

**ALEX DE ARAUJO GERMER
RONALDO BORGES FRANCO**

**A utilização da Teoria das Opções Reais como uma
complementação ao método tradicional de análise de
investimentos em projetos do setor de energia**

**Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção de certificado de Especialista
em Energia – MBA em Energia.**

Área de Concentração: Energia

**Orientador:
Prof. Dr. Fernando A. Almeida Prado Jr**

**São Paulo
2005**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL DESTE TRABALHO, POR
MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E
PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

MBA/EN

2005

G 317 m

Catálogo na Publicação
Serviço de Documentação
Escola Politécnica - Universidade de São Paulo

1639669

Germer, Alex de Araújo; Franco, Ronaldo Borges

A utilização da Teoria das Opções Reais como uma
alternativa ao método tradicional de análise de investimentos
em projetos do setor de energia; Orientador Fernando A.
Almeida Prado Jr.

-- São Paulo, 2005

79 f.

Monografia (MBA em Energia – Área de Concentração:
Energia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

1. Opções Reais. 2. Análise de Investimentos

CDD 658.152

DEDALUS - Acervo - EPEL



31500017595

M2005BF

FOLHA DE APROVAÇÃO

Alex de Araujo Germer
Ronaldo Borges Franco

A utilização da Teoria das Opções Reais como uma complementação ao método tradicional de análise de investimentos em projetos do setor de energia

Trabalho apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do certificado
de especialista em Energia – MBA
em Energia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Às nossas esposas e filhos, com amor, admiração e gratidão por suas compreensões, carinho, presença e incansável apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais prestamos nossa homenagem:

Às nossas famílias, pelos incentivos que nos foram dados.

Ao nosso orientador, que nos mostrou os caminhos a serem seguidos.

À CPFL, pela preciosa oportunidade oferecida.

Ao Prof. Dr. Edson Pamplona, da Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI, pelo apoio, ajuda e disponibilização de material.

À todos os colegas e professores do Curso de MBA em Energia, pelos excelentes momentos que vivenciamos juntos, durante os 18 meses deste profícuo curso.

Epígrafe

O privilégio de uma existência é ser quem voce é.

Joseph Campbell

*Aquilo que você precisa fazer, faça com alegria.
A vida é desprovida de sentido, você dá sentido a ela.
O sentido da vida é aquilo que você atribui a ela
Estar vivo é o sentido*

Joseph Campbell

O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.

Fernando Pessoa

RESUMO

Neste trabalho faz-se uma apresentação inicial dos principais modelos utilizados para a decisão sobre investimentos, quer sejam: o VPL - Valor Presente Líquido e a TIR – Taxa Interna de Retorno, tecendo-se comentários sobre as limitações desses métodos e apresenta-se um modelo relativamente novo de análise de investimentos, ou pelo menos não muito difundido entre as empresas, chamado “Teoria das Opções Reais”, que deriva do modelo de opções financeiras e permite que seja introduzido, e considerado, no caso da análise de investimentos em projetos concretos, o valor advindo da incerteza e volatilidade, que amplia os parâmetros de geração de valor, através da inserção da flexibilidade gerencial.

O trabalho, além de apresentar os conceitos mais relevantes relacionados à Teoria das Opções Reais, aplica o método em um projeto de cogeração, comparando os resultados obtidos pela análise clássica do VPL com o obtido pela utilização deste novo modelo.

O principal objetivo deste trabalho é o de apresentar um panorama geral sobre um tema recente, chamado Teoria das Opções Reais, inferindo que sua utilização pode ser considerada como uma importante evolução nos métodos de análise de investimentos.

ABSTRACT

In this work a initial presentation of the main models used for the decision on investments is made, that is: NVP – Net Value Present and ROI – Return of Investment with comments on the limitations of these methods and presenting a model of Investments Analysis which is relatively new, or at least not very known by the companies, which is called “Real Options Theory”, and derives from the model of Financial Options and allows the value that occurs due to the uncertainty and volatility and which increases the parameters of value generations, to be introduced and considered in the case of the analysis of investments in actual projects through the insertion of management flexibility.

Besides presenting the most relevant concepts related to the Real Options Theory, this work applies such method in a cogeneration project, comparing the results obtained through the classical analysis of the VPL with the result obtained through the use of this new model.

The main objective of this work is to present an overview on a recent subject called Real Options Theory, concluding that its use may be considered as an important evolution in the investment analysis methods.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fluxo de Caixa comparando diferentes perfis de TIR	25
Tabela 2: Análise de Sensibilidade do VPL de um projeto a variações na taxa de desconto	30
Tabela 3: Distribuição de probabilidades das taxas de desconto	31
Tabela 4: Exemplo de uma amostra de números aleatórios	31
Tabela 5: Distribuição de frequência das taxas de desconto	31
Tabela 6: Analogia entre Opção Financeira e Opção Real (Opção de Investir)	39
Tabela 7 – Fluxo de caixa no horizonte de 7 anos	55
Tabela 8 – Fluxo de caixa com suas probabilidades	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perfil da Taxa Interna de Retorno	26
Figura 2: Curvas de simulação dos VPLs	32
Figura 3 – Estrutura Básica do Modelo - Trabalho de Kalberg e Laurin (1977)	61
Figura 4 – Árvore Binomial do Projeto (A)	62
Figura 5 – Modelo Binomial para Precificação de Opção de Compra para um Projeto	63
Figura 6 – Árvore Binomial do Projeto (B)	64

SUMÁRIO

I CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO DO TRABALHO	16
3 HIPÓTESE	17
4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	17
 II MODELOS DE AVALIAÇÃO ECONOMICA-FINANCEIRA TRADICIONAIS	 19
1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	19
2 MODELOS DE AVALIAÇÃO SEM RISCO	22
2.1 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	22
2.2 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	25
3 MODELOS DE AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS	27
3.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	27
3.2 MODELOS TRADICIONAIS DE SIMULAÇÃO	29
3.3 ANÁLISE POR ÁRVORE DE DECISÃO	33
 III A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS	 35
1 INTRODUÇÃO	35
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	35
1.2 DEFINIÇÃO DE OPÇÕES REAIS (AOR)	36
1.3 FUNDAMENTOS DA AVALIAÇÃO POR OPÇÕES REAIS	40
2. A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS	43
2.1 A OPORTUNIDADE DE INVESTIMENTO COMO UMA OPÇÃO REAL	43
2.2 A FLEXIBILIDADE OPERACIONAL	48
2.3 A ESTRATÉGIA COMO OPÇÃO REAL	49

2.4. O VALOR (GLOBAL) DE UMA OPORTUNIDADE DE INVESTIMENTO	51
IV ANÁLISE DE UM PROJETOS DE COGERAÇÃO UTILIZANDO-SE O MODELO DO VPL E O MODELO DE OPÇÕES REAIS	53
1 - CONTEXTUALIZAÇÃO – COGERAÇÃO	53
2 - ANÁLISE POR ÁRVORE DE DECISÕES	56
3 - ANÁLISE DE INVESTIMENTOS UTILIZANDO A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS	59
V CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	66
ANEXOS	69
REFERÊNCIAS	77

I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

Investir pode ser entendido, na Economia, como uma ação de incorrer em custos imediatos, na expectativa de retornos futuros. Dessa forma, a compra de um equipamento, a construção de uma nova planta, a aquisição de estoques para revenda e gastos em treinamento são alguns exemplos das várias formas possíveis de investimentos.

Ao se analisar uma oportunidade de investimento, o investidor normalmente se depara com três fatores básicos que determinam a natureza do investimento: a irreversibilidade, a incerteza e o momento de investir.

- **Irreversibilidade:** O custo inicial do investimento é, ao menos, parcialmente perdido. Normalmente, não se pode recuperar este investimento inicial, integralmente, caso haja mudança de idéia quanto à decisão de investir;

- **Incerteza:** Os benefícios futuros do investimento não são plenamente e acertivamente conhecidos. Na melhor das hipóteses, pode-se calcular as probabilidades dos resultados possíveis que podem gerar retornos maiores, ou menores, para o investimento;

- **Momento de investir:** Há uma certa liberdade quanto ao momento de investir. Sempre é possível adiar-se o investimento, na espera de mais, e melhores, informações sobre o futuro.

