (VPL tradicional),

VO = Valor das Opções

Desta expressão podem-se destacar três reflexões importantes.

Primeiro, ao não considerar o valor das opções reais estamos subavaliando o projeto e, possivelmente, descartando projetos com valor.

Segundo, o VPL tradicional só avalia corretamente projetos sem qualquer tipo de flexibilidade de gestão, que estejam em cima da maturidade (dado o seu caráter de agora ou nunca) e que não tenham nenhuma relação estratégica com qualquer outro investimento (por ex.: quando o VO = 0).

Terceiro, poderá ser correto aceitar projetos com VPL negativo se o “valor das opções” ligadas às decisões de gestão (flexibilidade operacional e valor estratégico) for suficiente para compensar esse VPL negativo.

Embora possa parecer, numa análise muito superficial, que o valor das opções (VO) corresponde ao somatório do valor de todas as opções reais que um projeto contenha, isto não é correto. Como afirma Trigeorgis (1993b) avaliar cada opção individualmente e somar os valores encontrados poderá conduzir a erros grosseiros. Dado que estas **interagem**, o valor de algumas opções poderá estar estreitamente ligado à execução de outras, o que invalida qualquer tentativa de encontrar o valor final pelo simples somatório das parcelas.

Trigeorgis (1996) estuda o impacto da existência de inúmeras opções reais no valor dos projetos. Identifica as situações em que esse impacto pode ser significativo ou reduzido, positivo ou negativo.

As interações entre várias opções são, também, estudadas por Kulatilaka (1995b). O principal objetivo do autor foi estudar o comportamento (e valor) de determinada opção, quer quando vista isoladamente, quer na presença de outras opções. Abel et al. (1996) investigam as interações entre as opções de expansão e contração.

Trigeorgis (1991a) apresenta um método para avaliar projetos de investimento complexos no qual existem diversas opções reais. O método resulta de uma transformação log-linear (*log-transformed variation*) do modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979).

## 2.4 Modelos e Aplicações

Existem diversas referências dos modelos e aplicações que foram sendo desenvolvidas para avaliar projetos de investimento segundo a teoria das opções reais nos últimos anos, de maneira tal a alcançar o objetivo final de medir o valor total associado à aquele determinado projeto de investimento. A seguir são apresentados as principais contribuições acadêmicas visando calcular o valor da flexibilidade operacional, o valor das opções estratégicas e o valor relacionado ao *timing* do investimento.

### 2.4.1 O Valor da Flexibilidade Operacional

Como referem Trigeorgis e Mason (1987), um dos problemas centrais dos métodos tradicionais deve-se a incapacidade dos mesmos de avaliar a flexibilidade operacional, a qual permite ao gestor tomar decisões e modificar o projeto durante a sua vida útil. A flexibilidade, dado o seu caráter assimétrico, confere valor ao projeto, o qual poderá ser determinado recorrendo à teoria da avaliação de opções. De referir que a flexibilidade operacional será tanto mais valiosa quanto mais incerto for o futuro. Também Kensinger (1987) estuda o impacto que a gestão ativa de um projeto poderá ter ao nível do seu valor. Calcula, através de um modelo binomial simples, o valor de um processo produtivo que, utilizando *inputs* diferentes, possibilita a produção de diferentes *outputs*.

Trigeorgis (1990a) avalia um investimento para exploração de recursos naturais, que contém uma série de opções (diferimento, suspensão, expansão e abandono) usando a teoria das opções reais.

Kulatilaka e Marcus (1992) argumentam que os métodos tradicionais não avaliam corretamente projetos com alguma flexibilidade operacional. De fato, projetos deste tipo (que serão os mais frequentes) são sistematicamente sub-avaliados por esses métodos. Recorrendo a um exemplo hipotético, os autores exemplificam (ainda que de uma forma introdutória) como poderão ser avaliados projetos flexíveis. O exemplo utilizado refere-se a uma unidade termoelétrica que, para produzir eletricidade, pode utilizar tanto gás como carvão.

De uma forma mais aprofundada, esta problemática é novamente estudada por Kulatilaka (1993 e 1995a). Em um artigo é apresentado um modelo de programação dinâmica ("*dynamic programming*") que permite avaliar uma unidade industrial com flexibilidade ao nível dos seus *inputs* energéticos.

Fine e Freud (1990) desenvolvem um modelo que permite avaliar uma indústria com flexibilidade ao nível produtivo. Como é referido no artigo, esta flexibilidade permite à empresa responder, no futuro, às alterações ao nível de demanda. Dado que este tipo de unidade exige um investimento mais elevado, é importante determinar o seu valor, para compará-lo com outro investimento em que essa flexibilidade não exista.

Triantis e Hodder (1990) avaliam a flexibilidade operacional como uma *opção composta*, derivando um modelo analítico capaz de avaliar a mesma. Embora o modelo apresentado tenha sido construído para aplicação à flexibilidade ao nível do produto (capacidade de produzir diferentes produtos, em resposta a alterações da demanda), o autor argumenta que, com ligeiras alterações, esse modelo poderá ser adaptado para avaliar a flexibilidade ao nível dos *inputs* (energéticos, por exemplo), também, Kamrad e Ernst (1995) analisam a flexibilidade de uma unidade produtiva de tipo multi-produto.

Sabendo que um contrato de *leasing* dá à empresa uma série de opções ("*option to cancel, to extend the lease, or to buy*"), Trigeorgis (1996a) utiliza a teoria das opções reais

para avaliar este tipo de contrato. O autor compara esta nova metodologia com o método tradicional, demonstrando as suas vantagens.

Brennan e Schwartz (1985) ressaltam as incapacidades do VPL, especialmente para avaliar investimentos que envolvem a exploração de recursos naturais, devido ao fato de ignorarem, quer a natureza estocástica dos preços dos recursos extraídos, quer a conseqüente possibilidade de resposta da gestão às alterações dos preços. No modelo apresentado, o preço é tido como variável aleatória e é expressamente incorporada a capacidade da gestão de agir sobre o projeto. Neste contexto, a gestão poderá adaptar a escala de extração ao preço do mercado dos recursos extraídos, poderá também suspender a extração durante algum tempo ou mesmo abandonar o projeto. Os autores afirmam que o modelo poderá ser adaptado e utilizado noutro tipo de projetos.

Em McDonald e Siegel (1985) é apresentada uma metodologia para avaliar um projeto que contenha a opção de, temporariamente, suspender a produção, sempre que os custos operacionais forem superiores as receitas operacionais.

O valor da opção de abandonar um projeto é estudado por Myers e Majd (1990). De uma forma geral o projeto deverá ser abandonado sempre que o seu valor for inferior a seu "*valor de resgate*". É importante destacar, que o valor total do projeto inclui o valor da opção de abandono, o qual depende, quer do "*valor de resgate*", quer do momento ótimo para exercer essa opção. Claro que esse momento ótimo é desconhecido à priori (o que é ignorado quase sempre na prática da avaliação de projetos). Myers e Majd reconhecem que a opção de abandono é análoga a uma opção de venda Americana, mas com a particularidade de, quer os *fluxos de caixa* gerados pelo projeto, quer o *valor de resgate*, são incertos. Apesar de num primeiro momento, os autores apresentarem um modelo em que apenas o valor do projeto é uma variável aleatória, eles estendem posteriormente as incertezas ao próprio "*valor de resgate*".

Schnabel (1992) avalia a opção de abandono, comparando-a a uma “opção de troca” do tipo Européia, o que quer dizer que o projeto só pode ser abandonado num determinado momento do tempo. Para avaliar esta opção Schnabel utiliza o modelo de Margrabe (1978).

Campa (1994), Kogut e Kulatilaka (1994a), Bell (1995) e Huchzermeier e Cohen (1996) estudam e avaliam a flexibilidade associada a investimentos produtivos em mais do que um país, o que poderá permitir escolher os locais de produção de acordo com a evolução de uma série de variáveis, sobretudo a taxa de câmbio.

Trigeorgis (1993a) investiga o impacto que a flexibilidade financeira (a opção de “default” no pagamento da dívida) poderá ter no valor do projeto para os acionistas.

Pindyck (1988) relaciona a irreversibilidade do investimento com a opção pela capacidade a instalar e sua expansão no futuro. Teisberg (1993, 1994) estuda as decisões de investimento realizadas por empresas sob orientação de entidades reguladoras (“*regulated firms*”).

Mauer e Ott (1995) usam a teoria das opções para determinar a sequência ótima de reposição dos ativos, por parte de uma empresa. Edleson e Reinhardt (1995) investigam o impacto dos “*pollution allowance*” nas opções de gestão de uma central termelétrica.

Vila e Schary (1995) defendem que a opção de liquidação de uma empresa em dificuldade, que pertence, tanto aos acionistas como aos financiadores externos, pode ser vista como uma opção de venda e pode aumentar o valor dos respectivos direitos.

## 2.4.2 O Valor das Opções Estratégicas

Como foi analisado anteriormente, grande parte do valor das empresas resulta das oportunidades de investimento futuras. Vimos também que os métodos tradicionais não têm qualquer capacidade para avaliar este tipo de oportunidades, pelos simples fato de estas serem opções, aqueles métodos não terem sido construídos para avaliar este tipo de ativos.

Kogut (1991) compara as "*Joint Ventures*" as opções reais, devido à sua capacidade de expansão e crescimento no futuro. O seu valor resulta não só dos seus investimentos atuais, mas também dessa capacidade de crescimento e expansão.

Kasanen e Trigeorgis (1993) abordam a problemática das interações estratégicas entre investimentos seqüenciais. Kester (1993) apresenta, recorrendo a um modelo do tipo binomial, o momento ótimo para exercer uma série de investimentos seqüenciais.

Willner (1995) e Faulkner (1996) utilizam os princípios da avaliação de opções para avaliar projetos de investimento em P&D. Kulatilaka e Storck (1996) usam os mesmos princípios para avaliar projetos de investimento em Tecnologias da Informação.

Smith e Triantis (1995) argumentam que as aquisições de empresas são muitas vezes realizadas com o objetivo de permitir o crescimento futuro. Este tipo de "aquisições estratégicas" devem ser vistas e avaliadas como opções.

Kulatilaka e Perotti (1998a) desenvolvem um modelo para avaliar a oportunidade de investir no presente, com o objetivo de ganhar vantagem face aos concorrentes. No modelo apresentado, o investimento inicial visa reduzir os custos de produção futuros, o que faz com que a expansão futura seja realizada a custos inferiores, logo com vantagem, em relação às empresas concorrentes. Os autores dão como exemplos para aplicação do modelo: investimentos para desenvolver vantagens tecnológicas, campanhas publicitárias para fazer

conhecer uma determinada marca aos consumidores, ou ainda o desenvolvimento logístico que permita menores custos nas construções das instalações produtivas.

Kulatilaka e Perotti (1998b) analisam as decisões de investimento que visam a *construção* de estruturas que permitam à empresa produzir o produto com algum avanço temporal relativamente aos concorrentes. São exemplos, os investimentos em logística e em novas formas de distribuição. Este tipo de investimento tem o efeito estratégico de restringir o comportamento dos concorrentes, e tal poderá justificar a realização do investimento, mesmo que a opção de diferimento tenha valor (dada a incerteza que possa existir acerca da demanda). Os autores chamam deste tipo de opção estratégica "*time-to-market option*".

### 2.4.3 O Valor e o *Timing* do Investimento

Uma das questões centrais na avaliação dos projetos de investimento consiste em saber se uma empresa deve, ou não, levar a cabo um determinado projeto. De acordo com McDonald e Siegel (1986), a decisão de investir é irreversível, enquanto que a decisão de diferir o investimento não o é. Esta assimetria, quando levada em consideração, deverá conduzir a uma regra diferente da tradicional, ou seja, não basta que o VPL de um projeto seja positivo, ele deverá ser superior a um determinado valor. No artigo, os autores avaliam a opção de diferir o investimento assumindo que, quer o valor do projeto, quer os custos de investimento, são variáveis estocásticas. McDonald e Siegel estabelecem um conjunto de fórmulas que permitem ao gestor determinar o momento ótimo para realizar o projeto, bem como o custo oportunidade (perda de valor) associado à realização do investimento num momento diferente do momento ótimo.

Os autores concluem que o valor da opção de diferir o investimento poderá ter um peso significativo no valor total do projeto.

Majd e Pindyck (1987) apresentam um modelo capaz de determinar a política ótima em projetos que exigem investimentos sequenciais. Este tipo de projeto poderá ser visto como uma “*opção composta*”, já que o investimento realizado numa determinada fase permite comprar uma opção sobre a fase seguinte, e assim sucessivamente, até o projeto estar completamente realizado. Esta visão flexível permite adaptar o projeto continuamente, de acordo com a chegada de nova informação, podendo o investimento ser realizado de uma forma mais rápida (tendo como restrição uma taxa máxima de investimento) ou mais lenta, ou mesmo ser abandonado. Os autores afirmam que a utilização dos métodos tradicionais em projetos deste tipo podem conduzir a decisões profundamente erradas.

A decisão de investir e de abandonar um determinado projeto, em contexto de incerteza, é analisada por Dixit (1989). Ao investir a empresa exerce uma opção, mas, ao fazê-lo, compra outra: a opção de abandonar o investimento no futuro. Desta forma, como realça o autor, temos duas opções interligadas, as quais devem ser avaliadas simultaneamente. O fato de haver custos de oportunidade associados a cada uma das opções poderá produzir uma significativa “*hysteresis*”, mesmo quando os “*custos irrecuperáveis*” são reduzidos.

Num artigo publicado em 1991, Pindyck analisa, de uma forma abrangente, o efeito da irreversibilidade e da incerteza na decisão de investir. Aborda a problemática do *momento ótimo* e do valor da oportunidade de investimento, usando os princípios da avaliação de opções.

Trigeorgis (1991b) demonstra como a teoria das opções reais poderá ser usada para determinar se, e quando, uma empresa deve investir em projetos adiáveis de forma a antecipar-se aos seus concorrentes. A existência de concorrência poderá justificar a execução, mais cedo, da opção de investir, tal como, por analogia, a existência de dividendos poderá

fazer com que uma opção de compra Americana seja exercida mais cedo (do que a maturidade).

Ingersoll e Ross (1992) e Ross (1995) estudam o impacto que a incerteza sobre as taxas de juros têm na decisão de investir. Para os autores, até o mais simples dos projetos, mesmo com fluxos de caixa determinísticos, tem um "*valor de opção*". Em contexto de incerteza relativamente às taxas de juros, um investimento só deverá ser realizado quando a taxa de rentabilidade do investimento for superior a uma determinada taxa limite (*break-even rate*).

Do trabalho dos autores acima referidos resulta uma "*hurdle-rate formula*" que permite verificar se um investimento deve ser realizado ou, se pelo contrário, deve ser diferido. No entanto, fica por determinar qual o valor associado à opção de diferimento. Nesse sentido, Lee (1997) cria um modelo que possibilita avaliar o direito (opção) de adiar um investimento durante um determinado (curto) período de tempo. Testando empiricamente o modelo, demonstra-se que quanto mais elevada for a taxa de juros, mais valiosa será a opção de diferimento.

Siegel, Smith e Paddock (1987), Paddock, Siegel e Smith (1988), Kemna (1993), Bjerksund e Ekern (1990) e Smit (1997) utilizam as opções reais para avaliar projetos de investimento petrolíferos e determinar qual o momento ótimo para se iniciar a exploração, incorporando vários níveis de flexibilidade.

Titman (1985), Quigg (1993, 1995), e Sirmans (1997) usam a teoria de avaliação de opções para avaliar terrenos urbanos vazios e para determinar qual a estratégia (momento e dimensão) ótima para realizar os investimentos nesses terrenos.

Grenadier (1996) analisa o *momento ótimo* dos investimentos imobiliários, considerando na análise os efeitos do nível da concorrência.

Capozza e Sick (1994) aplicam os princípios de avaliação de opções para avaliar terrenos agrícolas. Já, que o valor deste tipo de terrenos inclui a opção de poder transformar os mesmos em terrenos urbanos (para investimentos imobiliários).

Mork, Schwartz e Stangeland (1989) desenvolvem um modelo para avaliar uma exploração florestal e que permite determinar, também, qual a taxa ótima de abate das árvores, assumindo como variáveis estocásticas, quer o preço da madeira, quer a taxa de crescimento das árvores.

Luehrman (1998a, 1998b) analisa a problemática das opções reais numa perspectiva mais prática, apresentando, através de alguns exemplos, os passos necessários para as avaliar. Apresenta também o "*call option space*", que corresponde a uma espécie de matriz de dupla entrada na qual, de acordo com a volatilidade e o *cost-to-value* (relação entre o valor do ativo-objeto e o valor presente do preço de exercício), se determina se a empresa deve investir, adiar ou abandonar o projeto.

## METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE OPÇÕES

### 3.1 Principais Características das Opções

Uma opção é um ativo derivativo que dá ao seu titular o direito (mas não a obrigação) futuro de comprar ou vender um determinado ativo-objeto em certa data (ou até certa data), por um preço determinado (preço de exercício) (Hull, 1997).

A terminologia abaixo é específica desse instrumento :

1. **OPÇÃO de COMPRA (call option).** O adquirente da opção tem o direito (mas **não** a obrigação) de comprar.
2. **OPÇÃO DE VENDA (put option).** O adquirente da opção tem o direito (mas **não** a obrigação) de vender.
3. **LANÇADOR da OPÇÃO (writer ou seller).** Agente econômico que vende a opção. Tem a **obrigação** de vender (opção de compra) ou de comprar (opção de venda).
4. **TITULAR da OPÇÃO (holder ou buyer).** Agente que compra a opção. **Tem o direito (mas não a obrigação)** de comprar (opção de compra) ou de vender (opção de venda).
5. **PRÊMIO (premium).** Preço que o titular paga ao lançador para ter o direito de comprar (opção de compra) ou de vender (opção de venda). É pago no ato da aquisição da opção, e não é “reembolsável” se posteriormente o titular não quiser exercer a opção.

6. ATIVO-OBJETO (underlying). Ativo real ou instrumento financeiro que o lançador se obriga a vender (opção de compra) ou comprar (opção de venda).
7. PREÇO de EXERCÍCIO (strike price). Preço fixo pelo qual o lançador se **obriga** a vender (opção de compra) ou comprar (opção de venda) o objeto.
8. VENCIMENTO (maturity date). Data na qual a opção expira. Se o titular somente puder exercer sua opção **no vencimento**, diz-se que tem uma opção EUROPEIA (european option); se ele puder exercer em qualquer época **até o vencimento**, se tem uma opção AMERICANA (american option).

Com base nas definições acima podemos observar que a opção introduz uma relação assimétrica entre os dois agentes. Quem compra o título possui direitos em relação a quem o vende. Por outro lado, quem vende (ou lança) a opção, tem obrigações, relativamente àquele que a comprou.

Convém adotarmos a seguinte convenção:

$S$  = preço atual do ativo-objeto.

$S_T$  = preço do ativo-objeto na data de vencimento.

$X$  = preço de exercício.

$R$  = taxa de juros livre de risco.

$C$  = valor de uma opção de compra americana.

$C$  = valor de uma opção de compra européia.

$P$  = valor de uma opção de venda americana.

$C$  = valor de uma opção de venda européia.

$C_T$  = valor de uma opção de compra americana, na data de vencimento.

$C_T$  = valor de uma opção de compra européia, na data de vencimento.

$P_T$  = valor de uma opção de venda americana, na data de vencimento.

$P_T$  = valor de uma opção de venda europeia, na data de vencimento.

Conforme pode-se destacar no texto de Natenberg (1994), que trata das diversas estratégias possíveis nas opções, um investidor pode assumir as seguintes posições:

- **Comprada em Opção de Compra** (long position in a call option): aquele que compra uma opção de compra.
- **Vendida em Opção de Compra** (short position in a call option]: aquele que vende (lança) uma opção de compra.
- **Comprada em Opção de Venda** (long position in a put option): aquele que compra uma opção de venda.
- **Vendida em Opção de Venda** (short position in a put option) : aquele que vende (lança) uma opção de venda.

Embora o objetivo desta dissertação não vise tornar o leitor em um especialista de estratégias em opções, é necessário entender os princípios básicos do mecanismo de exercício das opções, para poder entender melhor a lógica que está por trás da TOR no processo de tomada de decisões nos investimentos. Portanto, a seguir apresentamos alguns exemplos das posições em opções financeiras.

### **Exemplo 1: Compra e Lançamento de Opção de Compra**

Suponha uma opção de compra europeia (C) de uma ação da Eletrobras. A data de vencimento (exercise date) É em out./XX. O preço de exercício X da opção é de \$ 60. O prêmio pago pela opção é de \$ 0,30.

### Posição Comprada

Se, na data de vencimento, o valor da ação da Eletrobras atingir \$ 62, o detentor da opção (long position) exercerá seu direito de comprar a ação por \$ 60 e deverá revendê-la por \$ 62. A opção está “dentro-do-dinheiro” e ganhará :

$$c_T = (\$ 62 - \$ 60) = \$ 2.$$

Se, na data de vencimento, o valor da ação da Eletrobras atingir \$ 57, o detentor da opção não exercerá seu direito de comprar a ação por \$ 60. A opção está “fora-do-dinheiro” e o resultado é :

$$c_T = 0$$

### Posição Vendida

Se, na data de vencimento, o valor da ação da Eletrobras atingir \$ 62, o lançador da opção (short position) terá que vender a ação por \$ 60, apesar de estar valendo no mercado \$ 62.

$$\text{Resultado} = (\$ 60 - \$ 62) = - \$ 2.$$

Se, na data de vencimento, o valor da ação da Eletrobras atingir \$ 57, o detentor da opção não exercerá seu direito de comprar a ação por \$ 60. O lançador não perderá nada. O prêmio pago pelo detentor da opção agora é do lançador.

$$\text{Resultado} = 0.$$

Na data de vencimento, os resultados da operação para o detentor e para o lançador da opção europeia são dados pelas seguintes equações:

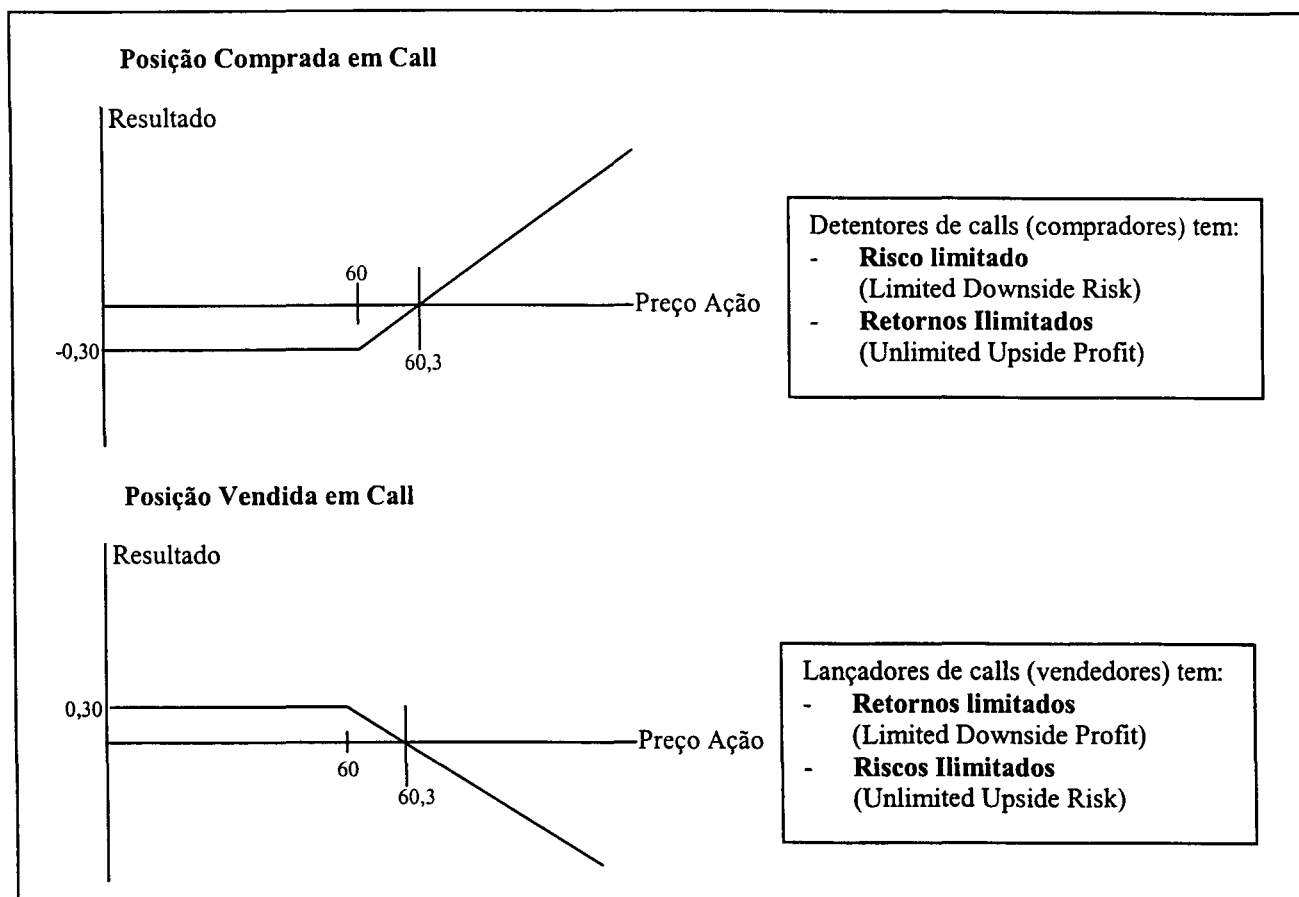
$$\text{Resultado} = c_T = \text{Máx} (S_T - X; 0) \rightarrow \text{posição comprada.}$$

$$\text{Resultado} = - \text{Máx} (S_T - X; 0) = \text{Mín} (X - S_T; 0) \rightarrow \text{posição vendida.}$$

Nestas equações não é considerado o investimento inicial feito na aquisição da opção (pagamento do prêmio).

O gráfico que se segue mostra o “payoff” do detentor e do lançador da opção de compra europeia, na data de vencimento, considerando-se diferentes preços finais para a ação.

**Figura 9 : “Payoff” do detentor e lançador de uma Opção de Compra**



Fonte : Natenberg (1994): *Option Volatility & Pricing*.

## Exemplo 2: Compra e Lançamento de Opção de Venda

Suponha uma opção de venda europeia ( $p$ ) de uma ação da Eletrobrás. A data de vencimento (exercise date) é em dez./XX. O preço de exercício  $X$  da opção é de \$ 33. O prêmio pago pela opção é de \$ 3.

### Posição Comprada

Se, na data de vencimento, o valor da ação da Eletrobrás atingir \$ 28, o detentor da opção (long position in a put option) exercerá seu direito de vender a ação por \$ 33 e deverá adquiri-la por \$28. A opção está “dentro-do-dinheiro” e ganhará :

$$p_T = (\$ 33 - \$ 28) = \$ 5.$$

Se, na data de vencimento, o valor da ação da Eletrobrás atingir \$ 40, o detentor da opção de venda não exercerá seu direito de vender a ação por \$ 33, uma vez que seu valor de mercado é maior. A opção está “fora-do-dinheiro” e o resultado é :

$$p_T = 0$$

### Posição Vendida

Se, na data de vencimento, o valor da ação da Eletrobrás atingir \$ 28, o lançador da opção de venda (short position in a put option) terá que comprar a ação por \$ 33, apesar de estar valendo no mercado apenas \$ 28.

$$\text{Resultado} = (\$ 28 - \$ 33) = - \$ 5.$$

Se, na data de vencimento, o valor da ação da Eletrobras atingir \$ 40, o detentor da opção não exercerá seu direito de vender a ação por \$ 33. O lançador não perderá nada. O prêmio pago pelo detentor da opção agora é do lançador.

$$\text{Resultado} = 0.$$

Na data de vencimento, os resultados da operação para o detentor e para o lançador da opção europeia são dados pelas seguintes equações:

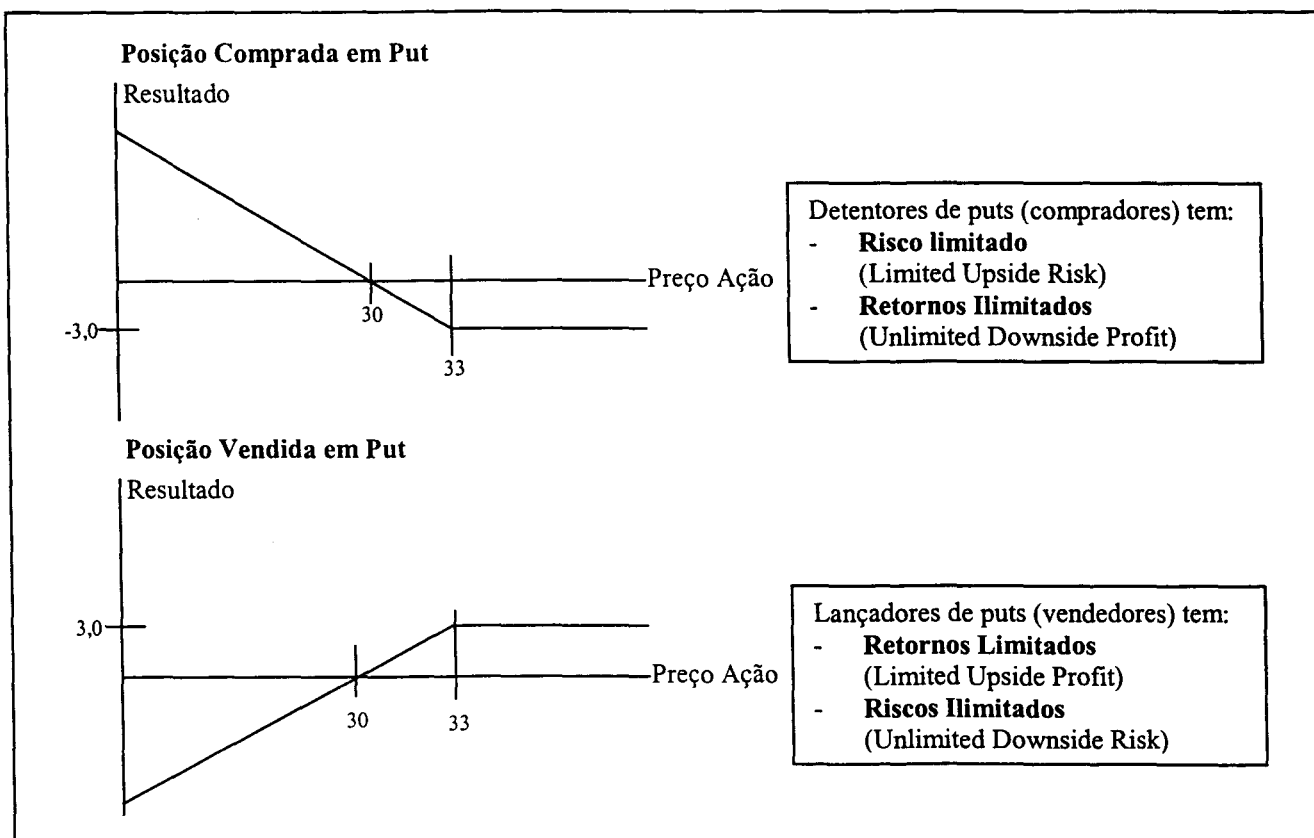
$$\text{Resultado} = p_T = \text{Máx} (X - S_T; 0) \rightarrow \text{posição comprada.}$$

$$\text{Resultado} = - \text{Máx} (X - S_T; 0) = \text{Mín} (S_T - X; 0) \rightarrow \text{posição vendida.}$$

Nestas equações não é considerado o investimento inicial feito na aquisição da opção (pagamento do prêmio).

O gráfico que se segue mostra o “payoff” do detentor e do lançador da opção de venda europeia, na data de vencimento, considerando-se diferentes preços finais para a ação.

**Figura 10 : “Payoff” do detentor e lançador de uma Opção de Venda**



Fonte : Natemberg (1994): *Option Volatility & Pricing*.

Na tabela abaixo estão resumidos os efeitos das principais variáveis sobre o valor da opção :

**Tabela 2 : Efeitos das Principais Variáveis sobre o Valor da Opção**

Aumento nas Variáveis	OC Européia	OC Americana	OV Européia	OV Americana
Preço da Ação (S)	+	+	-	-
Preço de Exercício (X)	-	-	+	+
Vencimento (T)	?	+	?	+
Volatilidade ( $\sigma$ )	+	+	+	+
Taxa de Juros(risk-free) $r_f$	+	+	-	-
Dividendos (y)	-	-	+	+

OC = Opção de Compra

OV = Opção de Venda

Analisando a tabela acima, brevemente, valem algumas considerações. Em relação à variável tempo, as call européias de maior duração não necessariamente são mais valiosas do que as de curta duração. Caso haja previsão de distribuição de dividendos em momento após o vencimento da opção de curto prazo e anterior ao vencimento da opção de longo prazo, o titular da opção de curta duração pode apurar retorno maior, uma vez que a distribuição de dividendos reduz o preço da ação. Se a opção de compra européia de longa duração pode não valer mais do que outra idêntica, mas de curto prazo, o mesmo podemos afirmar para a opção de venda européia.

O aumento das taxas de juros afeta o valor da opção de compra (européia ou americana) de duas formas opostas. Tende a: (a) elevar a taxa de crescimento esperada do preço da ação, aumentando o valor da opção de compra; (b) reduzir o valor presente do preço do ativo-objeto, reduzindo o valor da opção de compra. Os modelos de precificação de opções, objeto de estudo em momentos seguintes, assumem que o primeiro efeito prepondera sobre o segundo, fazendo com que exista relação direta entre aumento das taxas de juros e aumento no valor da opção (Hull, 1997). Os dois efeitos provocados pelo aumento das taxas de juros mencionados anteriormente, tendem a reduzir o valor das opções de venda,

americana e européia. Portanto, quanto maior é a taxa de juros livre de risco, menor é o valor da opção de venda.

A volatilidade significa variabilidade de um valor em torno de um valor esperado. O preço de um ativo (no caso a ação) é tão volátil quanto maior é a incerteza quanto aos seus movimentos futuros. Quanto maior é a volatilidade do preço de um ativo, maior é a variabilidade esperada desse preço no futuro e, por consequência, maior é a probabilidade de obtenção de retorno muito alto ou muito baixo. Portanto, quanto maior é a volatilidade do ativo-objeto, maior é o valor da opção.

Os dividendos reduzem o preço da ação, reduzindo o valor das opções de compra, e aumentando o valor das opções de venda.

Enfim, os efeitos sobre as opções, dos valores dos preços do ativo-objeto e do preço de exercício, já foram analisados nos parágrafos acima. Todavia, em relação a possibilidade de exercício ou menos da opção teremos as seguintes situações possíveis abaixo. O exercício das opções se dará somente quando elas estarão “dentro-do-dinheiro” :

Situação	OPÇÃO DE COMPRA	OPÇÃO DE VENDA
DENTRO-DO-DINHEIRO	$S > X$	$X > S$
NO-DINHEIRO	$S = X$	$X = S$
FORA-DO-DINHEIRO	$S < X$	$X < S$

Uma última questão importante a se destacar é que existe uma relação de valor entre a opção de compra e a opção de venda, quando estas tem o mesmo preço de exercício e mesma data de vencimento. Essa relação é usualmente chamada de “**Paridade Call-Put**”. O valor de uma opção de compra pode ser derivado do valor de uma opção de venda e vice-versa. Esta propriedade é importante no cálculo das opções e permite de determinar rapidamente os valores das mesmas como veremos mais adiante em alguns exemplos numéricos (Hull, 1997).

Abaixo podemos destacar as relações de paridade existentes entre as opções (européias e americanas) :

$$C + Xe^{-rT} = p + S \rightarrow \text{para Opções Européias}$$

Como  $P > p$  e  $C = c$  segue portanto a relação a seguir<sup>1</sup>:

$$C + Xe^{-rT} < P + S \rightarrow \text{para Opções Americanas}$$

No caso de distribuição de dividendos durante a vida útil da opção então as relações acima ficam assim modificadas :

$$c + D + Xe^{-rT} = p + S \rightarrow \text{para Opções Européias}$$

Onde  $D$  = valor presente dos dividendos a serem distribuídos durante a vida útil da opção.

$$C + D + Xe^{-rT} < P + S \rightarrow \text{para Opções Americanas}$$

Tais modificações fazem com que a assertiva de que nunca vale a pena exercer uma opção de compra americana antes da data de vencimento passa a não valer mais quando o ativo-objeto prevê distribuição de dividendos. Pode ser interessante exercer uma opção logo antes da data ex-dividendo (data-limite, a partir da qual o dono da ação não tem mais direito a receber dividendos sobre o ativo), pois o dividendo fará com que o preço do ativo caia, tornando a opção menos valiosa.