As teorias tradicionais de avaliação parecem não ter reconhecido, adequadamente, as importantes implicações qualitativas e quantitativas que advém da interação destes três fatores. Um exemplo disso é o fato de que investimentos reais parecem ser muito menos sensíveis às mudanças pontuais nas taxas de juros, ou de política tributária, do que à volatilidade e à incerteza quanto ao ambiente econômico como um todo.

A característica de incerteza, apesar de altamente potencializada nos chamados "países emergentes", há muito deixou de ser algo exclusivo a estes países. De fato, pode-se afirmar que a humanidade vive num mundo cada vez mais incerto, agravado pelo avanço nas telecomunicações, na velocidade da informação e na rapidez de movimentação dos fluxos de capitais. Esses fatores tem surtido efeitos definitivos nos processos de tomada de decisão no mundo empresarial. Dessa forma, é fundamental que surjam adaptações nas teorias tradicionais de análise de investimentos, que considerem as questões de caráter de incertezas.

Dentro deste contexto, tem-se desenvolvido, em tempos recentes, a chamada "Teoria de Opções Reais" como uma importante ferramenta auxiliar na formulação de projetos de investimento, no gerenciamento da tomada de decisões estratégicas, e na precificação quantitativa de investimentos e empresas como um todo.

Conforme analisam Amram e Kulatilaka (1999), muitos investidores já parecem compreender que há algo errado com a simples regra do VPL da forma que vem sido empregada - que há valor em se esperar por mais informação, e que este valor não está refletido na fórmula padrão. De fato, os tomadores de decisão usualmente exigem muito mais do que um simples VPL positivo para aceitar um investimento.

Há, assim, uma preocupação cada vez maior, dos participantes do mercado, em conhecer novas ferramentas de avaliação econômica, que os possibilitem captar, com maior grau de acerto, as incertezas associadas ao processo de tomada de decisão de investimentos.

2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem por objetivo pesquisar e apresentar uma moderna metodologia de avaliação de investimentos, baseada na teoria de precificação de opções, denominada "Opções Reais", apresentando suas características principais, comparando-a com os métodos clássicos de avaliação, como o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno e, por se tratar de um trabalho de Monografia de um curso de MBA em Energia e por ser esta a área de atuação profissional dos autores deste trabalho, utilizar esta ferramenta em um projeto da área de Energia Elétrica, mais especificamente um projeto de cogeração, valendo-se de um trabalho que foi desenvolvido ao longo do curso, na disciplina "Finanças Aplicada a Projetos", onde foi utilizado o método clássico de avaliação de atratividade do projeto através

do cálculo da TIR e do VPL, e que, neste trabalho, será também analisado sob a ótica da “Teoria das Opções Reais”, comparando-se os resultados obtidos.

Espera-se, com isso, chamar a atenção ao aspecto do risco e da incerteza, e de sua importância na conjuntura atual, contribuindo no aprimoramento da prática de análises de investimentos.

3. HIPÓTESE

A hipótese que se pretende abordar neste trabalho é:

“A utilização de Modelos de Avaliação de Incertezas, e mais especificamente a Teoria das Opções Reais como método complementar de Avaliação Financeira pode ser considerado como uma importante evolução no processo de análise de projetos estratégicos na Área de Energia”.

4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi organizado da seguinte forma:

Capítulo I - Considerações iniciais, formulação da hipótese e organização do trabalho.

Capítulo II – Apresentação de métodos de avaliação tradicionais, como o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno, bem como o Modelo de Avaliação por Árvore de Decisão, que é uma evolução aos modelos tradicionais, que já considera a questão da “incerteza” e que pode ser considerado como um modelo antecessor à Teoria de Opções Reais.

Capítulo III – Apresentação das Opções Reais como metodologia de avaliação. Este capítulo faz o elo entre as Opções Financeiras e as Opções Reais, apresentando a metodologia, seus conceitos e os tipos mais comuns de Opções Reais encontrados na prática.

Capítulo IV – Aplicação do Modelo de Opções Reais em um projeto de cogeração, comparando-se os resultados obtidos com este modelo de análise, com os resultados obtidos pela análise clássica do VPL.

Capítulo V – Considerações finais e conclusão.

II. MODELOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA-FINANCEIRA TRADICIONAIS

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A área de avaliação de investimentos vem aumentando, cada vez mais, sua importância no setor empresarial. Diversos teóricos e analistas de mercado têm-se dedicado ao desenvolvimento e aprimoramento de técnicas que possam avaliar, com a melhor precisão possível, o verdadeiro valor e as melhores escolhas entre projetos de investimento.

Isto se justifica pelo crescimento vertiginoso dos negócios, como a compra e venda de ativos, a dissolução de sociedades e a liquidação de empreendimentos através de fusões, aquisições e privatizações. Da mesma forma, é usual a necessidade de avaliação para monitoramento das decisões de gestão, advinda da atual estrutura do mercado de capitais, que normalmente separa a figura do acionista, daquela do gestor (ou agente), sugerindo formas objetivas de controle e acompanhamento do trabalho desenvolvido pelos executivos, na obtenção do maior valor possível da ação do acionista da companhia.

A avaliação de investimentos, largamente utilizada nas decisões de alocação de capital, preocupa-se com a distribuição, no longo prazo, dos recursos disponíveis dentre os diversos projetos de investimentos existentes. Estas decisões implicam no sacrifício do consumo hoje, em troca de consumo em períodos futuros, representando o centro das escolhas, que devem ser feitas diariamente, por uma empresa ou indivíduo.

Como regra geral, face à inevitável constatação de que os recursos são escassos, portanto, é imperioso aplicá-los da melhor forma possível, os investidores buscam tomar decisões de aplicação de recursos que maximizem sua satisfação, ou consumo, ao longo do tempo. Analogamente, as empresas preocupam-se em maximizar a riqueza de seus acionistas.

A análise financeira, assim, almeja fornecer os meios para tornar, o mais correto possível, as decisões de investimento no momento mais apropriado, e mais vantajoso, com a compensação mais equilibrada entre risco e retorno.

Ao se avaliar um investimento real, busca-se obter o valor justo de mercado, ou aquele que representa, de modo equilibrado, as potencialidades e os custos de determinado projeto. Entretanto, vale notar que não há um valor "correto" para um investimento, pois o seu valor deve ser determinado considerando-se diferentes perspectivas e incertezas existentes. Isto significa que o preço do ativo em questão somente será definido a partir da interação dos desejos, da flexibilidade dos diversos participantes e do desenrolar dos fatos desconhecidos com o passar do tempo.

Acrescente-se, ainda, que o processo de avaliação envolve uma série de avaliações subjetivas, que influenciam sobre o valor a ser obtido. As percepções sobre o valor de um projeto podem ser variadas. Eventualmente, alguns podem perceber no investimento sérias restrições, enquanto outros podem visualizar possibilidades de implementação de ajustes estratégicos e assegurar bons retornos.

Da mesma forma, diversos fatores influem nas decisões de investimento, tais como condições de demanda, ofertas e preços, distintos cenários macroeconômicos, crescimento demográfico, alterações na legislação tributária e pressões de novas tecnologias, taxas de juros, câmbio e inflação.

Como resposta a este ambiente conturbado e à crescente necessidade de avaliação e escolha entre diversas alternativas de projetos, a disciplina financeira tem oferecido, ao longo de sua evolução, vários métodos para calcular o valor de um investimento, não existindo, contudo, uma fórmula exata. Idealmente, se desejaria obter um valor científico e perfeito, mas nenhum método parece ser absolutamente adequado para todas as situações possíveis no mundo corporativo real.

Embora não conclusivos, os métodos de avaliação oferecem um importante instrumento para auxiliar aqueles que estão envolvidos num processo de avaliação de projetos, prestando-se, principalmente, como suporte a importantes decisões estratégicas. De fato, o valor de uma empresa pode ser diretamente relacionado às decisões que toma - relativas a que projetos empreende, como os financia e sua política de dividendos. A compreensão deste relacionamento é a chave para a tomada de decisões que adicionam valor e reestruturação financeira sensata.

2. MODELOS DE AVALIAÇÃO SEM RISCO

2.1. VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

Na ausência de flexibilidade gerencial, o conceito do VPL é considerado o método mais consistente com o objetivo da empresa de maximizar a riqueza do acionista. Outros métodos alternativos (tais como a regra do payback e taxa interna de retorno), apesar de amplamente utilizados no universo corporativo, têm sido julgados como inferiores ao VPL na literatura padrão de finanças.

O valor presente líquido de um investimento é a diferença entre o valor presente das entradas e saídas de caixa presentes e futuras, descontadas a uma determinada taxa de juros (taxa de desconto). Desta forma, e uma vez que os VPLs são aditivos, a riqueza dos acionistas é maximizada ao escolher-se todos os projetos com VPL de valor positivo. Nas empresas em que há restrição de capital e, existindo mais que uma alternativa de projeto, busca-se os que apresentam os maiores VPL.

A fórmula do VPL das receitas líquidas futuras pode ser escrita conforme abaixo:

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

onde:

r = taxa de desconto

C_t = fluxo de caixa líquido para o período t

I = investimento inicial

t = número de períodos do projeto

As vantagens principais do método VPL são:

- O método do VPL usa fluxos de caixa, incluindo a depreciação como fonte de recursos. Esta característica torna a abordagem do VPL consistente com a teoria financeira moderna;
- O VPL reconhece o valor do dinheiro no tempo;
- Ao aceitar projetos com VPL positivos, a empresa também aumentará o seu valor (visando a maximização da riqueza dos acionistas) e não correrá o risco de aceitar um projeto com retorno negativo, num projeto onde existam múltiplas taxas internas de retorno;
- Inclui todos os benefícios e custos decorrentes, tanto da implantação, quanto da operação do projeto ao longo de sua vida útil.
- Na comparação entre dois projetos de investimentos, o método do VPL permite que seja encontrada uma taxa de desconto ajustada ao risco de cada projeto, eliminando o problema de comparação entre projetos com perfis de risco diferenciados.
- Na escolha entre dois projetos de investimentos mutuamente excludentes (ou independentes), nos quais distintas taxas de desconto podem inverter a ordem de preferência entre os projetos, o método do VPL é sempre o mais adequado, pois evita que decisões erradas sejam tomadas com base na TIR individual dos projetos.

O ponto crítico da abordagem do VPL está na decisão de qual taxa de desconto utilizar.

Outra limitação da abordagem do VPL reside na necessidade de se assumir que a administração é capaz de fazer previsões dos fluxos de caixa dos anos futuros, e que as premissas adotadas permanecerão estáticas durante todo o projeto, sem qualquer intervenção dos gerentes em caso de resultados inesperados e desfavoráveis.

No mundo corporativo real, quanto mais distante for o horizonte de tempo, maiores serão as incertezas e mais imprecisas serão as previsões de fluxo de caixa, uma vez que estes fluxos são diretamente influenciados pelas vendas futuras, custos em geral (mão-de-obra, materiais, custos indiretos de fabricação), taxas de juros, políticas governamentais, aspectos climáticos, mudanças demográficas, políticas internacionais, gostos dos consumidores, novas tecnologias, e assim por diante.

Desta forma, no método VPL, erros na previsão de fluxos de caixa podem levar à aceitação de um projeto que deveria ser rejeitado, ou vice-versa. Além disso, apesar da estimativa de taxas de juros futuras ser tanto difícil como incerta, a premissa adotada pelo método de que a taxa de desconto é a mesma durante todo o projeto não é de todo realista. Esta situação, inclusive, também ocorre nos métodos da TIR e do payback, que partem do mesmo pressuposto básico.

Não obstante tais limitações, a abordagem do VPL é considerada, num cenário de ausência de flexibilidade gerencial, a mais consistente com o objetivo da

empresa de maximizar a riqueza do acionista pela literatura financeira moderna e por seus praticantes.

2.2. TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

A taxa interna de retorno é uma medida da taxa de rentabilidade. Por definição, a TIR é uma taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial, conforme mostra o exemplo a seguir:

Ano	Fluxo	Taxas de Desconto				
		0%	5%	10%	15%	20%
0	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00	-90,00
1	50,00	50,00	47,62	45,45	43,48	41,67
2	50,00	50,00	45,35	41,32	37,81	34,72
VPL		10,00	2,97	-3,22	-8,71	-13,61

Tabela 1: Fluxo de Caixa comparando diferentes perfis de TIR

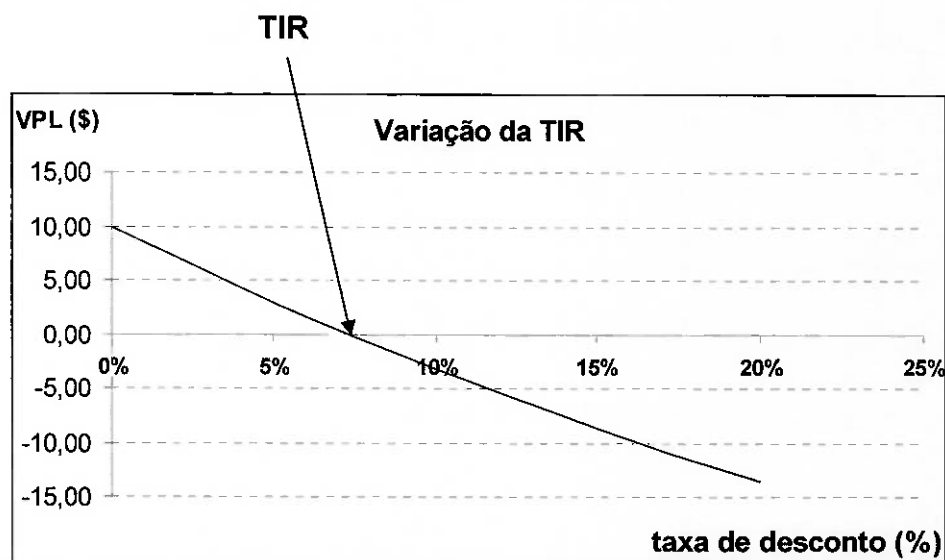


Figura 1: Perfil da Taxa Interna de Retorno

Na análise de investimentos, costuma-se comparar a TIR do projeto em questão à taxa mínima ou a taxa desejada de retorno, que deve ser menor que a TIR. As empresas determinam suas taxas mínimas de retorno com base em seus custos de financiamento e no risco do projeto. Em seguida, são projetados os fluxos de caixa futuros e é calculada a TIR.

O método da TIR é extremamente popular, pois é intuitivo, e possibilita a comparação entre projetos distintos. No entanto, apesar de incorporar o valor do dinheiro no tempo, uma análise de projetos puramente pela TIR pode levar a resultados não realistas. Muitas vezes a TIR calculada não é razoável para o reinvestimento de fluxos de caixa futuros, e não serve como parâmetro de aceitação ou rejeição de um projeto.

Um segundo problema que ocorre no método da TIR é a possível existência de múltiplas taxas de retorno em um único projeto. Nestes casos, é necessário uma análise mais apurada para se definir, dentre os valores encontrados, qual a taxa mais realista, e que deve ser utilizada na comparação com a taxa mínima estabelecida.

3. MODELOS DE AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS

Os modelos de avaliação de incertezas buscam acrescentar à tradicional análise do VPL questionamentos sobre as verdadeiras fontes de valores de VPL

positivos. Muitas vezes, o mero processamento de dados numéricos numa análise de fluxos de caixa descontados pode conduzir erroneamente a um VPL positivo, sem que a análise dos riscos e das diferentes possibilidades abertas à empresa sejam levadas em consideração.

Neste sentido, apresenta-se a seguir um modelo de análise que ajuda administradores a lidar com os efeitos da incerteza sobre os fluxos de caixa incrementais.

3.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A metodologia de análise de sensibilidade busca descobrir como o VPL de um projeto muda, se as vendas, os custos de mão-de-obra ou de materiais, a taxa de desconto, ou outros fatores, variarem caso a caso. Segundo Groppelli e Nikbakht (1999), "em termos simples, a análise de sensibilidade é um estudo de 'what if' ("e se")". Visto que as estimativas utilizadas no cálculo do VPL são invariavelmente resultado de previsões de outras variáveis primárias, a análise de sensibilidade objetiva conhecer os detalhes destas previsões, e identificar o impacto de mudanças sobre as variáveis chaves, de forma individual.