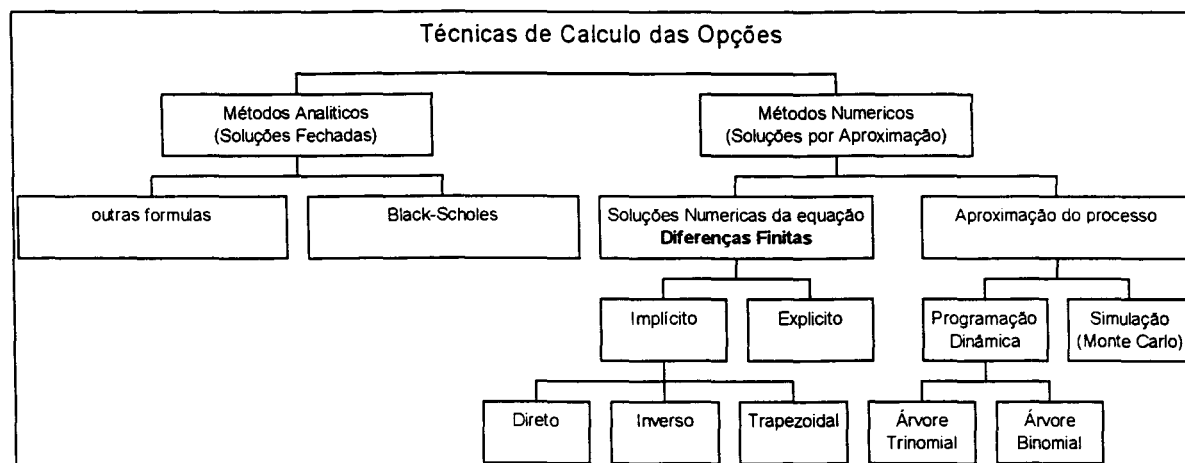
<sup>1</sup> Conforme tratado em Hull (1997), nunca vale apenas exercer uma opção de compra americana antes do seu vencimento (no caso que não distribui dividendos), portanto  $C=c$ . No caso da opção de venda americana vale o contrário e portanto  $P > p$ , enquanto a opção de venda européia vale no mínimo  $p > \max(Xe^{-rT} - S; 0)$  e a opção de venda americana vale no mínimo  $P > \max(X - S; 0)$ , portanto  $P > p$  quando  $r > 0$ . Onde  $r$  é taxa de juros livre de risco.

### 3.2 Técnicas de Cálculo das Opções

As principais técnicas de cálculo disponíveis para a avaliação de derivativos, como as opções, requerem a solução de uma equação diferencial. Os procedimentos disponíveis para a solução deste problema podem ser de tipo **analítico** ou **numérico** (Hull, 1997), em tempo **discreto** (os modelos multinomiais colocam-se nesta categoria de solução) ou **contínuo**<sup>2</sup>.

Em geral, podemos apresentar as técnicas de solução analíticas e numéricas conforme figura apresentada abaixo :

**Figura 11 : Técnicas de Cálculo de Opções**



Fonte : gráfico elaborado pelo próprio autor.

Conforme abordado em Abreu (2002), existem três enfoques que podemos utilizar para avaliar ativos derivativos, estendendo os mesmos aos ativos reais através da teoria das opções reais, TOR: a) análise dos direitos contingenciais (contingent claims analysis) e b) técnicas de programação dinâmica. Estes dois primeiros enfoques conduzem a uma equação

<sup>2</sup> O processo que segue uma variável cujo valor se altera aleatoriamente ao longo do tempo é conhecido como **processo estocástico**, que pode ser classificado como em tempo **discreto** ou em tempo **contínuo**. Um processo estocástico em tempo discreto, o valor da variável pode mudar apenas em determinados pontos fixos no tempo ( $\Delta t$ ), enquanto, num processo estocástico em tempo contínuo, as mudanças podem ocorrer a qualquer tempo ( $dt$ ). Na medida que  $(\Delta t) \rightarrow 0$  passamos do tempo discreto para tempo contínuo. O processo estocástico de maior interesse em finanças é o Processo de Markov (com os seus “desdobramentos” que veremos mais adiante) (Hull, cap.3, 1997).

diferencial parcial estocástica. Se a EDP obtida tiver solução fechada conhecida podemos determinar uma fórmula analítica e desta forma obter uma solução exata. Se a EDP obtida não tiver solução fechada conhecida devemos partir para um procedimento numérico para obtermos uma solução aproximada. O terceiro enfoque, c), são os procedimentos numéricos que aproximam diretamente o processo estocástico da variável base, não teremos uma EDP e seremos conduzidos a uma solução aproximada.

Diversas soluções analíticas são adaptadas para avaliação das opções reais, considerando um dado número de hipóteses todas estas equações determinam o valor da opção em um contexto de tempo contínuo. A vantagem em usar estas equações fechadas (Close-Form solutions), consiste na facilidade de cálculo do valor das opções. Todavia, as hipóteses limites dos modelos devem ser atentamente analisadas e aplicadas corretamente em relação ao tipo de opção (simples, composta etc..) identificada.

Em geral, 4 equações são utilizadas no campo da análise das opções reais (ROA) : Black-Scholes, Margrabe, Geske e Carr. Em 1973, Black e Scholes solucionaram a primeira equação (EDP) para avaliação de opções e warrants. A maioria das técnicas de precificação das opções utilizadas atualmente são derivações e adaptações da B-S. A equação de B-S é utilizada para avaliar opções de diferimento, abandono e opções de crescimento. A opção de troca (exchange option) de um ativo por outro foi desenvolvida por Margrabe em 1978, e também é utilizada para avaliar opções de diferimento, abandono e opções de crescimento. A diferença entre as equações de B-S e Margrabe é o tratamento do preço de exercício da opção. Enquanto B-S assume que o preço de exercício é determinístico, Margrabe considera-o como uma variável estocástica (B-S considera somente o ativo-objeto como variável estocástica). Em 1979, Geske elaborou uma equação para avaliar opções compostas, e o modelo de Geske é utilizado para avaliar decisões de investimento sequenciais (modular), que tipicamente encontramos nas decisões de novas tecnologias e P&D de farmacêuticos. Finalmente, em

1988 Carr elaborou uma equação para avaliar opções compostas mas com preços de exercício estocásticos.

Três procedimentos numéricos podem ser usados para avaliar derivativos, quando fórmulas exatas não estiverem disponíveis. Um deles, a simulação de Monte Carlo, é útil para derivativos cujo retorno depende do histórico da variável objeto ou para derivativos com diferentes variáveis objeto. Os outros dois envolvem o uso de árvores e métodos de diferença finita, os quais, diferentemente da simulação de Monte Carlo, podem ser utilizados para derivativos cujo detentor queira realizar o exercício antecipado (opções americanas).

A simulação de Monte Carlo envolve o uso de números aleatórios para obter amostras de várias trajetórias diferentes que poderiam ser percorridas pelas variáveis objeto do derivativo num mundo neutro ao risco. Para cada trajetória, o retorno é calculado e descontado à taxa de juros livre de risco. A média aritmética dos retornos descontados é a estimativa para o valor do derivativo (Hull, 1997).

A simulação de Monte Carlo tende a ser numericamente mais eficiente do que outros procedimentos quando há três ou mais variáveis estocásticas, pois o tempo para executar uma simulação dessas aumenta quase linearmente com os números de variáveis, enquanto, para a maioria dos outros procedimentos, o tempo aumenta exponencialmente com o número de variáveis. A vantagem da simulação de Monte Carlo é que ela fornece um erro padrão para as estimativas realizadas, permitindo estabelecer intervalos de confiança para o valor do derivativo e estabelecer o número de simulações necessárias em função do grau de precisão requerido<sup>3</sup>. Ela representa uma abordagem que pode acomodar retornos e processos estocásticos complexos, podendo ser usada quando o retorno depende de alguma função de

---

<sup>3</sup> O erro padrão da estimativa é = desvio padrão/raiz quadrada do número de experimentos da simulação. Isso mostra que nossa incerteza acerca do valor do derivativo é inversamente proporcional à raiz quadrada do número de experimentos. Para aumentar a precisão por um fator de 10, o número de experimentos deve aumentar por um fator de 100; e assim por diante. Valores muito altos do número de experimentos podem ser onerosos em termos de tempo computacional, mas existem vários procedimentos de redução de variância que podem levar a economias expressivas como as Técnicas de Variáveis Antitéticas e de Controle das Variações (Hull, 1997)

toda a trajetória seguida por uma variável, e não apenas de seu valor final. Sua limitação está no fato de ser utilizada apenas para derivativos europeus (Boyle, 1977).

Os métodos de diferença finita resolvem a equação diferencial básica, convertendo-a num conjunto de equações de diferença que são resolvidas, por aproximação, iterativamente. Eles são semelhantes as abordagens das árvores, no sentido de que as computações são realizadas do fim da vida do derivativo até seu início. A mecânica operacional do método de diferença finita explícita é semelhante ao das árvores. O método de diferença finita implícita é mais complexo, mas sua vantagem para o usuário é que não precisa tomar medidas preventivas especiais para garantir a convergência (Hull e White, 1990).

As árvores binomiais (ou trinomiais) pressupõem que, a cada pequeno intervalo de tempo,  $\Delta t$ , o preço do ativo-objeto aumenta num valor proporcional,  $u$ , ou diminui num valor proporcional,  $d$ . Os tamanhos de  $u$  e  $d$ , bem como suas probabilidades associadas, são escolhidos de modo que a mudança no preço do ativo tenha média e desvio padrão corretos num mundo neutro ao risco. Os preços dos derivativos são calculados mediante a análise da árvore de trás para a frente (resolvemos por programação dinâmica estocástica). Mais adiante iremos aprofundar melhor este método de avaliação e apresentar alguns exemplos práticos na avaliação das opções do tipo européia e americana<sup>4</sup>.

As vantagens da técnica das árvores são a elevada flexibilidade e adaptabilidade à situações complexas, até no caso de opções compostas. A estrutura própria da árvore é muito mais intuitiva, enquanto permite examinar graficamente o possível andamento do valor do ativo-objeto e reduz drasticamente a elaboração, limitando os cálculos a uma região triangular (ao contrario da técnica das diferenças finitas que fornece toda uma série de possíveis valores iniciais e estende os cálculos a uma área retangular).

---

<sup>4</sup> Para uma opção americana, o valor em um nó é o maior entre o exercício imediato e o valor esperado descontado, caso a opção seja mantida viva por um período adicional de tempo  $\Delta t$ .

O método escolhido na prática provavelmente dependerá das características do derivativo a ser avaliado e da precisão necessária. A simulação de Monte Carlo, realizada do início ao fim da vida do título, pode ser utilizada somente para derivativos europeus, mas pode lidar com qualquer complexidade, no tocante aos retornos, tornando-se relativamente mais eficaz conforme aumenta o número de variáveis objeto. As abordagens das árvores e os métodos de diferença finita, que avaliam a vida do título de trás para a frente, podem acomodar derivativos tanto americanos quanto europeus. Entretanto, sua aplicação é muito difícil quando os retornos dependem do histórico das variáveis diferentes, bem como de seus valores correntes. Além disso, quando três ou mais variáveis estiverem envolvidas, ambos podem consumir muito tempo de programação (Hull, 1997). Todavia, os procedimentos numéricos são os mais utilizados na avaliação de projetos de investimento que incluem opções reais.

### **3.2.1 Avaliação por Portfolio (Não Arbitragem)**

A construção de portfolios hedgeados de forma a não permitirem arbitragem está á base da precificação de opções. Este conceito fundamental, que diz que é possível encontrar um portfolio replicante de títulos precificados que tenha os mesmos retornos que a opção, e portanto o mesmo valor de mercado, é chamado Lei do Preço Único. Portanto, conforme esta lei, para impedir lucros de arbitragem, dois ativos que tem exatamente o mesmo retorno em qualquer situação são substitutos perfeitos e devem, assim ter exatamente o mesmo preço (ou valor). Só existe um preço para a opção que anula a possibilidade de arbitragem. Este será o *preço justo* para a opção (Copeland, Koller e Murrin, 1995).

Nesta abordagem pode-se construir um **portfolio replicante** ou um **portfolio livre de risco**, mas em ambos os casos chegaremos ao mesmo valor da opção. Alguns exemplos a seguir ajudarão a esclarecer os conceitos de não-arbitragem melhor.

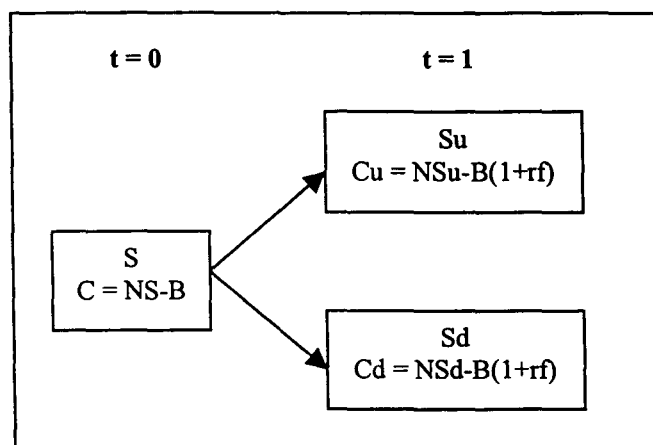
### ➤ Portfolio Replicante

A técnica consiste em montar um portfolio que replique o valor da opção  $C$ , para cada possível valor do ativo-objeto  $S$ , e a forma geral do portfolio Replicante é :

$$C = NS - B$$

Trabalhando em tempo discreto com uma representação binomial, se considere um portfolio constituído por  $N$  ações  $S$  e um empréstimo com valor  $B$  pagando uma taxa livre de risco  $RF$ , de tal forma que o valor deste portfolio seja igual ao valor da opção de compra que queremos avaliar em qualquer estado futuro. O Valor do portfolio em cada instante será dado conforme figura abaixo :

**Figura 12 : Avaliação de Opções por Portfolio Replicante**



No gráfico acima apresentamos os preços da ação  $S$  e da opção  $C$  conjuntamente, mas nada impede de construir as duas árvores separadamente.

Se a data de exercício da opção for  $t=1$ , conhecendo o valor de exercício  $X$  e os possíveis valores (apenas dois, estamos em uma representação binomial) da ação  $S$  :  $S_u^5$  e  $S_d$ , assim como o valor da opção  $C$  :  $C_u$  e  $C_d$ , enquanto na data do vencimento a opção de compra vale  $C=S-X$ , então podemos calcular os valores de  $N^6$  e  $B$ , solucionando as duas equações com duas incógnitas e enfim determinar o valor inicial de  $C$ .

Se a data de exercício for  $t=T$  (ao invés de  $t=1$ ), iniciamos o mesmo processo partindo de  $t=T$ , tempo onde conhecemos os possíveis valores da ação e o valor de exercício e resolvemos de traz para frente (programação dinâmica), período a período, até o período  $t=0$ .

Neste exemplo de passo unico teremos em  $t=1$  as duas equações abaixo que podemos resolver para obter  $N$  e  $B$ :

$$NS_u - B(1+rf) = C_u$$

$$NS_d - B(1+rf) = C_d$$

Resolvendo para  $N$  temos :

$$N = \frac{C_u - C_d}{S_u - S_d}$$

Resolvendo para  $B$  temos

$$B = \frac{(S_u C_d - S_d C_u)}{(S_u - S_d) \times (1+rf)}$$

Exemplo numérico de uma Call

$$S = 100 \text{ (em } t=0\text{)}$$

$$S_u = 120 \text{ ou } S_d = 80 \text{ (em } t=1\text{)}$$

$$X = 110 \text{ (em } t=1\text{)}$$

$$RF = 1\%$$

<sup>5</sup> O comportamento do valor do ativo, para o período em análise, pode ser descrito pelos valores dos movimentos multiplicativos de subida,  $u$ , e de descida,  $d$ , respectivamente obtidos pelos seguintes quocientes entre as datas 1 e 0 :  $u = S_u/S = 1.2$   $d = S_d/S = 0.8$

<sup>6</sup>  $N$  é o delta da opção e representa o quociente entre a variação absoluta no prêmio de uma opção e uma variação no preço a vista do respectivo ativo-objeto. O delta muda com o tempo, enquanto para manter um hedge sem risco com o uso de uma opção e do ativo-objeto, é preciso ajustar as posições no portfólio periodicamente.

$$\text{a) Em } t=1 \text{ o valor de } C_u \text{ se } S=S_u=120 \rightarrow C_u = 120N - (1+0,01)B = S_u - X = 120 - 110 = 10$$

$$\text{b) Em } t=1 \text{ o valor de } C_d \text{ se } S=S_d=80 \rightarrow C_d = 80N - (1+0,01)B = S_d - X = 80 - 110 = 0$$

Segue que  $10 = 40N \rightarrow N=0,25$  substituindo este valor na eq. b) temos que

$$B = 80N / 1,01 = 20 / 1,01 = 19,802$$

$$\text{c) em } t=0 \quad C = NS - B \rightarrow C = 0,25 \times 100 - 19,82 = 5,198$$

### ➤ **Portfolio Livre de Risco**

O portfolio livre de risco deve conter dois ativos :

a) Uma quantidade  $N$  do ativo-objeto,  $S$ , sobre o qual é “escrito” o derivativo

b) Uma quantidade  $M$  do ativo derivativo sob avaliação.

Também neste caso a hipótese necessária é a não existência de oportunidade de arbitragem para o investidor. Montamos um portfolio livre de risco, cujo retorno seja perfeitamente hedgeado, e portanto certo. Se o retorno é certo é livre de risco, podemos argumentar que seu retorno deverá ser igual à taxa de juros livre de risco, se não haverá oportunidade de arbitragem. Isso nos permite calcular o custo de montagem da carteira e, portanto, o preço da opção. Como há dois títulos (a ação ( $S$ ) e a opção ( $C$ ) sobre a ação, por exemplo) e apenas dois resultados possíveis, será sempre possível criar uma carteira sem risco.

Suponhamos uma carteira composta de uma posição comprada<sup>7</sup> em  $N$  ações e de uma posição vendida numa opção de compra (por simplicidade fazer que  $M=1$ ). Calcularemos o valor de  $N$  que torna a carteira sem risco ( o delta neutro). Ou seja, para realizar um hedging

<sup>7</sup> É importante que para cada ativo comprado (vendido) sejam vendidas (compradas)  $M$  opções de compra. A decisão de comprar ou vender opções depende do preço observado no mercado, relativo ao valor justo fornecido pelo modelo. Se o preço da opção estiver subavaliado, devem ser compradas opções de compra ou, caso contrário, vendidas.

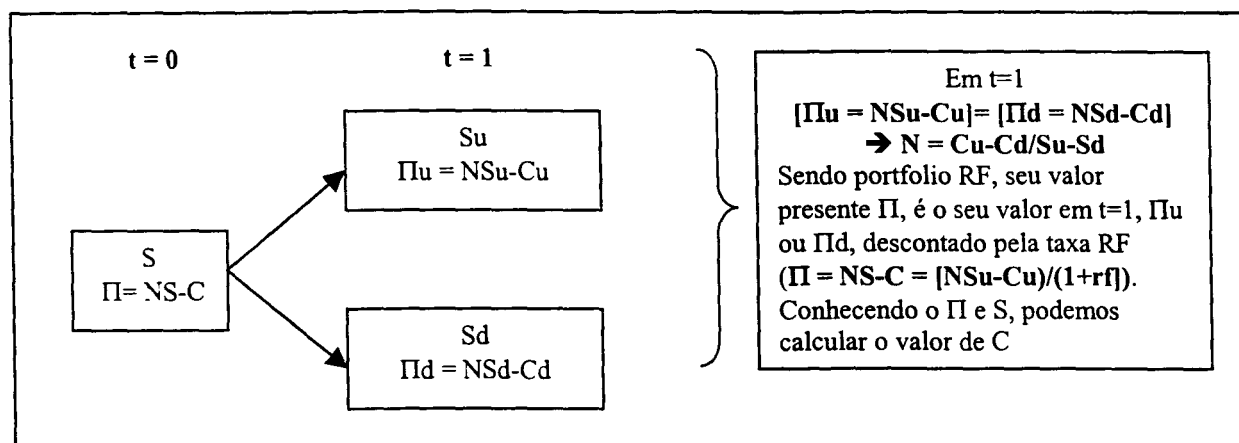
perfeito determinamos “N” de tal forma que o valor do portfolio seja o mesmo em qualquer situação, dado um mesmo ponto no tempo.

O valor do portfolio em  $t=0$  é dado por  $\rightarrow NS - C$  (riskless hedge)

Trabalhando em tempo discreto com uma representação binomial, o valor deste portfolio, não apresenta risco, e proporcionará resultados idênticos para ambas as alternativas possíveis em  $t=1$ . Igualando o valor destes dois portfolios poderemos determinar o N.

O Valor do portfolio em cada instante será dado conforme figura abaixo :

**Figura 13 : Avaliação de Opções por Portfolio Livre de Risco**



Adotando os mesmos valores do exemplo anterior teremos a seguinte situação abaixo

em  $t=1$  :

a) Em  $t=1$  o valor de  $\Pi_u$  se  $S=Su=120 \rightarrow \Pi_u = 120N - C_u = 120N - 10$  ( $C_u = 120 - 110 = 10$ )

b) Em  $t=1$  o valor de  $\Pi_d$  se  $S=S_d=80 \rightarrow \Pi_d = 80N - C_d = 80N - 0$  ( $C_d = 80 - 110 = 0$ )

Segue que  $10 = 40N \rightarrow N=0,25$  substituindo este valor na eq. a) temos que o valor do

portfolio é :  $\Pi_u = 120 \times 0,25 - 10 = 20$

Descontado este ao valor presente em  $t=0$  pela taxa RF temos que

$\Pi = 20 / 1,01 = 19,802$

c) em  $t=0$   $\Pi = NS - C \rightarrow 19,802 = 0,25 \times 100 - C \rightarrow C = 25 - 19,802 = 5,198$

Como o portfólio é livre de risco, deverá ter um retorno igual à taxa de juros livre de risco portanto temos as seguintes igualdades abaixo :

$$(1+rf) (NS - C) = NSu - Cu$$

$$(1+rf) (NS - C) = NSd - Cd$$

Substituindo o N por  $(Cu-Cd)/S(u-d)$  na 1ª equação e simplificando chega-se a equação abaixo para o cálculo da opção de compra :

$$C = [pCu + (1-p)Cd]/(1+rf) \text{ onde } p = [S(1+rf) - Sd]/(Su-Sd)$$

Na situação acima p representa a probabilidade de subida do ativo em um mundo onde a taxa de retorno esperada é livre de risco. Esta variável (probabilidade neutra ao risco) é de fundamental importância na avaliação das opções em um mundo neutro ao risco, a qual será tratada mais adiante no ponto 3.2.2.

No nosso exemplo teríamos  $p = (1,01-0,8)/(1,2-0,8) = 0,525$  e seguiria que o valor da opção  $C = [0,525 \times 10 + (1-0,525) \times 0]/(1,01) = 5,198$ .

Este resultado confere com a resposta obtida anteriormente.

### 3.2.2 Avaliação Neutra ao Risco

Uma das abordagens mais importantes para à avaliação de opções reais mais complexas, baseia-se na avaliação neutra ao risco. O modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979), tem como base da avaliação das opções este princípio de neutralidade em relação ao risco, permitindo simplificar os cálculos enormemente enquanto não é necessário estimar o prêmio de risco na taxa de desconto. Nesse caso, em que todos os indivíduos sejam

neutros ao risco, ou indiferentes aos riscos, o investidor não requer uma compensação para o risco, e o retorno esperado é a taxa de juros livre de risco.

Ao movermos para um mundo neutro ao risco as probabilidades de subida e descida para o valor do ativo (tempo discreto) e as taxas de crescimento (tempo contínuo) devem ter seus prêmios de risco removidos e a taxa esperada de retorno de qualquer ativo deve ser a taxa livre de risco (RF).

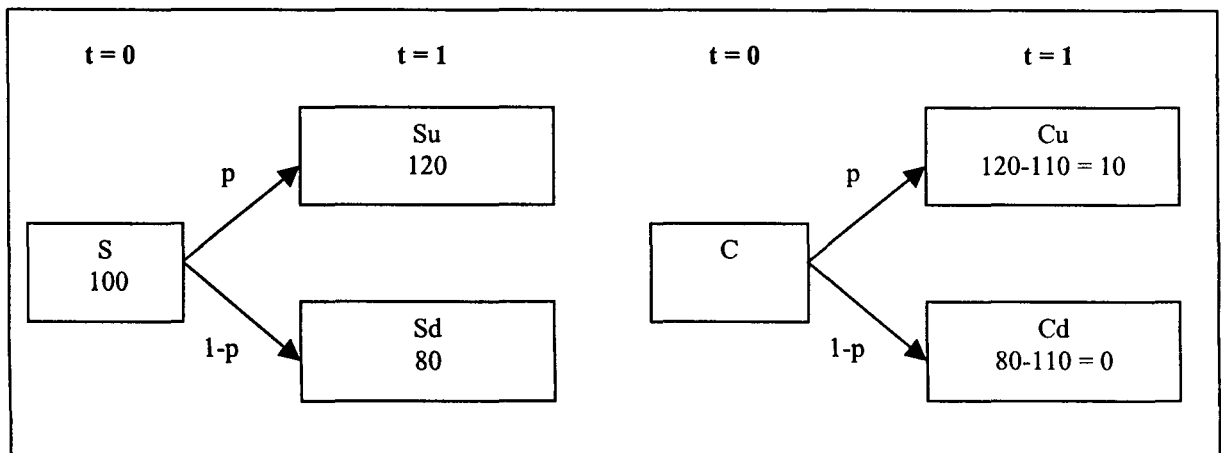
Trabalhando em tempo discreto, pelo método binomial, devemos determinar qual é a probabilidade “p” que determina um movimento ascendente, em um mundo neutro ao risco, de tal maneira que o retorno esperado do ativo ou derivativo seja igual a taxa de juros livre de risco.

Utilizando a seguinte equação abaixo derivada através da avaliação portfolio livre de risco, já vista anteriormente nos parágrafos acima, podemos demonstrar como calcular o valor da opção corretamente :

$$C = [pC_u + (1-p)C_d]/(1+rf) \text{ onde } p = [S(1+rf) - S_d]/(S_u - S_d)$$

Utilizando os mesmos valores vistos anteriormente, teremos as possíveis alternativas de valores abaixo :

**Figura 14 : Avaliação de Opções com Probabilidades Neutras ao Risco**



Encontrando o “p” tal que o retorno esperado do ativo é igual a taxa livre de risco temos :

$$100(1+RF) = 120p + 80(1-p)$$

$$100(1,01) = 120p + 80 - 80p$$

$$21 = 40p$$

$$p = 0,525$$

substituindo os valores de p, RF, Cu e Cd na equação :  $C = [pCu + (1-p)Cd]/(1+rf)$

$$\rightarrow C(1,01) = 5,25 \rightarrow C = 5,25/1,01 = \mathbf{5,198}$$

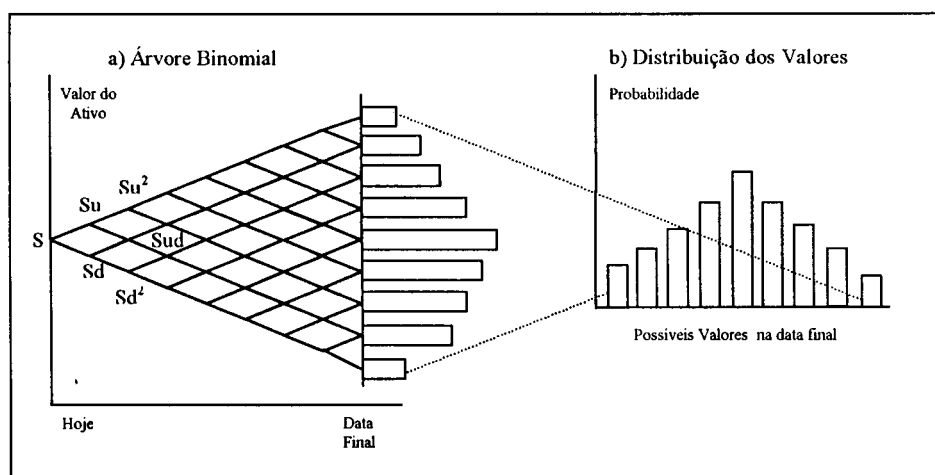
Este resultado confere com a resposta obtida anteriormente, e nos permite utilizar esta metodologia na aplicação da avaliação das opções pelo método binomial.

O fato mais importante desta abordagem é que não precisamos da taxa de desconto (K) apropriada ao risco, sendo o mundo neutro ao risco, podemos utilizar sempre a taxa RF. Os valores dos ativos analisados em um *mundo neutro ao risco*, uma vez calculadas as pseudo probabilidades neutras ao risco, e os valores dos ativos analisados em um *mundo com risco* serão sempre rigorosamente iguais.

### 3.3 Avaliação de Opções Segundo o Modelo Binomial

O trabalho de Cox, Ross e Rubinstein (1979) utilizou o modelo binomial para avaliação das opções, partindo da idéia básica que o ativo-objeto seguisse a cada período uma de duas possíveis alternativas. Conforme figura abaixo os movimentos para cima (u) e para baixo (d) apresentam os possíveis percursos do ativo objeto.

**Figura 15 : A Representação Binomial da Incerteza**



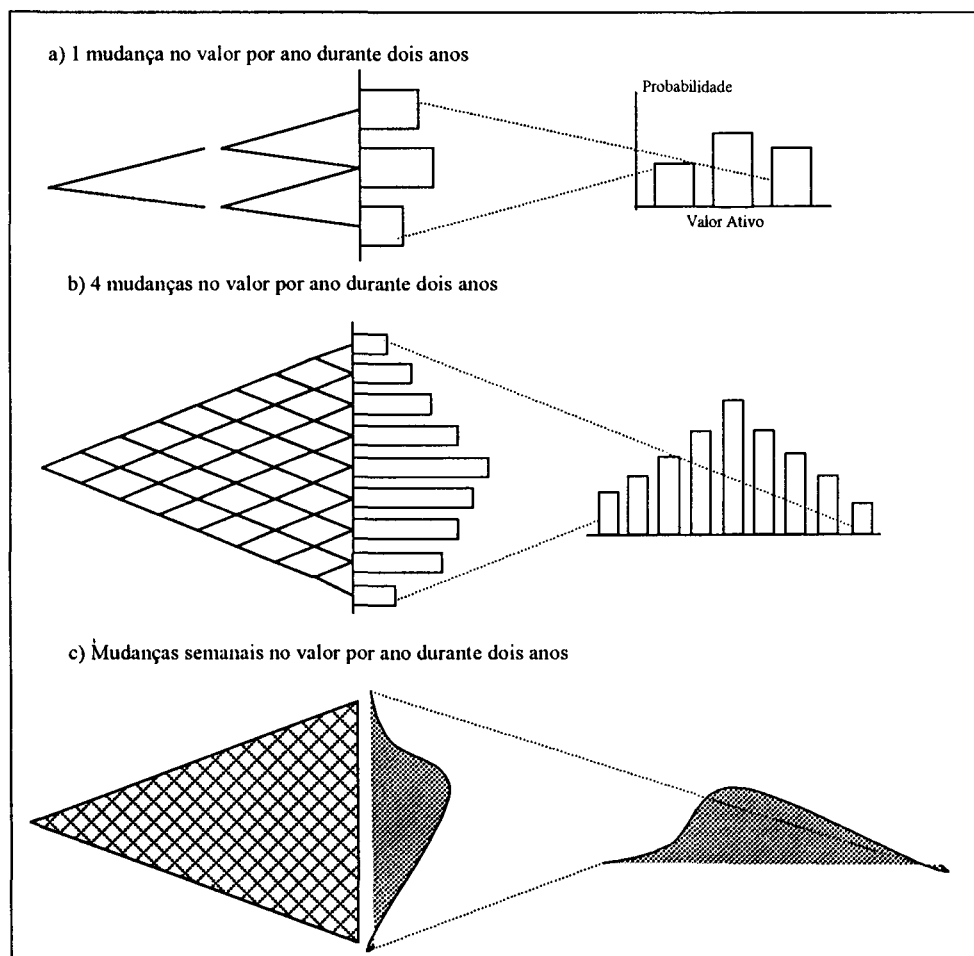
Fonte : Amran e Kulatilaka (1999a, pg. 113)

Dado que os movimentos ascendentes e descendentes do valor em uma árvore binomial são multiplicativos (geométricos) e que o valor inicial é positivo, os retornos discretos das ramificações da árvore variam entre zero, no limite inferior, e se aproximam de infinito, a medida que o número de períodos aumenta. A distribuição de probabilidade binomial se aproxima de uma distribuição logarítmica normal, a medida que o número de ramificações se torna infinito<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Uma distribuição de probabilidade binomial pode ser estendida a uma forma temporal contínua, dividindo-se sua vida,  $T$  anos, em um número cada vez maior de intervalos,  $n$ , até que  $n$  se aproxime do infinito. Para um  $n > 30$ , pela Teoria do Limite Central, se demonstra que a distribuição binomial se aproxima de uma distribuição normal. Este resultado é fundamental, na precificação das opções, enquanto no limite, o modelo binomial se aproxima da equação de Black e Scholes.

De fato, conforme pode-se ver na figura 16 abaixo, reduzindo o intervalo de tempo entre as variações dos valores do ativo, a distribuição de probabilidade dos possíveis valores se torna cada vez mais suave.

**Figura 16 : Encurtamento do Intervalo de Tempo**



Fonte : Amran e Kulatilaka (1999a, pg. 114)

Quando o valor do ativo sofre uma variação no seu valor uma vez por ano, somente três valores são possíveis ao final do segundo ano (fig. a). Com 4 variações por ano nove<sup>9</sup> possíveis valores são possíveis ao final do segundo ano (fig. b). Uma representação da distribuição final que se aproxima de uma distribuição normal é possível com variações semanais no valor do ativo (fig. c).

<sup>9</sup> Uma árvore binomial simples recombinante com  $n$  intervalos de tempo resultará em  $n+1$  nós no último período, mas uma árvore binomial não recombinante resultará em  $2n$  nós no final do período, dificultando enormemente os cálculos. Esta situação pode ocorrer, no caso de fluxos de pagamentos (dividendos) durante a vida do ativo-objeto (Hull, 1997).

Como já analisado anteriormente, trabalhando em tempo discreto, pelo método binomial, devemos determinar qual é a probabilidade “p” que determina um movimento ascendente, em um mundo neutro ao risco, de tal maneira que o retorno esperado do ativo ou derivativo seja igual a taxa de juros livre de risco. Assim no modelo simples de um período para uma opção de compra, o valor da opção de compra, C, é igual aos retornos de final de período,  $C_u$  e  $C_d$ , multiplicados por suas probabilidades neutras em relação ao risco (ou ajustadas ao risco),  $p$  e  $(1 - p)$ , respectivamente e, depois, descontados à taxa livre de risco,  $r_f$ . Os retornos de final de período dependem do valor do ativo subjacente sujeito a risco, condicionados à situação na qual nos encontramos (ascendente ou descendente) e ao preço de exercício da opção X. Portanto, teremos as seguintes situações abaixo :

$$C_u = \text{MAX}[S_u - X, 0]$$

$$C_d = \text{MAX}[S_d - X, 0]$$

e o valor da opção de compra será dado por :

$$C = [pC_u + (1-p)C_d]/(1+r_f) \text{ onde } p = [S(1+r_f) - S_d]/(S_u - S_d)$$

Conforme abordado em Cox, Ross e Rubinstein (1979), estendendo este modelo para muitos períodos, vamos supor que os movimentos ascendentes e descendentes são multiplicativos:  $u = 1/d$ , o ativo subjacente sujeito ao risco não paga dividendos, a taxa livre de risco é constante e que o preço de exercício da opção, X, é fixo. A generalização do exemplo acima para um número maior de períodos, T, é direta.

O valor da opção de compra na data de avaliação, data zero, é o resultado da média estimada de todos os valores intrínsecos da opção no vencimento ponderada por suas respectivas probabilidades de ocorrência, e, então, descontada para a data zero pela taxa de juros livre de risco.

A fórmula de cálculo dos valores intrínsecos da opção no vencimento após T períodos é dada por:

$$\text{Max } [0, u^n d^{T-n} S - X]$$

Onde T é o número de períodos da data zero até o vencimento; n, o número de movimentos de subida, u, entre a data zero e o vencimento; e T-n, o número de movimentos de descida para o mesmo período. Assumindo-se que n, d, e  $r_f$ , e portanto, p permanecem constantes para todo o intervalo de vida da opção, a probabilidade de ocorrência de um determinado valor é obtida a partir da distribuição binomial:

$$B(n|T, p) = \frac{T!}{(T-n)!n!} p^n (1-p)^{T-n}$$

Por exemplo, a probabilidade de ocorrência de três movimentos seguidos de subida, isto é, T = 3, n = 3, é supondo uma probabilidade de p = 0,75, é dada por:

$$B(3|3, 0,75) = \frac{3!}{(3-3)!3!} 0,75^3 (1-0,75)^{3-3} = 0,421875$$

Estendendo o cálculo para todos os possíveis movimentos de subida e descida, é possível construir a árvore binomial dos valores do ativo, das probabilidades neutras ao risco e do valor da opção de compra.