Através da obtenção de diversas análises que consideram uma série de hipóteses de mudanças em variáveis-chave, a análise de sensibilidade busca responder a qual variável o valor do projeto é mais sensível, de forma a voltar maior atenção a estas variáveis principais, tanto em termos de qualidade das previsões,

como também da variabilidade e do risco do projeto como um todo. Assim, quanto mais variação ou mudanças existirem no VPL de um projeto, mais arriscado será o investimento.

Uma variável pode ser extremamente arriscada (com uma variância muito maior do que as outras variáveis identificadas), porém sua contribuição para o risco do projeto é pequena, enquanto outras menos arriscadas podem ser cruciais, e mesmo erros marginais podem ter impactos altamente significativos no VPL de um projeto.

A análise de sensibilidade, contudo, possui uma grave limitação no que tange à falta de informação sobre as distribuições de probabilidades das variáveis analisadas. Desta forma, não é possível avaliar o quão provável é uma variação das vendas em 10% do valor originalmente previsto, por exemplo. Adicionalmente, a análise de sensibilidade não avalia os efeitos das combinações das variáveis sobre o VPL do projeto, ignorando a combinação simultânea de erros em diversas variáveis.

3.2 MODELOS TRADICIONAIS DE SIMULAÇÃO

As distribuições de probabilidade nas variáveis-chave para o cálculo do VPL de um projeto são, conforme salientado na seção anterior, cruciais para a análise do risco de um projeto. O método tradicional de simulação busca produzir uma série de situações hipotéticas, com o auxílio de aplicativos (softwares) de computador, que

usam geradores de variáveis aleatórias para a criação de diversos cenários, possibilitando a análise das várias distribuições de probabilidade dos possíveis valores assumidos por estas variáveis.

Eventos simulados são usados em orçamento de capital para estudar os diferentes valores de VPL de projetos para diferentes fluxos de caixa, produzindo médias e desvios-padrão de VPL. Obviamente, aquele projeto com maior VPL médio e menor desvio-padrão deve ser o escolhido, pois representa o menor risco.

O primeiro passo para uma simulação tradicional é a definição das distribuições de frequência para os valores possíveis das variáveis a serem simuladas. Sanvicente (1977) recomenda como fontes principais dessa informação: a) as opiniões de conhecedores do comportamento das variáveis, e b) o comportamento passado das variáveis, caso seja válido o uso de distribuições de probabilidades passadas como indicação de seu comportamento usual.

A segunda etapa envolve a geração de múltiplas combinações de números aleatórios por computador, como, por exemplo, através do Método Monte Carlo (o nome Monte Carlo tem sua origem no famoso cassino de Mônaco e da analogia dos cassinos aos mercados financeiros). Conforme Jorion (1988), o “método de Monte Carlo aproxima o comportamento dos preços de ativos financeiros, através de simulações de computador, que geram trajetórias aleatórias”. Para cada número aleatório, são calculados os fluxos de caixa e o VPL, como no exemplo abaixo, cuja variável analisada é a taxa de desconto:

Ano	Fluxo de Caixa (Ct)	Hipóteses:	- 5,0%	- 2,5%	Inicial	+ 2,5%	+ 5,0%
		Taxa (i):	20,0%	22,5%	25,0%	27,5%	30,0%
0	-200.000,00	VP(0):	-200.000,00	-200.000,00	-200.000,00	-200.000,00	-200.000,00
1	25.000,00	VP(1):	20.833,33	20.408,16	20.000,00	19.607,84	19.230,77
2	150.000,00	VP(2):	104.166,67	99.958,35	96.000,00	92.272,20	88.757,40
3	10.000,00	VP(3):	5.787,04	5.439,91	5.120,00	4.824,69	4.551,66
4	65.000,00	VP(4):	31.346,45	28.864,83	26.624,00	24.596,46	22.758,31
5	170.000,00	VP(5):	68.319,19	61.626,64	55.705,60	50.454,28	45.785,94
		VPL:	30.452,67	16.297,89	3.449,60	-8.244,52	-18.915,92

Tabela 2: Análise de Sensibilidade do VPL de um projeto a variações na taxa de desconto

Supondo a distribuição de probabilidade abaixo e uma amostra aleatória de 50 números, como a representada no quadro a seguir, obter-se-ia os seguintes valores:

Taxa de desconto	Probabilidade	Números ao acaso associados a esta taxa
20,00%	10%	00-09
22,50%	20%	10-29
25,00%	35%	30-64
27,50%	15%	65-94
30,00%	5%	95-99

Tabela 3: Distribuição de probabilidades das taxas de desconto

94	36	31	13	30
16	80	15	1	78
39	53	62	38	53
21	10	76	17	86
22	1	54	18	5
56	1	11	34	60
59	28	3	90	93
76	9	36	7	41
89	48	25	12	94
86	95	46	28	53

Tabela 4: Exemplo de uma amostra de números aleatórios

Assim, ao se contar a frequência de aparição dos números na amostra aleatória, chega-se à seguinte distribuição de frequências:

Taxa de Desconto	Frequência
20,00%	7
22,50%	13
25,00%	18
27,50%	9
30,00%	3
Total:	50

Tabela 5: Distribuição de frequência das taxas de desconto

Que por sua vez permite calcular:

Média Taxa de Desconto: 24,4%

Média VPL = \$ 7.550,57

Desvio Padrão Taxa de Desconto: 2,6%

Desvio Padrão VPL = \$ 13.103,81

Coefficiente de Variação (Desvio Padrão / Média): 1,74

O processo é então repetido muitas vezes (até obter-se, por exemplo, 500 amostras diferentes), para cada uma das variáveis-chave, guardando o resultado do VPL médio de cada amostra, de forma que seja possível, ao final, traçar a distribuição de probabilidade dos fluxos de caixa ou dos VPL do projeto, com média e desvio-padrão.

Ao se comparar dois projetos distintos, aquele com menor coeficiente de variação (maior média e menor desvio-padrão, ou maior retorno e menor risco), será

escolhido em detrimento ao outro. Na figura abaixo, é possível comparar dois perfis distintos de projetos, através de sua distribuição de frequências (curva normal). O Projeto A representa um projeto com maior risco (formato mais achatado e caudas maiores - maior dispersão), enquanto o Projeto B é um projeto com perfil de risco mais adequado (perfil alongado e caudas mais curtas). Considerando que ambos têm a mesma média, o Projeto B seria o mais adequado em termos da melhor relação risco-retorno.

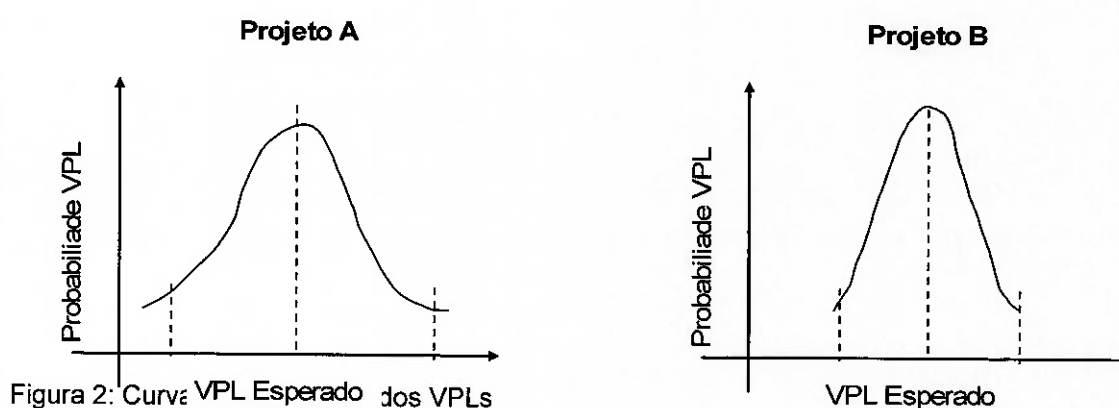


Figura 2: Curvas VPL Esperado dos VPLs

A simulação tradicional pode lidar com problemas de decisão razoavelmente complexos sob a visão de risco, e também com a interação de diversas variáveis, constituindo uma importante ferramenta adicional na análise pelo VPL. No entanto, sua limitação principal está na correta captura das interdependências entre as variáveis estudadas, mesmo que as probabilidades estejam livres de qualquer viés.

No que tange à flexibilidade gerencial, a simulação também não é capaz de capturar as assimetrias das mudanças nas estratégias iniciais, uma vez que as simulações por computador tendem a seguir as regras para as quais foram devidamente programadas.