Como o valor da opção de compra, na data zero, só depende dos possíveis valores intrínsecos da opção no vencimento (no caso da avaliação de uma opção europeia) e das respectivas probabilidades de ocorrência, seu valor atual é dado por:

$$C \left\{ \sum_{n=0}^T \frac{T!}{(T-n)!n!} p^n (1-p)^{T-n} \max[0, u^n d^{T-n} S - X] \right\} \div (1+r_f)^T$$

A equação acima é a fórmula de avaliação de uma opção de compra pelo modelo binomial. Porém, em muitos nós da árvore, a opção termina fora-do-dinheiro (seu valor é igual a zero) e portanto as ponderações para todos os valores intrínsecos referentes aos caminhos em que os resultados são nulos podem ser excluídos do processo de cálculo. À medida que o número de períodos para o vencimento aumenta este procedimento torna o cálculo mais eficiente. Assim, é importante descobrir a partir de que resultado deve-se iniciar a computação da média ponderada. Neste sentido designaremos  $a$  como o número positivo inteiro que limita todas as possibilidades da opção terminar no dinheiro na data de vencimento. Pode-se então rescrever a equação acima como :

$$C \left\{ \sum_{n=a}^T \frac{T!}{(T-n)!n!} p^n (1-p)^{T-n} \max[0, u^n d^{T-n} S - X] \right\} \div (1+r_f)^T$$

Onde  $a =$  menor número inteiro não negativo **maior** que :

$$\frac{\ln\left(\frac{X}{Sd^T}\right)}{\ln\left(\frac{u}{d}\right)}$$

e  $B(n \geq a | T, p) =$  a probabilidade binomial complementar de que  $n \geq a$ .

E se  $a > T$ , então, o valor da opção de compra é nulo. Este procedimento eliminou da equação precedente todos os cálculos resultantes do somatório de 0 até  $a-1$ , já que estamos tratando com valores que são positivos. Isto permite também de reescrever a equação de cálculo do valor da opção de compra separando-a em duas partes como segue abaixo :

$$C = S \left\{ \sum_{n=a}^T \frac{T!}{(T-n)!n!} p^n (1-p)^{T-n} \frac{u^n d^{T-n}}{(1+r_f)^T} \right\} - \frac{X}{(1+r_f)^T} \left\{ \sum_{n=a}^T \frac{T!}{(T-n)!n!} p^n (1-p)^{T-n} \right\}$$

O segundo termo da equação acima é o valor atual do preço de exercício da opção de compra, descontado pela taxa livre de risco, ponderado pela probabilidade acumulada de haver exercício. Este termo é equivalente ao valor atual esperado de quanto será pago para se realizar a compra do ativo-objeto. O primeiro termo, também é uma média ponderada, e pode ser interpretado como o valor atual esperado de todas as situações em que o ativo-objeto supera o valor do preço de exercício no vencimento.

Aprofundar a matemática do modelo binomial vai além do objetivo desta dissertação, mas aplicaremos as equações básicas deste modelo elencadas no trabalho de Cox, Ross e Rubinstein (1979), para avaliar as opções existentes em alguns projetos de investimento. As equações a seguir serão utilizadas :

$$\frac{pS_u + (1-p)S_d}{S} = e^r$$

$$pu^2 + (1-p)d^2 - [pu + (1-p)d]^2 = \sigma^2$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{T/n}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{T/n}} = 1/u$$

$$p = \frac{e^r - d}{u - d}$$

Onde :

S = Preço do ativo-objeto

X = Preço de exercício da opção

Su = Valor ascendente do ativo-objeto em t=1

Sd = Valor descendente do ativo-objeto em t=1

u = Taxa contínua de crescimento do preço do ativo-objeto

d = Taxa contínua de redução do preço do ativo-objeto

e = algarismo neperiano = 2,71828...

$\sigma$  = desvio-padrão anual da taxa contínua do retorno do ativo-objeto

T = Prazo até o vencimento

n = numero de movimentos no intervalo de tempo

Na generalização do modelo utiliza-se a taxa de capitalização contínua para aproximar o processo binomial em tempo discreto a um processo em tempo contínuo, de maneira tal que o número de movimentos  $n$ , em um dado intervalo de tempo  $T$ , pode ser aumentado até que o ativo-objeto move-se continuamente. A frequência da capitalização da taxa de juros deverá corresponder à frequência dos movimentos do ativo-objeto (Hull, 1997).

Utilizando alguns exemplos numéricos a seguir, podemos utilizar uma simples planilha Excel para montar uma árvore binomial e proceder à avaliação das opções de compra ou de venda do tipo americana ou européia, conforme a metodologia de cálculo apresentada nos parágrafos acima.

### Exemplo 1 : Avaliação de uma Opção de Compra Européia

Suponha-se uma opção de compra européia sobre uma ação, cujo valor a vista é igual a  $S = 100$ . A volatilidade anual do preço da ação é dada pelo desvio padrão de 15%. A opção possui um preço de exercício de  $X = 105$ . A taxa de juros anual livre de risco é de 8% (a taxa ajustada ao risco é de 12%), o tempo até a maturidade é de  $T=5$  anos e temos portanto uma árvore binomial de 5 estágios. As tabelas que se seguem mostram os dados do problema e os parâmetros  $u$ ,  $d$ ,  $p$ ,  $(1-p)$ ,  $q$  e  $(1-q)$ <sup>10</sup>.

S	100
Pr. Exerc.	<b>105</b>
sigma	15%
K	12,0%
RF	8,0%
T	5
n	5
delta T=T/n	1

u	1,1618
d	0,8607
q	0,8860
1-q	0,1140
p	0,7392
1-p	0,2608
$e^{K \times \text{delta T}}$	1,1275
$e^{RF \times \text{delta T}}$	1,0833

As árvores binomiais dos valores e das probabilidades são apresentadas na pagina a seguir. Como pode-se ver na figura 17, no último período, o exercício, a opção de compra vale a diferença entre  $S$  e  $X$  ou zero, o que for maior. O valor da opção de compra para cada “ramo” da árvore corresponde a uma ponderação entre os dois valores dos “ramos” subsequentes, e os fatores de ponderação são  $p$  e  $(1-p)$ . Procedendo-se da direita para a esquerda, até  $T=0$  obtemos o valor da opção de compra.

<sup>10</sup> A fórmula para o cálculo da probabilidade objetiva  $q$  é :  $(e^K - d)/(u - d)$ , e representa a probabilidade calculada em mundo com risco. Demonstra-se que é possível respeitar a condição de igualdade entre o valor presente em mundo com risco e o valor presente em um mundo neutro ao risco, utilizando-se as respectivas probabilidades objetivas ( $q$ ) e as probabilidades neutras-ao-risco ( $p$ ) .

**Figura 17 : Árvore Binomial para o Cálculo de uma Opção de Compra Européia**

<b>VALOR DO ATIVO</b>					
0	1	2	3	4	5
100,00	116,18	134,99	156,83	182,21	211,70
	86,07	100,00	116,18	134,99	156,83
		74,08	86,07	100,00	116,18
			63,76	74,08	86,07
				54,88	63,76
					47,24

<b>Probabilidades Mundo Neutro/Risco (p e 1-p)</b>					
0	1	2	3	4	5
100,0%	73,9%	54,6%	40,4%	29,8%	22,1%
	26,1%	38,6%	42,8%	42,1%	38,9%
		6,8%	15,1%	22,3%	27,5%
			1,8%	5,2%	9,7%
				0,5%	1,7%
					0,1%

<b>VALOR DA OPÇÃO - CALL EUROPEIA</b>					
0	1	2	3	4	5
31,37	40,80	52,65	67,36	85,28	106,70
	14,66	20,23	27,81	38,06	51,83
		3,55	5,21	7,63	11,18
			0,00	0,00	0,00
				0,00	0,00
					0,00

$38,06 = [51,83p + 11,18(1-p)] / e^{0,10}$   
 $11,18 = \max [S_5 - X] = \max [116,18 - 105]$

Normalmente a matriz binomial é apresentada como uma árvore ramificada, todavia é muito mais fácil fazer uma rotação de 45 graus na árvore, para transformá-la em uma matriz diagonal conforme a figura apresentada.<sup>1</sup> Esta adaptação facilita a imputação das fórmulas nas células da planilha.

Abaixo apresentamos a condição de respeito de igualdade do cálculo do valor presente dos fluxos seja em um mundo com risco que neutro ao risco utilizando as respectivas probabilidades, e a taxa de desconto ajustada ao risco (K) e a taxa livre de risco (RF).

**Figura 18 : Equivalencia entre Valor Presente (Mundo com Risco e Neutro ao Risco)**

<b>VALOR DO ATIVO</b>						
	0	1	2	3	4	5
	100,00	116,18	134,99	156,83	182,21	211,70
		86,07	100,00	116,18	134,99	156,83
			74,08	86,07	100,00	116,18
				63,76	74,08	86,07
					54,88	63,76
						47,24
<b>Probabilidades Mundo c/Risco ( q e 1-q)</b>						
	0	1	2	3	4	5
	100,0%	88,6%	78,5%	69,5%	61,6%	54,6%
		11,4%	20,2%	26,9%	31,7%	35,1%
			1,3%	3,5%	6,1%	9,0%
				0,1%	0,5%	1,2%
					0,0%	0,1%
						0,0%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>E (FC's)</b>	100,00	112,75	127,12	143,33	161,61	182,21
<b>VP(K)</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Soma VP</b>	<b>600,00</b>					
<b>Probabilidades Mundo Neutro/Risco ( p e 1-p)</b>						
	0	1	2	3	4	5
	100,0%	73,9%	54,6%	40,4%	29,8%	22,1%
		26,1%	38,6%	42,8%	42,1%	38,9%
			6,8%	15,1%	22,3%	27,5%
				1,8%	5,2%	9,7%
					0,5%	1,7%
						0,1%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>E (FC's)</b>	100,00	108,33	117,35	127,12	137,71	149,18
<b>VP(RF)</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Soma VP</b>	<b>600,00</b>					

A condição de igualdade do VP (600) como podemos ver é respeitada e a vantagem é que num mundo sem risco podemos calcular o valor presente dos ativos utilizando a taxa livre de risco (RF).

Poderíamos ter ajustados os fluxos de caixa pelo risco equivalente à certeza, garantindo a condição de igualdade dos VP's entre os dois mundos, convertendo os  $E(FC)_t$  em  $FCC_t$  sem risco, usando equivalentes a certeza ( $\alpha_t$ ).

Calculando o equivalente à certeza temos a seguinte relação abaixo :

$$\begin{aligned} FCC_t &= \text{Fluxo de Caixa Certo (Determinístico)} \rightarrow VPC = FCC_t / e^{RFT} \\ E(FC)_t &= \text{Fluxo de Caixa Certo (Probabilístico)} \rightarrow VPR = E(FC)_t / e^{KT} \end{aligned}$$

Sendo equivalentes  $E(FC)_t$  e  $FCC_t$  temos :

$$\frac{FCC_t}{E(FC)_t} = \alpha_t = \frac{e^{RFT}}{e^{KT}} \Rightarrow E(FC)_t \cdot \alpha_t = FCC_t$$

Por exemplo no período 1 ( $\alpha_1$ ) =  $1,0833/1,1275 = 0,96079 \rightarrow 0,96079 \times [E(FC)_1] 112,75 = 108,33$

Procedendo com o cálculo acima, os equivalentes à certeza para os outros períodos são calculados da mesma forma.

### **Exemplo 2 : Avaliação de uma Put Européia**

Utilizando os mesmos parâmetros e valores considerados no exemplo 1, a avaliação de uma opção de venda européia pode ser feita através da paridade call-put ou através da construção de uma árvore binomial, muito parecida com aquela apresentada para o caso da call européia.

Calculando a put pela relação de paridade, no caso em que o valor do ativo, o preço e prazo de exercício são iguais ao da call, temos a seguinte relação :

$$c + X \cdot e^{-RFT} = p + S \Rightarrow$$

$$p = c + X \cdot e^{-RFT} - S$$

$$p = 31,37 + 105 \cdot e^{-0,08 \cdot 5} - 100 = 1,75$$

**Figura 19 : Árvore Binomial para o Cálculo de uma Put Européia**

<b>VALOR DO ATIVO</b>					
0	1	2	3	4	5
100,00	116,18	134,99	156,83	182,21	211,70
	86,07	100,00	116,18	134,99	156,83
		74,08	86,07	100,00	116,18
			63,76	74,08	86,07
				54,88	63,76
					47,24
<b>Probabilidades Mundo Neutro/Risco (p e 1-p)</b>					
0	1	2	3	4	5
100,0%	73,9%	54,6%	40,4%	29,8%	22,1%
	26,1%	38,6%	42,8%	42,1%	38,9%
		6,8%	15,1%	22,3%	27,5%
			1,8%	5,2%	9,7%
				0,5%	1,7%
					0,1%
<b>VALOR DA OPÇÃO - PUT EUROPEIA</b>					
0	1	2	3	4	5
1,75	0,86	0,26	0,00	0,00	0,00
	4,83	2,82	1,10	0,00	0,00
		12,07	8,61	4,56	0,00
			25,71	22,85	18,93
				42,05	41,24
					57,76

Conforme vimos acima o valor da put corresponde ao valor calculado pela relação de paridade. Também neste caso, começando pelos nós finais, os retornos são definidos como  $\text{Max}(X-S, 0)$ . Procedendo-se da direita para a esquerda, até  $T=0$  obtemos o valor da put (1,75).



O valor da opção de compra para cada "ramo" da árvore corresponde ao maior valor entre :

a) ponderação entre os dois valores dos ramos subsequentes e

b) a diferença entre o valor do ativo S naquele período e X

Os fatores de ponderação são p e 1-p. No último período a opção de compra vale a diferença entre S e X ou zero, o que for maior.

#### Exemplo 4 : Avaliação de uma Opção de Venda Americana

Seguindo o mesmo procedimento adotado na avaliação da opção de compra americana obtemos, conforme a figura abaixo, o seguinte valor para a opção de venda americana.

Figura 21 : Árvore Binomial para o Cálculo de uma Opção de Venda Americana

<b>VALOR DO ATIVO</b>					
0	1	2	3	4	5
100,00	116,18	134,99	156,83	182,21	211,70
	86,07	100,00	116,18	134,99	156,83
		74,08	86,07	100,00	116,18
			63,76	74,08	86,07
				54,88	63,76
					47,24
<b>Probabilidades Mundo Neutro/Risco (p e 1-p)</b>					
0	1	2	3	4	5
100,0%	73,9%	54,6%	40,4%	29,8%	22,1%
	26,1%	38,6%	42,8%	42,1%	38,9%
		6,8%	15,1%	22,3%	27,5%
			1,8%	5,2%	9,7%
				0,5%	1,7%
					0,1%
<b>VALOR DA OPÇÃO - PUT AMERICANA</b>					
0	1	2	3	4	5
5,58	1,49	0,29	0,00	0,00	0,00
	18,93	5,38	1,20	0,00	0,00
		30,92	18,93	5,00	0,00
			41,24	30,92	18,93
				50,12	41,24
					57,76

30,92 = Max ([105-74,08] , [18,93p + 41,24(1-p)] / e<sup>0,10</sup>)

O valor da opção de venda para cada "ramo" da árvore corresponde ao maior valor entre :

- a) ponderação entre os dois valores dos ramos subsequentes e
- b) a diferença entre  $X$  e o valor do ativo  $S$  naquele período

No último período a opção de venda vale a diferença entre  $X$  e  $S$  ou zero, o que for maior.

Neste exemplo acima vimos, como no caso de 4 movimentos seguidos de baixa no valor do ativo, no período  $T=4$ , vale mais apenas exercer a opção de venda (30,92) naquele instante do que mantê-la viva até o período  $T=5$ , enquanto o valor esperado da opção de venda trazido ao valor presente em  $T=4$  é igual a 22,85, inferior ao valor da opção de venda com o exercício imediato em  $T=4$  (30,92).

É interessante observar como o Valor da Opção de Venda Americana (5,58) > Valor Opção de Venda Européia (1,75), enquanto a possibilidade de exercício antecipado de uma opção de venda tem valor. É sempre interessante exercer uma opção de venda americana, quando ela está "dentro-do-dinheiro" ( $X > S$ ).

Por fim, o entendimento do modelo binomial e da estratégia de hedge descrita nos parágrafos acima é fundamental para compreender o desenvolvimento do modelo de Black e Scholes (1973) de avaliação das opções, tratando-se este último modelo uma sofisticação do modelo binomial.

### 3.4 Avaliação das Opções segundo o Modelo de Black & Scholes

O modelo criado por Black e Scholes (1973)<sup>11</sup> trabalha com o encurtamento infinitesimal do período de variação do preço do ativo-objeto. Os autores fizeram algumas alterações nas premissas do modelo binomial e eles assumiram que o ativo-objeto tem um comportamento estocástico contínuo, na forma de Movimento Geométrico Browniano (MGB)<sup>12</sup>. Neste caso a distribuição probabilística dos preços do ativo-objeto em uma data futura é log-normal, e de conseqüência, a distribuição probabilística das taxas de retorno calculadas de forma contínua e composta entre duas datas é normal (Hull, 1997).

A solução da equação diferencial de B-S parte da mesma hipótese de não arbitragem, já utilizada para avaliar opções, quando as variações no preço da ação são binomiais. Cria-se uma carteira sem risco (Portfolio Risk-Free), constituída de uma posição vendida na opção e de uma posição comprada no ativo-objeto. Na ausência de oportunidades de arbitragem, o retorno da carteira sem risco deve ser a taxa de juros livre de risco.

O motivo pela qual pode-se montar uma carteira sem risco se relaciona ao fato de que tanto o preço do ativo quanto o preço da opção são afetados pela mesma origem de incerteza : as oscilações de preço do ativo. Supondo uma pequena variação no preço da opção de compra  $dc$  e uma variação no preço do ativo  $dS$ , a relação  $dc/dS$ , conhecida como *delta* da opção, temos a relação que indica qual é a posição da carteira sem risco de maneira que o retorno seja igual a taxa risk-free. Mas, para permanecer sem risco, esta posição deve ser constantemente ajustada ou rebalanceada (hedging dinâmico ou em inglês : dynamic tracking).

<sup>11</sup> O modelo original B-S foi alterado por Robert Merton (1973) de forma a incorporar os dividendos pagos pelo ativo-objeto.

<sup>12</sup> O processo estocástico contínuo de maior interesse é o Processo de Markov, e um tipo particular do mesmo é o Processo de Wiener ou Movimento Browniano dado pela seguinte relação :  $dz = \epsilon \sqrt{dt}$ , em que  $\epsilon$  é uma variável aleatória, normalmente distribuída, com média igual a 0 e desvio padrão igual a 1; e os valores de  $dz$  para dois qualquer intervalos de tempo  $dt$  são independentes. Generalizando o processo de Wiener, adicionando um drift ( $\alpha dt$ ), que corresponde ao retorno esperado do ativo, e fazendo a variação do ativo ( $S$ ) depender do seu desvio padrão anualizado temos a seguinte relação :  $dS = \alpha S dt + \sigma S \epsilon \sqrt{dt}$ . Finalmente, generalizando ainda mais, chega-se ao processo de Ito, ou MGB caracterizado pela seguinte formula :  $dS = \alpha S dt + \sigma S \epsilon \sqrt{dt}$  (Hull, 1997).

Este é o elemento-chave do modelo B-S e que conduz as suas fórmulas de precificação das opções.

A fórmula utilizada para o cálculo de uma opção Call (C) ou Put(P), é a seguinte :

$$C = S e^{-yt} N(d_1) - X e^{-rt} N(d_2)$$

$$P = S e^{-yt} [N(d_1)-1] - X e^{-rt} [N(d_2)-1]$$

**onde :**

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r-y + \sigma^2/2) t}{\sigma \sqrt{t}}$$

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

**C ou P = Prêmio da opção Call ou Put**

**S = Valor do ativo-Objeto**

**X = Preço de exercício**

**t = Tempo até a maturidade**

**r = taxa de juros livre de risco, com capitalização contínua<sup>13</sup>**

**$\sigma$  = volatilidade, ou seja o desvio-padrão do ativo-objeto ( $\sigma^2$  é a variança)**

**N(.) = valor acumulado da distribuição normal padronizada**

**Ln(.) = logaritmo neperiano (e = base do sistema de logaritmos neperianos)**

**y = taxa de distribuição de dividendos (6º variável no modelo ampliado por Merton (1973))**

Apesar da fórmula B-S parecer complexa, ela tem duas simples interpretações. Em primeiro lugar, ela representa o valor atual da probabilidade de obter ganhos após o pagamento do preço de exercício, X, se e somente se  $S_t$ , o ativo-objeto na data de exercício for maior que X (no caso da put é o contrario). O 1º termo,  $S N(d_1)$ , é o valor presente esperado para todos os possíveis valores do ativo-objeto no vencimento condicionados às chances de exercício da call. O segundo termo  $e^{-rt} X N(d_2)$ , é o valor presente esperado do pagamento do preço de exercício para todas as possibilidades de exercício.

<sup>13</sup> O modelo B-S assume que os ativos se movimentam de maneira contínua, é necessário transformar a taxa acima em uma taxa anual composta e contínua. A conversão é :  $1 + r(\text{anual composta}) = e^r$ , segue então que  $r(\text{contínua}) = \ln(1+r)$ .

Nesta interpretação vejamos como a semelhança com o modelo binomial é total. De fato, considerando a equação binomial de CRR vista no capítulo 3.3, temos que os termos de probabilidade binomial complementar convergem no limite, à medida que o número de nós por período da grade binomial se torna maior, para os termos da probabilidade normal acumulada. O esquema abaixo representa melhor esta aproximação :

$$C = S \underbrace{\left\{ \sum_{n=a}^T \frac{T!}{(T-n)!n!} p^n (1-p)^{T-n} \frac{u^n d^{T-n}}{(1+r_f)^T} \right\}}_{N(d_1)} - \frac{X}{(1+r_f)^T} \underbrace{\left\{ \sum_{n=a}^T \frac{T!}{(T-n)!n!} p^n (1-p)^{T-n} \right\}}_{N(d_2)}$$

Uma segunda interpretação baseia-se na idéia do portfolio replicante, que também analisamos anteriormente, na medida que o valor da opção de compra pode ser replicado por uma posição alavancada no ativo. O primeiro termo representa o total investido no ativo-objeto e o segundo termo o total tomado emprestado.

O modelo B-S aplicado para avaliação de opções financeiras do tipo européia, pode ser utilizado para avaliação de opções reais, mas algumas premissas básicas do modelo muitas vezes não são satisfeitas no mundo real.

Algumas premissas básicas do modelo são (Hull, 1997):

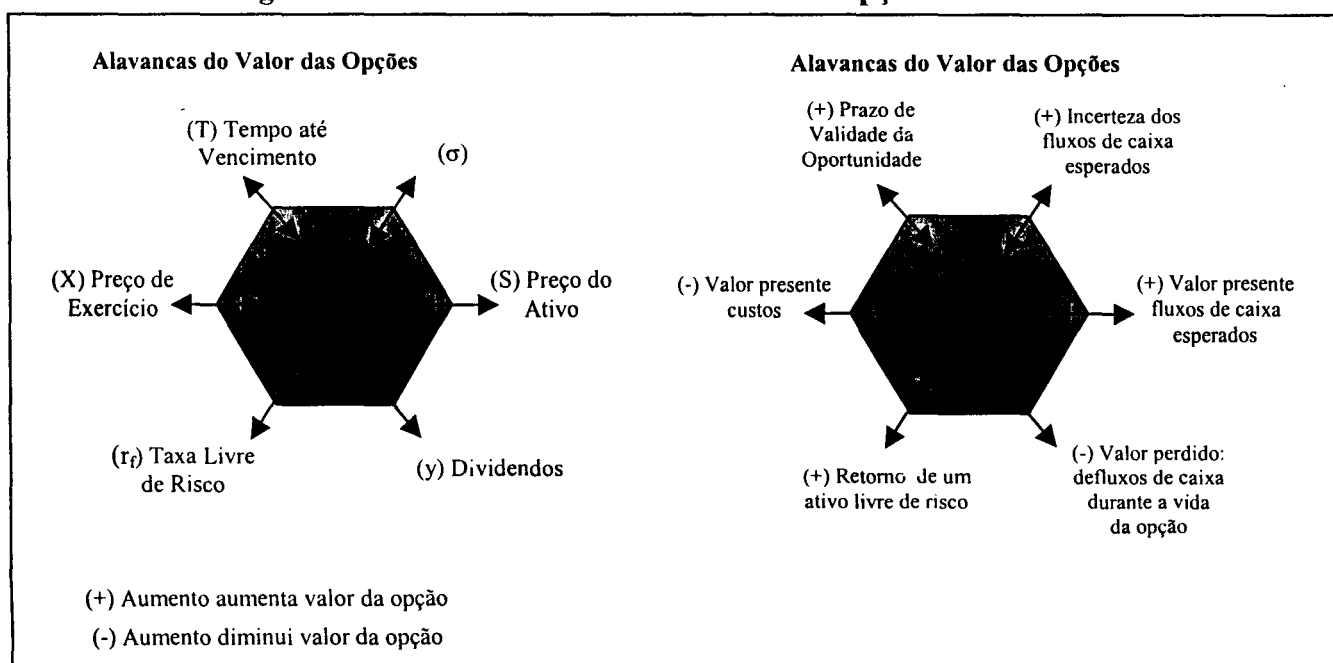
- O comportamento do preço do ativo segue um processo de difusão log-normal e portanto seus retornos seguem um processo de distribuição normal
- Não há custos operacionais, ou custos de transação nem impostos
- O ativo não distribui dividendos ou cupons ao longo da duração da opção
- A negociação é contínua
- Os investidores podem captar ou emprestar à mesma taxa de juros livre de risco
- A taxa de juros livre de risco é constante

- A volatilidade do ativo-objeto é constante

Porém estas mesmas limitações podem ser superadas através do relaxamento das hipóteses e adequação do modelo inicial à realidade. Há variações da fórmula de B-S, como por exemplo a incorporação do pagamento de dividendos, a incorporação de uma outra variável aleatória como as taxas de juros ou o próprio preço de exercício, que foram já efetuadas por outros pesquisadores.

Seguindo o esquema proposto por Luehrman (1998a), é possível mapear uma oportunidade de investimento como uma opção de compra financeira, enquanto uma empresa teria o direito, mas não a obrigação de efetuar aquele investimento. Se pudéssemos encontrar uma opção call suficientemente similar à oportunidade de investimento o valor da opção poderia nos dizer muito a respeito do valor daquela oportunidade. A correspondência entre as variáveis que determinam o valor de uma opção financeira (opção de compra) e as características do projeto que determinam o valor da opção real (a oportunidade investimento), são as seguintes abaixo:

**Figura 22: As Seis Alavancas do Valor das Opções Financeiras e Reais**



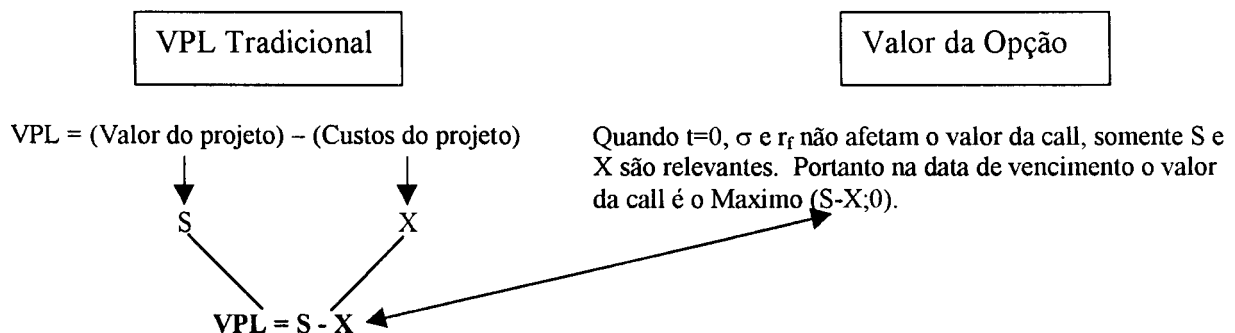
Fonte : Leslie e Michaels (1997)

No capítulo 2 ressaltamos como a regra do VPL resulta ser inadequada na presença incerteza e de custos irreversíveis (sunk costs), enquanto desconsidera o valor da opção de diferir o investimento. Seguindo o trabalho de Luehrman (1998a) pode-se utilizar as 5 variáveis da fórmula de B-S tradicional (desconsiderando os dividendos), para chegar a calcular o valor desta opção sem ter que passar pela complexidade dos cálculos da fórmula, através da construção de duas métricas que podem ser representadas graficamente num plano bi-dimensional (o que o autor chama de “option price space”) e poder calcular corretamente o VPL total ou expandido.

Fazendo um exemplo genérico existe a possibilidade de efetuar um investimento para comprar ou construir uma planta industrial a mais, e os administradores da empresa devem tomar a decisão se seguir em frente ou não com o investimento. Os métodos tradicionais de avaliação de investimentos baseados no fluxo de caixa descontado avaliam esta oportunidade com base no cálculo do VPL tradicional a seguir :

$$\text{VPL} = \text{VP fluxos caixa esperados} - \text{VP custos do investimento}$$

Se o  $\text{VPL} > 0$  a empresa seguiria em frente com o investimento. O VPL e o valor das opções reais são iguais quando a decisão de investimento não pode ser mais diferida, ou seja quando a opção da empresa alcançou a data de exercício. Temos a seguinte situação abaixo :



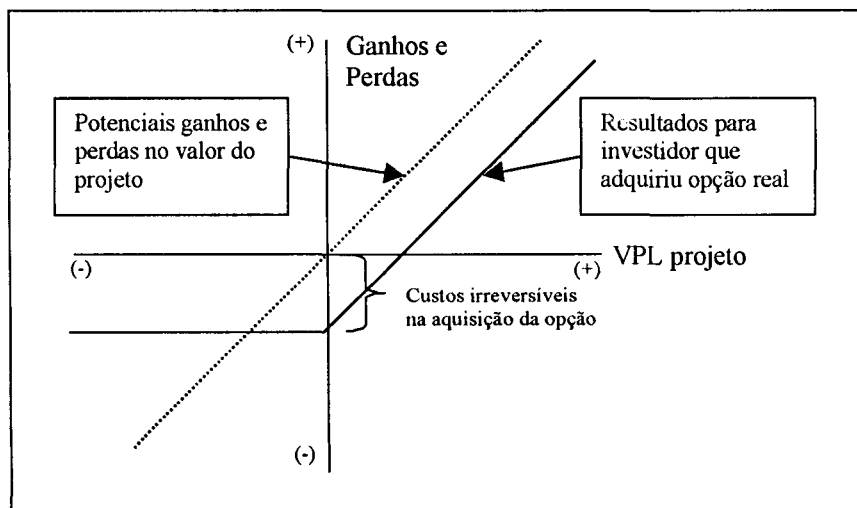
As duas decisões são equivalentes, na data de vencimento da oportunidade do investimento temos a mesma regra de decisão (invéste ou não invéste).

Esta relação entre o VPL e valor da opção tem grande importância, enquanto os administradores que querem começar a implementar a metodologia de avaliação dos investimentos baseados na teoria das opções reais não precisam abandonar os seus sistemas de avaliação baseados no FCD, enquanto as planilhas que calculam o VPL, já contem as informações necessários para calcular  $S$  e  $X$ , que são duas das cinco variáveis necessárias à avaliação segundo a fórmula B-S.

Todavia o VPL e o VPL expandido (quando existem opções) divergem quando as decisões de investimento podem ser diferidas. Esta possibilidade de diferir determina duas fontes de valor agregado. Em primeiro lugar temos o valor tempo associado ao retorno sobre o diferimento dos custos de investimento e em segundo lugar o valor associado à volatilidade do valor dos ativos que queremos comprar ou construir. Se no futuro o valor dos ativos sobe, podemos investir (exercendo a opção), e se o valor desce, podemos decidir de abandonar o investimento. Neste último caso, esperando para investir, ao invés de investir imediatamente, evitam-se as potenciais perdas e maximizam-se os ganhos.

A semelhança entre opções reais e financeiras também é apontada por Kester (1984), que elabora uma matriz de resultados onde fica explícita a assimetria entre possíveis perdas e ganhos em um investimento de capital como pode ser visto na figura abaixo :

**Figura 23: Assimetria dos Ganhos e Perdas das Opções Reais**



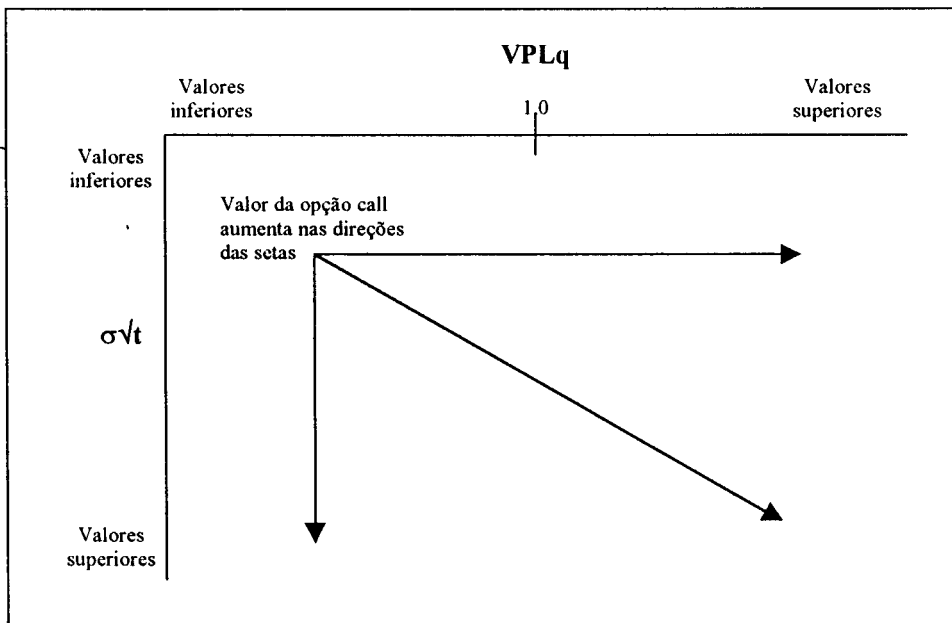
Fonte : Kester (1984)



A segunda fonte de valor é ligada a incerteza do valor do ativo no tempo, este último pode subir ou descer. Para quantificar esta fonte adicional de valor multiplica-se o desvio padrão dos retornos do ativo por período pela raiz quadrada do intervalo de tempo durante a qual o projeto pode ser adiado, ou seja o tempo de vida da opção ( $\sigma\sqrt{t}$  = volatilidade acumulada).

Graficamente podemos apresentar no plano bi-dimensional o andamento do valor da opção de diferimento (avaliada como call europeia) colocando o VPLq no eixo horizontal e o  $\sigma\sqrt{t}$  no eixo vertical.

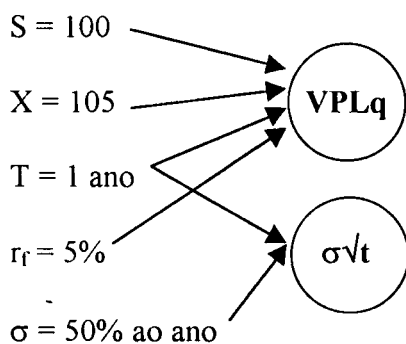
**Figura 24 : Localizando o Valor da Opção no Espaço Bidimensional**



Fonte : Luehrman (1998a)

Conforme gráfico acima, maiores valores de VPLq se dão a partir de maiores fluxos de caixas esperados pelo projeto (S) ou menores custos de investimento (X). Ao mesmo tempo, valores maiores da taxa de juros( $r_f$ ) ou tempo até o vencimento (T) reduzem o valor presente de X (que é o denominador do quociente VPLq). Por outro lado maior incerteza ( $\sigma$ ) relativo aos valores futuros ou a habilidade para adiantar mais ainda o investimento (t), ambos aumentam o valor da opção call.

A localização dos projetos neste espaço bidimensional permite rapidamente de identificar os valores relativos e as respectivas classificações dos projetos, com interessantes indicações acerca da política de investimentos ótima. Cada par de coordenadas de  $VPLq$  e  $\sigma\sqrt{t}$ , permite calcular o valor da call, enquanto é possível, a partir de tabelas já calculadas disponíveis, por exemplo, no apêndice de livros de finanças como o Brealey e Myers (1996), obter o valor específico da opção como porcentagem do valor do ativo-objeto. Por exemplo, dado os valores para as cinco variáveis abaixo obtemos :



$$\Rightarrow VPLq = 100/[105/(1,05)] = 1,0 \quad \text{e} \quad \sigma\sqrt{t} = 0,50$$

Pela tabela em Brealey e Myers obtemos a porcentagem de 19,7%.

Interpretando o valor do projeto como uma call obtemos um valor de  $0,197 \times 100 = 19,70$ , que, comparado com o VPL tradicional ( $S-X$ ) de  $-5$  é muito maior, enquanto incorpora na avaliação desta oportunidade de investimento a incerteza e a flexibilidade de poder diferir o investimento.

A estrutura de avaliação das opções apresentada por Luehrman (1998b), permite dividir o “espaço da opção” em 6 regiões distintas, cada uma das quais permite localizar o valor da opção e a realização ou não do investimento no projeto.

Desta maneira é possível analisar seis possíveis ações que podem ser tomadas, e que refletem não só onde o projeto se encontra no espaço bidimensional, mas também onde poderá se deslocar no futuro na medida que decorre o tempo<sup>14</sup>.

Dividindo o espaço em seis áreas temos conforme a figura 25:

- **Região 1 : “Agora”** – Nesta área estão localizados todos os projetos com um VPL  $> 0$  e com baixa volatilidade ou até zero, enquanto a incerteza é quase inexistente ou o tempo para a tomada de decisão já expirou. O valor da opção de diferir é mínimo e os projetos devem ser realizados imediatamente.
- **Região 2 : “Talvez Agora”** – Nesta área os projetos tem um VPL  $> 0$  , mas tem também a possibilidade de serem adiados. A política de investimentos dependerá da possibilidade de melhorias nas expectativas no futuro. Dependerá do valor da opção de diferir, que em alguns casos pode ser conveniente investir logo.
- **Região 3 : “Provavelmente Depois”** – Nesta área localizam-se os projetos que, mesmo tendo um VPL  $< 0$ , não devem ser descartados completamente, enquanto caracterizados por uma elevada volatilidade que rende particularmente importante a opção de diferir. A política ótima é aquele de manter viva a opção e adiar a decisão do exercício o mais tarde possível.
- **Região 4 : “Talvez Depois”** – Nesta área, os projetos, mesmo sendo caracterizados por uma elevada volatilidade, tem um VPL bastante negativo. A realização destes projetos é bastante duvidosa, mas a opção de diferir tem valor e portanto ainda existe alguma prospectiva positiva no futuro.

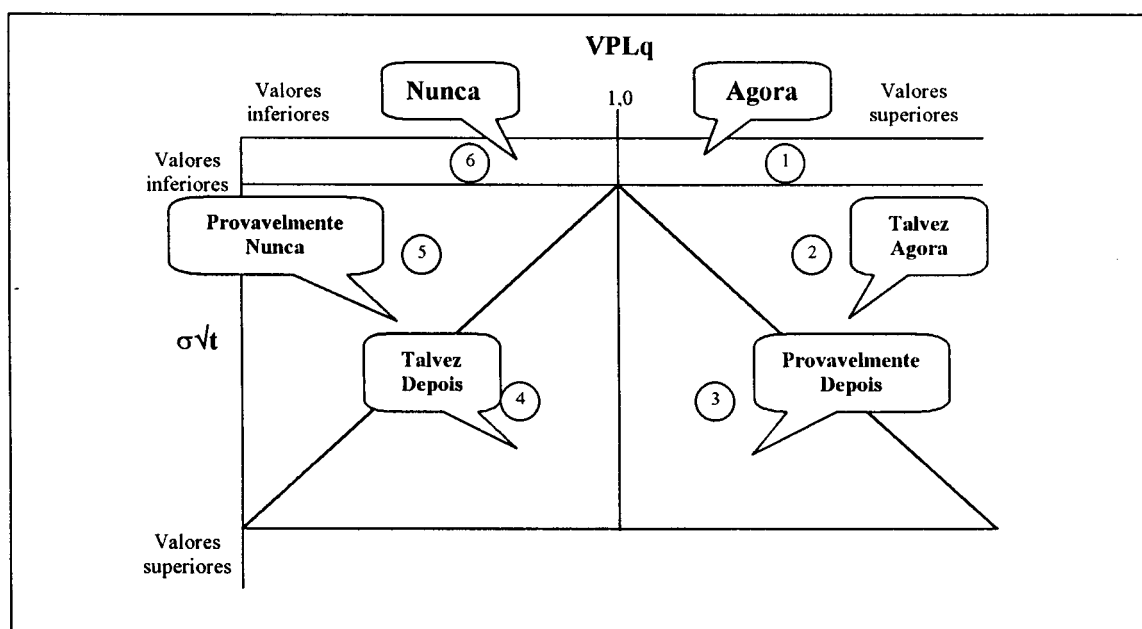
---

<sup>14</sup> As opções tendem a deslocar-se para cima e para a esquerda na medida que passa o tempo. Para cima, enquanto a medida da volatilidade cumulada decresce com o decorrer do prazo do tempo até a maturidade. Para a esquerda, porque os calculos do valor presente dos custos, que é o denominador da medida VPLq aumentam com o decorrer do tempo até o vencimento, e de consequência o VPLq decresce (Luehrman 1998b).

- **Região 5 : “Provavelmente Nunca”** – Nesta área, os projetos tem elevado VPL negativo e a opção de diferir tem valor baixo. A realização é altamente improvável, mas não é impossível.
- **Região 6 : “Nunca”** - Nesta área, os projetos tem elevado VPL e baixíssima volatilidade, com escassas possibilidades de melhoria no futuro, e portanto podem ser imediatamente excluídos.

Esta segmentação do espaço permite de ressaltar as diferentes políticas que derivam da avaliação com a regra do VPL tradicional e as opções reais. A regra do VPL tradicional determina a aprovação imediata de todos os projetos das áreas 1 e 2, mesmo se alguns destes casos deveriam ser oportunamente adiados, e descarta definitivamente todos os outros, inclusive aqueles (em particular da região 3) que detém um valor potencial elevado.

**Figura 25 : Divisão do Espaço da Opção em Regiões**



Fonte : Luehrman (1998b)

Para esclarecer melhor a interpretação gráfica acima, na tabela a seguir utilizamos um exemplo numérico apresentado por Luehrman (1998b) que permite localizar seis projetos

independentes nas seis regiões do gráfico. A tabela 3 abaixo apresenta as cinco variáveis necessárias para o cálculo das duas métricas necessárias para o cálculo do valor das opções segundo a fórmula B-S. Os seis projetos (A-F) tem ativos no valor de \$ 100 milhões. Dois destes projetos, A e B, requerem gastos com investimentos de \$ 90 milhões, os outros quatro de \$ 110 milhões. Portanto, A e B tem VPL positivo de \$ 10 milhões, e os outros quatro um VPL negativo de \$ 10 milhões. O VPL do portfolio dos projetos seria negativo em \$ 20 milhões pela simples soma dos mesmos, mas como os quatro projetos com VPL negativo seriam rejeitados, segue que o valor global seria positivo em \$ 20 milhões.

**Tabela 3 : Variáveis Explicativas à Avaliação de 6 Projetos Independentes**

Variável	Descrição	A	B	C	D	E	F	Valor Portfolio
S	Valor Ativo-Objeto (\$ milhões)	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00	
X	Preço exercício (\$ milhões)	\$90,00	\$90,00	\$110,00	\$110,00	\$110,00	\$110,00	
t	Tempo até Maturidade (anos)	0,00	2,00	0,00	0,50	1,00	2,00	
$\sigma$	Desvio Padrão (por ano)	0,30	0,30	0,30	0,20	0,30	0,40	
$r_f$	Taxa de retorno livre de risco (% anual)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
VPLq	Métrica Valor-Custo	1,111	1,248	0,909	0,936	0,964	1,021	
$\sigma \cdot \sqrt{t}$	Métrica Volatilidade	0,000	0,424	0,000	0,141	0,300	0,566	
<b>c</b>	<b>VALOR DA CALL (\$ milhões)</b>	<b>\$10,00</b>	<b>\$27,23</b>	<b>\$0,00</b>	<b>\$3,06</b>	<b>\$10,42</b>	<b>\$23,24</b>	<b>\$73,95</b>
<b>S - X</b>	<b>VPL tradicional (\$ milhões)</b>	<b>\$10,00</b>	<b>\$10,00</b>	<b>(\$10,00)</b>	<b>(\$10,00)</b>	<b>(\$10,00)</b>	<b>(\$10,00)</b>	<b>\$20,00</b>
	<b>Região</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	
	<b>Decisão</b>	<b>Agora</b>	<b>Talvez Agora</b>	<b>Nunca</b>	<b>Provavel. Nunca</b>	<b>Talvez Depois</b>	<b>Provavel. Depois</b>	

Fonte : Luehrman (1998b)

Os seis projetos tendo perfis temporais e volatilidades diferentes tem diferentes valores para as duas métricas calculadas, determinando uma localização diferenciada no gráfico apresentado. O projeto A é um projeto do tipo “agora” que localiza-se na região 1 e o projeto C é do tipo “nunca” que localiza-se na região 6. Para ambos, o tempo já expirou, a métrica da volatilidade é igual a zero e portanto caem na regra clássica do VPL, aceita/rejeita com base na relação S-X.

O projeto B localiza-se na região 2 enquanto o VPL é positivo e a métrica valor-custo é maior do que 1. Neste caso deve-se considerar o custo benefício de exercer agora ou diferir a opção deste projeto. Todavia, ao menos que existe a possibilidade de perda no valor futuro

do projeto, como por exemplo um aumento nos custos ou diminuição no valor, o exercício imediato da opção não é uma decisão ótima<sup>15</sup>. A decisão de investir cedo ou mais tarde requer uma comparação caso a caso do valor entre investir imediatamente e valor de esperar mais tempo, ou seja de continuar a manter a início do projeto como uma opção.

O projeto F tem um VPL negativo, mas um VPLq maior do que 1, localiza-se na região 3 (provavelmente depois) e é muito valioso como opção, enquanto o mesmo não expira antes de dois anos e tem a maior volatilidade entre todos os projetos.

O projeto E tem um VPL negativo, é menos promissor do que o projeto F, localiza-se na região 4, e merece atenção, enquanto o mesmo expira depois de um ano e com uma volatilidade moderada (0,30) pode no limite ser aceito. Por este motivo projetos nesta região são classificados como “talvez depois”. As opções estão inicialmente fora-do-dinheiro, mas podem passar para dentro-do-dinheiro dado a volatilidade dos retornos do ativo-objeto.

Dando seqüência em sentido horário, na interpretação dos projetos nas regiões do gráfico, o projeto D é ainda menos promissor, enquanto uma decisão de execução do projeto deve ser tomada no prazo máximo de seis meses, e com uma baixa volatilidade, não há muita chance que o projeto D passe para dentro-do-dinheiro antes da expiração.

Pelos resultados apresentados na tabela acima, podemos ver como a análise dos projetos pela modelagem em termos de opções reais conduz a uma avaliação diferente daquela feita pela abordagem tradicional em termos de fluxos de caixa descontados. O método tradicional conduz a um valor global de \$ 20 milhões, enquanto o método baseado na TOR conduz a um valor global de \$ 73,95 milhões. Ao invés, de aceitar dois projetos e rejeitar 4, o método baseado em opções conduz a aceitação de um, a rejeição de outro e a

---

<sup>15</sup> No caso das opções reais, qualquer expectativa de perda de valor, “leakage value”, associada ao diferimento do investimento, é análogo ao dividendo distribuído sobre uma ação. Fenômenos como mudanças na regulação do setor, uma perda do “market share”, ou a entrada de um novo concorrente são todos custos associados ao fato de diferir o investimento e podem determinar a decisão de exercer a opção imediatamente ao invés de esperar (Trigeorgis, 1991b). As opções reais podem ser proprietárias ou compartilhadas, ou seja, concorrentes podem por exemplo exercer a opção de ampliar a produção antes que você o faça e desta maneira reduzir o valor da sua opção de ampliação de escala (Trigeorgis, 1998).

esperar nos outros quatro. Em particular a abordagem baseada em TOR aponta para o fato que alguns projetos, como E e F, que seriam normalmente rejeitados, somam um valor agregado de \$34 milhões (e não \$20 milhões negativos ou zero) e devem ser estrategicamente gerenciados para ter retornos maiores dos projetos, ao invés de serem abandonados. É necessário, portanto, que os administradores tenham uma atitude dinâmica e não passiva, para alavancar as flexibilidades existentes. Os administradores devem influenciar o valor das opções reais existentes através de uma gestão mais ativa.

Para ilustrar melhor o que entende-se por alavancagem da flexibilidade e gestão ativa dos administradores, se considerarmos o projeto F, na medida que passa o tempo o mesmo tende a deslocar-se da região 3 para a região 4, tornando-se menos promissor. A única maneira para tornar a implementação do projeto mais factível e obter os necessários financiamentos, é dispor de forças para deslocar o mesmo para direita em direção as regiões 1 e 2, superando a tendência natural em direção a esquerda, antes do prazo de vencimento da opção. Porém, somente duas forças podem empurrar na direção apropriada : a sorte e a gestão ativa (Luehrman 1998b).

Nenhuma das duas forças deve ser ignorada. Muitas vezes o sucesso depende da sorte, de estar no momento certo e no lugar certo. Mas muitas vezes, deve-se trabalhar ativamente para ir de encontro à sorte. Os administradores que trabalham ativamente, “cultivando” o portfolio de oportunidades, estão de fato trabalhando para empurrar as opções o mais possível para a direita do espaço antes que as mesmas se desloquem para cima com o decorrer do tempo. Isto só pode ser feito se os administradores tomarem uma ação para aumentar cada uma ou ambas as métricas do valor da opção. Estes podem usar o seu expertise para aumentar o valor da opções antes de eles as exercerem, fazendo com que seja alavancada a flexibilidade existente em função das opções existentes.

Das duas métricas, a métrica do valor/custo é talvez a mais fácil de influenciar enquanto os administradores estão mais acostumados em gerenciar receitas, custos e necessidades de capital do que a volatilidade ou tempo até a expiração. Qualquer ação que for tomada para aumentar as receitas (S) ou reduzir os custos (X), deslocará a opção para a direita. Por exemplo, aumentos nos preços ou volumes, redução de custos, impostos ou necessidades de capital, ajudam a deslocar a opção para a direita.

As seis alavancas do valor das opções apresentadas na figura 20 podem ser influenciadas pela gestão ativa dos administradores da seguinte maneira (Leslie e Michaels 1997):

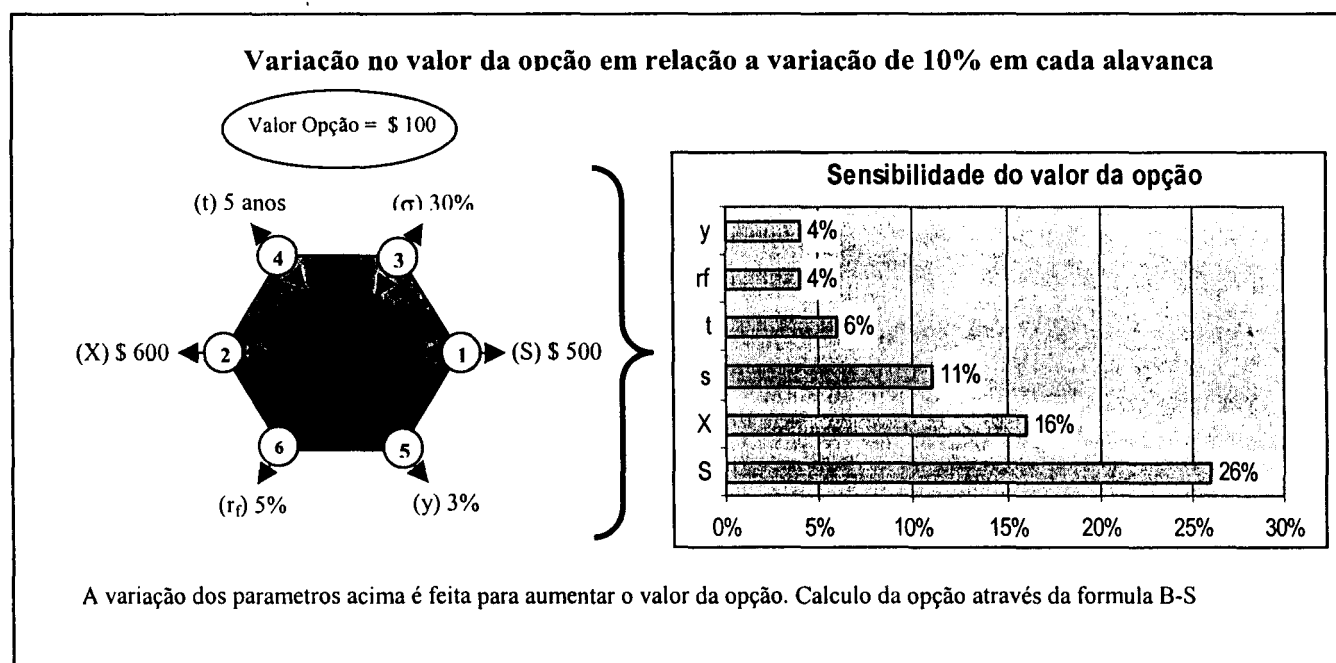
- **Alavanca 1 : Aumentar o valor presente dos fluxos de caixa esperados.** Isto pode ser alcançado como resultado do aumento das receitas, através de aumentos nos preço e volumes, ou criando oportunidades sequenciais de negócios (criando o que são conhecidas como opções compostas). A análise de sensibilidade (veja fig. 26) demonstra como esta alavanca seja o fator chave na determinação do valor da opção. Naturalmente o efeito sobre o valor de uma opção de tipo put (por exemplo de abandono) é oposto aquele descrito no caso de uma call, mas a partir do momento que o objetivo primário é a realização de um projeto (a opção put representa muitas vezes uma forma de seguro sobre o valor do projeto, e não o aspecto principal do investimento como no caso das opções financeiras), os efeitos positivos desta política são sempre dominantes.
- **Alavanca 2 : Reduzir o valor presente dos custos.** Isto pode ser alcançado através de economias de escala ou de escopo, ou utilizando as sinergias que podem resultar através da implementação de um projeto : estipulando acordos de colaboração com outras empresas.

- **Alavanca 3 : Aumentar a incerteza dos fluxos de caixa esperados.** Algumas vezes é oportuno fomentar uma maior volatilidade dos retornos, enquanto dado o caráter da assimetria dos payoffs das opções os administradores maximizam os potenciais ganhos (exercendo a opção no topo) e minimizam as possíveis perdas. É nítida a diferença marcante em comparação ao modelo baseado no FCD, que atribui a incerteza um efeito sobre o valor exclusivamente negativo.
- **Alavanca 4 : Estender a duração da oportunidade.** Isto aumenta o valor da opção enquanto aumenta a incerteza global ( $\sigma\sqrt{t}$ ). Uma opção do tipo americana sempre reage de maneira positiva ao alongamento do prazo de vencimento, enquanto aumenta a probabilidade de verificar-se condições mais favoráveis para o seu exercício. No caso de uma opção européia, este efeito do tempo não é necessariamente verdadeiro, enquanto ela só pode ser exercida na maturidade. A duração da opção pode ser aumentada, agindo sobre os vínculos que a delimitam em relação ao tempo, por exemplo postergando o vencimento de uma concessão governamental para a exploração do setor de energia elétrica, renegociando-a ou agindo para proporcionar a sua renovação. No caso que a duração da opção seja limitada pela concorrência através da erosão da vantagem competitiva, a ação dos administradores deve estar voltada para manter esta vantagem competitiva, mantendo, por exemplo, a superioridade tecnológica ou impedindo aos potenciais concorrentes de entrar no mercado (por exemplo através de contratos de exclusividade com clientes, patentes, etc.).
- **Alavanca 5 : Diminuir os defluxos de caixa (Value Leakage).** As opções reais são muitas vezes caracterizadas por “taxas de conveniência” e fluxos de caixa comparáveis aos dividendos pagos sobre ações. A diminuição do valor devido a esses defluxos de caixa determina uma redução no valor do projeto e de

consequência no valor da call. A ação dos administradores deve estar voltada para limitar estes efeitos negativos segundo a situação. Muitas vezes estas formas de pagamento de dividendo são introduzidas nos modelos para incluir os efeitos de erosão sobre o valor causados pelo comportamento competitivo dos concorrentes. Neste último caso o objetivo é obviamente aquele de defender a vantagem competitiva e estendê-la ao máximo no tempo.

- **Alavanca 6 : Aumentar a taxa de juros.** Esta variável macroeconômica é difícil de influenciar diretamente pelo investidor, mas é bom lembrar que um incremento da taxa de juros determina um aumento no valor da call e uma diminuição no valor da opção de venda.

**Figura 26 : Análise de Sensibilidade das Alavancas do Valor da Opção**



Fonte : Leslie e Michaels (1997).

A resposta à pergunta sobre qual das alavancas os administradores devem intervir, depende dos vínculos e restrições que as operações da empresa sofrem. Estas restrições podem ser de ordem técnica, ou podem estar relacionadas ao marketing, a regulamentação

vigente, mas fica claro pela análise da sensibilidade que o maior incremento do valor é fruto de aumentos nas receitas mais do que limitando os custos de investimentos. Os administradores deve examinar quais são os parâmetros que podem influenciar mais diretamente, com base em considerações econômicas, técnicas ou políticas, e quais são os efeitos das ações tomadas sobre o valor do projeto, elencando uma lista de prioridades de intervenção e concentrando os seus esforços em direção as ações consideradas mais rentáveis e eficazes.

O objetivo é sempre aquele de deslocar o projeto nas regiões onde as opções tem maior valor (cfr. Fig. 25). Um exame de todas as opções disponíveis aos administradores conduz estes a listar uma ordem de prioridades, de maneira a ressaltar aquelas mais sensíveis a ações corretivas e onde concentrar os maiores esforços.

Esta análise baseada nas opções reais, permite ainda demonstrar como algumas opções podem ser mais convenientemente vendidas ao invés de serem exercidas pela empresa, enquanto podem ser melhor aproveitadas por outros investidores (por exemplo, porque já está presente no mercado, porque já possui as infra-estruturas necessárias ou possui a capacidade técnica necessária).

### **3.6 Comparações das Abordagens na Tomada de Decisões**

As técnicas de avaliação de investimentos têm passado por longo processo evolutivo, onde diferentes técnicas foram sendo desenvolvidas à medida em que paradigmas foram sendo rompidos, a atividade de administração se tornando cada vez mais profissional e os recursos computacionais mais sofisticados. Fazendo uma breve revisão das técnicas de avaliação de investimentos, pode-se citar o *payback*, *payback* ajustado (ou descontado), taxa

contábil de retorno, taxa interna de retorno, taxa interna de retorno ajustada, e finalmente, o valor presente líquido (Brealey & Myers, 1996). Com exceção da taxa contábil de retorno essas técnicas baseiam-se no conceito de fluxo de caixa, reconhecendo a importância do valor do dinheiro no tempo.

O critério do pay-back tem o objetivo de responder a pergunta *"Em quanto tempo o projeto se paga?"* ou seja, o critério de decisão entre projetos de investimento está baseado em quanto tempo as entradas de recursos conseguem cobrir o custo do investimento em questão. O critério da taxa de retorno contábil (TRC), baseia-se no conceito de que os proprietários de um empreendimento avaliam a performance do investimento a partir dos relatórios financeiros e contábeis, tendo como critério de decisão, o projeto com maior razão lucro contábil (LC) / ativos totais médios do investimento (AT<sub>me</sub>).

$$TRC = \frac{LC}{AT_{me}}$$

Estes dois primeiros critérios incorrem em diversos problemas conceituais para a tomada de decisão eficiente de projetos de investimento.

Já a taxa interna de retorno (TIR) apresenta-se como um critério muito superior aos apresentados anteriormente. A TIR pode ser definida como *"taxa que zera o valor presente líquido de um investimento"*.

$$VPL = \sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

Onde FC<sub>t</sub> é o fluxo de caixa de um investimento no período t e I<sub>0</sub> o investimento inicial do projeto.

Embora a TIR seja um bom critério no processo de tomada de decisão, pois considera o valor do dinheiro no tempo, levando em conta o lucro no curto e no longo prazo, também apresenta alguns pontos fracos, tais como problema com inversões de fluxo ao longo da vida do projeto, não consideração da dimensão do capital investido e hipótese de re-investimento dos fluxos de caixa recebidos a mesma taxa interna de retorno.

O critério de valor presente líquido, por não incorrer em grande parte dos problemas apresentados pelos critérios anteriores, tornou-se a principal técnica, não apenas de decisão, mas também de avaliação de investimentos. Este critério afirma que um projeto de investimento só deve ser aceito se apresentar um valor presente líquido positivo, isto é, os recursos gerados pelo investimento, no longo prazo e ajustado ao custo de oportunidade do capital empregado, devem ser superior ao investimento realizado. Este critério, reconhecendo não só a importância do valor do dinheiro no tempo, mas também o nível de risco do investimento<sup>16</sup>, teria, a princípio, os elementos fundamentais para uma correta avaliação dos investimentos.

Conforme antecipamos no capítulo 1.1, a regra do VPL, entretanto, é baseada em algumas suposições implícitas ou explícitas, que pressupõem uma gestão “passiva” por parte dos administradores e que demonstra os seus limites quando aplicada em situações caracterizadas pela presença de um ou mais destes elementos abaixo:

---

<sup>16</sup> O VPL considera a volatilidade dos fluxos de caixa de um investimento (portanto do risco relacionado ao mesmo) incorporando esta informação na taxa de desconto que será aplicada para descontar ao valor presente os fluxos de caixa esperados. A influência do risco ou da volatilidade sobre o VPL é direta: face uma maior volatilidade (e portanto maior risco), corresponde uma taxa de desconto mais elevada, com conseqüente menor valor presente dos fluxos de caixa e portanto um menor VPL do investimento. Este tipo de relação, razoável para muitos investimentos, deixa de existir nos casos que a empresa tenha a possibilidade de limitar as possíveis perdas, como por exemplo interrompendo o projeto na fase inicial, limitando de conseqüência as perdas aos investimentos já efetuados. Neste caso a influência da volatilidade sobre o valor do investimento não é mais simétrica. O VPL, na sua forma básica, não releva esta assimetria, e nas suas formas mais elaboradas, como por exemplo através do uso de árvores de decisão (Decision Tree Analysis - DTA), a considera de maneira errada.

- **Irreversibilidade** : a presença de custos irreversíveis e não recuperáveis
- **Flexibilidade** : entende-se por gestão ativa e reativa dos administradores face os investimentos efetuados. A capacidade dos gestores de adaptar-se às condições do mercado, como por exemplo a possibilidade de diferir o início do investimento ou de estruturar o investimento de maneira flexível (por exemplo o desenvolvimento de sistemas computacionais em módulos, permitindo que os investimentos sejam feitos por etapas na medida que as etapas anteriores tenham sucesso.)
- **Incerteza (Volatilidade)**: implica na possibilidade de variações substanciais e significativas no valor dos elementos base da avaliação do investimento, como por exemplo os preços dos produtos, os custos dos fatores produtivos e da demanda do mercado.
- **Complexidade Financeira**: uma estrutura complexa das fontes de financiamento da empresa torna particularmente difícil a determinação do correto valor do custo oportunidade do capital.<sup>17</sup>

Veamos a seguir quais são as suposições da regra do VPL e o que acontece quando as mesmas não podem ser consideradas e respeitadas na realidade.

---

<sup>17</sup> A aplicação da regra do VPL fica mais difícil quando as modalidades de financiamento do investimento são diferentes daquelas médias da empresa e o perfil de risco do investimento é diferente daquele de outros ativos da empresa. Neste caso o custo oportunidade do capital, ou seja a taxa de desconto, será diferente daquela calculada pelo critério do WACC (custo médio ponderado do capital) e mesmo o WACC torna-se inapropriado neste contexto. Deve-se portanto recorrer a critérios ad-hoc, utilizando modelos de equilíbrio do mercado de capitais (CAPM : Capital Asset Pricing Model ou APT : Arbitrage Pricing Theory) e avaliando a estrutura de capital (percentual de financiamento entre capital próprio e capital de terceiros). No caso em que a estrutura de capital varia de período em período, também o WACC deverá variar e de consequência a taxa de desconto ajustada ao risco aplicada nos cálculos do VPL deverá variar (Ross, Westerfield e Jaffe, 1995). Esta complicação ligada a escolha da taxa de desconto apropriada é o problema principal de todas as técnicas de avaliação baseadas no Fluxo de Caixa Descontado.

**Hipótese 1 : O investimento é totalmente reversível**, ou seja pode ser suspenso em qualquer momento, interrompendo naquele instante todas as despesas e recuperando (pelo menos em grande parte) as despesas já efetuadas.

Quando esta hipótese é respeitada, o critério correto é efetivamente realizar todos aqueles projetos que tem  $VPL > 0$ , como é indicado pela avaliação tradicional dos investimentos.

Na realidade, a maioria dos gastos realizados para dar início a um projeto devem ser considerados como custos irrecuperáveis (sunk costs). Os custos de construção de uma planta industrial podem ser recuperados só em mínima parte, porque os maquinários e as ferramentas que foram projetadas especificamente para um determinado uso, não podem ser aproveitadas para outros usos e não podem ser portanto revendidas no mercado. Ou então, o preço de realização no mercado é muito inferior aos custos incorridos para a construção. Computadores, móveis, meios de transporte, tem normalmente um mercado do usado, mas o valor de revenda é quase sempre relativamente baixo .

**Hip. 2 : O investimento é irreversível, mas não pode ser diferido**, ou seja, o investimento requer uma decisão imediata em relação a sua realização.

Já vimos no capítulo anterior (3.5), como na realidade os administradores tem uma opção de poder adiar a decisão de investimento para um período futuro. Dado que a evolução das condições economicas torna-se um fator determinante na avaliação da rentabilidade do investimento, atender para obter maiores informações sobre as incertezas relativas a tendência do mercado, o andamento da taxa de juros, faz com que a opção de diferimento do investimento tenha um valor significativo. Naturalmente o valor de espera não tem valor em si próprio (enquanto, conforme já vimos, a evolução do tempo determina uma redução no valor do investimento), mas o valor está exclusivamente

relacionado as informações que consegue-se adquirir com o passar do tempo. Portanto, a opção de diferir é conveniente, somente quando os elementos incógnitos da avaliação são exógenos ao projeto, enquanto nos casos onde o valor do investimento depende essencialmente das incertezas do próprio projeto (tipicamente o êxito das fases de estudo de um projeto), a evolução do tempo não acrescenta nenhuma vantagem e a opção de diferimento tende a não ter algum valor (Dixit & Pindick, 1994).

Na realidade, a possibilidade de poder adiar o início de um projeto é limitada por alguns elementos, como a permanência de fatores competitivos que garantem a empresa uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes. Todavia, esta vantagem está sujeita a “erosão” pela concorrência com o passar do tempo, e neste caso o valor da opção se reduz no tempo, ou seja é sujeita a uma diminuição análoga a uma opção de compra sobre um ativo que paga dividendos.

Por exemplo, uma empresa que tem a possibilidade de introduzir no mercado um produto inovador pode atender para efetuar esta introdução no mercado, testando no entanto a aceitação do produto no mercado (fazendo testes de marketing por exemplo). A postergação da decisão da comercialização pode permitir aos concorrentes de reduzir a lacuna competitiva, melhorando os seus respectivos produtos. O valor do ativo-objeto sobre a qual baseia-se a opção de introdução do novo produto (ou seja o valor presente dos fluxos de caixa esperados) se reduz com o passar do tempo, *ceteris paribus*. A administração da empresa deve avaliar atentamente o momento melhor (*timing*) para exercer a opção, considerando o trade-off entre esperar, adquirindo novas informações, e proceder com o investimento desfrutando da vantagem competitiva presente. Esta consideração é particularmente importante nos casos onde o primeiro a entrar no mercado

tem a possibilidade de gozar importantes vantagens ou até impedir a entrada (*lock-out*) de novos concorrentes (Trigeorgis, 1998)<sup>18</sup>.

### **Hip. 3 : Os projetos são independentes.**

O VPL assume que os projetos são avaliados separadamente uns dos outros, e os respectivos valores são aditivos aritmeticamente. Desta maneira ignora-se a influencia recíproca entre os mesmos, e os benefícios que um novo projeto pode acarretar a outros investimentos já efetuados (através de economias de escala) ou que serão efetuados no futuro (por exemplo a abertura de novos mercados). Muitos projetos não são independentes, mas são vistos como elos de uma corrente de projetos inter-relacionados, o primeiro na corrente sendo um pré-requisito para os outros que seguirão (Trigeorgis, 1993a). Essencialmente estas oportunidades de investimentos, são opções compostas, e interagem entre elas, e os seus valores individuais não são aditivos (Trigeorgis, 1993b).

### **Hip. 4 : O investimento deve ser considerado e avaliado isoladamente, com a decisão imediata de aceitação/rejeição.**

O VPL não considera a possibilidade de que o investimento é estruturado em fases sucessivas, com a possibilidade de abandono (renunciando a futuros investimentos para evitar mais perdas) em cada fase. Enquanto a avaliação através do FCD estabelece a rejeição de todos os projetos com  $VPL < 0$ , a análise através da TOR demonstra como em muitos casos a estratégia é aquela de proceder por etapas, investindo nos projetos exploratórios inicialmente e reenviando outras decisões de investimento para o futuro, na

---

<sup>18</sup> Em muitos projetos, existem também obrigações contratuais para a realização do projeto dentro de um determinado prazo de tempo, caso contrário deve-se pagar uma multa. O exemplo mais recente deste tipo de complicação em relação a capacidade de adiar a realização do projeto é o caso da empresa Halliburton, empreiteira da Petrobrás, que tinha a obrigação de entregar até o segundo semestre de 2002, dois navios de produção de petróleo para a exploração do petróleo na bacia de Campos, nas áreas chamadas de Barracuda e a outra de Caratinga, por um valor global do projeto ao redor de US\$ 2,5 bilhões. Como a Halliburton não cumpriu os prazos de entrega ela estará sujeita a uma multa contratual por um atraso de 20 (ou 18) meses.

medida que se obtém maiores informações. Grande parte de projetos de P&D no campo farmacêutico, ou atividades de pesquisa no campo de mineração e petrolífero, fazem parte desta tipologia de projetos seqüenciais, onde o prosseguimento do projeto como um todo é subordinado ao hesito positivo de todas as fases de pesquisa e de exploração. O VPL na sua forma tradicional desconsidera o valor destas opções de abandono ou expansão, e até outras técnicas mais elaboradas como as árvores de decisão (DTA), não as avaliam corretamente.

**Hip. 5 : Uma vez tomada a decisão, os administradores seguem um comportamento passivo em relação ao investimento, independentemente da situação contingente.**

Claramente os administradores gerenciam de maneira ativa todas as atividades da empresa, dentro dos limites da própria capacidade de ação. A capacidade de abandonar o projeto antes mencionada é um exemplo desta gestão ativa, assim como a possibilidade de expandir ou contrair a escala de produção efetuando um investimento adicional, considerando sempre as informações adquiridas a respeito do andamento do mercado. A regra do VPL não leva em consideração esta flexibilidade gerencial, avaliando o investimento somente em base as ações programadas no momento da decisão inicial do investimento, desconsiderando o fluxo de informações valiosas que os administradores podem receber ao longo da vida do projeto. As opções sendo oportunidades sem obrigações, são o instrumento mais apto para modelar estas possibilidades de intervenção dos gestores (Trigeorgis, 1998).

Mesmo considerando as modificações da regra do VPL, como APV (Adjusted Present Value) e ECF (Equity Cash Flow), que superam alguns dos limites apresentados

nos parágrafos acima, estes métodos não conseguem assim mesmo avaliar o valor da flexibilidade de um investimento (Luehrman, 1997).

Outros instrumentos de suporte ao VPL, geralmente utilizados são a análise de sensibilidade e por cenários, e a simulação (Gitman, 1997). Todas tem como objetivo a análise das diferentes possibilidades de resultados. Em lugar de um único valor fornecido pelo VPL, estas técnicas oferecem um leque de resultados que devem ser sucessivamente avaliados com base em considerações qualitativas, impedindo de conseqüência uma estimativa quantitativa e objetiva. Permanece uma ampla discricionariedade por parte de quem elabora o modelo e a subjetividade em relação a escolha do resultado mais oportuno.

A *análise de sensibilidade* é uma abordagem comportamental que utiliza inúmeros valores possíveis para uma determinada variável, a fim de avaliar o seu impacto no retorno da empresa. Geralmente a abordagem mais comum é estimar os VPLs associados a estimativas de entradas de caixa pessimistas, mais prováveis e otimistas.

A *análise por cenário* é uma abordagem comportamental similar a análise de sensibilidade, mas de abrangência mais ampla, é usada para avaliar o impacto, no retorno da empresa, decorrente de mudanças simultâneas em inúmeras variáveis, tais como entradas de caixa, saídas de caixa e custo de capital, resultante de diferentes suposições acerca das condições econômicas e competitivas.