3.3 ANÁLISE POR ÁRVORES DE DECISÃO

Esta análise se mostra extremamente útil ao buscar incorporar a incerteza e a flexibilidade gerencial dentro de um modelo teórico, estruturando um problema de decisão através do mapeamento de todas as alternativas possíveis de ações gerenciais, por ordem de probabilidade de ocorrência.

Em uma comparação com a análise pelo VPL, na qual as decisões são focadas na decisão inicial (aceitar ou rejeitar), a análise por árvores de decisão preocupa-se com a estratégia operacional e com as interdependências entre a primeira e todas as outras decisões subsequentes. Esta característica garante à análise por árvores de decisão um enorme poder para a avaliação de decisões de investimentos seqüenciais, particularmente quando estas estão dispostas de forma discreta ao longo do tempo.

O método segue a seguinte estrutura básica:

- 1) A gerência deve tomar uma, ou uma seqüência de decisões entre distintos cursos de ação;
- 2) Cada decisão depende de eventos futuros incertos, ou eventos que possam ser descritos através de uma distribuição de probabilidades com base na informação passada;

3) A gerência escolhe, entre os diversos caminhos disponíveis, aqueles que maximizam a sua função de utilidade, ou o VPL ajustado ao risco, de acordo com as suas preferências ou aversão ao risco.

A metodologia de árvores de decisão usa, desta forma, a visão da empresa individual, de acordo com as suas crenças e preferências. Outra característica deste tipo de análise é que há uma concentração na decisão imediata a ser tomada no presente, com pouca consideração na habilidade da gerência em fazer ajustes futuros de forma a se criar valor dentro das circunstâncias corretas.

III – A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para conceituar o tema “Opções Reais” pode-se imaginar uma viagem de carro de Porto Alegre a Caracas. Seleciona-se um mapa, define-se a viagem pelas melhores estradas segundo uma rota planejada. É possível, no entanto, que surjam engarrafamentos, ou desvios inesperados, ou seja, que apareçam imprevistos.

Pensa-se agora na analogia com as decisões de orçamento de capital. O valor presente líquido, ou o fluxo de caixa descontado, trata apenas de fluxos de caixas previstos, descontados a uma taxa constante, pois se considera que o risco continuará o mesmo ao longo da vida do projeto. É o equivalente a supor que é possível viajar, sempre, pela rota planejada – sem desvios, sem engarrafamentos, sem mau tempo, ou seja, desconsidera-se a possibilidade da ocorrência de imprevistos, de incertezas.

Como citado por Copeland (2002), “experientes tomadores de decisão, muitos dos quais já sofreram golpes inesperados na vida, são bastante céticos a respeito do uso do valor presente líquido. O conceito se alicerça em hipóteses restritivas.” Uma análise de VPL típica é algo assim. Você vai investir R\$ 600 milhões nos próximos dois anos (R\$ 250 milhões agora e R\$ 350 milhões no prazo de um ano) para construir uma nova fábrica que durará 20 anos a partir de agora, gerará um novo

fluxo de receita que começa em R\$ 80 milhões no espaço de três anos, aumentando a uma taxa de 8%, e implicará custos de R\$60 milhões a partir do terceiro ano, aumentando a partir daí a uma taxa de 6%. Não há valor residual, não há capital de giro, não há impostos e a depreciação é uma linha reta que começa em dois anos, a partir de agora. O custo médio ponderado do capital é de 10%. O VPL é de –R\$1,44 milhão e, pela lógica, o projeto deveria ser rejeitado. Mas as hipóteses são totalmente irreais. O investimento de R\$600 milhões é realizado em etapas – o projeto, a engenharia, a construção – e pode ser abandonado em cada uma dessas etapas. Se o projeto tiver sucesso, pode ser expandido (a um custo) ou prolongado (a um custo diferente). Se não tiver sucesso após a construção, pode ser reduzido ou vendido pelo preço do imóvel. E ninguém diz que a fábrica terá de ser construída agora. Pode ser adiada, até que vigorem condições mais favoráveis. Há, pelo menos, cinco tipos de flexibilidade gerencial para responder às incertezas. Estas flexibilidades não são consideradas numa análise clássica de VPL. A proposta, no caso da Análise por Opções Reais, é considerar estas flexibilidades, o que pode modificar os resultados da análise econômica-financeira, podendo, inclusive, inverter um resultado de atratividade de um negócio.

1.2. DEFINIÇÃO DE OPÇÃO REAL

Segundo Copeland (2002), “uma opção real é o direito, mas não a obrigação, de empreender uma ação (por exemplo: diferir, expandir, contrair ou abandonar) a um custo predeterminado que se denomina preço de exercício, por um período preestabelecido – a vida da opção.” Exemplificando melhor, diferir corresponderia a

postergar determinada decisão em um determinado momento do projeto; expandir corresponderia a ampliar tal decisão; contrair seria reduzir, e abandonar seria desistir de prosseguir no projeto. Voltando ao exemplo dado no item 1.1 deste capítulo, se tivesse sido feito um investimento em um mapa completo, com todas as rotas alternativas para Caracas, em um rádio para atualizar informações sobre o clima e o trânsito e em um indicador de posicionamento global para atualizar permanentemente a localização, teria-se investido em flexibilidade – e o tempo poupado em razão dessa flexibilidade adicional provavelmente cobriria os custos. É totalmente irreal achar que se pode viajar de Porto Alegre a Caracas sem se deparar com um desvio. E é igualmente ilusório acreditar que o VPL esperado capte o valor da flexibilidade que os tomadores de decisão têm ao empreender um projeto. Por enquanto, pode-se dizer que o VPL subestima sistematicamente o projeto.

Assim como no caso das opções financeiras, o valor das opções reais depende de cinco variáveis básicas (embora outras possam fazer parte do quadro), sendo elas:

1 – Valor do ativo subjacente sujeito a risco. No caso das opções reais, trata-se de um projeto, um investimento ou uma aquisição. Se o valor do ativo subjacente aumenta, o mesmo acontece com o valor de compra de uma opção. Uma das diferenças importantes entre opções financeiras e reais é que o detentor de uma opção financeira não pode afetar o valor do ativo subjacente (por exemplo, uma ação da General Motors). Mas os executivos que operam um ativo real podem aumentar seu valor e, portanto, o valor de todas as opções reais que dele dependem.

2- O preço de exercício. É o montante monetário investido para exercer a opção, se você estiver “comprando” o ativo (com uma opção de compra), ou o montante recebido, se você estiver “vendendo” (com uma opção de venda).

3- Prazo de vencimento da opção. Com o aumento do prazo de expiração, o valor da opção também aumenta. Existem dois tipos clássicos de opções, com data pré-determinada e com limite de prazo para o exercício, são as Opções Americanas, que podem ser exercidas em qualquer momento até a data de seu vencimento, e as Opções Européias, que só podem ser exercidas na data de vencimento.

4- Desvio padrão do valor do ativo subjacente sujeito a risco. O valor de uma opção aumenta com o risco do ativo subjacente, porque os retornos de uma opção (de compra) dependem do valor do ativo subjacente que está acima do preço de exercício, e a probabilidade deste fato aumenta com a volatilidade do ativo subjacente, que pode ser avaliada pela mensuração do desvio padrão do valor de preço do ativo em questão.

5- Taxa de juros livre de risco ao longo da vida da opção. À medida que a taxa de juros livre de risco aumenta, o valor da opção também se eleva, no caso de opção de compra, ocorrendo o contrário, no caso de opção de venda.

A tabela a seguir, resume a analogia existente entre a Opção Financeira e a Opção Real (Oportunidade de Investimento).