A técnica da *simulação* (como por exemplo a Simulação de Montecarlo) é uma abordagem comportamental baseada em estatística, usada em orçamento de capital para se obter uma noção do risco, através da aplicação de distribuições probabilísticas predeterminadas e números aleatórios para se estimar os resultados. O processo de geração de números aleatórios e de utilização das distribuições probabilísticas para entradas e saídas de caixa (é comum utilizar cada componente de entrada e saída de caixa,

tais como volume de vendas, preços, custo de fatores produtivos) permite, repetindo este processo, talvez mais de mil vezes, uma distribuição probabilística dos VPLs e a determinação de um valor médio de VPL (o valor mais provável).

A simulação, mesmo sendo a mais elaborada entre as três, permitindo a avaliação contemporânea de mais parâmetros sobre o valor do investimento, depara-se com algumas limitações a seguir :

- A escolha da taxa de desconto mais apropriada permanece exógena ao modelo e apresentam-se os mesmos problemas já mencionados no caso do FCD
- O resultado da avaliação é uma distribuição probabilística de valores que devem ser transformados em um valor médio
- O grau de atendibilidade dos valores da cauda da distribuição, os valores extremos, representam um problema enquanto devem ser julgados subjetivamente.
- Sendo uma técnica que se desenvolve “para frente com o tempo”, traçando uma trajetória do possível andamento aleatório da variável, não permite evidenciar a flexibilidade de um investimento e as assimetrias nos fluxos de caixa determinadas pela presença de opções reais.

Não obstante as limitações das análises por cenário e a simulação, as mesmas são um válido instrumento de suporte para a regra do VPL.

Por último, as *árvores de decisão* (Decision Tree Analysis – DTA), são uma técnica que a muitos anos vem sendo utilizada como principal instrumento de avaliação de investimentos caracterizados pela presença de flexibilidades. Esta técnica, foi proposta por alguns autores como alternativa à TOR (Lander & Pinches, 1998). A mesma, considera a flexibilidade presente ponderando os fluxos de caixa pelas respectivas probabilidades,

considerando também as eventuais opções, como de abandono por exemplo, nas fases intermediárias da vida do projeto, e descontando os fluxos pela taxa de desconto apropriada, como no caso do VPL.

A um primeiro nível de análise, de fato, ambas as técnicas (DTA e TOR), propõem-se a avaliar o investimento no caso que a gestão seja “dinâmica”, ou seja consideram as flexibilidades existentes, e diferentemente das metodologias apresentadas nos parágrafos acima, utilizam um procedimento de cálculo do tipo “programação dinâmica”, iniciando pelo valor terminal da árvore e calculando para trás, da direita para a esquerda da árvore, até chegar ao valor inicial, ou seja o valor presente do projeto. Estas analogias entre as duas abordagens levou muitos a se perguntarem quais seriam as vantagens da TOR em relação a DTA, que é muito mais difundida e certamente requer modelos matemáticos muito menos complexos.

A primeira diferença significativa está relacionada a capacidade de detalhamento na modelação da flexibilidade. Enquanto a TOR, em função dos vínculos determinados pelos problemas de cálculo dos modelos, limita-se a considerar somente uma ou duas variáveis aleatórias (Trigeorgis, 1998), a DTA permite trabalhar com mais variáveis aleatórias, mas pagando pelo excesso de detalhe com uma maior imprecisão nos resultados. Portanto, enquanto a TOR concentra-se mais na “complexidade dinâmica”, a DTA focaliza mais a “complexidade do detalhe” (Smith & Nau, 1995).

Porém, uma complicação é que a árvore de decisão pode facilmente tornar-se incompreensível, com um número excessivo de nós, quando o projeto prevê numerosos nós onde efetuar determinadas decisões. Para cada um destes nós a árvore gera dois ou mais ramos subsequentes que se propagam para frente multiplicando o número de possíveis caminhos a serem calculados.

O terceiro e principal limite da DTA é inerente ao problema fundamental que caracteriza todos os métodos ligados ao FCD : a escolha da taxa de desconto. Quando em um investimento se incluem as opções, o perfil de risco do investimento fica alterado e a taxa de desconto deve ser recalculada.

Em presença da flexibilidade, ou seja com diversas opções de abandono, de diferimento presentes nas várias fases do investimento, por exemplo, o perfil de risco fica de consequência alterado. Esta situação requer em teoria a aplicação de uma taxa de desconto diferente para cada ramo da árvore, coisa de fato muito complexa , se não até impossível de praticar na realidade. A árvore de decisão, utilizando uma taxa de desconto constante, não coerente com as novas características do risco, não pode fornecer em geral resultados corretos, e tenderá a superestimar ou subestimar o valor dos projetos.

A avaliação pela TOR é completamente isenta deste tipo de problemas relacionados ao risco e a taxa de desconto, enquanto se apóia em uma das maiores inovações que derivam da teoria das opções : a avaliação neutra em relação ao risco. Utilizando exclusivamente a taxa de juros livre de risco, e as respectivas probabilidades neutras ao risco, a avaliação pela TOR é imune a estes problemas e não requer a definição de uma taxa de desconto exógena ao modelo.

Para distinguir as diferenças entre os métodos pelo VPL, pela análise de árvore de decisões (DTA) e pela precificação das opções (TOR), vamos fazer um exemplo numérico de um projeto de investimento estruturado em duas fases sucessivas (cfr. Fig. 27). O projeto prevê um investimento inicial de \$ 50 (os valores são em milhões) e a administração estima que no ano seguinte podem ocorrer dois cenários :

Em caso de evolução favorável das condições económicas (70% probabilidade) o investimento adicional será de \$ 50 e os fluxos de caixa esperados no ano 2 serão de \$ 180 (80% probabilidade) ou de 140 (20% probabilidade)

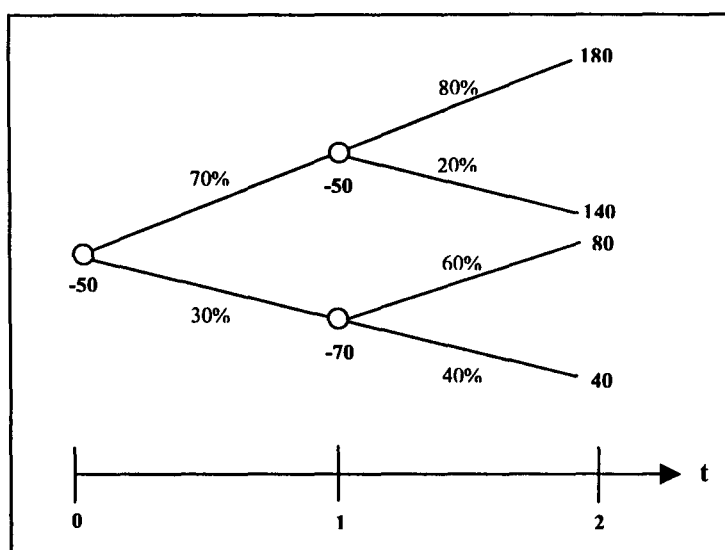
Se a evolução for negativa, o investimento adicional será de \$ 70 e os fluxos de caixa no ano 2 serão de \$ 80 e \$ 40, com probabilidades respectivamente de 60% e 40%.

A taxa de desconto é estimada em 20%.

Na ausência de flexibilidade, o valor do projeto pelo método do VPL é :

$$VPL = \left[ \frac{180}{1,2^2} \cdot 80\% + \frac{140}{1,2^2} \cdot 20\% - \frac{50}{1,2} \right] \cdot 70\% + \left[ \frac{80}{1,2^2} \cdot 60\% + \frac{40}{1,2^2} \cdot 40\% - \frac{70}{1,2} \right] \cdot 30\% - 50 = -\$10,6$$

**Figura 27 : Avaliação pela Árvore de Decisão (sem flexibilidade)**



Fonte : Gianluca Catignani

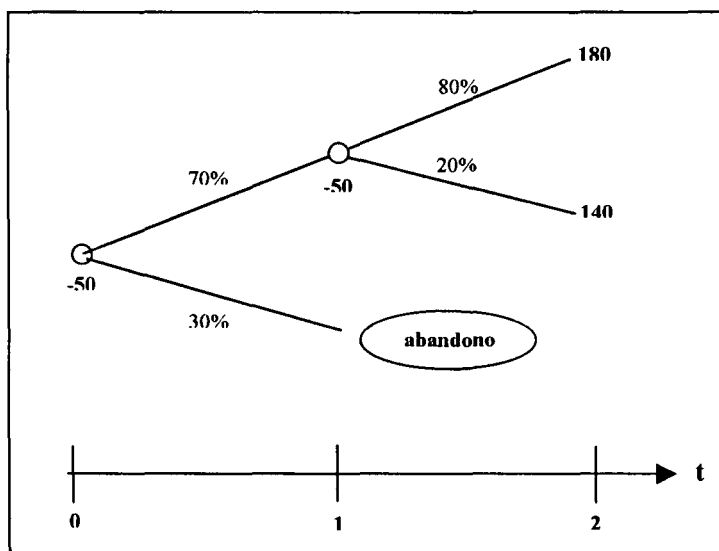
No caso que o projeto admite a possibilidade de abandono depois do primeiro ano, renunciando ao segundo investimento, neste caso a DTA permite avaliar a flexibilidade presente no projeto e indica qual deve ser a estratégia ótima para maximizar o valor global do investimento, ou seja deve abandonar o projeto caso a evolução tenha sido negativa no ano 1, conforme figura 28 na pagina a seguir.

Na presença de flexibilidade, o valor do projeto pelo método do DTA é :

$$VPL = \left[ \frac{180}{1,2^2} \cdot 80\% + \frac{140}{1,2^2} \cdot 20\% - \frac{50}{1,2} \right] \cdot 70\% - 50 = -\$5,0$$

Com base nesta avaliação da DTA o valor da opção de abandono é igual a  $-5 - (-10,6) = 5,6$  milhões.<sup>19</sup>, mas o projeto mesmo assim não deveria ser iniciado, enquanto o VPL continua negativo.

**Figura 28 : Avaliação pela Árvore de Decisão (com flexibilidade)**



Fonte : Elaborada pelo autor

A DTA, neste caso, não considera um aspecto muito importante : o projeto, incluindo a opção de abandono, tem um perfil de risco diferente em relação ao projeto base, e é portanto errado aplicar a mesma taxa de desconto. Pelo fato da opção de abandono ser avaliada como uma put, como uma forma de contrato de seguro contra possíveis eventos negativos, claramente a mesma reduz o nível de risco do projeto e deverá-se utilizar de conseqüência uma taxa de desconto inferior. Basta utilizar uma taxa de 15% para obter um VPL praticamente nulo, e aplicando uma taxa de 10% se obtém até um VPL positivo de \$ 6 milhões.

Neste caso, utilizando-se na DTA a taxa de desconto mais alta, a qual seria apropriada para o projeto base sem flexibilidades, se **subestima** o valor do projeto, cujo risco é reduzido pela presença da opção de abandono. A DTA não fornece nenhuma indicação sobre qual deveria ser a taxa de desconto apropriada e deixa a escolha a um juízo subjetivo.

<sup>19</sup> VPL expandido = VPL estático + Valor da opção de abandono  $\rightarrow -5 = -10,6 + 5,6$

No caso da abordagem pela TOR utilizando a taxa de juros livre de risco, inferior a taxa de desconto de 20% do projeto base, e as probabilidades neutras ao risco, chega-se a um VPL expandido maior daquele calculado pela DTA, enquanto esta última subestimou o valor do projeto.

Em síntese duas são as variáveis quantitativas que os administradores deve ser capaz de avaliar : os ativos e as oportunidades. O FCD, e suas adaptações, representam um instrumento válido para avaliar as primeiras em um ambiente estável, mas fornece resultados incorretos quando aplicada em situações caracterizadas pela presença de irreversibilidade, incerteza e flexibilidade dos investimentos. Mais ainda, é inadequado para avaliar as oportunidades, enquanto os administradores geralmente recorrem à própria experiência pessoal.

As árvores de decisão, mesmo representando um passo para frente em busca de avaliações mais corretas, permanecem limitadas aos problemas ligados à escolha da taxa de desconto apropriada, e portanto como vimos no exemplo acima é inadequado para avaliar as oportunidades. O instrumento mais valido, para calcular corretamente o valor dos ativos e as oportunidades ligadas aos investimentos nas situações elencadas no parágrafo acima é a técnica das Opções Reais.

Existem, porém, algumas limitações, que devem ser consideradas no modelo das opções reais e que elencamos no capítulo a seguir.

### 3.6 Limitações na Análise das Opções Reais

A teoria das opções reais é a extensão da teoria das opções financeiras ao “mundo tangível e real”, relacionado às avaliações de decisões de investimento das empresas. Todavia, os contratos de derivativos negociados nas bolsas são estandardizados, enquanto que as opções reais devem ser identificadas e avaliadas singularmente.

A complexidade do modelo das opções reais é um dos pontos observados por Lander & Pinches (1998) como um fator que o tem levado à não utilização em larga escala por administradores que lidam com decisões de investimento. Outro motivo apontado pelos autores do baixo índice de utilização do modelo são as hipóteses requeridas que não são preservadas em boa parte dos projetos de investimentos encontrados pelas empresas.

A equação de Black-Scholes (B-S), apresenta os principais fatores que influenciam o valor da opção e que foram analisados anteriormente no capítulo 2:

<b>Opção de compra de ação (Call Option)</b>	<b>Oportunidade de Investimento</b>
Valor de Mercado do Ativo (S)	Valor Presente dos Fluxos de Caixa do Projeto (V)
Preço de exercício (X)	Investimento inicial (I)
Tempo para a maturidade (T)	Tempo até a oportunidade de investimento desaparecer (T)
Incerteza relativa ao preço da ação ( $\sigma$ )	Incerteza relativa ao valor do projeto ( $\sigma$ )
Taxa de juros sem risco (r)	Taxa de juros sem risco (r)

Apresentamos a seguir os principais problemas que podem ocorrer na adaptação da fórmula de B-S no contexto das opções reais, quando as hipóteses requeridas não são preservadas:

1. O ativo subjacente não é negociado : Como vimos anteriormente no âmbito das opções reais o valor do ativo subjacente (S) é o valor econômico do negócio ou projeto objeto de avaliação. Como este ativo não é negociado no mercado, ocorre estimar o valor do mesmo através de técnicas como o fluxo de caixa descontado ou múltiplos de mercado. O Modelo B-S é baseado na hipótese que seja possível replicar um portfolio de ativos subjacentes e um volume de empréstimo livre de risco, de maneira que a arbitragem determine o valor justo da opção (Hull, 1997). Quando a hipótese de perfeita negociação do ativo não é possível alguns autores sugerem algumas adaptações do modelo. Trigeorgis (1998), sugere a escolha de um ativo gêmeo (*twin security*), que seja perfeitamente correlacionado com o valor do ativo real. Mason & Merton (1985), assumem que o valor do ativo deveria ser tratado como se fosse negociado no mercado. A racionalidade, destes pesquisadores, é que o ativo real contribuiu para o valor de mercado da empresa negociada, e portanto o ativo real deveria ser tratado como se fosse por si mesmo negociado. Portanto, é necessário muito cuidado na interpretação deste valor.

2. O preço do ativo subjacente segue um processo contínuo : O modelo B-S se baseia na hipótese que o preço do ativo subjacente segue um processo contínuo (não tem saltos) ou que por variações infinitesimais em  $t$  a distribuição de probabilidade dos preços segue uma distribuição lognormal padronizada. Todavia se ocorrem saltos nos preços, a distribuição segue uma distribuição de probabilidade de Poisson, o que requer inputs subjetivos das probabilidades dos saltos dos preços (Upper-limit e Lower-Limit) e da variância das estimativas dos saltos (Hull, 1997). Como de fato, em muitos casos de opções reais, a hipótese acima é violada, o modelo tenderá a sub-avaliar opções que estejam “fora-do-dinheiro”. Uma solução seria utilizar estimativas das variâncias mais elevadas para avaliar opções “fora-do-dinheiro” e utilizar estimativas das variâncias menos elevadas para avaliar opções “dentro-do-dinheiro”. O caso extremo seria utilizar o modelo

que permite a possibilidade de saltos nos preços, mas o modelo fica extremamente complexo.

3. A Variância ( $\sigma^2$ ) é conhecida e é constante durante a vida da opção : A variância ou por

simplicidade o desvio padrão, que mede a volatilidade, é um dos elementos que mais influenciam o valor de uma opção, enquanto ao crescer das oscilações do valor do ativo subjacente, maior será a possibilidade que a opção se torne “dentro-do-dinheiro”.

Todavia, enquanto que nas opções financeiras é possível calcular a mesma volatilidade das variações nos rendimentos dos preços de mercado do ativo financeiro, ou utilizando a volatilidade implícita (ou histórica) (Hull, 1997), no caso das opções reais é necessário proceder de maneira diferente. Por exemplo, se o valor do projeto depender do preço de uma matéria prima, é possível utilizar as variações dos preços nas transações obtidas nos mercados regulares. Se isto não for possível, e o objeto for um negócio de uma empresa cujas ações são negociadas no mercado financeiro, então se pode usar a volatilidade no preço das ações de empresas “similares” no modelo (como uma proxy).

No caso limite que não existem empresas similares, então se pode utilizar uma simulação “Montecarlo” para gerar uma distribuição probabilística dos fluxos de caixa descontados do projeto ou negócio, e a partir da mesma calcular o desvio-padrão do valor médio esperado.

Em todos os casos, o gestor tem sobre controle esta variável importante do modelo, através do cálculo do coeficiente “Vega”. “Vega” é a derivada parcial do valor da opção com relação a volatilidade do ativo subjacente. Mede portanto, as variações esperadas do valor da opção para cada unidade de variação na volatilidade do coeficiente “vega”. Neste sentido é um índice de risco (Hull, 1997). Este coeficiente permite medir, seja o erro que se pode cometer na utilização de uma volatilidade errada, seja como impactam variações futuras da volatilidade no valor da opção.

4. O Exercício da opção é pontual (Opção Simples) : O modelo B-S baseia-se na avaliação de uma opção simples. Esta assunção pode ser difícil de verificar-se no caso de opções reais, no caso por exemplo que o exercício da opção possa requerer a construção de uma planta ou plataforma de exploração de petróleo. O fato que o exercício requer tempo, implica que o preço de exercício, onde no caso das opções reais representam os custos do investimento, não seja necessariamente fixo. O preço de exercício pode crescer no tempo devido ao efeito da inflação, ou outros fatores, mas pode até diminuir em seguida de inovações tecnológicas, fase do ciclo do setor ou outros fatores exógenos.

5. Distribuição de dividendos : Qualquer pagamento sob a forma de dividendos reduz o valor do ativo real, enquanto se distribui valor, e contemporaneamente diminui a probabilidade que a opção se torne “dentro-do-dinheiro”. Enquanto pode-se efetuar retificações no caso de opções financeiras, no caso de opções reais isto se torna mais difícil.

Todos os problemas apresentados acima, são na realidade uma oportunidade para os gestores incorporarem no modelo das opções reais as complexidades que caracterizam o ambiente econômico em que operam e, uma solução aos mesmos determinará uma escolha mais precisa da aceitação ou não de determinadas oportunidades de investimento.

Cabe, porém, ressaltar que existe uma relação inversa entre a crescente complexidade dos modelos e a implementação prática dos mesmos. O “bottom line” é que existem retornos decrescentes para um excessivo refinamento do modelo. A exatidão e a complexidade matemática devem ser trocadas por uma maior aplicabilidade dos modelos de avaliação de opções reais. As limitações dos modelos, dada a complexidade da realidade, não devem ser um elemento para favorecer o abandono da aplicação dos mesmos. Os tomadores de decisão devem estar cientes que o valor das opções reais são mais estimativas do “verdadeiro” valor das opções, e na realidade seria desnecessário obter valores pontuais e exatos das opções

reais, enquanto a análise das opções reais deveria servir para guiar a tomada de decisão. É necessário conhecer os valores relativos das diferentes alternativas e opções nos projetos, não o valor exato para tomar uma decisão. O objetivo da TOR é guiar e orientar os administradores na tomada de decisões de investimento dentro de um contexto dinâmico e com incerteza.

Neste sentido, um ponto muito importante ao selecionar projetos que serão avaliados pelo modelo das opções reais é verificar se determinadas características necessárias ao projeto de investimento se fazem presentes. A utilização do modelo de opções reais se torna necessário, segundo Amran e Kulatilaka (1995a), quando um ou mais dos seguintes critérios se faz presente :

- Existe uma decisão de investimento contingente
- A incerteza é grande o bastante de forma que o adiantamento do investimento, até que se tenham mais informações possa ser necessário, evitando o gasto em investimentos irreversíveis (*sunk costs*)
- O valor do projeto é capturado em grande parte pela opção de possíveis expansões, em vez de fluxos de caixa esperados
- A incerteza é grande o bastante de forma a tornar a flexibilidade de investir um importante fator a ser considerado
- Existirão renovações no projeto e correções de estratégia ao longo da vida do projeto

Na mesma linha, Damodaran (2000), aponta testes chaves que precisam ser verificados para reconhecer opções implícitas em projetos de investimento :

- O primeiro investimento é um pré-requisito para o último investimento ? Se não, quão necessário é o primeiro investimento para o último investimento?

- A empresa possui um direito exclusivo no último investimento? Se não, o investimento inicial fornece a firma uma vantagem competitiva significativa nos investimentos subsequentes ?
- As vantagens competitivas são sustentáveis ?

## **APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO PELA TOR NA EMPRESA DE SEGUROS**

### **4.1 O Potencial do Mercado de Seguros na América Latina**

Embora a análise dos projetos de investimento pela TOR tem sido aplicado em grande parte na indústria petrolífera, de mineração, farmacêutica e de biotecnologia, setores de serviços, como o setor de seguros representa um outro importante segmento da economia que pode utilizar a técnica das opções reais para avaliar as oportunidades de investimento.

A importância do setor de seguros, a nível mundial, pode ser resumido pelos volumes de prêmios arrecadados em 2001, que segundo os últimos dados disponíveis pelo estudo da Swiss-RE (2002), somaram USD 2.408 bilhões. Deste total, USD 1.439 bilhões foram angariados através dos ramos Vida e USD 969 bilhões através dos Ramos Elementares. Assim como foi nos anos anteriores, os países industrializados continuam dominando o mercado global de seguros, representando 90% do total do faturamento. Também, em 2001, os mercados seguradores mais importantes no mundo foram os Estados Unidos (USD 904 bilhões) e o Japão (USD 446 bilhões), seguidos pelos grandes mercados europeus do Reino Unido (USD 218 bilhões) Alemanha (USD 124 bilhões) e França (USD 114 bilhões).

A tabela 4 na página a seguir apresenta a classificação dos dez maiores mercados de seguros no mundo e a posição do Brasil neste contexto. Pode-se destacar como o mercado americano representa 37,5% do mercado mundial de seguros, e o seu faturamento é 90 vezes maior do que o volume registrado no Brasil. Ao mesmo tempo em que os dados revelam um

certo atraso do setor de seguros brasileiro em relação ao mercado exterior, as perspectivas e o potencial do mercado brasileiro é promissor para as seguradoras que operam no Brasil.

**Tabela 4 : Ranking Mundial do Mercado de Seguros**

Valores em USD milhões

País	Rank 2001	Prêmios 2001	Market Share (%)	Rank 2000	Prêmios 2000	Market Share (%)	Var. % 01/00
Estados Unidos	1	904.021	37,5%	1	859.476	35,2%	5,2%
Japão	2	445.845	18,5%	2	503.712	20,6%	-11,5%
Reino Unido	3	218.380	9,1%	3	246.899	10,1%	-11,6%
Alemanha	4	123.682	5,1%	4	123.730	5,1%	0,0%
França	5	113.596	4,7%	5	120.890	4,9%	-6,0%
Itália	6	68.988	2,9%	6	63.062	2,6%	9,4%
Coréia do Sul	7	50.537	2,1%	7	58.350	2,4%	-13,4%
Canadá	8	45.312	1,9%	8	46.038	1,9%	-1,6%
Países Baixos	9	37.209	1,5%	10	36.842	1,5%	1,0%
Espanha	10	36.441	1,5%	9	34.679	1,4%	5,1%
<b>BRASIL</b>	<b>24</b>	<b>10.775</b>	<b>0,4%</b>	<b>19</b>	<b>12.554</b>	<b>0,5%</b>	<b>-14,2%</b>
<b>TOTAL MUNDO</b>		<b>2.408.252</b>	<b>100,0%</b>		<b>2.443.673</b>	<b>100,0%</b>	<b>-1,4%</b>

Fonte : Swiss-Re (2002)

Continuando a comparação, e considerando sempre os valores em dólares USD, nos Estados Unidos o setor representa de 8 a 9 por cento do PIB, enquanto aqui no Brasil, o índice de penetração do setor de seguros, oscila entre 2% e 3%. Este baixo índice de penetração no Brasil, assim como no resto da América Latina, deve-se principalmente a baixa renda per capita, que na média no Brasil fica em modestos USD 3.430<sup>20</sup>. Se compararmos este ultimo valor ao registrado pelo Coréia do Sul de USD 8.490, a qual tem a menor renda per capita entre os dez primeiros países do ranking, entendemos melhor a posição brasileira no contexto mundial.

A tabela 5, da pagina seguinte, demonstra a divisão por continentes e blocos econômicos do mercado segurador mundial, e fica evidente quanto exposto nos parágrafos anteriores. Os países industrializados representam 90,13% do total de prêmios arrecadados no

<sup>20</sup> Se considerarmos a mediana, que reflete melhor a situação demográfica do Brasil, ao invés da media, este valor cai drasticamente e o acesso à cobertura de seguros fica ainda mais restrito para a maioria da população brasileira.

mundo, com um índice de penetração do setor de seguros de 9,01 % e um índice de densidade (Prêmios per capita) de USD 2.314,9, enquanto os países emergentes, que incluem o Brasil, representam 9,87% e com um índice de penetração e de densidade de 9,87% e USD 45,7 respectivamente.

**Tabela 5 : Prêmios de Seguros por Continentes e Blocos Econômicos**

	Prêmios (USD m)	Variação (em %) ajustado inflação	Market Share Mundial (em %) 2001	Prêmios <sup>1</sup> em % do PIB 2001	Prêmios <sup>1</sup> per capita (em USD) 2001
<b>America</b>	<b>990.542</b>	<b>2,4</b>	<b>41,13</b>	<b>7,81</b>	<b>1201,4</b>
America do Norte	949.334	2,2	39,42	8,8	3084,0
America Latina e Caribe	41.208	6,7	1,71	2,17	79,8
<b>Europa</b>	<b>762.398</b>	<b>-2</b>	<b>31,66</b>	<b>7,84</b>	<b>918,8</b>
Europa Ocidental	739.665	-2,4	30,71	8,31	1542,4
Europa Central/Oriental	22.733	15,3	0,94	2,83	67,8
<b>Asia</b>	<b>595.124</b>	<b>2,5</b>	<b>24,71</b>	<b>7,6</b>	<b>162,6</b>
Japão	445.845	0,8	18,51	11,07	3507,5
Asia do Sul e Leste	138.517	8,3	5,75	4,4	42,5
Medio Oriente/Asia Central	10.762	12,2	0,45	1,64	39,6
<b>Africa</b>	<b>24.551</b>	<b>4,1</b>	<b>1,02</b>	<b>4,54</b>	<b>30,1</b>
<b>Oceania</b>	<b>35.637</b>	<b>-1,9</b>	<b>1,48</b>	<b>8,56</b>	<b>1172,6</b>
<b>Mundo<sup>2</sup></b>	<b>2.408.252</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>7,83</b>	<b>393,3</b>
Países Industrializados <sup>3</sup>	2.170.480	0,2	90,13	9,01	2314,9
Países Emergentes <sup>4</sup>	237.771	8,2	9,87	3,37	45,7
OECD <sup>5</sup>	2.240.454	0,1	93,03	8,82	1968,9
G7 <sup>6</sup>	1.919.825	0,1	79,72	9,27	2739,7
EU <sup>7</sup>	697.338	-2,7	28,96	8,41	1762,9
NAFTA <sup>8</sup>	960.510	2,3	39,88	8,42	2359,6
ASEAN <sup>9</sup>	14.951	8,9	0,62	2,75	32,3

<sup>1</sup> Excluindo riscos "cross-border" (excepto "Mundo")  
<sup>2</sup> Penetração Seguros (prêmios como % do PIB) e densidade (prêmios per capita) incluindo negócios "cross-border"  
<sup>3</sup> America do Norte, Europa Ocidental, Japão, Oceania  
<sup>4</sup> America Latina, Europa Central e Oriental, Asia do Sul e Leste, Medio Oriente/Asia Central, Africa  
<sup>5</sup> 29 países membros  
<sup>6</sup> US, Canada, UK, Alemanha França, Italia, Japão  
<sup>7</sup> 15 países membros  
<sup>8</sup> US, Canada, Mexico  
<sup>9</sup> Singapura, Malásia, Tailândia, Indonésia, Filipinas, Vietnam. Os três remanescentes países membros (Brunei, Laos and Myanmar) não estão incluídos.

Fonte : Swiss-Re (2002)

Como as contratações de apólices de seguro estão ligadas diretamente às condições financeiras das pessoas, tudo justificaria um baixo potencial do mercado segurador brasileiro ou da América Latina em geral. Todavia, a complexa realidade socioeconômica do país tem extremos, e eles servem de explicação para o avanço rápido do ramo segurador e também para suas dificuldades. A estabilidade da economia permitiu que as classes média e alta (esta sempre usufruiu de apólices de seguro) contratassem seguros para se sentirem mais protegidas contra a escalada da violência, especialmente nos grandes centros urbanos. Não é a toa que os segmentos de vida e de automóveis são os mais procurados nas categorias de seguro individual. Juntos somaram uma arrecadação de R\$ 15,33 bilhões, no Brasil, em 2002.

Em geral o crescimento da economia e do setor de seguros são correlacionados positivamente. O segmento de Ramos Elementares interage com os investimentos do mercado imobiliário, a produção e o consumo, enquanto o segmento de Ramos Vida é correlacionado ao nível de renda e ao patrimônio. A tendência observada a nível mundial é de um crescimento do setor de seguros maior do que o crescimento da economia global (em termos do PIB), e no caso da América Latina este crescimento (em 2001, 6,7%) é ainda maior do que nos países industrializados. Nos últimos cinco anos, os Ramos Vida registraram um crescimento quase quatro vezes superior ao crescimento do PIB. A Tabela 6 apresenta os índices de crescimento (1995-2000) para os principais países da América Latina.

**Tabela 6 : Taxa de Crescimento do PIB e do Setor de Seguros na América Latina**

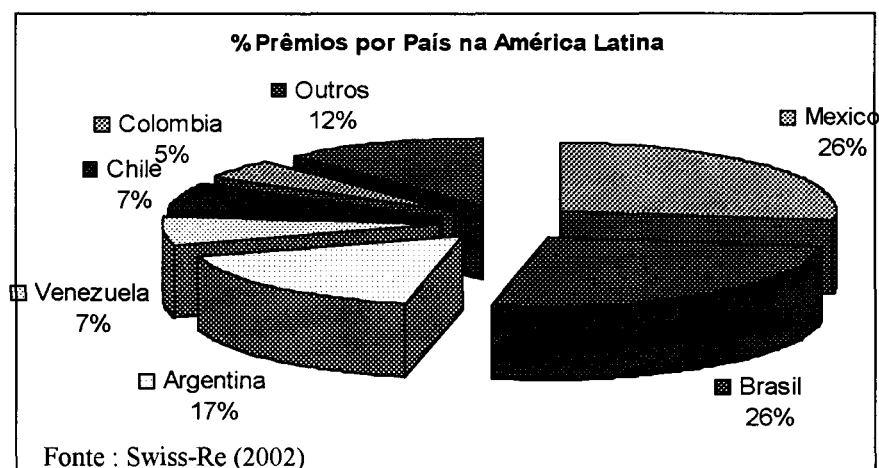
<b>Taxa de Crescimento* Maiores da América Latina e Caribe</b>	<b>PIB</b>	<b>Total Prêmios</b>	<b>Prêmios Ramos Elementares</b>	<b>Prêmios Ramos Vida</b>
Mexico	5,5%	10,2%	4,1%	19,3%
<b>Brasil</b>	<b>2,3%</b>	<b>2,9%</b>	<b>3,0%</b>	<b>2,9%</b>
Argentina	2,6%	6,6%	2,6%	15,8%
Venezuela	0,6%	1,9%	2,0%	-0,4%
Chile	4,5%	7,5%	-0,4%	11,9%
Colombia	0,9%	2,3%	0,2%	9,8%
<b>Total</b>	<b>3,0%</b>	<b>5,1%</b>	<b>2,7%</b>	<b>11,7%</b>

\* Taxa de Crescimento Real anual (média)

Fonte : Swiss-Re (2002)

Dos 22 países considerados da América Latina e Caribe, 15 registraram em 2001 um volume de prêmios superior a USD 100 milhões, enquanto os seis maiores considerados na tabela acima superaram a marca de USD 1 bilhão. Como demonstra o gráfico abaixo, estes 6 maiores representam 88% do total do faturamento da região.

**Figura 29 : Distribuição dos Prêmios por País na América Latina**



O crescimento acentuado no segmento dos Ramos Vida, em países como México, Argentina, Chile e Colômbia, deu-se principalmente em função das reformas do sistema da previdência ocorridas nestes países. Ao lado do Chile, onde o sistema foi reformado já a partir do início dos anos 80 (1981), seguiram as reformas na Colômbia (1994), Argentina (1994) e México (1997). A reforma do sistema da previdência, prevista no Brasil pelo atual governo, representará um novo potencial de crescimento para as seguradoras. O setor de seguros obtém uma vantagem da reforma do sistema da previdência, enquanto os fundos de pensão transferem os riscos de morte e invalidez (com a exceção do México), para o setor de seguros.

Um confronto entre o crescimento dos prêmios relacionados ao segmento de previdência e o crescimento dos prêmios dos outros Ramos Vida demonstra o impacto positivo produzido pelas reformas acima. Nos últimos cinco anos, na Argentina e Colômbia, os prêmios inerentes os seguros de renda cresceram respectivamente, duas e sete vezes mais

do que os registrados nos outros Ramos Vida. No México, depois da reforma em 1997 registrou-se um crescimento triplo dos prêmios de seguros de renda comparado ao registrado nos outros Ramos Vida. No Chile, a porcentagem dos prêmios de seguros de renda sobre o total dos prêmios dos Ramos Vida é 76%, na Argentina 48%, e na Colômbia de 34%. No México, esta porcentagem é ao redor de 25%.

Este crescimento acentuado, sobretudo nos Ramos Vida, como vimos nos parágrafos acima, e o potencial ainda a ser explorado, atraiu um grande volume de capital estrangeiro. Enquanto no início dos anos 90, nestes principais mercados da América Latina, estavam presentes quase exclusivamente companhias nacionais, nos anos seguintes a liberalização e a estabilidade econômica, a situação mudou drasticamente. Varias multinacionais de seguros, instalaram-se nos países da América Latina, através de operações de aquisição ou de “Joint-Ventures” com bancos ou outras seguradoras, de maneira tal que as seguradoras estrangeiras mais que dobraram a sua participação no mercado (market share) na América Latina.

Nos Ramos Elementares a participação do mercado das seguradoras estrangeiras varia de 30% no Brasil para até 70% no Chile. Nos Ramos Vida varia de 30% na Colômbia até 80% na Argentina. O maior numero de seguradoras estrangeiras localizam-se na Argentina e México. Um total de 25 seguradoras estrangeiras nos Ramos Vida estão ativas na Argentina, e juntas detém, 80% do mercado de seguros argentino. O México tem um numero similar de seguradoras estrangeiras mas com uma menor participação no mercado de seguros. Enfim, no Brasil a participação das seguradoras estrangeiras passou de 20% para 35% nos últimos cinco anos.

Esta expansão estratégica das empresas de seguros estrangeiras, em países da América Latina, pode ser explicada por vários fatores, e justificar estas estratégias de expansão por meio de uma avaliação baseada na teoria das opções reais pode explicar melhor porque muitos dos projetos de expansão, através de operações de aquisição e “Joint-Ventures”

efetuados por muitas seguradoras estrangeiras nos últimos anos, foram efetuados não obstante o VPL, ter resultado muito baixo ou até negativo em alguns casos. A avaliação pela TOR também justificaria, porque, algumas empresas estrangeiras pagaram um prêmio considerado alto demais pelo mercado, seguindo a metodologia de avaliação tradicional pelo VPL.

Cabe ressaltar este último ponto, considerando a operação de aquisição da seguradora mexicana Ahisa (Aseguradora Hidalgo) pela americana Metlife, em 20 de junho de 2002, pelo valor de USD 926 milhões. Atualmente, mais de 70% do mercado segurador mexicano está nas mãos das seguradoras estrangeiras. Considerando outro setor complementar ao de seguros, em termos de possível canal de distribuição dos produtos de seguros, 75 % do mercado bancário mexicano, está nas mãos de grupos estrangeiros. É muito difícil achar outro país emergente, onde ocorreram tantas aquisições e operações de “Joint-Venture” por grupos estrangeiros. Uma pergunta recorrente do mercado, após a aquisição da Ahisa pela Metlife, é se esta última pagou muito ou poucodemais.

O processo de venda da companhia mexicana se deu através de leilão fechado (sealed bid auction). Existiam outros pretendentes, e a companhia tinha ativos no valor estimado de USD 2 bilhões. Para muitos a oferta de USD 924 milhões era considerada alta demais, considerando também o fato que a segunda oferta mais alta por outro pretendente, era menor, e equivalente a USD 500 milhões. Porque então a Metlife ofereceria pagar quase o dobro em relação ao outro concorrente? A resposta a esta pergunta pode estar na metodologia de avaliação do investimento adotada pela Metlife.

Já consideramos, nos outros capítulos desta dissertação, a possibilidade de avaliar os projetos de investimento, como neste caso específico de um investimento estratégico em outro país, pelo método tradicional do VPL. Este valor calculado pelo método do VPL resultou num valor aproximado de USD 440 milhões. Com base neste valor calculado, podemos concluir que para o segundo concorrente o exercício da avaliação do investimento foi um exercício

simples. Mas isto implicaria em afirmar que o preço pago pela Metlife foi alto demais? A resposta é **negativa**. Para entender porque não, devemos analisar melhor a estratégia que a Metlife pretendia perseguir após a compra da Ahisa.

Após um ano da compra, a Metlife lançaria no mercado novos produtos dos Ramos Vida (Ahisa é a maior seguradora de Ramos Vida no México). Se esta opção (a presença desta flexibilidade, como vimos nos outros capítulos, aumenta o valor do investimento) fosse um sucesso (ou seja vale apenas exercer esta opção) então a Metlife prosseguiria expandindo seus negócios, podendo entrar no mercado da previdência, com outros produtos, no segundo ano e assim por diante.

Segue, portanto que podemos avaliar este processo de expansão estratégica, como uma serie de opções compostas (opções que interagem ao longo do projeto do investimento). Sabemos que as opções reais presentes neste projeto são por analogia similares as opções financeiras (a opção de expansão é similar a uma opção de compra e a opção de abandono ou contração a uma opção de venda), mas a diferença é que neste caso específico não existe uma estimativa valida da volatilidade do negócio, além do fato que as opções podem a princípio serem exercidas em qualquer momento e portanto não se pode utilizar a formula de Black-Scholes para avaliar as opções (esta formula funciona para opções simples do tipo europeia, e neste caso estão presentes no projeto opções do tipo americana que interagem).

No caso das opções reais, se o ativo não é regularmente negociado no mercado financeiro, fica difícil estimar a volatilidade e deve-se utilizar uma proxy de volatilidade (por exemplo a volatilidade implícita das ações de outra seguradora negociada no mercado). No caso que, não existe uma proxy, deve-se recorrer às técnicas de simulação, como por exemplo a de Montecarlo, para reproduzir o comportamento do valor presente do projeto no tempo e estimar a sua taxa de retorno e a volatilidade (variância ou desvio padrão). Existem diferentes fontes de volatilidade no mercado de seguros e na página a seguir apresentamos algumas

delas. Estas fontes de volatilidade afetam principalmente os prêmios, os volumes e os sinistros de seguros.

De consequência, estas volatilidades se refletem na volatilidade dos fluxos esperados e enfim no valor presente do projeto de investimento.

Algumas destas fontes de volatilidade são as seguintes :

1. Mudanças nas condições gerais da economia, incluindo a evolução do mercado financeiro e das taxas de juros.
2. Mudanças inesperadas nas tendências dos segmentos industriais.
3. Sinistros de catástrofe.
4. Mudanças nas normas fiscais, contábeis, e da regulamentação que podem afetar os custos ou a demanda dos serviços e produtos oferecidos pelas empresas.
5. Diminuição no rating das empresas, que pode prejudicar a capacidade de captação de capitais para sustentar o crescimento dos negócios.

Incorporando o reflexo destas volatilidades em um único indicador da volatilidade do projeto pode-se encontrar a variância e o desvio padrão do projeto e que será um dado de entrada para avaliar corretamente a oportunidade de investimento segundo o modelo binomial das opções reais.

Mais adiante no capítulo 4.3, utilizaremos este procedimento de simulação de Montecarlo, para estimar a volatilidade das taxas de retorno do valor presente do projeto de investimento de expansão, dado as volatilidades dos prêmios, volumes e sinistros, para poder através do modelo binomial avaliar corretamente, considerando as possíveis opções presentes, o valor global do projeto. Será apresentado um caso hipotético, por razão de discrição das informações, para ilustrar melhor a lógica por trás da operação de expansão da Metlife. O resultado deste exercício aponta para o maior valor oferecido, pela Metlife e fornece uma

justificativa pelo preço pago pela aquisição. Se este for o caso, então porque a segunda seguradora concorrente não utilizou a mesma metodologia de avaliação baseada na TOR ?

A resposta está no fato que a segunda concorrente já oferecia estes produtos oferecidos pela Metlife, além de ser um grande “ market player” no mercado da previdência privada. Portanto, para a segunda concorrente, não existiam opções de expansão e de consequência, não existindo flexibilidade no projeto de investimento, o método de avaliação baseado no VPL era adequado e justificaria o menor preço oferecido por esta outra concorrente.

Em geral, as estrangeiras detêm uma maior participação nos Ramos Vida em função da crescente demanda por novos produtos após as privatizações dos sistemas de previdência. A tal respeito, as seguradoras estrangeiras podem capitalizar em cima da experiência feita em outros mercados mais maduros, introduzindo produtos até então desconhecidos na América Latina. Outra vantagem competitiva, em relação às companhias locais, é a solidez financeira dos grandes grupos estrangeiros, e que representa um elemento muito importante num contexto regional caracterizado por uma incerteza elevada, em função da volatilidade da taxa de inflação e de juros. Explica-se também, porque muitos clientes, preferem depositar a confiança das suas economias nas mãos de empresas com uma comprovada solidez financeira e com uma marca reconhecida a nível mundial, do que confiar nas seguradoras locais.

Inicialmente, a estratégia de entrada das estrangeiras no mercado latino-americano, após o processo de abertura dos mercados, foi a constituição, ou a expansão de subsidiárias ou a aquisição de empresas menores locais. Exemplos de seguradoras estrangeiras que seguiram este caminho, foram a Allianz, AIG e Zurich no México e na Argentina. Na segunda fase deste processo de expansão estrangeira, aquisições de grandes seguradoras locais ocorreram, como foi por exemplo a compra da Seguros Monterrey no México por parte da New York Life, a participação da ING no líder do mercado mexicano, a Comercial América. Outros

exemplos relevantes são participação majoritária da Generali no líder do mercado argentino Caja Seguros, e a parceria estratégica de “Banco-Seguros” entre a AIG e Unibanco no Brasil.

Na América Latina, a concorrência crescente deu origem a diversas inovações nos canais de distribuição dos produtos de seguros. A mais importante foi a distribuição dos produtos de seguros, previdência e capitalização através do canal bancário, e a internet como meio complementar de suporte as vendas. Mesmo sendo o canal tradicional dos corretores, agentes e representantes o mais representativo (85%) dos canais de distribuição, nos últimos anos ocorreram muitas operações “cruzadas” de parcerias entre bancos e seguradoras (cross-border cooperations). Estas operações cruzadas se dão por meio do controle acionário de seguradoras locais por parte de bancos estrangeiros ou vice-versa por meio de controle acionário de bancos locais por parte de seguradoras estrangeiras. Neste último caso a motivação estratégica desta expansão geográfica é a possibilidade de poder explorar canais de distribuição alternativos. Sempre segundo os últimos estudos da Swiss-Re (2002), os canais alternativos representados pelos bancos, ou grandes centros comerciais representam 13% dos canais de distribuição, enquanto os canais diretos como internet, telemarketing, e concessionárias de automóveis representam somente 2%.

O melhor exemplo no Brasil desta parceria “cruzada” é aquela entre a AIG e o Unibanco. A americana AIG explora a vasta rede de filiais do Unibanco para vender seus produtos de seguros. A seguradora Generali e o banco Sudameris, constituíram uma nova empresa, a Sudameris-Generali, com participação de 50% do capital por parte de ambas, para a venda exclusiva de produtos de previdência e vida. Os bancos HSBC e ABN-Amro, através da compra dos bancos locais brasileiros, Real e Bamerindus, herdaram o controle das seguradoras nacionais que estavam ligadas aos bancos nacionais. O caso inverso ocorreu, invés no caso da Allianz e Winterthur, que terminaram suas longas parcerias estratégicas com a Bradesco e Itaú respectivamente.

No México, os acordos de “Banco-Seguros” foram maiores ainda. As seguradoras Aetna e Aegon formaram novas parcerias estratégicas com bancos nacionais, Bancomer e Banamex respectivamente. A Generali com o Banorte, a ING com a Bital e o BBVA com o Probursa.

Em geral, a venda de produtos de seguros através do canal bancário é vantajosa para todas as partes envolvidas. O cliente aproveita a compra de produtos relativamente simples com a conveniência de poder debitar diretamente na conta corrente o pagamento dos prêmios. Ao mesmo tempo, os bancos deslumbram novas oportunidades de ampliar a oferta de produtos oferecidos aos seus clientes e aumentar a fidelização dos mesmos. Os bancos conseguem aumentar a eficiência da própria rede de filiais, enquanto as seguradoras conseguem reduzir os seus gastos de comercialização, dado que o custo de intermediação através deste canal de distribuição é menor do que é praticado através do canal tradicional dos corretores.

A tabela 7 abaixo apresenta um resumo das vantagens para todas as partes envolvidas nos acordos de “Banco-Seguros” :

**Tabela 7 : Vantagens para as Partes Envolvidas em Acordos de “Banco-Seguros”**

<b>Cliente</b>	<b>Banco</b>	<b>Seguradora</b>
Acesso Simples	Comissões de intermediação	Acesso a novos segmentos de clientes
Produtos Simples	Ampliação dos produtos oferecidos	Despesas de comercialização menores
Produtos mais econômicos	Conquista de novos clientes	Acesso ao banco de dados dos clientes
Pagamento simplificado	Fidelização dos clientes	Acesso a uma ampla rede de distribuição
“Compra única” de diversos produtos	Otimização da rede de filiais	Cobrança simplificada

É possível prever que este canal de distribuição alcance cada vez mais importância nos mercados da América Latina, como ocorre nos mercados europeus, porém é importante

considerar os aspectos jurídicos distintos em cada país que regulamentam os acordos de “banco-seguros”. A seguir apresentamos um resumo da regulamentação :

**Tabela 8 : Regulamentação dos Acordos de “Banco-Seguros” na América Latina**

<b>País</b>	<b>Regulamentação</b>
Argentina	Na Argentina a venda das apólices de seguros ocorre por meio da intermediação de agentes ou corretores. As companhias de seguros são separadas entre os Ramos Elementares e Ramos Vida.
Brasil	Só é permitido a venda de seguros por meio de corretores, e a intermediação nos bancos prevê a figura dos corretores.
Chile	No Chile é permitida a venda direta de apólices de seguros somente sob a condição de que a mesma se deu origem a partir da venda inicial de um produto bancário. Os bancos não podem ter o controle acionário das seguradoras, porém uma holding pode controlar, ao mesmo tempo, um banco e uma seguradora.
Colômbia	Situação análoga à Argentina, e os bancos não podem ter o controle acionário das seguradoras, porém uma holding pode controlar, ao mesmo tempo, um banco e uma seguradora.
México	No México a intermediação dos corretores não é obrigatória, porém os contratos devem ser assinados por um “agent of record”. As Holdings podem controlar ambas as seguradoras e bancos.
Venezuela	Os bancos podem vender apólices de seguros sob a condição que isto ocorra através de seguradoras que estão associadas aos corretores. Os funcionários de bancos não podem vender apólices de seguros.

Fonte : Tillinghast Towers Perrin (2000)

O mercado brasileiro é de importância estratégica para a maioria dos grandes grupos de seguros estrangeiros (Global Insurers) dada a importância e o tamanho do mercado na região. Todavia, o forte posicionamento competitivo de algumas grandes seguradoras locais, geralmente ligadas a grandes conglomerados financeiros (Bradesco, Itaú) dificultam a entrada para os grupos estrangeiros, especialmente quando as mesmas não dispõem de uma massa crítica de clientes e os canais de distribuição mais rentáveis já estão tomados. A saída para muitas seguradoras estrangeiras foi formar parcerias estratégicas.

Por outro lado, há o problema de falta de condições financeiras, por parte de uma boa parcela da população, que não tem acesso aos bancos para a compra de produtos financeiros

ou de seguros. Aproximadamente 40 milhões de brasileiros recebem um salário mínimo por mês, o que impede sua entrada neste mercado. Mas, é oportuno considerar alguns pontos ressaltados por uma pesquisa realizada por Enz Rudolf (2000), que demonstra a existência de uma correlação positiva em forma de curva a S, entre o bem-estar de um país (medido pela renda per capita) e o respectivo índice de penetração (medido pela relação entre volume global de prêmios arrecadados e o PIB). O que a pesquisa aponta é que um índice de penetração de seguros relativamente baixo constitui um alto potencial de crescimento. Este resultado, então favoreceria países como o Brasil e outros da América Latina. Um argumento a favor desta tese é dado pelo fato de que a renda per capita destes países da América Latina coloca-se numa faixa baixa, onde um crescimento da mesma provocaria um **aumento mais que proporcional** no índice de penetração, dado que a demanda por produtos de seguros é uma função não linear da renda per capita.

Existem três fases para explicar este fenômeno descrito no parágrafo acima. Quando a renda do consumidor é baixa, a demanda por produtos de seguros cresce lentamente (significa que a elasticidade da demanda é menor de um). A partir de uma certa faixa de renda, começa a crescer mais rapidamente (a elasticidade da demanda é maior de um). Finalmente, quando o mercado alcança um estágio de maturidade para aqueles produtos, o incremento se estabiliza. Mais precisamente, a demanda é inelástica a níveis baixos de renda, se torna elástica a certos níveis para se tornar de novo inelástica a níveis altos de renda.

Dado estas premissas do parágrafo anterior, para as seguradoras trata-se de desenvolver produtos de seguros específicos ou massificados, para as classes C e D da economia, para poder oferecer uma cobertura de seguros para a maioria da população e vencer a barreira da falta de renda. Todavia, para alcançar este objetivo estratégico, é necessário diminuir os custos de distribuição e de gestão das seguradoras de maneira a poder oferecer produtos atrativos do ponto de vista do preço final ao consumidor e ao mesmo tempo garantir

uma rentabilidade positiva para a seguradora. Por isso, além do preço baixo, outro pilar da venda de seguros massificada está na parceria com empresas que possam simplificar o processo.

As candidatas à parceiras estratégicas das seguradoras deverão deter dois elementos essenciais para garantir o sucesso da exploração deste segmento da população :

- um enorme cadastro de clientes
- um sistema de cobrança regular e simples.

Enquadram-se nesse perfil as fornecedoras de serviços públicos, como água, luz, gás e telefone, ou financeiras, lojas de departamentos, empresas de cartão de crédito, supermercados, postos de gasolina e redes de farmácia. Associações profissionais e clubes também têm sido parceiros preferenciais das seguradoras.

Concluindo, a chave do sucesso do lado da distribuição está na inovação dos produtos e na capacidade de saber “sintonizar” os produtos e os canais de distribuição entre eles, e ao mesmo tempo atender as necessidades dos clientes utilizando contemporaneamente diferentes canais de distribuição (sistemas multicanais). A segmentação dos clientes, continuará sendo um importante instrumento para explorar novos nichos de mercado.

## 4.2 Descrição da Gestão da Atividade de Seguros

Dado a característica peculiar da atividade de seguros, é necessário descrever como funciona o ciclo-econômico financeiro desta atividade. Assim sendo, pode-se entender melhor como se procedeu à avaliação de uma oportunidade de investimento no setor de seguros, conforme será demonstrado no capítulo seguinte.

O, *seguro* é a transferência do risco por meio da qual uma parte, o *segurado*, transfere a probabilidade de perda financeira para outra parte, denominada *companhia de seguros*.<sup>21</sup> Ao transferir as conseqüências financeiras das perdas para a companhia de seguros, os segurados trocam a possibilidade de uma grande perda incerta por um pequeno pagamento certo, o prêmio, suportável em seu orçamento. Esta transferência é formalizada por meio de uma apólice de seguros, também chamada contrato de seguro. Uma apólice de seguro é um contrato que declara os direitos e os deveres da companhia de seguros e do segurado.

O aspecto característico da gestão da atividade de seguros é a inversão do ciclo econômico financeiro, onde ocorre primeiro a manifestação de uma receita, mediante a entrada dos prêmios, e somente depois, em um segundo momento, poderão ocorrer os custos relacionados aos sinistros. A variável sinistro é aleatória em relação a sua ocorrência e, naquelas carteiras em que são previstas perdas parciais, é aleatória, também, em relação a seu valor, em que temos distribuições com grande concentração em sinistros de pequeno valor e pequena concentração em sinistros de maior valor.

A inversão do ciclo econômico-financeiro, comparado ao ciclo típico das empresas industriais (custos-receitas), permite as empresas de seguros dispor de uma massa financeira

---

<sup>21</sup> O contrato de seguro é equivalente a uma compra de uma opção put, pagando o prêmio do seguro você tem o direito mas não a obrigação de obter a indenização do sinistro no caso que se verifique o evento, o sinistro, de maneira que ele minimiza as perdas e maximiza os seus ganhos. A cobertura contra um determinado risco, por exemplo contra o acidente ou roubo de um carro, determina um limite (downside) nas perdas, limitadas ao valor do prêmio pago, mas não há limites para os ganhos (upside), você pode dirigir o carro quanto você quiser. Portanto existe uma assimetria no payoff. O valor que você deriva dirigindo é ilimitado, enquanto as possíveis perdas são sujeitas a um limite.

muito significativa, e que deve ser gerenciada de maneira tal a garantir a solvência da companhia e ao mesmo tempo dar lucro para a mesma.

A consequência deste aspecto técnico é a presença de uma intensa atividade de gestão financeira ao lado da gestão técnica, a qual representa um complemento, muito significativo na gestão de seguros. Ao lado dos resultados técnicos, os resultados financeiros das seguradoras representam uma componente muito importante do resultado total da companhia de seguros. Os resultados financeiros e patrimoniais muitas vezes compensam os resultados negativos da gestão técnica. A premissa econômico-técnica da atividade de seguros é que a massa dos prêmios angariados cubra os volumes de indenizações a pagar aos segurados em seguida a ocorrência dos eventos de risco.

Portanto, o total dos prêmios faturados pela seguradora, em um determinado ramo de riscos, deve ser suficiente para cobrir o total dos custos que poderão se verificar, segundo a probabilidade estatística, sobre a mesma massa de riscos. Além dos sinistros, os custos de comercialização, e administrativos constituem as outras componentes dos custos das seguradoras. As disponibilidades financeiras que são fruto da angariação dos prêmios devem ser provisionadas e aplicadas até o momento em que deverão ser utilizadas para indenizar os segurados.

Sendo o risco a essência do seguro, patamares aceitáveis de rentabilidade só podem ser atingidos por seguradoras que possuem a habilidade de bem avaliar e operar os seus riscos, compreendendo também a gestão administrativa e financeira, o que garantirá, por um lado, a adequada remuneração dos acionistas e, por outro, a solidez financeira exigida para honrar os compromissos futuros derivados de seu portfólio de riscos.

O principal risco que uma empresa de seguros deve cobrir é relacionado a aleatoriedade dos custos de indenização dos sinistros.

Ao dividir o custo da perda por todos os segurados, o segurador está utilizando o princípio do mutualismo, que se constitui, na realidade, em um fundo comum. Este fundo é composto pelas contribuições de todo o grupo, que suporta as consequências de todas as partes.

É graças ao princípio do mutualismo que as empresas de seguros conseguem repartir os riscos tomados. As perdas futuras são previstas pelas seguradoras, que determinam o tamanho do fundo para suportá-las. A lei dos grandes números, a base das operações de seguro, permite ao segurador fazer tais previsões com certo grau de certeza.

A lei dos grandes números é um princípio matemático, e de acordo com o mesmo, quando o número de unidades independentes e similares, expostas aos riscos, aumenta, a relativa exatidão das previsões acerca dos resultados futuros baseados nestas unidades de exposição ao risco também aumenta.

Como a unidade de exposição ao risco, podemos citar automóveis, as residências, os grupos de pessoas etc, os quais são considerados independentes, elas podem usar a lei dos grandes números para prever a quantidade de perdas que todas as unidades expostas, combinadas entre si, podem experimentar.

Todavia, a lei dos grandes números e os outros princípios estatísticos tem seus limites intrinsecamente ligados às hipóteses subjacentes a homogeneidade, a normalidade e a quantidade dos riscos. Mesmo a probabilidade estimada da ocorrência do sinistro, que pode ser calculada através de inferências sobre a amostra, se aproximar muitas vezes da probabilidade efetiva, pode ocorrer desvios entre as duas.

O risco de desvios entre a frequência estimada dos sinistros e a frequência efetiva pode ocorrer pelos seguintes motivos abaixo :

- Maior dispersão dos sinistros em relação a média.

- Flutuações inesperadas na frequência dos sinistros por situações excepcionais do andamento do risco.
- Variações nos fatores que podem influenciar a frequência ou a severidade dos sinistros, fazendo com que a sinistralidade esperada fique defasada em relação a experiência passada dos sinistros.
- Insuficiência de dados estatísticos sobre a qual calcular a frequência relativa
- Falta de homogeneidade dos eventos aleatórios do portfólio

Segue-se que não é tanto a ocorrência dos sinistros a determinar o risco técnico das companhias de seguros, mas o risco da gestão está relacionado ao desvio entre a frequência estimada e a frequência efetiva ex-post.

Quando a empresa de seguros recebe o aviso de sinistro por parte do segurado, ela deve estabelecer se existe o direito a ser indenizado e qual é o valor a ser ressarcido para o segurado, em função da cobertura do risco prevista no contrato. Com base na experiência passada, a abertura do sinistro na seguradora é feita pelo custo médio, e a seguradora até o momento da liquidação do sinistro provisiona estes valores estimados em uma reserva de sinistros, *reserva de sinistros a liquidar*, a qual sofre alterações nos seus valores, na medida que obtem-se maiores informações em relação aos sinistros. Nestas reservas de sinistros, são registrados todos os sinistros ocorridos e avisados no próprio exercício ou os sinistros ocorridos e avisados em exercícios anteriores mas que não foram ainda liquidados. Dado a peculiaridade de alguns ramos de seguros, como o da responsabilidade civil, a evolução dos sinistros e a liquidação dos mesmos pode se dar em mais de um exercício. Portanto, esta peculiaridade, determina um complicador a mais a ser considerado na hora do cálculo dos fluxos de caixa futuros, enquanto haverão fluxos que se referem a custos de exercícios passados e fluxos do exercício presente.

A sinistralidade dos ramos de seguros depende de dois indicadores, a *frequência* dos sinistros e o *custo médio* dos danos. A frequência é dada pela relação entre o número de sinistros e o número de contratos de seguros expostos ao risco. O custo médio do dano é dado pela relação entre o dano médio dos sinistros ocorridos em um determinado grupo de risco e a média das importâncias seguradas referentes aos contratos de seguros que registraram um sinistro. O produto destes dois índices é a base de cálculo do *prêmio puro*, que é obtido multiplicando este primeiro produto pelo número dos valores segurados. As empresas de seguros acrescentam a este prêmio puro o “carregamento do risco”, que corresponde ao desvio padrão da frequência média estimada. Além do carregamento pelo risco, outros carregamentos para fazer frente aos gastos de comercialização, despesas administrativas e outros gastos são acrescentados para calcular o prêmio a ser cobrado ao segurado.

A limitação, divisão ou transferência dos riscos, são um instrumento que deve ser muito bem gerenciado pela seguradora, cuja finalidade é reduzir a oscilação do montante de sinistros na carteira, sendo esta variabilidade proporcional à :

- Variabilidade na quantidade dos sinistros
- Variabilidade entre os valores dos sinistros da carteira

A **limitação** dos riscos se dá por meio de procedimentos de agregação estatística como por exemplo :

- Tratamento de um número elevado de riscos
- Alocação em classe homogêneas de risco
- Seleção dos riscos na fase de aceitação, descartando aqueles riscos que apresentam condições diferentes daquelas do restante do portfólio.

A **divisão** dos riscos pode ser conseguida através de particulares formas de negociação, voltadas para a transferência para o segurado de uma cota das perdas, com o objetivo de

induzir o segurado a um comportamento mais prudente e de prevenção do sinistro. A franquia presente em muitos contratos, ou cláusulas de franco-avaria são um exemplo a tal respeito.

A **transferência** dos riscos pode realizar-se por meio das operações de cosseguro ou de resseguro. O cosseguro é um mecanismo útil, mas não suficiente, para resolver, simultaneamente, as variabilidades citadas acima. Costuma ser eficiente apenas na redução da variabilidade entre os valores dos sinistros da carteira. Nesta operação, a seguradora cede, em um mesmo contrato (apólice), participação a uma ou mais congêneres. Já o resseguro, com suas diversas modalidades de operação, pode ser eficaz nas duas vertentes. Nesta operação as seguradoras cedem uma parte dos riscos ao ressegurador, que no caso do Brasil é o IRB.

Pelo princípio da competência econômica além das provisões de sinistros a liquidar as seguradoras devem constituir as *reservas de prêmios não ganhos*, que cobrem os riscos de contratos em vigor, e corresponde à parcela do prêmio relativa ao período do risco ainda não decorrido, ou seja, a decorrer, referente a seguros com pagamento de prêmio anual. Na medida que o risco decorre é apropriada a parcela do prêmio de competência do respectivo mês, calculando-se a parcela pelo critério pro-rata temporis.

As provisões de sinistros a liquidar e de prêmios não ganhos constituem as *provisões técnicas* das seguradoras e são os lastros constituídos, obrigatoriamente, pela seguradora, visando garantir suas operações. Considerando que as provisões técnicas estejam corretamente constituídas, estas devem ser cobertas por investimentos que garantam o trinômio : segurança, rentabilidade e liquidez. Portanto, a gestão da cobertura das provisões técnicas está relacionada à gestão financeira.

A gestão financeira, como já foi mencionado anteriormente, é um dos fatores mais importantes na preservação da solvência das seguradoras, visto englobar a cobertura das provisões técnicas e a gestão dos ativos livres, representado em parte pelo próprio Ativo Líquido. Sua importância fica ainda mais evidente em regime de grande concorrência, como o

que estamos vivendo no atual momento do mercado segurador brasileiro, em que as seguradoras trabalham com um resultado técnico modesto complementado pelo resultado financeiro significativo.

É desnecessário destacar a importância de uma eficiente gestão dos custos administrativos. Cabe ressaltar, entretanto, que o dimensionamento desses custos é peça fundamental na fixação do preço final do seguro. A seguradora precisa conhecer e gerenciar seus custos administrativos de modo a não comprometer suas operações e a rentabilidade da companhia. Por outro lado, a redução desses custos torna o produto da seguradora mais competitivo, massificando suas operações e deixando sua gestão administrativa sujeita a menores oscilações de risco, isto é, mais lucrativa e mais solvente.

A gestão da comercialização é talvez a mais delicada, enquanto a seguradora não poderá pagar comissões muito diferentes daquelas praticadas pelo mercado. O pagamento de comissões em níveis baixos dificultará a massificação da carteira de seguros, por desinteresse da rede de comercialização em vender o produto. O pagamento de comissões elevadas também dificulta a massificação em função da conseqüente elevação do prêmio de seguro. Encontrar o ponto de equilíbrio é um desafio permanente para as seguradoras, já que não é viável pagar comissões elevadas com prêmios competitivos, comprometendo parte do prêmio puro.

O índice combinado (Combined Ratio) é um indicador utilizado pelas seguradoras para resumir o resultado da gestão técnica, da comercialização e administrativa. Este índice é calculado pela soma dos índices de sinistralidade, comercialização e administrativos. Índices inferiores a 100% significam que a empresa conseguiu fazer frente a todos os seus custos, vice-versa no caso contrário. Enquanto o índice combinado ampliado inclui o resultado financeiro.

A tabela a seguir apresenta a evolução do volume de prêmios e os principais indicadores do Mercado Segurador Brasileiro nos últimos anos.

**Tabela 9 : Evolução do Mercado Segurador Brasileiro nos Últimos Cinco Anos**

<b>Evolução Mercado Segurador Brasileiro</b>	<b>1997 R\$ MI</b>	<b>1998 R\$ MI</b>	<b>Var. 98 / 97</b>	<b>1999 R\$ MI</b>	<b>Var. 99 / 98</b>	<b>2000 R\$ MI</b>	<b>Var. 00/99</b>	<b>2001 R\$ MI</b>	<b>01/00</b>	<b>2002 R\$ MI</b>	<b>Var. 02/01</b>
PREMIO TOTAL	18.394.997	19.395.279	5,44%	20.324.676	4,79%	22.978.372	13,06%	25.328.349	10,23%	30.125.930	18,94%
PREMIO GANHO	16.430.689	17.979.414	9,43%	17.936.783	-0,24%	19.781.896	10,29%	22.058.939	11,51%	23.372.908	5,96%
SINISTRO RETIDO	10.904.611	11.912.095	9,24%	12.362.727	3,78%	13.320.674	7,75%	14.671.370	10,14%	15.637.180	6,58%
DESPESA DE COMERCIALIZAÇÃO	3.010.041	3.138.495	4,27%	3.164.433	0,83%	3.240.887	2,42%	3.502.556	8,07%	3.666.507	4,68%
DESPESAS ADMINISTRATIVAS	2.804.259	3.038.183	8,34%	3.746.224	23,30%	3.941.652	5,22%	4.331.386	9,89%	4.765.884	10,03%
RESULTADO FINANCEIRO	1.587.116	2.281.673	43,76%	3.179.781	39,36%	2.699.436	-15,11%	2.729.001	1,10%	3.599.749	31,91%
SINISTRALIDADE	66,37%	66,25%	-0,17%	68,92%	4,03%	67,34%	-2,30%	66,51%	-1,23%	66,90%	0,59%
CUSTO ADMINISTRATIVO	17,07%	16,90%	-0,99%	20,89%	23,60%	19,93%	-4,60%	19,64%	-1,46%	20,39%	3,85%
CUSTO DE COMERCIALIZAÇÃO	18,32%	17,46%	-4,71%	17,64%	1,07%	16,38%	-7,14%	15,88%	-3,08%	15,69%	-1,20%
INDICE COMBINADO	101,75%	100,61%	-1,13%	107,45%	6,80%	103,65%	-3,54%	102,02%	-1,57%	102,98%	0,94%
INDICE COMBINADO AMPLIADO*	92,79%	89,28%	-3,79%	91,27%	2,23%	90,00%	-1,39%	89,65%	-0,39%	87,58%	-2,31%

Fonte : SUSEP/ANS

\* Índice Combinado Ampliado : inclui o Resultado Financeiro

### 4.3 Avaliação pela TOR de um Projeto de Expansão Estratégica

No capítulo 4.1 foi mencionada a operação de compra da seguradora Ahisa, no México, pela Metlife, como uma operação de expansão estratégica por parte da seguradora estrangeira Metlife, que procedeu a efetuar o investimento no mercado de seguros mexicano, pagando um determinado valor por este investimento. O valor pago para a realização desta operação de expansão foi, segundo o mercado mexicano, considerado elevado em relação a oferta feita pela concorrente mais próxima. Todavia, quando se considera o valor das opções presentes no plano estratégico que a Metlife poderia implementar, é possível demonstrar através da aplicação da TOR, que o maior valor pago pode ser justificado. Como foi discutido anteriormente, para a segunda concorrente, não existindo opções de expansão intrínsecas, e de consequência não existindo flexibilidades no projeto de investimento, o método de avaliação baseado no VPL era mais que suficiente para estabelecer o valor justo e justificar o menor

preço oferecido por esta outra concorrente. Não existindo opções nos projetos, o VPL expandido (que inclui o valor das opções) será igual ao VPL estático.

Antes de se proceder à avaliação de um projeto de investimento de expansão hipotético, ocorre considerar algumas das principais premissas adotadas para o cálculo do valor presente do projeto de investimento, em particular as fontes de dados necessárias para poder projetar os fluxos de caixas esperados.

As demonstrações financeiras, a relação dos auditores, e outras informações históricas relevantes obtidas dos administradores, dos últimos cinco anos, constituem uma boa base sobre a qual construir as previsões dos fluxos de caixa esperados da companhia de seguros objeto da avaliação da oportunidade investimento.

Outras informações relevantes podem ser :

- Planos de negócios existentes, estudos de previsão e orçamentos
- Estudos atuariais sobre as reservas de prêmios e sinistros, sobre as tarifas etc..
- Contratos de resseguro e cosseguro existentes
- Características operacionais e dos riscos das carteiras existentes

Ao projetar os fluxos futuros deve-se considerar não somente os novos negócios e as renovações dos negócios existentes mais também calcular o “run-off”, a expiração, das reservas de sinistros e prêmios não ganhos.

Listamos abaixo as outras premissas utilizadas neste exemplo de avaliação :

- **Receitas futuras esperadas**
  - Taxa de crescimento dos prêmios e volumes de apólices constantes
  - Considera-se que a adequação das tarifas de prêmios para os negócios novos e as renovações seja, por simplicidade, igual

- **Padrão de liquidação dos sinistros e “Run-off” das reservas de sinistros**

- Neste exemplo, os pagamentos de sinistros se assume que ocorrem na metade do ano
- Run-off das reservas de sinistros e dos sinistros futuros projetados são distribuídos cronologicamente para refletir o ano de pagamento de acordo com o índice de liquidação de sinistros estimado para cada ano

- **Taxa de retorno dos investimentos e Taxa de desconto ajustada ao risco**

- Neste exemplo, os retornos dos investimentos das aplicações dos ativos financeiros para a cobertura das reservas técnicas são atrelados a taxa Selic (26,5%) e os fluxos dos resultados financeiros são calculados a partir desta taxa.
- A taxa de desconto ajustada ao risco do projeto pode ser calculada a partir do cálculo do custo médio ponderado do capital (WACC), mas outras escolhas são possíveis para selecionar a taxa de desconto mais apropriada, neste exemplo se assume uma taxa de 30%.

- **Necessidades de capital e o Custo Oportunidade do Capital**

- Nas atividades de seguros é necessário dispor de capitais para a cobertura das reservas técnicas, que são geralmente aplicados em investimentos com risco limitado e que garantem um retorno menor. Assume-se que a necessidade de capital para fazer frente aos volumes de negócios seja igual a um terço do volume de prêmios emitidos a cada ano. Considera-se um custo oportunidade do capital igual a 30%.

Apresenta-se a seguir o cálculo do valor presente de um projeto de expansão de uma empresa de seguros e subsequente avaliação das opções presentes no projeto pela TOR.

**Tabela 10 : Dados Históricos da Companhia de Seguros (1998-2002)**

Até 31/12/02 as Informações sobre o Histórico da Companhia são :

(Valores em R\$ Mil)	1998	1999	2000	2001	2002
Prêmio Médio (em reais)	R\$ 550	R\$ 581	R\$ 614	R\$ 649	R\$ 685
Taxa Crescimento Média (Anual Contínua) =	5,5%				
Quantidade Apólices (unidades)	R\$ 4.091	R\$ 4.732	R\$ 5.294	R\$ 5.781	R\$ 6.201
Taxa Crescimento Média (Anual Contínua) =	10,4%				
Prêmios Emitidos Brutos (PE)	R\$ 2.250	R\$ 2.750	R\$ 3.250	R\$ 3.750	R\$ 4.250
Prêmios Ganhos Brutos (PG)	R\$ 2.000	R\$ 2.500	R\$ 3.000	R\$ 3.500	R\$ 4.000
Prêmios Retidos (PRE)	R\$ 1.688	R\$ 2.063	R\$ 2.438	R\$ 2.813	R\$ 3.188
Prêmios Ganhos Líquidos (PGL)	R\$ 1.500	R\$ 1.875	R\$ 2.250	R\$ 2.625	R\$ 3.000
Sinistros Avisados	(R\$ 1.125)	(R\$ 1.500)	(R\$ 1.508)	(R\$ 1.628)	(R\$ 1.800)
Comissões	(R\$ 338)	(R\$ 392)	(R\$ 414)	(R\$ 450)	(R\$ 510)
Outros Gastos	(R\$ 210)	(R\$ 300)	(R\$ 293)	(R\$ 263)	(R\$ 330)
Índice de Sinistralidade (s/PGL)	75%	80%	67%	62%	60%
Índice de Comissões (s/PRE)	20%	19%	17%	16%	16%
Índice Outros Gastos (s/PGL)	14%	16%	13%	10%	11%
Média Sinistralidade	69%				
Desvio Padrão Sinistralidade	8,5%				

O quadro a seguir apresenta as outras premissas necessárias para projetar os fluxos esperados futuros e desconta-los ao valor presente.