ITENS	OPÇÃO FINANCEIRA	OPÇÃO DE INVESTIR (OPÇÃO REAL)
Custo (valor do ativo subjacente sujeito a risco)	Preço de Exercício	Investimento
Ativo Subjacente	Ação	Projeto
Retorno do Ativo	Retorno da Ação	Retorno do Projeto
Ganhos de Capital (do Ativo)	Variações no Preço da Ação	Variações no Preço do Projeto
Retorno (do Ativo) com Dividendos	Fluxo de Dividendos da Ação	Fluxo de Caixa Líquido do Projeto

Tabela 6: Analogia entre Opção Financeira e Opção Real (Opção de Investir)

Conforme ilustrado por Copeland (2002), é possível identificar o funcionamento de uma opção e as variáveis que determinam seu valor, na mais antiga opção real registrada pela história. Entre os escritos de Aristóteles se encontra a história de Tales, o filósofo sofista que viveu na ilha de Milos, no Mediterrâneo. Aristóteles conta que Tales leu as folhas de chá e as interpretou como uma previsão de abundante colheita de azeitonas naquele ano. De fato, a perspectiva era tão promissora, que Tales pegou as economias de toda a sua vida, uma quantia modesta, e negociou, mediante o pagamento de todas as suas poupanças, com os donos das prensas de azeite, para que eles lhe garantissem o direito de alugar, na época da colheita, suas prensa pelo preço habitual.

E foi isso o que aconteceu, a safra superou todas as expectativas e, quando os plantadores de oliveiras acorreram às prensas para extrair o precioso azeite, lá estava Tales. Pagou aos donos das prensas o aluguel usual, como rezava o contrato, mas cobrou aos plantadores o preço de mercado – uma quantia bem mais elevada – pelo uso das prensas, cuja demanda estava em alta - Tales fez fortuna. Esse é o exemplo mais antigo, nos registros históricos, de um contrato de opção real. Identificando as variáveis: O **ativo subjacente sujeito a risco** (Projeto) era o valor do aluguel das prensas para azeite. A **causa determinante da incerteza** era a variabilidade da colheita, mas a variável que na verdade interessa (para o ativo subjacente sujeito a risco) era o **desvio padrão do valor do aluguel unitário** das prensas pra azeite. O **preço de exercício** era o aluguel normal, o valor registrado no contrato. A **taxa de juros livre de risco** era, provavelmente, uma taxa de mercado observável. E o **prazo de maturidade** era o período até a colheita das azeitonas. O **valor da opção** era a quantia paga por Tales aos proprietários das prensa – as economias de toda sua vida.

1.3. FUNDAMENTOS DA AVALIAÇÃO POR OPÇÕES REAIS

Através de um artigo publicado em 1973, Fischer Black e Myron Scholes (1973) apresentaram, pela primeira vez, uma metodologia capaz de avaliar, de uma forma satisfatória, as opções financeiras. Os trabalhos desenvolvidos por Black e Scholes valeram a eles o Prêmio Nobel de Economia. Neste trabalho, os autores demonstraram que, partindo da possibilidade de criação de uma posição coberta (opção em que há o depósito, em bolsa ou câmara de compensação, do ativo –

objeto da opção) através de uma posição curta em opções de compra (através de uma pequena quantidade de opção de compra) e uma posição longa numa determinada quantidade de ativo subjacente (comprando uma quantidade maior do ativo subjacente) é, pelo menos teoricamente, possível eliminar o risco, de tal forma que alterações no preço do ativo subjacente serão 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 for se modificando a *"hedge position"* deverá ser ajustada continuamente. Como o risco é eliminado, esta carteira deverá ter como remuneração a taxa de juro isenta de risco, caso contrário, haverá possibilidade de arbitragem.

O modelo faz o valor da opção depender de cinco fatores, alguns dos quais (os últimos três) tidos como constantes durante a "vida" da opção, sendo eles: (1) preço do ativo subjacente, (2) tempo para a maturidade, (3) volatilidade do ativo subjacente, (4) preço de exercício, e (5) taxa de juro sem risco.

Repare 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.

Como é salientado por Trigeorgis (1993), a avaliação de opções foi significativamente facilitada pelo reconhecimento por parte de Cox e Ross (1976), [também Rubinstein e Leland (1981)], de que uma opção pode ser "replicada" através da criação de uma carteira de ativos transacionados no mercado.

Assim, a avaliação de opções financeiras parte da possibilidade de criação de uma carteira de ativos (dinamicamente gerida) a qual, em todos os momentos, deverá ter um comportamento igual ao da opção. Por exemplo, uma opção de compra pode ser “replicada” através da combinação de uma posição longa numa determinada quantidade de ativo subjacente, ou numa carteira de ativos com ele perfeitamente correlacionada, e a contração de um empréstimo à taxa de juro sem risco. Assim, dado que esta carteira e a opção terão exatamente os mesmos resultados futuros, ambos deverão ter o mesmo preço, caso contrário haverá possibilidade de arbitragem. Poderemos, então, dizer que o valor da opção corresponderá ao custo de construir uma carteira equivalente, que “replique” as futuras rentabilidades da opção.

Tal como nas opções financeiras, a possibilidade de criação de uma carteira (dinamicamente gerida) que “replique” o comportamento da opção real faz com que, na ausência de oportunidades de arbitragem, o valor desta opção deva ser igual ao valor dessa carteira.

Assim, uma vez que, também, a avaliação de opções reais se baseia em argumentos de equilíbrio por arbitragem, torna-se vital saber se existe, ou não, possibilidade de criação da referida carteira. De fato, segundo Dixit e Pindyck (1994), basta que – pelo menos em teoria - exista um ativo (ou carteira de ativos) transacionado nos mercados financeiros que seja perfeitamente correlacionado com o valor do projeto.

2. A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

2.1 A OPORTUNIDADE DE INVESTIMENTO COMO UMA OPÇÃO REAL

Num artigo precursor, Myers (1977) defendeu que as oportunidades de crescimento das empresas devem ser vistas como opções. 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. Assim, 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 da oportunidade desaparecer representa o tempo para a maturidade. Conforme Copeland (2002), pode-se sistematizar as analogias da seguinte forma:

Valor de mercado da ação	Valor atual dos <i>fluxos de caixa</i> do projeto
Preço de exercício	Investimento inicial
Tempo para a maturidade	Tempo até a oportunidade de investimento desaparecer
Incerteza relativa ao preço da ação	Incerteza relativa ao valor do projeto
Taxa de juro sem risco	Taxa de juro sem risco

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 custo do investimento, isto é, valerá pelo menos o VPL, mas o seu valor será, provavelmente, mais elevado dependendo do espaço de tempo durante o qual o

projeto pode ser diferido, do risco do projeto, do nível das taxas de juro e finalmente, do grau de exclusividade para exercer a opção (ao contrário das opções financeiras, as opções reais são quase sempre partilhadas, o que não permite à empresa ter a exclusividade no direito de investir).

Na mesma linha, Pindyck (1991) e Dixit e Pindyck (1995) relatam que um projeto de investimento irreversível é semelhante a uma opção de compra. O detentor de uma opção de compra tem o direito, sem qualquer obrigação, de numa determinada data 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 (os *fluxos de caixa* gerados pelo projeto). Mas, tal como sucede com as opções financeiras, o ato de investir, isto é, 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, isto é, “mata-se” a opção de diferir o investimento.

A empresa perde assim a possibilidade de esperar por uma nova (e imprevisível) informação, que possa afetar 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. Em resultado, 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, dito de outro modo, 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 nenhuma outra opção real, o direito de adiar o projeto tem um valor positivo, mesmo que o VPL do projeto 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. Tal como nas opções financeiras, o valor de uma oportunidade de investimento resulta, em parte, das incertezas ligadas ao valor futuro do projeto, e, mais concretamente, da assimetria ligada ao direito de opção. Até à maturidade, isto é, até à data em que a oportunidade de investimento desaparece, a empresa só investe se essa for a melhor decisão, caso contrário, a empresa difere o investimento. Na maturidade, a empresa apenas realiza o projeto se este estiver *in-the-money*, ou seja, se o projeto trás benefícios comprovados, caso contrário deixa morrer a opção sem a exercer. Veja o caráter assimétrico dos ganhos e perdas da oportunidade de investimento. O detentor da opção poderá maximizar os seus ganhos, mas limita sempre a sua perda ao que “pagou” para deter a oportunidade de investimento.

O fato de os 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 ao projeto, maior será o valor da opção de investimento e maior será o incentivo para manter viva

essa opção, isto é, maior será o incentivo para diferir o investimento [Dixit e Pindyck (1995)].

Como visto, 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 *timing* 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, partilhadas com os concorrentes. Tal fato poderá motivar a realização mais cedo do investimento, por haver uma antecipação da empresa face a esses concorrentes.