**Outras Premissas :**

	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano
Índice Liquidação Sinistros	30%	25%	20%	15%	10%
Índice Liq. Sinistros (cumulativo)	30%	55%	75%	90%	100%
Taxa de Juros (Selic)	26,5%				
Taxa de desconto K (WACC)	30,0%				
Índice de Resseguro	25,0%				
Índice Reserva Prêmios Não Ganhos	26,6%				

A tabela 11 apresenta o cálculo do run-off das reservas de sinistros por ano de geração de ocorrência dos sinistros .

**Tabela 11: “Run-Off” Reserva de Sinistros a Liquidar**

Quadro do Run-Off das Reservas de Sinistros até o final do exercício de 2002

Ano ocorrência	Premios Ganhos Brutos	Índice Sinistros	Volume Sinistros (Ultimate)	Sinistros Líquidos (Ultimate)	Sinistros Pagos Líquidos	Estimativa Reserva Sinistros	Reserva Sinistros Real	Excesso (Insufic.) Reservas
	(a)	(b)	(c) = (a) x (b)	(d) = (c) x 75%	(e)	(f) = (d) - (e)	(g)	(h) = (g) - (f)
1998	R\$ 2.000	80%	R\$ 1.600	R\$ 1.200	R\$ 1.200	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
1999	R\$ 2.500	100%	R\$ 2.500	R\$ 1.875	R\$ 1.688	R\$ 188	R\$ 146	(R\$ 42)
2000	R\$ 3.000	50%	R\$ 1.500	R\$ 1.125	R\$ 844	R\$ 281	R\$ 218	(R\$ 63)
2001	R\$ 3.500	50%	R\$ 1.750	R\$ 1.313	R\$ 722	R\$ 591	R\$ 459	(R\$ 132)
2002	R\$ 4.000	60%	R\$ 2.400	R\$ 1.800	R\$ 540	R\$ 1.260	R\$ 978	(R\$ 282)
Total	R\$ 15.000		R\$ 9.750	R\$ 7.313	R\$ 4.993	R\$ 2.319	R\$ 1.801	(R\$ 518)

Com base na premissa dos índices de liquidação de sinistros apresentados acima pode-se projetar os fluxos de pagamentos de sinistros futuros referentes ao estoque de reservas existentes (R\$ 2.319 mil) no início do ano base (2003). A tabela 12 abaixo apresenta este cálculo.

**Tabela 12: Projeções dos Pagamentos Futuros de Sinistros Ocorridos em Anos Anteriores**

Ano ocorrência	Payout Cumulativo	2003	2004	2005	2006	Total
1998	100%	R\$ 0				R\$ 0
1999	90%	R\$ 188				R\$ 188
2000	75%	R\$ 169	R\$ 113			R\$ 281
2001	55%	R\$ 263	R\$ 197	R\$ 131		R\$ 591
2002	30%	R\$ 450	R\$ 360	R\$ 270	R\$ 180	R\$ 1.260
<b>Total</b>		<b>R\$ 1.069</b>	<b>R\$ 669</b>	<b>R\$ 401</b>	<b>R\$ 180</b>	<b>R\$ 2.319</b>

A tabela 13 abaixo apresenta o cálculo do rendimento financeiro sobre os ativos financeiros utilizados para garantir a cobertura das reservas de sinistros, se assume o estoque médio das reservas de sinistros  $((\text{reservas entrada} + \text{reservas saída})/2)$  como base de cálculo multiplicado pela taxa Selic (26,5%). Colocamos ao lado da tabela o número das linhas que fazem parte da tabela final para o cálculo dos fluxos de caixa esperados.

**Tabela 13 : “Run-Off” Reserva Sinistros Saída 2002: Cálculo dos Fluxos Projetados Futuros**

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Reserva Sinistros Entrada		R\$ 2.319	R\$ 1.251	R\$ 581	R\$ 180	R\$ 0	
Sinistros Pagos		R\$ 1.069	R\$ 669	R\$ 401	R\$ 180		Linha 2
Reserva Sinistros Saída	R\$ 2.319	R\$ 1.251	R\$ 581	R\$ 180	R\$ 0	R\$ 0	
Rendimento Financeiro (Reservas Sin.)		R\$ 473	R\$ 243	R\$ 101	R\$ 24		Linha 5

Deve-se também considerar o “run-off” da reserva de prêmios não ganhos, calculando os fluxos projetados futuros conforme tabela 14 da página a seguir :

Tabela 14 : “Run-Off” Reserva Prêmios Não Ganhos : Calculo dos Fluxos Projetados Futuros

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Reserva PNG Líquido	R\$ 848						
Prêmios Ganhos Líquido		R\$ 848					
Sinistros Avisados		R\$ 636					
Comissões							
Outros Gastos		R\$ 89					Linha 4
Índice Liquidação Sinistros		30%	25%	20%	15%	10%	
Reserva Sinistros Entrada		R\$ 0	R\$ 445	R\$ 286	R\$ 159	R\$ 64	
Sinistros Pagos		R\$ 191	R\$ 159	R\$ 127	R\$ 95	R\$ 64	Linha 2
Reserva Sinistros Saída		R\$ 445	R\$ 286	R\$ 159	R\$ 64	R\$ 0	
Rendimento Financeiro (Reservas Sin.)		R\$ 59	R\$ 97	R\$ 59	R\$ 29	R\$ 8	Linha 5

Considera-se a seguir, na tabela 15, a previsão das principais linhas da conta de resultado da seguradora para o período em análise, 2003-2007, e por simplicidade não consideramos o efeito dos impostos, mas nada impede de considerar os mesmos em outros estudos. Os valores econômicos que são apresentados nesta tabela devem ser analisados e os fluxos de caixa que resultam desta análise transportados para a tabela (18) final dos fluxos de caixa projetados.

Tabela 15 : Previsão das Principais linhas de resultado – Período 2003-2007

	Histórico	PREVISÃO DOS PRÓXIMOS 5 ANOS					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Prêmio Médio (em reais)	R\$ 685	R\$ 724	R\$ 765	R\$ 808	R\$ 854	R\$ 902	
Taxa Crescimento Média (Anual Contínua) =		5,3%					
Quantidade Apólices (unidades)	R\$ 6.201	R\$ 6.881	R\$ 7.635	R\$ 8.472	R\$ 9.400	R\$ 10.431	
Taxa Crescimento Média (Anual Contínua) =		10,4%					
Prêmios Emitidos Brutos (PE)	R\$ 4.250	R\$ 4.982	R\$ 5.841	R\$ 6.848	R\$ 8.028	R\$ 9.411	Linha 1
Prêmios Ganhos Brutos (PG)	R\$ 4.000	R\$ 4.788	R\$ 5.613	R\$ 6.580	R\$ 7.714	R\$ 9.043	
Prêmios Retidos (PRE)	R\$ 3.188	R\$ 3.737	R\$ 4.381	R\$ 5.136	R\$ 6.021	R\$ 7.059	
Prêmios Ganhos Líquidos (PGL)	R\$ 3.000	R\$ 3.591	R\$ 4.210	R\$ 4.935	R\$ 5.785	R\$ 6.783	
Sinistros Avisados	(R\$ 1.800)	(R\$ 2.083)	(R\$ 2.399)	(R\$ 2.764)	(R\$ 3.182)	(R\$ 3.663)	
Comissões	(R\$ 510)	(R\$ 598)	(R\$ 701)	(R\$ 822)	(R\$ 963)	(R\$ 1.129)	Linha 3
Outros Gastos	(R\$ 330)	(R\$ 359)	(R\$ 421)	(R\$ 493)	(R\$ 579)	(R\$ 678)	Linha 4
Índice de Sinistralidade (s/PGL)	60%	58%	57%	56%	55%	54%	
Índice de Comissões (s/PRE)	16%	16%	16%	16%	16%	16%	
Índice Outros Gastos (s/PGL)	11%	10%	10%	10%	10%	10%	

A Tabela 16 a seguir apresenta a evolução do pagamento dos sinistros, em relação ao volume de reservas estimadas ao final de cada período.

**Tabela 16 : Calculo das Reservas e Pagamentos de Sinistros do Período de Previsão (2003-2007)**

Ano ocorrência	Volume Sinistros (Ultimate)	Payout Cumulativo	2003	2004	2005	2006	2007
2003	(R\$ 2.083)	30,0%	(R\$ 625)	(R\$ 521)	(R\$ 417)	(R\$ 312)	(R\$ 208)
2004	(R\$ 2.399)	55,0%		(R\$ 720)	(R\$ 600)	(R\$ 480)	(R\$ 360)
2005	(R\$ 2.764)	75,0%			(R\$ 829)	(R\$ 691)	(R\$ 553)
2006	(R\$ 3.182)	90,0%				(R\$ 955)	(R\$ 796)
2007	(R\$ 3.663)	100,0%					(R\$ 1.099)
<b>Total</b>			<b>(R\$ 625)</b>	<b>(R\$ 1.240)</b>	<b>(R\$ 1.845)</b>	<b>(R\$ 2.438)</b>	<b>(R\$ 3.015)</b>

A tabela 17 abaixo apresenta os outros fluxos projetados e os rendimentos financeiros.

**Tabela 17 : “Run-Off” Reservas Técnicas : Calculo dos Fluxos Projetados Futuros**

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Sinistros Avisados		R\$ 2.083	R\$ 2.399	R\$ 2.764	R\$ 3.182	R\$ 3.663
Reserva Sinistros Entrada		R\$ 0	R\$ 1.458	R\$ 2.617	R\$ 3.535	R\$ 4.279
Sinistros Pagos		<b>R\$ 625</b>	<b>R\$ 1.240</b>	<b>R\$ 1.845</b>	<b>R\$ 2.438</b>	<b>R\$ 3.015</b>
Reserva Sinistros Saída		R\$ 1.458	R\$ 2.617	R\$ 3.535	R\$ 4.279	R\$ 4.927
Reserva PNG		R\$ 146	R\$ 171	R\$ 201	R\$ 235	R\$ 276
Rendimento Financeiro (Reservas Sinistros e PNG)		<b>R\$ 232</b>	<b>R\$ 585</b>	<b>R\$ 868</b>	<b>R\$ 1.098</b>	<b>R\$ 1.293</b>

Linha 2

Linha 5

Com base nos fluxos de caixa projetados calcula-se o valor presente ( $VP_0$ ) do caso básico sem flexibilidade (sem opções) em  $t=0$ , conforme a tabela 18 apresentada abaixo. Neste exemplo a hipótese é que a seguradora estrangeira que decidiu expandir suas atividades deverá efetuar um investimento inicial de R\$ 15 milhões para obter o controle majoritário da seguradora participada. Pelo método tradicional do VPL, que não considera as possíveis opções disponíveis no futuro, o valor negativo de R\$ 970 mil sugere abandonar esta projeto de expansão estratégica. Todavia, utilizando a metodologia da TOR demonstra-se a seguir que o valor expandido do projeto é maior daquele calculado inicialmente.

**Tabela 18 : Previsão dos Fluxos de Caixa da Companhia de Seguros (2003-2007)**

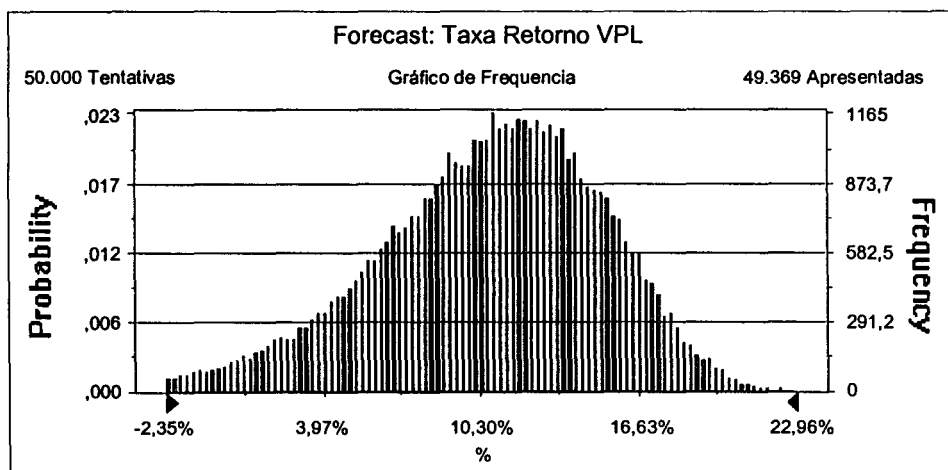
1 - Prêmios Cobrados	R\$ 4.982	R\$ 5.841	R\$ 6.848	R\$ 8.028	R\$ 9.411	
2 - Sinistros Pagos	(R\$ 1.884)	(R\$ 2.069)	(R\$ 2.374)	(R\$ 2.713)	(R\$ 3.079)	
3 - Comissões Pagas	(R\$ 687)	(R\$ 701)	(R\$ 822)	(R\$ 963)	(R\$ 1.129)	
4 - Outros Gastos	(R\$ 448)	(R\$ 421)	(R\$ 493)	(R\$ 579)	(R\$ 678)	
5 - Rendimentos Financeiros	R\$ 764	R\$ 925	R\$ 1.028	R\$ 1.151	R\$ 1.301	
6 - Custo Oportunidade do Capital	(R\$ 330)	(R\$ 387)	(R\$ 454)	(R\$ 532)	(R\$ 624)	
<b>Fluxos de Caixa Esperados</b>	<b>R\$ 2.397</b>	<b>R\$ 2.362</b>	<b>R\$ 2.049</b>	<b>R\$ 1.786</b>	<b>R\$ 1.567</b>	
Taxa de Desconto (WACC)	30%	30%	30%	30%	30%	
Fator de Desconto ( $exp^{-kt}$ )	1,0000	0,7408	0,5488	0,4066	0,3012	
Valor da Perpetuidade						17.343
Valor Presente Fluxos (t=0)	R\$ 2.397	R\$ 2.362	R\$ 2.049	R\$ 1.786	R\$ 1.567	
Valor Presente Perpetuidade (t=0)	R\$ 3.870					
<b>Soma VP Fluxos e VP Perpetuidade (VP<sub>0</sub>)</b>	<b>R\$ 14.030</b>					
Investimento Inicial	(R\$ 15.000)					
<b>VPL</b>	<b>(R\$ 970)</b>					

Antes de proceder à avaliação das possíveis opções presentes no projeto, se deve calcular a volatilidade ou o desvio padrão do valor do projeto, enquanto esta é uma variável necessária para ser incorporada no modelo binomial que replica o comportamento do valor do projeto no tempo. O desvio padrão do valor do projeto é necessário para determinar os movimentos ascendentes e descendentes possíveis e a partir dos mesmos calcular as probabilidades objetivas destes movimentos. Não dispondo deste dado a priori a solução foi efetuada uma análise de Monte Carlo da variância do valor do projeto sem flexibilidade.

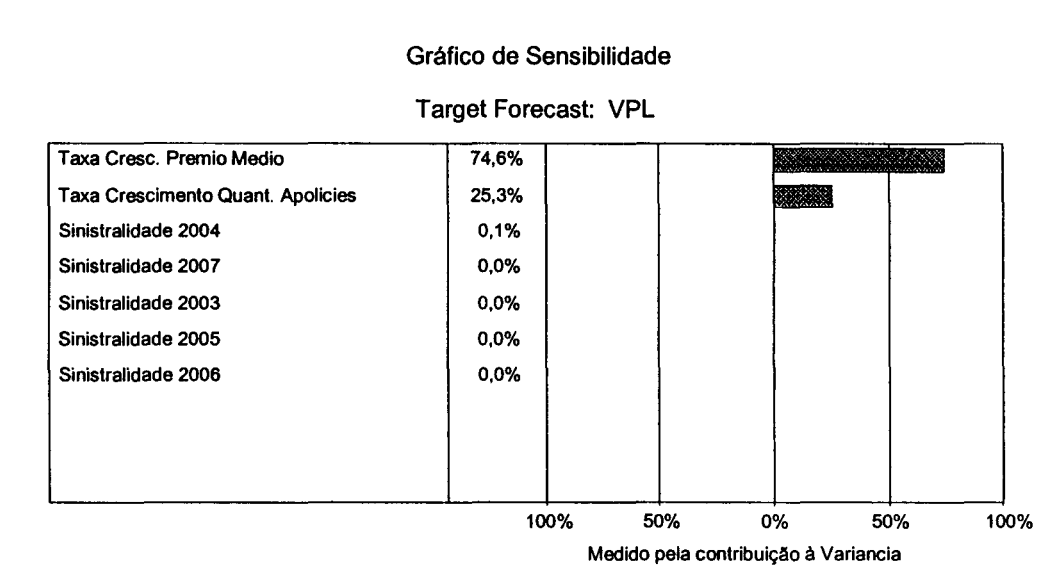
Para incorporar as diversas fontes de incerteza relacionadas ao volume de quantidade de apólices, dos prêmios médios e da sinistralidade em uma única fonte de incerteza, a volatilidade do valor do projeto, se estimaram as taxas de retorno esperadas e os desvios padrões destas variáveis, e as mesmas foram incorporadas na simulação de Monte Carlo para determinar finalmente a variância do valor do projeto. Tendo combinado as estimativas de incerteza dos prêmios médios ( $\sigma = 7,65\%$ ), das quantidades de apólices ( $\sigma = 4,68\%$ ), e da sinistralidade ( $\sigma = 8,5\%$ ), é possível construir a árvore binomial com base no valor presente do projeto. A análise de Monte Carlo, foi realizada utilizando um programa específico, Crystal Ball, e depois de 50.000 iterações o desvio padrão obtido e incorporado no modelo

binomial foi 42,4%. O gráfico abaixo apresenta a distribuição de frequência da taxa de retorno do VPL do projeto após 50.000 iterações.

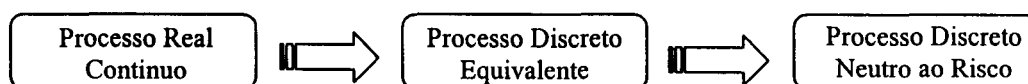
**Figura 30 : Distribuição de Frequência da Taxa de Retorno do VPL**



Além da análise de Monte Carlo, se procedeu a efetuar uma análise de sensibilidade das principais variáveis que explicam a variância do valor do projeto. O resultado desta análise apresenta os prêmios médios como a variável mais significativa, dado que 74,6% da variância do valor do projeto é explicada pelos prêmios médios. Em seguida temos as quantidades de apólices (25,3%), e somente 0,1% da variância é explicada pela sinistralidade estimada para 2004. Em um primeiro momento, esperaríamos, que a sinistralidade, fosse o maior elemento de incerteza e risco do valor do projeto, já que o evento aleatório por natureza é o sinistro, conforme foi abordado no capítulo anterior. Todavia, a verdadeira incerteza está atrelada a angariação dos prêmios e apólices, enquanto sem as mesmas não há cobertura contra o risco e logo não temos que indenizar o sinistro. De fato, como foi analisado no capítulo anterior, uma vez que incorpora-se através do carregamento do prêmio puro a volatilidade ou desvio padrão da frequência estimada em relação a frequência efetiva do sinistro, esta componente de incerteza é transferida no prêmio. Portanto o principal risco e incerteza no valor do projeto está na incerteza em relação as entradas dos prêmios. O gráfico a seguir apresenta os resultados da análise de sensibilidade.

**Figura 31 : Análise da Sensibilidade das Variáveis Explicativas do Valor Do Projeto**

O princípio de cálculo das opções consiste em síntese na transformação do processo estocástico real em um processo equivalente neutro ao risco (com base nas considerações feitas no capítulo 3) e portanto na aproximação a um processo discreto, que tenha os dois movimentos aleatórios iguais ao processo real (taxa de retorno e desvio padrão). Este processo é utilizado para o cálculo efetivo da opção existente através da técnica de programação dinâmica descrita no capítulo anterior. Graficamente temos a seqüência abaixo :



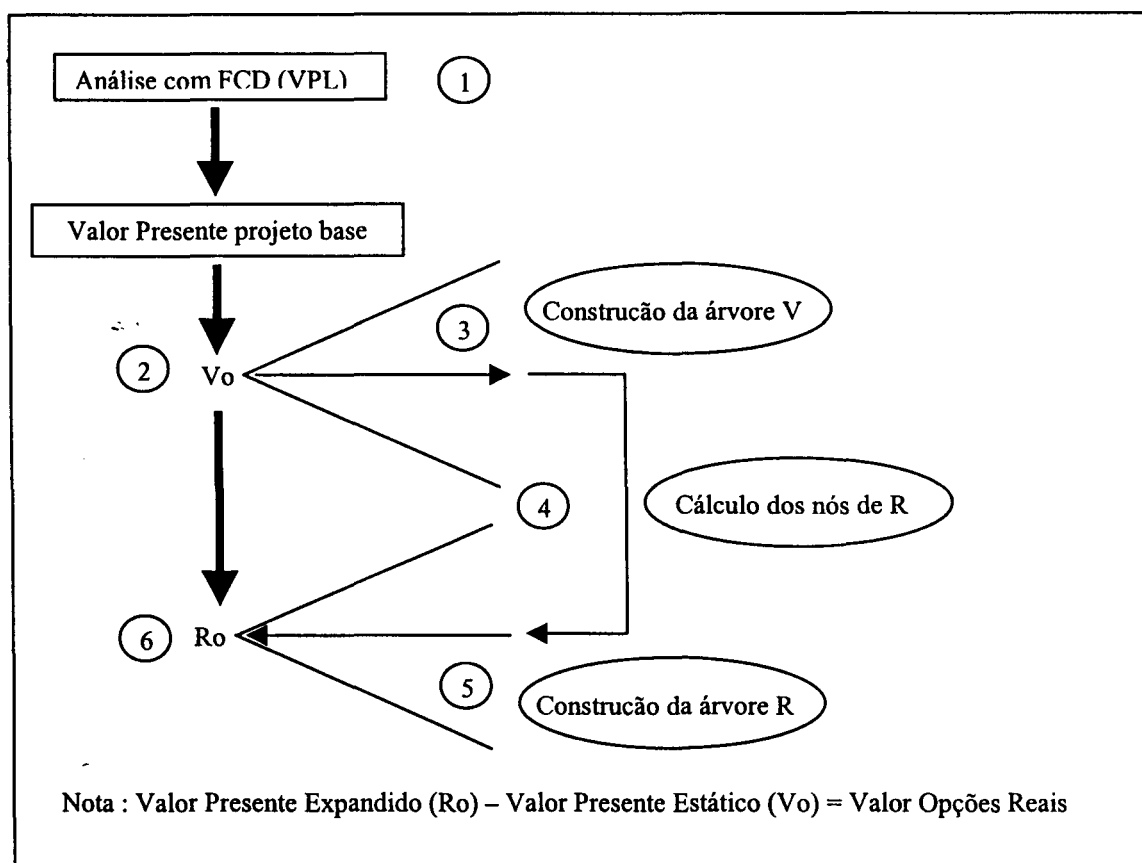
As diversas fases do processo que serão implementadas para a avaliação das opções são então as seguintes abaixo :

- 1. Cálculo dos parâmetros chave do processo real.** Os parâmetros necessários para poder replicar o comportamento do ativo no mundo real são a taxa de retorno esperada e a variância (ou desvio padrão) do ativo.

2. **Calculo dos parâmetros do modelo discreto.** Os parâmetros necessários dependem do modelo escolhido. No caso específico deste exemplo aplicado no campo de seguros, escolheu-se o modelo binomial, e portanto os parâmetros necessários são a probabilidade neutra ao risco ( $p$ ) e os valores dos movimentos ascendentes e descendentes do ativo ( $u$  e  $d$ ).
3. **Cálculo do Valor Presente do projeto base.** O valor base sobre a qual é construída a árvore binomial e constitui a base de todo o cálculo do projeto é o valor presente do projeto base ( $V_0$ ). Ou seja, o valor obtido **desconsiderando** todas as opções reais existentes, incluindo também a opção de possível diferimento do investimento inicial. Este valor é calculado a partir da análise dos fluxos de caixas descontados (FCD) do projeto : este projeto é, de fato, desprovido de qualquer flexibilidade e portanto as técnicas tradicionais são efetivamente aplicáveis e adequadas para a avaliação do projeto.
4. **Construção da árvore binomial do ativo objeto.** A partir do valor presente do projeto base ( $V_0$ ) construi-se, nó por nó, utilizando os valores calculados dos movimentos ascendentes ( $u$ ) e descendentes ( $d$ ) do valor do projeto base, a árvore que representa as possíveis evoluções no tempo do valor do projeto base. A escolha dos parâmetros anteriormente efetuada garante que o processo discreto, descrito pela árvore, tenha as mesmas taxas de retorno e o desvio padrão do processo contínuo da qual derivou inicialmente, e a qual tende na medida que a amplitude dos intervalos de tempo diminui.
5. **Construção da árvore do projeto completo (incluindo as opções).** Construi-se uma nova árvore que representa o valor do projeto ( $R$ ) que compreende as possíveis opções. Esta árvore é construída a partir dos nós, cujo valor é derivado diretamente dos nós da árvore  $V$ , e volta-se atrás no tempo (movendo-se da direita para esquerda na árvore binomial). O valor de cada nó é obtido a partir dos nós anteriores, utilizando-se as probabilidades neutras ao risco ( $p$  e  $1-p$ ) e incluindo o valor das opções reais em cada instante onde estiverem presentes. O processo é repetido por iteração até a sua raiz inicial

( $R_0$ ), e cujo valor representa o valor do projeto base **incluindo** as opções. O valor das opções presentes é obtido por diferença entre  $R_0$  e  $V_0$  (ou seja entre o VP expandido e VP estático) . Abaixo apresentamos o esquema gráfico de avaliação proposto neste exemplo aplicado na atividade de seguros, mas que se pode aplicar em qualquer outro setor da economia real.

**Figura 32 : Esquema de Avaliação dos Projetos pela Teoria das Opções Reais**



No exemplo a seguir, os cálculos apresentam o valor da flexibilidade que é criado se for possível expandir, contrair ou abandonar o projeto de expansão estratégica. Suponha-se que seja possível expandir ainda mais o nosso projeto base (25%), através da introdução de novos produtos (por exemplo dos ramos vida ou de previdência privada) por meio de um investimento adicional de R\$ 7 milhões, e que a expansão seja uma opção de compra americana que possa ser exercida a qualquer momento durante a vida do projeto. No caso que o mercado não apresente condições favoráveis para a expansão, existe a possibilidade de

contrair a escala do projeto em 20% gerando uma economia de R\$ 2,5 milhões. Neste caso a contração é avaliada como uma opção de venda americana que pode ser exercida a qualquer momento durante a vida do projeto. Enfim, incorporamos também a possibilidade de abandono completo do projeto recebendo de volta parte do valor investido inicialmente, R\$ 10 milhões, no caso que as condições se apresentam ainda mais desfavoráveis. Esta opção de abandono é avaliada como uma opção de venda americana.

A seguir apresentamos o quadro resumo com todas as variáveis necessárias para a construção da árvore binomial do valor do projeto e as sucessivas árvores que incorporam o valor das opções.

**Tabela 19 : Variáveis Necessárias para a Construção das Árvores Binomiais**

Premissas	Base	Expansão	Contração	Abandono
Período da Avaliação (T):	5 anos			
Valor Presente em $T_0$ (S)	14.030 M (R\$)			
Volatilidade Estimada ( $\sigma$ )	42,4%			
Taxa com Risco (K):	30,0% aa			
Taxa Livre Risco (RF):	26,5% aa			
Investimento Inicial em $T_0$ ( $I_0$ ):	15.000 M (R\$)			
Investimento Adicional:		7.000		
Valor de Resgate / Economia :			2.500	10.000
Valor Adicional:		25%	-20%	
Valor em cenário positivo (U):	1,528			
Valor em cenário negativo (D):	0,654			
Probabilidade ascendente (q):	79,6%			
Probabilidade descendente (1 - q):	20,4%			
Prob. Ascendente Neutra ao Risco (p):	74,3%			
Prob. Descendente Neutra ao Risco(1 - p):	25,7%			

Na figura 33 abaixo apresentamos a árvore do valor do projeto sem flexibilidades e as probabilidades com risco e neutras ao risco na figura 34. É necessário passar para um mundo neutro ao risco enquanto é necessário reconhecer que o exercício das opções altera as características de risco do projeto, o que faz com que mude o seu custo de capital. Como em um mundo neutro ao risco a taxa equivalente é a taxa livre de risco (assumi-se ser igual a 26,5%), consegue-se superar o limite apresentado na análise por árvores de decisão, ou seja a

escolha da taxa de desconto apropriada, em cada intervalo de tempo da árvore em função da alteração do risco ao longo do tempo.

**Figura 33 : Árvore Binomial do Valor do Projeto sem Flexibilidades**

<b>EVOLUÇÃO DO VALOR PRESENTE</b>				
0	1	2	3	4
14.030	21.440	32.764	50.069	76.514
	9.181	14.030	21.440	32.764
		6.008	9.181	14.030
			3.931	6.008
				2.573
<b>Valor Presente sem Opção =</b>			<b>14.030</b>	
<b>Investimento Inicial =</b>			<b>-15.000</b>	
<b>VPL SEM OPÇÃO =</b>			<b>-970</b>	

Como podemos ver na figura 34, em vez de descontar os valores futuros à taxa ajustada pelo risco (30%), a abordagem equivalente neutra ao risco permite descontar os valores futuros à taxa livre de risco (26,5%) por meio das probabilidades neutras ao risco. Os valores presentes nos dois mundos serão sempre iguais. Por exemplo em  $t=1$  temos a seguinte relação de igualdade abaixo :

$$18.939 \times e^{-0,30} = 18.287 \times e^{-0,265} = 14.030$$

onde :

$$18.939 = 79,4\% \times 21.440 + 20,4\% \times 9.181$$

$$18.287 = 74,3\% \times 21.440 + 25,7\% \times 9.181$$

$$V_0 = \frac{q(uV_0) + (1-q)dV_0}{e^K} = \frac{p(uV_0) + (1-p)dV_0}{e^{RF}}$$

$$p = \frac{e^{RF} - d}{(u - d)} = \frac{1,303 - 0,654}{1,528 - 0,654} = 0,7428 = 74,3\%$$

Conforme a relação acima, o uso das probabilidades neutro ao risco ( $p$  e  $(1-p)$ ) para calcular um valor previsto ajustado pelo risco que é em seguida descontado à taxa livre de risco chega ao mesmo resultado.

**Figura 34 : Árvore de Probabilidades no Mundo com Risco e Neutro ao Risco**

<b>Probabilidades Mundo c/Risco ( q e 1-q)</b>					
	0	1	2	3	4
	100,0%	79,6%	63,4%	50,4%	40,1%
		20,4%	32,5%	38,8%	41,2%
			4,2%	9,9%	15,8%
				0,8%	2,7%
					0,2%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>E (VP's)</b>	14.030	18.939	25.564	34.508	46.582
<b>VP(K)</b>	14.030	14.030	14.030	14.030	14.030
<b>Probabilidades Mundo Neutro/Risco ( p e 1-p)</b>					
	0	1	2	3	4
	100,0%	74,3%	55,2%	41,0%	30,4%
		25,7%	38,2%	42,6%	42,2%
			6,6%	14,7%	21,9%
				1,7%	5,1%
					0,4%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>E (VP's)</b>	14.030	18.287	23.836	31.069	40.496
<b>VP(RF)</b>	14.030	14.030	14.030	14.030	14.030

A quinta fase é a construção da árvore do projeto completo, incluindo as opções, que permite calcular o valor do projeto compreensivo do valor das opções ( $R_0$ ). Na figura 35 a árvore binomial resultante da inclusão de uma opção de expansão adicional, que permite a escala de produção aumentar em 25% contra um investimento adicional de R\$ 7 milhões é obtida, conforme mencionado nos parágrafos anteriores, partindo dos nós mais altos na direita da árvore e movendo-se para a esquerda até chegar ao valor da raiz inicial. Tomando o nó

mais alto do período  $t=4$  como exemplo, o valor sem expansão seria de R\$ 76.514, feita a expansão, seria de  $1,25 (R\$ 76.514) - R\$ 7.000 = R\$ 88.642$ . Como o valor com expansão é mais alto, optaria-se pela expansão. No ramo inferior, o valor com expansão é de  $1,25 (R\$ 32.764) - R\$ 7.000 = R\$ 33.955$ , contra R\$ 32.764 sem expansão, de modo que também neste caso expandiríamos. Em cada nó final da árvore analisa-se a execução ótima da opção escolhendo-se o máximo entre o valor sem expansão e o valor com expansão, ou seja :

$$\text{Max Valor} = \text{Max} ( \text{Valor sem a expansão}, \text{Valor com a expansão} )$$

**Figura 35 : Árvore do Valor do Projeto com a Opção de Expansão**

<b>VALOR COM OPÇÃO - EXPANSÃO</b>				
0	1	2	3	4
15.483	23.914	36.971	57.216	88.642
	9.401	14.417	22.119	33.955
		6.008	9.181	14.030
			3.931	6.008
				2.573
<b>VP com Opção Expansão =</b>				<b>15.483</b>
<b>Investimento Inicial =</b>				<b>-15.000</b>
<b>VPL COM OPÇÃO =</b>				<b>483</b>
<b>VALOR DA OPÇÃO EXPANSÃO =</b>				<b>1.453</b>

Como esta opção é do tipo americana, e pode ser exercida a qualquer momento, no ramo mais alto em  $t=3$  deve-se escolher se vale apenas exercer a opção naquele momento ou esperar e exercê-la no período seguinte em  $t=4$ . A regra de exercício ótimo de expansão movendo-se da esquerda para a direita é então a seguinte abaixo :

O valor em cada nó corresponde ao maior valor entre :

- ponderação entre os dois valores dos nós subsequentes
- o valor com a opção de expansão naquele momento

Ou seja em  $t=3$  temos :  $57.216 = \text{Max}( \text{Max} (55.586, 50.069); [88.642p + (1-p)33.955] / e^{0,265} )$

Significa que vale apenas esperar exercer em  $t=4$  enquanto o valor presente dos dois ramos subsequentes é maior do que o valor com expansão em  $t=3$  (R\$ 55.586). Procedendo por iteração até a raiz da árvore chegamos ao valor do projeto que inclui a opção de expansão ( $R_0 = R\$ 15.483$ ). Subtraindo deste valor o valor do investimento inicial (R\$ 15.000), o VPL expandido é igual a R\$ 483 mil. O Valor da opção de expansão é dado pela diferença entre o VPL expandido e o VPL estático ( $483 - (-970) = R\$ 1.453$ ).

Esta flexibilidade acrescentou um valor significativo ao projeto base, enquanto, dado as incertezas presentes em relação à evolução do valor do projeto no futuro, as decisões ótimas, que podem ser tomadas a partir da análise por opções, agregam valor ao projeto. Como era de se esperar, a opção de expansão será executada de forma ótima, se o projeto apresentar cenários positivos, ou seja se ocorrerem movimentos ascendentes no valor do projeto.

A figura 36 apresenta a o valor do projeto no caso da inclusão de uma opção de contração. Uma economia de R\$ 2,5 milhões seria gerada se a escala e o valor do projeto fossem reduzidos em 20%.

**Figura 36 : Árvore do Valor do Projeto com a Opção de Contração**

<b>VALOR COM OPÇÃO - CONTRAÇÃO</b>					
	0	1	2	3	4
	14.176	21.466	32.764	50.069	76.514
		9.845	14.161	21.440	32.764
			7.306	9.845	14.030
				5.645	7.306
					4.558
<b>VP com Opção Contração =</b>					<b>14.176</b>
<b>Investimento Inicial =</b>					<b>-15.000</b>
<b>VPL COM OPÇÃO =</b>					<b>-824</b>
<b>VALOR DA OPÇÃO CONTRAÇÃO =</b>					<b>146</b>

O valor do projeto com esta flexibilidade é determinado, também, seguindo a árvore da direita para a esquerda, mas neste caso a opção é uma put americana, e melhores resultados serão obtidos se a decisão do exercício da mesma se darão no estado desfavorável da evolução do projeto, enquanto o resultado passará a ser 80% do valor do projeto base mais R\$ 2,5 milhões de economia. Portanto, considerando o ultimo nó inferior da árvore vale apenas exercer a opção de contração, enquanto o máximo entre o valor sem contração ( R\$ 2.573 ) e o valor com contração (R\$ 4.558) é o valor com contração de escala.

Neste caso, porém, o VPL continua negativo (- R\$ 824 mil), não obstante a opção de contração agregar valor ao projeto (R\$ 146 mil) e portanto não valeria apenas seguir adiante com o projeto de expansão da seguradora estrangeira.