Kester (1984) esclarece que a antecipação do investimento poderá ser decidida nas seguintes situações: (i) Acesso à mesma oportunidade de investimento por parte dos concorrentes, (ii) Elevado VPL do projeto, (iii) Baixo nível de risco e de taxa de juro, (iv) Grande rivalidade na indústria.

Como facilmente se percebe, elevados níveis de competição entre as empresas de uma dada indústria/setor terão grande influência, quer a nível do *timing* do investimento, quer a nível do próprio valor da oportunidade de investimento. Isto deve-se à conjugação de dois fatores: por um lado o valor do projeto pode diminuir significativamente em resultado da entrada de um concorrente, 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 antecipar-se aos seus concorrentes, isto é, investir mais cedo [Kester (1993)].

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.

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 “*timing*” (*momento propício*) do investimento deve ser visto da mesma forma que o “*timing*” (*momento adequado*) de exercer uma opção de compra Americana sobre uma ação que distribua dividendos [Smit e Ankum (1993)].

Ressalta-se que as *Opções Americanas* são aquelas que podem ser exercidas em qualquer momento, até a data de seu vencimento.

Dixit e Pindyck (1995) consideram que a questão central é saber qual o momento certo para exercer a opção de investimento, ou seja, é fundamental saber qual o *timing* ótimo para a realização da opção de investir. Para tal, é necessário analisar a influência no valor da opção do investimento, 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 e de *fluxos de caixa* “perdidos”, que incentivará a empresa a investir mais cedo, por forma a antecipar-se a esses concorrentes (e, assim, ganhar alguma vantagem

competitiva) e receber os fluxos de caixa gerados pelo projeto [Kester (1984, 1993) e Dixit e Pindyck (1994)].

2.2 A FLEXIBILIDADE OPERACIONAL COMO OPÇÃO REAL

Para Ross (1995), entre outros, o valor de qualquer projeto de investimento resulta de três fatores. Primeiro, depende do seu *"in-the-money value"*, que nada mais é do que o VPL do projeto, se realizado agora. Depois, o seu valor depende também da sua capacidade de diferimento, ou seja, ao VPL tradicional se acresce o valor da opção de diferimento. Finalmente, a terceira fonte de valor prende-se à flexibilidade operacional ou de gestão que corresponde à capacidade do gestor de tomar decisões ao longo da vida do projeto, por 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 possa ser modificado e adaptado pelo gestor, conforme o tempo for passando e a sua envolvente for se modificando, 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.

Como referido anteriormente, uma das dificuldades do VPL, e de outros métodos tradicionais, é a sua incapacidade de incorporar e corretamente avaliar a

flexibilidade de gestão. Assim, julga-se que a perspectiva correta é a de entender esta flexibilidade como um conjunto de opções, a qual deve ser tida em conta para efeitos de avaliação do projeto. Genericamente, o gestor poderá diferir, expandir, contrair, encerrar temporariamente, abandonar ou de qualquer outra forma alterar a estratégia inicialmente estabelecida [Trigeorgis (1996)].

Estas alternativas são opções reais, análogas às opções financeiras e que poderão ser avaliadas recorrendo à Teoria de Avaliação de Opções.

2.3. A ESTRATÉGIA COMO OPÇÃO REAL

Como já foi apresentado, um dos principais problemas do VPL prende-se à sua incapacidade de, corretamente, estabelecer relações entre os investimentos atuais e as oportunidades futuras. Essas ligações existem sempre que as oportunidades de investimentos futuros dependerem de decisões tomadas no presente. Nessa linha Lai e Trigeorgis (1995) salientam que muitas vezes as empresas investem e entram em novos mercados, não tanto pelo fato desses investimentos propiciarem 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, da existência 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(s) projeto(s). 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 *compound options*, isto é, opções que ao serem exercidas criam novas opções.

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

Para Kester (1984), grande parte do valor das empresas resulta das suas oportunidades de investimento futuras. Como realça o autor, alguns projetos poderão, quando vistos isoladamente, ser pouco atrativos. 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 resultarem.

Para Kasanen e Trigeorgis (1993) o importante é criar valor através da criação de oportunidades de crescimento.

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

2.4. O VALOR (GLOBAL) DE UMA OPORTUNIDADE DE INVESTIMENTO

Por motivos de sistematização optou-se por apresentar, de uma forma isolada, as várias fontes de valor que as oportunidade de investimento podem conter. Começou-se por referir que o projeto de investimento é, ele próprio, uma opção a qual, na maioria dos casos, poderá ser diferida. A opção de diferimento acrescenta valor ao projeto e poderá contribuir para a alteração do *timing* do investimento. Depois, foi dito que 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 resultado desse diferimento. Foi apresentado, na sequência, que a flexibilidade operacional de um projeto poderá ser vista como 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 envolvente for se modificando. Finalmente, apresentou-se que as oportunidades de investimento permitem, não raras vezes,

realizações futuras, as quais só são possíveis se investimentos prévios forem realizados.

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.

Está-se, finalmente, em condições de equacionar o valor total de uma oportunidade de investimento, a qual corresponde à seguinte expressão:

$$VPL_e = VPL_{trad} + Vop$$

em que: ***VPL_e***, ou *VPL expandido*, é o Valor da Oportunidade de Investimento, ***VPL_{trad}*** é o Valor Presente Líquido tradicional e ***Vop*** é o Valor das Opções do projeto.

Desta expressão pode-se retirar três reflexões importantes. Primeiro, ao não considerar o valor das opções reais está-se sub-avaliando o projeto e, possivelmente, recusando projetos com valor. Segundo, o VPL tradicional só avalia corretamente projetos sem qualquer tipo de flexibilidade, 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, isto é, quando o $Vop = 0$. 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.

IV ANÁLISE DE UM PROJETO DE COGERAÇÃO UTILIZANDO-SE O MODELO DO VPL E O MODELO DE OPÇÕES REAIS

1 - CONTEXTUALIZAÇÃO – COGERAÇÃO

A oferta de energia elétrica, no contexto da história, passa por oscilações, tendo o seu ponto mínimo ocorrendo em torno de 5 anos. Essas mudanças de oferta disponíveis no mercado possibilitam que um projeto de cogeração seja viável financeiramente, ou não. A análise pelo modelo de opções reais é uma oportunidade nova de investigação para identificar qual é o prêmio que se está disposto a pagar por essa opção, que é a de investir em um projeto de cogeração. No momento atual, o mercado aponta para os próximos anos – 2009/2010, uma demanda de energia que o sistema não terá como atender adequadamente, dada a falta de investimentos no setor.

O leilão de energia nova, marcado para o mês de dezembro de 2005, em que as geradoras levam um projeto com a Licença Ambiental Prévia já emitida pelo Órgão Ambiental competente (IBAMA, no caso de licenciamento na esfera federal ou Órgãos Ambientais Estaduais), está com sérios problemas pela frente. Programado para licitar 17 projetos, que somariam cerca de 2.800MW, está muito longe, neste momento, de se atingir esta marca. Até meados de outubro de 2005, somente quatro projetos estavam pronto para ir a leilão (com as Licenças Prévias emitidas) - o da UHE Baguari, localizado no rio Doce, Estado de Minas Gerais, com 140MW; o da UHE Passo São João, localizado no rio Ijuí, Estado do Rio Grande do Sul, com 81 MW; o da UHE São José, também localizado no rio Ijuí, Estado do Rio Grande do

Sul, com 45 MW e o da UHE Simpício, localizado no rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, com 324,8 MW. Os demais empreendimentos aguardam diferentes instâncias regulatórias, sendo que alguns deles, muito dificilmente estarão aptos para serem licitados em 2005.

O governo está buscando minimizar os efeitos de longo prazo de uma eventual queda do número de hidrelétricas licitadas, inserindo no leilão alguns projetos de usinas termelétricas. A especulação é da possibilidade de faltar energia elétrica a partir de 2009.

No leilão de energia nova, também poderão ser incluídos empreendimentos cujos projetos já tiveram a sua concessão outorgada, ainda no modelo antigo, mas sua construção não foi iniciada. Não foi iniciada porque se tornaram inviáveis, em análise de fluxo de caixa, porém poderiam, agora, serem vistos como opções reais e a possibilidade desses projetos serem reais é importante para o sucesso do modelo energético do governo.