O ultimo caso que apresentamos é a possibilidade de abandonar o projeto em qualquer momento no caso que os cenários sejam desfavoráveis. Admitindo-se que a seguradora possa abandonar o investimento recebendo de volta um valor parcial da ordem de R\$ 10 milhões, o VPL do projeto com a presença de uma opção de abandono continua negativo (- R\$ 778 mil), mas em valor inferior que no caso da presença de uma opção de contração. A figura 37 abaixo apresenta a árvore com os respectivos valores em cada intervalo de tempo.

**Figura 37 : Árvore do Valor do Projeto com a Opção de Abandono**

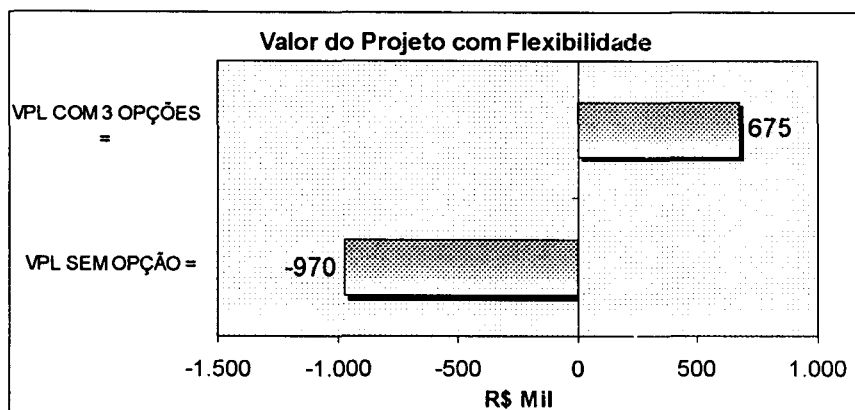
<b>VALOR COM OPÇÃO - ABANDONO</b>					
	0	1	2	3	4
	14.222	21.472	32.764	50.069	76.514
		10.061	14.192	21.440	32.764
			10.000	10.000	14.030
				10.000	10.000
					10.000
<b>VP com Opção Abandono =</b>	<b>14.222</b>				
<b>Investimento Inicial =</b>	<b>-15.000</b>				
<b>VPL COM OPÇÃO =</b>	<b>-778</b>				
<b>VALOR DA OPÇÃO ABANDONO =</b>	<b>192</b>				

Para concluir, combinando as três diversas fontes de flexibilidade em uma única árvore, obtemos o valor do projeto com a presença das três opções. Se todos os três tipos de flexibilidade estiverem disponíveis ao mesmo tempo, o valor do projeto será de R\$ 675 mil em vez de – R\$ 970 mil. Tanto a opção de expandir quanto as opções de contrair ou abandonar acrescentam flexibilidade e valor ao projeto, já que serão executadas de forma ótima em muitos cenários possíveis. Na presença das três opções, a opção de expansão será executada de forma ótima, se o projeto tem sucesso e a execução das opções de contração ou abandono no caso o projeto apresentar problemas. A figura 38 abaixo apresenta o valor do projeto com as três opções. É importante ressaltar, como, dadas as incertezas do projeto, a flexibilidade conjunta das opções acrescenta um valor significativo ao projeto. Ao melhorar seu valor em caso de sucesso e amenizar os prejuízos em caso de problemas, as opções tiraram o VPL do projeto dos R\$ 970 mil negativos para um VPL positivo, com flexibilidade de R\$ 675 mil (a figura 39 apresenta os respectivos VPLs).

**Figura 38 : Árvore do Valor do Projeto com as 3 Opções**

<b>VALOR COM AS 3 OPÇÕES JUNTAS</b>					
	0	1	2	3	4
	<b>15.675</b>	23.946	36.971	57.216	88.642
		10.281	14.579	22.119	33.955
			10.000	10.000	14.030
				10.000	10.000
					10.000
<b>VP com as 3 Opções Conjuntas =</b>	<b>15.675</b>				
<b>Investimento Inicial =</b>	<b>-15.000</b>				
<b>VPL COM 3 OPÇÕES =</b>	<b>675</b>				
<b>VALOR DAS 3 OPÇÕES JUNTAS =</b>	<b>1.645</b>				
VALOR OPÇÃO DE EXPANSÃO =	1.453				
VALOR OPÇÃO DE CONTRAÇÃO =	146				
VALOR OPÇÃO DE ABANDONO =	192				
SOMA DAS 3 OPÇÕES =	1.791				
3 OPÇÕES COM INTERAÇÕES =	1.645				

**Figura 39 : Valor do Projeto com Flexibilidade**



É importante observar que o valor combinado das três opções, R\$ 1.645 mil, não é simplesmente a soma de seus valores individuais, R\$ 1.791 mil, mas é maior do que qualquer um deles sozinho, conforme podemos ver na parte inferior da figura 36. Este cálculo confirma, conforme demonstrado em Trigeorgis (1993b), que os valores das opções simples não podem ser somados diretamente porque interagem de formas complexas. Como o valor combinado das três opções é 92 por cento do valor somado das mesmas, neste caso específico, uma delas, provavelmente a de contração, está contribuindo para a redução do valor global do negócio visto de maneira estratégica.

O valor combinado das opções pode ser determinado seguindo as seguintes considerações abordadas em Trigeorgis (1993b) :

- Cada opção modifica o valor do ativo objeto (S), aumentando o mesmo, e de conseqüência influenciam o valor das opções que a *precedem* cronologicamente. Portanto aumentam o valor de uma call, dado que seu valor intrínseco (S - X) aumenta, e diminuem o valor da put, dado que seu valor intrínseco (X - S) diminui.
- A alteração do valor do ativo objeto determina, também, uma variação das opções que a *seguem* cronologicamente. Em particular, a opção de abandono, na hipótese que seja exercida, anulando o prosseguimento do projeto faz com que seja nulo o valor das opções que a seguem.

- O grau de interação entre as duas opções, depende da probabilidade conjunta de exercício das mesmas, a qual é influenciada pelos seguintes fatores abaixo :
  - Tipo de opções (call/put, americana/européia)
  - Separação, diferenças entre as datas de exercício
  - Ordem relativa em relação a quando podem ser exercidas
  - O nível de estar dentro-do-dinheiro

Considerando um projeto onde estão presentes duas opções sucessivas de tipo européia (por simplicidade), uma put de contração de escala e uma call de expansão, por exemplo, os casos possíveis de seqüência de opções são os seguintes abaixo :

- PUT-CALL. O exercício da primeira put (P) diminui o valor do ativo-objeto e de conseqüência também o valor sucessivo da call (C) . A presença de C aumenta o valor do ativo objeto e portanto diminui o valor de P. Verifica-se, portanto, um duplo efeito negativo que determina que o valor combinado das duas opções seja inferior a simples soma aritmética das opções singularmente.
- PUT – PUT. Se o preço de exercício da segunda put é proporcional a escala da atividade (por ex. depende das dimensões das plantas construídas até aquele momento), então o seu valor diminui e verifica-se o duplo efeito negativo do caso anterior. Se invés, o preço de exercício (X) permanece constante então o seu valor aumenta, e o efeito global terá que ser determinado caso a caso.
- CALL – CALL. Verifica-se um duplo efeito positivo, enquanto cada opção **aumenta** o valor da outra. O valor combinado é maior da soma singular das opções.
- CALL – PUT. O efeito da call sobre a put é negativo, e isto reduz o efeito positivo da put sobre a call. O valor combinado é não obstante tudo, maior da soma dos valores individualmente.

## CONCLUSÃO

O objetivo desta dissertação foi indicar o método que pudesse resolver o problema da correta avaliação das oportunidades de investimento, utilizando a análise em termos de opções reais para calcular o valor total da oportunidade de investimento em um ambiente caracterizado pelas incertezas e flexibilidades presentes nos projetos de investimento.

Quando as empresas se deparam com um ambiente dinâmico e volátil, a tomada de decisão de um investimento, baseada nas regras tradicionais, como por exemplo a do valor presente líquido, da taxa interna de retorno, do payback, pode conduzir a decisões erradas, dado que estes métodos de análise de investimentos não incorporam e avaliam corretamente a flexibilidade operacional ou gerencial, a qual corresponde à capacidade do gestor de agir e tomar decisões ao longo da vida do projeto de forma a adequá-lo à realidade.

A incerteza ligada ao projeto, bem como as reações dos gestores à mudança das condições que o envolvem, são tratadas superficialmente pelas regras tradicionais de análise de investimentos, aplicando-se taxas de atualização ajustadas ao risco e criando alguns cenários determinísticos.

Quando os investimentos são analisados seguindo a regra do VPL, existe uma grande dificuldade em analisar e incorporar, na avaliação do projeto de investimento, as relações temporais que podem se estabelecer entre os investimentos no presente e as oportunidades futuras. Muitas destas oportunidades são claramente opções a disposição dos administradores, como por exemplo de expansão, de contração, de abandono da escala do projeto. Os métodos tradicionais, tratando os projetos como investimentos isolados, e desconsiderando as

interdependências entre os investimentos e as oportunidades futuras, conduzem à regras de decisão baseadas no critério : aceitação/rejeição.

Demonstrou-se ao longo da dissertação que mesmo o VPL sendo negativo, o maior valor relacionado com a presença de opções futuras, justifica a tomada de decisão de ir adiante com o projeto de investimento, sobre tudo quando as futuras oportunidades são contingentes da realização do investimento presente.

A capacidade de uma empresa criar ou agregar valor depende não somente de uma alocação ótima dos recursos, mas também de uma correta avaliação das alternativas estratégicas de investimento. A aplicação da teoria das opções reais a situações reais visa alcançar este objetivo, mesmo sendo a complexidade da modelagem matemática um limite para uma maior difusão desta metodologia no meio empresarial.

As ações “intuitivas” por parte dos administradores de empresas, não são sempre irracionais e podem ser estruturadas formalmente através da teoria das opções reais. A racionalidade em termos de opções, que está por trás das decisões de investimentos, é uma maneira estruturada e explícita de pensar estrategicamente nas possibilidades, ações e decisões de investimento, de maneira tal a poder reagir às condições futuras incertas. Todos os projetos de investimento pela qual a decisão de implementação pode ser adiada, abandonada ou atrelada a novos investimentos no futuro, podem cair no domínio da racionalidade em termos de opções reais.

A teoria das opções reais possibilita a criação de uma estrutura analítica capaz de incorporar o valor das opções de flexibilidade estratégicas existentes, fazendo com que seja possível agir de maneira mais flexível face às incertezas presentes no ambiente interno e externo a empresa. As opções reais introduzem uma nova maneira de pensar e interpretar a realidade, onde as incertezas são uma fonte de oportunidade e não algo a ser evitado a todo o custo.

Toda a empresa que pretende ser sustentável no tempo tem como objetivo maximizar o lucro no longo prazo, ou seja os administradores, que são os tomadores de decisão, deverão sempre escolher as estratégias que maximizam o valor da empresa. O pensamento em termos de opções reais evidencia como as flexibilidades gerenciais muito freqüentemente criam opções que tem valor e que uma vez identificadas podem ser avaliadas e exercidas, agregando valor às estratégias formuladas pelos administradores.

Geralmente essas estratégias são postas em prática por meio de projetos de investimento. Intuitivamente, os melhores projetos são aqueles que possuem grande valor estratégico para a empresa ou que dêem a ela flexibilidade para reagir às incertezas do ambiente de negócios. A avaliação das opções estratégicas requer uma estimativa do valor agregado para os acionistas em função da implementação das alternativas estratégicas formuladas. Neste sentido, a teoria das opções reais é uma tentativa de quantificar de maneira mais precisa a flexibilidade gerencial e o valor estratégico presente nos projetos de natureza estratégica, e assim, uma tentativa de tornar o processo de avaliação econômica de projetos mais condizente com a realidade volátil e incerta do ambiente em que as empresas operam.

Para testar a validade da teoria das opções reais, sobretudo em relação aos argumentos a favor desta teoria, propostos nos parágrafos acima, foi analisada uma oportunidade de investimento no setor de seguros, em particular a possibilidade de uma expansão estratégica de uma seguradora estrangeira através da compra de uma seguradora local em outro país. Conforme foi demonstrado no capítulo anterior, quando esta oportunidade de expansão estratégica é avaliada seguindo a regra do valor presente líquido, o valor negativo resultante não justificaria a realização deste projeto de investimento.

Todavia, desconsiderando o valor estratégico em relação às oportunidades futuras que podem se deslumbrar em seguida a entrada no país, como por exemplo a possibilidade de expandir a escala dos negócios (a opção de expansão), se o projeto apresentar cenários positivos, ou a possibilidade de abandonar ou contrair a escala, se o projeto apresentar cenários negativos, sub-avalia-se o valor global da oportunidade de investimento. Quando se aplica exclusivamente a regra do valor presente líquido para a tomada de decisão do investimento, além de não incorporar este valor estratégico, conforme destacado na figura 4, também não se consideram as interações das diferentes opções existentes ao longo da vida do projeto de investimento.

Em geral, conforme demonstrado no exemplo do capítulo anterior, os métodos baseados no VPL e suas variantes, se de um lado tem ajudado os administradores na seleção das oportunidades de investimento, devido a relativa simplicidade, por outro lado as limitações do método, podem ser superadas por outro modelo baseado nas opções reais. Neste sentido, a teoria das opções reais visa complementar e não substituir as regras tradicionais de análise de investimentos.

Boa parte das informações e dos dados necessários para a construção dos modelos de avaliação das opções reais já estão presentes nas análises tradicionais, mas devem ser integrados com aquelas derivadas dos mercados financeiros, utilizando a técnica de precificação das opções financeiras para avaliar opções reais presentes nos projetos de investimento das empresas.

A proposta desta dissertação é de utilizar a teoria das opções reais como um instrumento de suporte de tomada de decisão. Mesmo considerando as críticas apresentadas à teoria das opções reais, em relação às premissas dos modelos que muitas vezes são violadas na realidade, em relação à complexidade e a sofisticação matemática, que dificulta aplicação prática por parte de muitos administradores, é necessário incorporar esta racionalidade em

termos de opções no processo de avaliação econômica de estratégias para tornar este processo mais eficiente. Assim fazendo, é possível melhorar o processo decisório nas empresas.

Outro ponto que se pretende defender nesta dissertação é a separação lógica entre o momento da avaliação e o momento da decisão. A partir do momento que se escolhe uma determinada metodologia de avaliação, pode-se discutir ad-infinitum se a mesma é a melhor ou menos em relação às outras, a partir das premissas utilizadas nos modelos, mas mesmo assim deverá chegar o momento que uma decisão deverá ser tomada pelos administradores, e neste momento nada pode substituir o grau de subjetividade e sobretudo a responsabilidade dos mesmos face as escolhas feitas.

Do ponto de vista da aplicabilidade do modelo de avaliação em termos de opções reais, ocorre focar na implementação da estratégia ótima, na decisão inicial a ser feita à cerca da oportunidade do investimento, e não tanto na exata avaliação do investimento. A partir do momento que existem sinais consistentes em termos da magnitude e sinal do valor das opções reais, a metodologia proposta é válida para auxiliar os administradores na tomada de decisão.

Acredita-se que os ganhos a serem adquiridos com a introdução das opções reais sejam muito superiores às perdas com o acréscimo de complexidade no processo decisório. A excessiva complexidade matemática dos modelos deve ser substituída por modelos mais parcimoniosos que possam ser habilmente aplicados pelos administradores, sem que haja, porem, perda de informação válida para a tomada de decisão.

Muitos administradores mostram-se céticos em relação à implementação pratica da teoria das opções reais, enquanto a aplicação não depende somente do reconhecimento das variáveis necessárias para o calculo do valor das opções reais e das incertezas envolvidas em cada situação. Depende, também do nível de familiaridade com os conceitos de opções financeiras, com técnicas de simulação, com soluções numéricas de equações diferenciais e

com a modelagem da incerteza utilizando processos estocásticos. Sua aplicação demanda capacidade técnica e experiência, que muitos administradores não dispõem.

Para dar uma solução a este problema, já existem no mercado, na medida que alguns pesquisadores e grandes empresas aplicam a metodologia das opções reais, programas específicos que permitem avaliar corretamente as opções presentes, utilizando os diferentes métodos de avaliação, seja em tempo discreto ou em tempo contínuo, assim como capturar as interações entre as possíveis opções presentes nos projetos de investimento. Todavia, o que realmente falta é a experiência na aplicação desta metodologia, mas esta só se adquire com a prática e o tempo.

Muitos administradores não tem o hábito de reconhecer as opções implícitas em muitos projetos, talvez isto se explica pelo fato de os mesmos serem excessivamente apegados aos instrumentos de avaliação tradicionais, basicamente mais esquemáticos e rígidos. Entretanto, quando os administradores reconhecem a existência das opções, a solução é utilizar a própria subjetividade para incorporar estas flexibilidades e incertezas numa taxa de desconto mais elevada ou utilizar a análise por árvore de decisão na expectativa de calcular o valor do projeto de investimento. Todavia, estas soluções adotadas pelos administradores podem conduzir a erros que poderiam ser evitados aplicando a teoria das opções reais.

Mesmo com toda a dificuldade de utilizar a técnica, a TOR demonstra-se relativamente superior como critério para a escolha das melhores estratégias que as técnicas tradicionais de FCD, que capturam o conceito de risco, mas não modelam a incerteza. A combinação da incerteza e da flexibilidade dá origem a diversos tipos de opções que foram analisadas no capítulo anterior, e também a presença de custos irreversíveis muitas vezes faz necessário analisar atentamente o momento justo dos investimentos. Todos estes fatores, que foram discutidos ao longo da dissertação, tem que ser analisados e gerenciados em uma ótica

diferente em relação aquela tradicional, e a TOR é atualmente o instrumento que melhor se presta para permitir uma análise quantitativa mais adequada a realidade.

As conseqüências da utilização da TOR não estão limitadas a uma melhor precisão na avaliação dos projetos de investimento, mas determinam uma mudança estratégica no modo de operar das empresas, e em particular no modo de pensar dos administradores. Em relação à mudança do modo de operar das empresas os principais aspectos da mudança são os seguintes:

- A reavaliação e reconsideração dos projetos com alto risco determina uma redistribuição dos financiamentos a favor de setores estratégicos anteriormente desconsiderados.
- A empresa é orientada a olhar de maneira diferente o fator risco, tradicionalmente visto como um fator negativo, pela mudança de atitude em relação a incerteza e risco, estes fatores podem se tornar fonte potencial de valor agregado.
- Os mercados financeiros, assumem um papel importante no processo de avaliação como fonte de informações (taxas de retorno, desvio padrão de ações das empresas), especialmente nos casos das empresas cotadas na bolsa de valores.

Em relação à mudança do modo de pensar dos administradores, talvez este é o aspecto e benefício mais importante a ser ressaltado quando se aplica a TOR nas empresas. O próprio exercício de identificar as opções implícitas nos projetos de investimento, muda a maneira de pensar e de agir dos administradores. Estes adotam um comportamento mais proativo na presença de incerteza, com o objetivo de maximizar os ganhos e minimizar as possíveis perdas nos diferentes cenários. A visão muda do contexto de “medo em relação à incerteza e

de consequência minimize os investimentos” para “maximize os ganhos derivante da incerteza e maximize o conhecimento em virtude de obter novas informações”.

Os administradores, são forçados a adotar um comportamento estratégico mais oportunista com o objetivo de avaliar todas as oportunidades futuras que podem surgir a partir de uma decisão inicial de efetuar um investimento, não obstante o VPL ser negativo.

Existem ainda muitas lacunas que devem ser preenchidas na TOR, tais como o fato de considerar a concorrência como exógena ao modelo, enquanto seria mais apropriado modelar esta componente. Este ultimo fato sugere a necessidade de incorporar na TOR, por exemplo, a teoria dos jogos, a qual pode ajudar na análise nos ambientes de negócios onde as outras empresas concorrentes podem reagir bloqueando ou imitando as estratégias iniciais da primeira empresa.

Enfim o desafio que se deparam os interessados em aprofundar a implementação da técnica das opções reais é aquela de construir modelos cada vez mais realistas, sem perder o rigor matemático de base e tentar reduzir a distancia entre as premissas dos modelos financeiros e aquelas dos modelos reais. Sabe-se, conforme o referencial teórico apontado no capítulo 2, que a maioria das aplicações da TOR foi no campo da industria de extração de minérios, farmacêutica, mas a tentativa de aplicação da TOR no setor de serviços, como o setor de seguros, e que foi objeto desta dissertação, representa uma indicação para futuros trabalhos de aplicação prática desta teoria.

## REFERÊNCIAS

- ABEL, A.; DIXIT, A.; EBERLY, J.; PINDYCK, R.. Options, The Value of Capital, and Investment. *Quarterly Journal of Economics*. August, p.753 –777, 1996.
- ABREU, José Carlos. *Teoria das opções reais*. Notas do Curso de Teoria das Opções Reais. Rio de Janeiro : FGV, 2002.
- AGMON, Tamir. Capital Budgeting and the Utilisation of Full Information: Performance Evaluation and the Exercise of Real Options in *Capital Budgeting Under Uncertainty*, Chapter 13, Englewood Cliffs, NJ. : Raj Aggarwal (Ed.), Prentice Hall, 1993.
- AMRAM, Martha; KULATILAKA, Nalin (1999a). *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Boston, Massachusetts : Harvard Business Scholl Press, 1999.
- AMRAM, Martha; KULATILAKA, Nalin (1999b). Disciplined Decisions - Aligning Strategy with the Financial Markets. *Harvard Business Review*. January-February, p.95-104, 1999.
- BELL, Gregory. Volatile Exchange Rates and the Multinational Firm: Entry, Exit, and Capacity Options in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut : ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.
- BJERKSUND, Peter; EKERN, Steinar. Managing Investment Opportunities Under Price Uncertainty: From "Last Chance" to "Wait and See" Strategies. *Financial Management*. Autumn, p.65-83, 1990.
- BLACK, Fischer; MYRON Scholes. The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy*. Vol.81, p.637-659, 1973.
- BOYLE, P.P. Options: A Monte Carlo Approach. *Journal of Financial Economics*. Vol.4, p.323-338, 1977.

- BREALEY, Richard; MYERS Stewart. *Principals of Corporate Finance*. 5th Ed., New York: McGraw Hill, 1996.
- BRENNAN, Michael J.; SCHWARTZ, Eduardo S.. The Valuation of American Put Options. *Journal of Finance*. Vol. 32, p. 449-462, 1977.
- BRENNAN, Michael J; SCHWARTZ, Eduardo S.. Evaluating Natural Resources Investments. *Journal of Business*. Vol.58, N°2, p.135-157, 1985.
- BUSBY, J.; PITTS, C.. Real Options and Capital Investment Decisions. *Management Accounting*. London, Vol.75, N.10, p.38-39, 1997.
- CAMPA, José Manuel. Multinational Investment Under Uncertainty in the Chemical Processing Industries. *Journal of International Business Studies*. Third Quarter, p. 557-578, 1994.
- CAPPOZA, Dennis; SICK, Gordon. The Risk Structure of Land Markets. *Journal of Urban Economics*. Vol.35, p.297-319, 1994.
- CARR, Peter. The Valuation of Sequential Exchange Opportunities. *The Journal of Finance*. Vol. XLIII, N.5, p.1235-1256, 1988.
- CARR, Peter. The Valuation of American Exchange Options with Application to Real Options in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut : ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.
- COPELAND, T.; KOLLER, T.; MURRIN, J.. *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*. New York : 2 ed. Wiley, 1995.
- COX, John; ROSS, Stephen. The Valuation of Options for Alternative Stochastic Processes. *Journal of Financial Economics*. Vol. 3, N. 112, p.145-166, 1976.
- COX, John; ROSS, Stephen; RUBINSTEIN, Mark. Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*. Vol. 7, p.229-263, 1979.

DAMODARAN, A. "The promise and peril of real options". Working paper, Stern School of Business, [www.stern.nyu.edu/~adamodaran](http://www.stern.nyu.edu/~adamodaran), 2000.

DIXIT, Avinash. Entry and Exit Decisions Under Uncertainty. *Journal of Political Economy*. Vol.97, N.3, p.620-638, 1989.

DIXIT, Avinash; PINDYCK, Robert. *Investment Under Uncertainty*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1994.

DIXIT, Avinash; PINDYCK, Robert. The Option Approach to Capital Investment. *Harvard Business Review*. May-June, p.105-115, 1995.

EDLESON, Michael; REINHARDT, Forest. Investment in Pollution Compliance Options: The Case of Georgia Power in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut : ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.

ENZ, Rudolf. The S-Curve Relation between per-capita income and insurance penetration. *The Geneva Papers on Risk and Insurance, Issues and Practice*. Vol. 25, N°3 July, 2000.

FAULKNER, Terrence. Applying "Options Thinking" to R&D Valuation. *Research Technology Management*. May-June, p.50-56, 1996.

FINE, Charles; FREUND, Robert. Optimal Investment in Product-Flexible Manufacturing Capacity. *Management Science*. Vol.36, N°4, p.449-466, 1990.

GESKE, R.. The Valuation of Compound Options. *Journal of Financial Economics*. Vol.7, p.63-81, 1979.

GITMAN, J. Lawrence. *Princípios de Administração Financeira*. 7° ed., São Paulo : Editora Harbra, 1997.

HUCHZERMEIER, Arnd; COHEN, Morris. Valuing Operational Flexibility Under Exchange Rate Risk. *Operations Research*. Vol.44, p. 100-113, 1996.

- HULL, John C.. *Options, Futures and other Derivatives*. 3. Ed. Englewood Cliffs (NJ): Prentice Hall, 1997.
- HULL, J. and WHITE, A. Valuing Derivative Securities Using the Explicit Finite Difference Method. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Vol.25, p. 87-100, March 1990.
- INGERSOLL Jr.; ROSS, STEPHEN A.. Waiting to Invest: Investment and Uncertainty. *Journal of Business*. Vol.65, N°1, p.128-156, 1992.
- KAMRAD, Bardia; ERNST, Ricardo. Multiproduct Manufacturing with Stochastic Input Prices and Output Yield Uncertainty in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut : ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.
- KASANEN, Eero; TRIGEORGIS, Lenos. Flexibility, Synergy, and Control in Strategic Investment Planning in *Capital Budgeting Under Uncertainty*, Chapter 12, Englewood Cliffs, NJ. : Raj Aggarwal (Ed.), Prentice Hall, 1993.
- KEMNA, Angelien G. Z. Case studies on real options. *Financial Management*. Vol. 22, N.3, Autumn, p. 259-270, 1993.
- KENSINGER, John. Adding the Value of Active Management into Capital Budgeting Equation. *Midland Corporate Finance Journal*. Vol.5, N.1, p. 31-42, 1987.
- KESTER, W. Carl. Today's Options for Tomorrow's Growth. *Harvard Business Review*. March-April, p.153-160, 1984.
- KOGUT, Bruce; KULATILAKA, Nalin (1994a). Operating Flexibility, Global Manufacturing and the Option Value of a Multinational Network. *Management Science*. Vol.40; N.1; p.123- 139, 1994.
- KOGUT, Bruce; KULATILAKA, Nalin (1994b). Option Thinking and Platform Investment: Investing Opportunities. *California Management Review*. Winter, p.52-71, 1994.

KOGUT, Bruce; KULATILAKA, Nalin. *Capabilities as Real Options*. Working Paper, Wharton School, 1997.

KULATILAKA, Nalin. The value of flexibility: The case of a dual-fuel industrial steam boiler. *Financial Management*. Vol.22, N.3, p. 271-280, 1993.

KULATILAKA, Nalin (1995a): The Value of Flexibility. A General Model of Real Options Options in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut : ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.

KULATILAKA, Nalin (1995b): Operating Flexibility in Capital Budgeting: Substitutability and Complementarity in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut : ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.

KULATILAKA, Nalin; MARCUS, A.. Project Valuation Under Uncertainty: When Does DCF Fail? *Journal of Applied Corporate Finance*. Vol.5, N.3, p.92-100, 1992.

KULATILAKA, Nalin; PEROTTI, Enrico (1998a). Strategic Growth Options. *Management Science*. Vol.44, N.8, p.1021-1031, 1988.

KULATILAKA, Nalin; PEROTTI, Enrico (1998b): *Time-to-Market Capability as a Stackelberg Growth Option*. WorkingPaper, Boston University, 1988.

KULATILAKA, Nalin; STORCK, John. *Managing Information Technology Investments: A Capability-bases Real Option Approach*. Working Paper, Boston University, 1996.

KULATILAKA, Nalin; VENKATRAMAN N.. *Are You Prepared to Compete in the New Economy? Use a Real Option Navigator*. Working Paper, Boston University, 1998.

LAI, Van Son; TRIGEORGIS, Lenos. The Strategic Capital Budgeting Process: A Review of Theories and Practice Options in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut: ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.

- LANDER, D. M.; PINCHES, G. E.. Challenges to the practical implementation of modelling and valuing real options. *Quarterly Review of Economics and Finance*. Vol.38, Special Issue, p.537-567, 1998.
- LEE, Moon Hoe. Valuing Finite-Maturity Investment-Timing Options. *Financial Management*. Vol.26, N.2, Summer, p.58-66, 1997.
- LUEHRMAN, Timothy. What's it worth? A General Manager's Guide to Valuation. *Harvard Business Review*. May-June, p., 1997.
- LUEHRMAN, Timothy (1998a): Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers. *Harvard Business Review*. July-August, p.51-67, 1998.
- LUEHRMAN, Timothy (1998b): Strategy as a Portfolio of Real Options. *Harvard Business Review*. September-October, p.89-99, 1998.
- MAJD, Saman; PINDYCK, Robert S.. Time to Build, Option Value and Investment Decisions. *Journal of Finance Economics*. Vol.18, N.1, p.7-27, 1987.
- MARGRABE, William. The Value of an Option to Exchange One Asset for Another. *Journal of Finance*. Vol.33, N.1, p.177-186, 1978.
- MASON, P.; MERTON, R. The Role of Contingent Claims Analysis. *Recent Advances in Corporate Finance*. Boston : Irwin, 1985.
- MAUER, David C.; OTT, Steven. Investment Under Uncertainty: The Case of Replacement Investment Decisions. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Vol. 30, N.4, p. 581-605, 1995.
- MCDONALD, Robert; SIEGEL, Daniel. Investment and the Valuation of Firms When There is an Option to Shut Down. *International Economic Review*. Vol.26, N.2, June, p.331-349, 1985.
- MCDONALD, Robert; SIEGEL, Daniel. The Value of Waiting to Invest. *Quarterly Journal of Economics*. Vol.101, N.4, p.707-727, 1986.

- MERTON, Robert. The Theory of Rational Option Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*. Vol.4; p.141-183, 1973.
- MINTZBERG, Henry. The fall and Rise of Strategic Planning. *Harvard Business Review*. January- February, 1994.
- MORCK, R; SCHWARTZ, E., STANGELAND, D.. The valuation of Forestry Resources under Stochastic Prices and Inventories. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Vol.24, N.4, p.473-487, 1989.
- MYERS, Stewart. Determinants of Corporate Borrowing. *Journal of Financial Economics*. Vol.5, N. 2, p.147-176, 1977.
- MYERS, Stewart. Finance Theory and Financial Strategy. *Midland Corporate Finance Journal*. Vol.5, N.1, p.6-13, 1987.
- MYERS, Stewart; MAJD, Samam. Abandonment Value and Project Life. *Advances in Futures and Options Research*. Vol.4, p.1-21, 1990.
- NATENBERG, Sheldon. *Option Volatility & Pricing*. New York : McGraw Hill, 1994.
- PADDOCK, James L.; SIEGEL, Daniel R.; SMITH, James L... Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. *Quarterly Journal of Economics*. Vol.103, N.3, p: 479-508, 1988.
- PINDYCK, Robert. Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm, *American Economic Review*. Vol. 78, N.5, p.969-985, 1988.
- PINDYCK, Robert. Irreversibility, Uncertainty, and Investment, *Journal of Economic Literature*. Vol.29, N.3, p.1110-1148, 1991.
- QUIGG, Laura. Empirical Testing of Real Option Pricing Models. *The Journal of Finance*. Vol. XLIII, N.2, p.621-640, 1993.
- QUIGG, Laura. Optimal Land Development in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut : ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.

- ROSS, Stephen. Uses, Abuses, and Alternatives to the Net-Present-Value Rule. *Financial Management*. Vol.24, N.3, p. 96-102, 1995.
- ROSS, Stephen.; WESTERFIELD Randolph W.; JAFFE Jeffrey F.. *Administração Financeira*. São Paulo. Atlas, 1995.
- SCHNABEL, Jacques. Uncertainty and the Abandonment Option. *The Engineering Economist*. Vol.37, N.2, Winter, 1992.
- SICK, Gordon. Real Options, in Jorow, R. et al. *Finance, Handbooks in Operations Research and Management Science*. Vol.9, Amsterdam: Elsevier, chapter 21, 1995.
- SIEGEL, Daniel R.; SMITH, James L.; PADDOCK, James L.. Valuing Offshore Oil Properties With Option Pricing Models, *Midland Corporate Finance Journal*. Vol.5, Spring, p. 22-30, 1987.
- SIRMANS, C . Research on Discounted Cash-Flow Models. *Real Estate Finance*. Vol.13, N. 4, p: 93-95, 1997.
- SMIT, Han. Investment Analysis of Offshore Concession in The Netherlands. *Financial Management*. Vol.26, N.2, p.5-17, 1997.
- SMIT, Han; ANKUM, L.. A Real Options and Game-Theoretic Approach to Corporate Investment Strategy Under Competition. *Financial Management*. Vol.22, N.3, p.241-250, 1995.
- SMITH, James; NAU, Robert.. Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis. *Management Science*. Vol. 1, N.5, p.795-816, 1995.
- SMITH, Kenneth; TRIANTIS, Alexander. The Value of Options in Strategic Acquisitions in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut : ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.
- STULZ, René. Options on the Minum or the Maximum of Two Risky Assets. *Journal of Financial Economics*. Vol.10, p.161-185, 1982.

- SWISS-RE. Assicurazione Mondiale 2001 : Le turbolenze sui mercati finanziari e i grandi sinistri incidono sull'andamento dei premi. *Sigma Report*. N° 6, 2002.
- TEISBERG, Elizabeth. An Option Valuation Analysis of Investment Choices by a Regulated Firm. *Management Science*. Vol.40, N.4, p. 535-548, 1994.
- TEISBERG, Elizabeth. Capital Investment Strategies Under Uncertain Regulation. *RAND Journal of Economics*. Vol. 24, N.4, p.591-604, 1993.
- TILLINGHAST TOWERS PERRIN. Bancassurance in Latin America. *Emphasis*. N°1, 2000.
- TITMAN, Sheridan. Urban Land Prices under Uncertainty. *American Economic Review*. Vol.75, N°3, p.505-514, 1985.
- TRANTIS, Alexander; HODDER, James. Valuing Flexibility as a Complex Option. *The Journal of Finance*. Vol.45, p.549-565, 1990.
- TRIGEORGIS, Lenos. A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting. *Advances in Futures and Options Research*. N.3, p.145-167, 1988.
- TRIGEORGIS, Lenos. A Real Option Application in Natural Resource Investments. *Advances in Futures and Options Research*. Vol.4, p.153-164, 1990.
- TRIGEORGIS, Lenos (1991a). A Log-Transformed Binomial Numerical Analysis Method for Valuing Complex Multi-Option Investments. *Journal of Financial e Quantitative Analysis*. Vol. 6, N.3, p.309-326, 1991.
- TRIGEORGIS, Lenos (1991b). Anticipated Competitive Entry and Early Preemptive Investment in Deferrable Projects. *Journal of Economics and Business*. Vol.43, p.143-156, 1991.
- TRIGEORGIS, Lenos (1993a). Real options and interactions with financial flexibility. *Financial Management*. Vol.22, N.3, p.202-224, 1993.

- TRIGEORGIS, Lenos (1993b). The nature of option interactions and the valuation of investments with multiple real options. *Journal of Financial & Quantitative Analysis*. Vol.28, N.1, p.1-20, 1993.
- TRIGEORGIS, Lenos. Evaluating Leases With Complex Operating Options. *European Journal of Operational Research*. Vol.91, N.2, p.315-329, 1996.
- TRIGEORGIS, Lenos (1998). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. 3 ed., Cambridge (MA): The MIT Press, 1998.
- TRIGEORGIS, Lenos; MASON, Scott. Valuing Managerial Flexibility. *Midland Corporate Finance Journal*. Vol.5, N.1, p.14-21, 1987.
- VILA, Anne; SCHARY, Martha. Default Risk in the Contingent Claims Model Debt in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut : ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.
- WILNER, Ram. Valuing Start-up Venture Growth Options in *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut : ed. by Lenos Trigeorgis, London Praeger, 1995.

Fonte Referências :

- Biblioteca Mario Henrique Simonsen - FGV - Rio de Janeiro
- Internet : Alguns artigos e working papers foram baixados através do Proquest e General Business Files disponível na biblioteca da FGV - Rio de Janeiro