É objetivo desse trabalho, apresentar alternativas para as diversas possibilidades de investimento em uma planta de cogeração, tendo em vista as probabilidades do mercado real. Estará sendo apresentando a visão financeira do empreendedor de uma cogeração, partindo-se do pressuposto que se terá três anos para a conclusão da obra, com investimentos pré-determinados e operação garantida a partir do segundo ano.

A usina de cogeração em estudo é virtual, foi idealizada e trabalhada na disciplina “Finanças Aplicada a Projetos”, durante o curso de MBA de Energia. A idéia deste trabalho é a de se utilizar as ferramentas de Opções Reais para complementar a análise desse projeto que, na ocasião, foi analisado somente pelos modelos clássicos de análise de investimentos (Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno). O projeto inicial foi alterado para permitir a análise pelo modelo de opções reais, o enunciado do projeto encontra-se em anexo, nessa monografia.

O horizonte a ser analisado nesse projeto é de 7 anos, prevendo-se contratos de fornecimento de energia elétrica para 5 anos. O investimento no ano 1 é de 15 milhões; no ano 2, de 35 milhões; no ano 3, de 55 milhões e, considerando-se as receitas previstas, chega-se ao seguinte fluxo de caixa;

ano	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Investimentos	-15,0	-35,0	-55,0				
Receitas			24,7	25,9	27,2	28,5	30,0

Tabela 7 – Fluxo de caixa no horizonte de 7 anos

Para facilitar os cálculos pode-se considerar o VP dos cinco anos representados no ano3:, esse ano será a referência para todos os cálculos que seguirão na sequência. A opção real traz a oportunidade de decisão no ano 3.

$$VPano3 = 24,7 + 25,9/(1,1) + 27,2/(1,1)^2 + 28,5/(1,1)^3 + 30 \cdot (1,1)^{-1/4}$$

$$VPano3 = 112,63 \text{ milhões}$$

Para o projeto analisado, a taxa ajustada ao risco e a taxa livre de risco são, respectivamente, 10% (definida no exercício de cogeração) e 7% (adotada para este exercício).

O cálculo do VPL tradicional, a seguir apresentado, está utilizando o VPL do fluxo de caixa equivalente no ano3:

$$VPL = -15 - 35/(1,1) - 55/(1,1)^2 + 112,63/(1,1)^2$$

$$VPL_{trad} = 0,81 \text{ milhões}$$

2 - ANÁLISE POR ÁRVORE DE DECISÕES

A abordagem da análise por árvore de decisões leva em consideração opções futuras que os gerentes possam tomar, incorporando flexibilidade administrativa ao projeto. Investimentos são freqüentemente divididos nas fases do projeto, que são realizados em diferentes estágios. A implementação destes investimentos, no futuro, poderá depender de algum evento novo, capacitando uma flexibilidade de gestão.

O método da árvore de decisões representa uma tentativa de considerar alternativas existentes ao longo do tempo num processo decisório. Magee (1964)

apontava que a árvore de decisões é um meio de mostrar a anatomia de uma decisão de investimento e de mostrar a interação entre a decisão presente, eventos possíveis, ações de competidores e possíveis decisões futuras. Quanto mais complexo for o processo decisório, mais complexa será a árvore.

Utilizando-se a distribuição Beta, X tem distribuição Beta com parâmetros α e β , denotando-se $X \sim \text{Be}(\alpha, \beta)$

sua função de densidade é dada por:

$$p(x|\alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}, \quad 0 < x < 1,$$

para $\alpha, \beta > 0$

sua função de esperança é dada por:

$$E(X) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

sua função de variância é dada por:

$$V(X) = \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)}.$$

Nas tabelas de distribuição de probabilidades contínuas, pode-se tirar os valores da distribuição Beta: O evento central tem 4/6 de probabilidade de ocorrer e 1/6 para os extremos pessimistas e otimistas. Foi adotada essa função probabilística para o exemplo que está sendo tratado (esta é a função mais usada).

Foi considerado que os contratos de energia nova são fechados para período de 5 anos e, no leilão, pode-se ter ganhos ou perdas em relação a valores iniciais. A variação do risco contratual na venda de energia foi adotado em mais, ou menos, R\$ 15 milhões, para os valores dos extremos pessimistas e otimistas.

Apresenta-se a seguir a tabela de fluxo de caixa com suas probabilidades;

Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	%prob
39,7	41,9	42,2	43,5	48	0,17
24,7	25,9	27,2	28,5	30	0,67
9,7	10,9	12,2	13,5	15	0,17

Tabela 8 – Fluxo de caixa com suas probabilidades

Como efetuado para o cálculo do “VPL total” pode-se considerar o “VP probabilístico” dos cinco anos equivalente no ano3; para todas as probabilidades extremas e central, assim denominadas: VPano3(p3.1) é a otimista; VPano3(p3.2) é a central; e VPano3(p3.3) é a pessimista, tendo-se:

$$VPano3(p3.1) = 39,7 + 41,9/(1,1) + 42,2/(1,1)^2 + 43,5/(1,1)^3 + 48*(1,1)^{-1/4}$$

$$VPano3(p3.2) = 24,7 + 25,9/(1,1) + 27,2/(1,1)^2 + 28,5/(1,1)^3 + 30*(1,1)^{-1/4}$$

$$VPano3(p3.3) = 9,7 + 10,9/(1,1) + 12,2/(1,1)^2 + 13,5/(1,1)^3 + 15*(1,1)^{-1/4}$$

$$VP(p3.1) = 178,13 \text{ milhões}$$

$$VP(p3.2) = 112,63 \text{ milhões}$$

$$VP(p3.3) = 50,08 \text{ milhões}$$

Pode-se calcular o **VPL(aa)** que é Valor Presente Líquido considerando todas as probabilidades:

$$VPL(aa) = -15 - 35/(1,1) - 55/(1,1)^2 + 0,17*178,13/(1,1)^2 + 0,67*112,63/(1,1)^2 + 0,17*50,08/(1,1)^2$$

$$VPL (aa) = 1,22 \text{ milhões}$$

Através da análise pela árvore de decisões, pode-se fazer a opção de não investir quando a realidade comprovou a probabilidade de um negócio ruim eliminando-se o VPL(p3.3). Com isso tem-se o cálculo do **VPL(ab)**:

$$VPL (ab) = -15 - 35/(1,1) - 55/(1,1)^2 + 0,17*(178,13 - 55)/(1,1)^2 + 0,67*(112,63 - 55)/(1,1)^2 + 0,17*(54,25 - 58,3)/(1,1)^2 \rightarrow \text{zero}$$

$$VPL (aa) = 1,89 \text{ milhões}$$

O valor obtido **VPL(ab)** considera a flexibilidade de investir, ou não, na data ano 3 pois, se o fluxo de caixa no ano 3 se revelar baixo, o investimento não será realizado. Esse valor é mais preciso do que o VPL, mas ainda é incorreto. Embora esse modelo possa considerar a flexibilidade dos administradores, ainda apresenta problemas, como o aumento da complexidade, à medida que se aumentam as variáveis e os resultados; além da taxa de desconto não poder ser a mesma quando é considerada a possibilidade de abandono. Para um projeto de cogeração o abandono é mais crítico, porque o investimento principal é realizado ao longo do período, não sendo possível a postergação de investimentos.

3 - ANÁLISE DE INVESTIMENTOS UTILIZANDO A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

Como já abordado, uma opção real é a flexibilidade que um gerente tem para tomar decisões a respeito de ativos reais. O fator tempo influencia fortemente e qualquer decisão que venha a inviabilizar uma opção deve ser evitada, dando maior preferência às decisões que aumentam a flexibilidade administrativa frente às incertezas do mercado.

Usando-se uma fórmula para precificação de opção binomial passo-a-passo é possível calcular o valor do projeto, ou seja, assume-se que o valor do projeto move-se para cima, ou para baixo, em pontos discretos no tempo. Na avaliação que se segue, utilizar-se-á o método binomial de Kallber e Laurin, suas equações estão apresentadas na figura 5.

No trabalho de Kallberg e Laurin (1997) são consideradas as opção de escalonamento (time-to-build), sendo calculada pelo método binomial proposto por Cox, Ross e Rubinstein (1979). Dessa forma, ter-se-ia, no processo de cálculo do valor do projeto, a estrutura mostrada na figura a seguir.

$$\text{VPLe} = \text{VPLtrad} + \text{Vop}$$

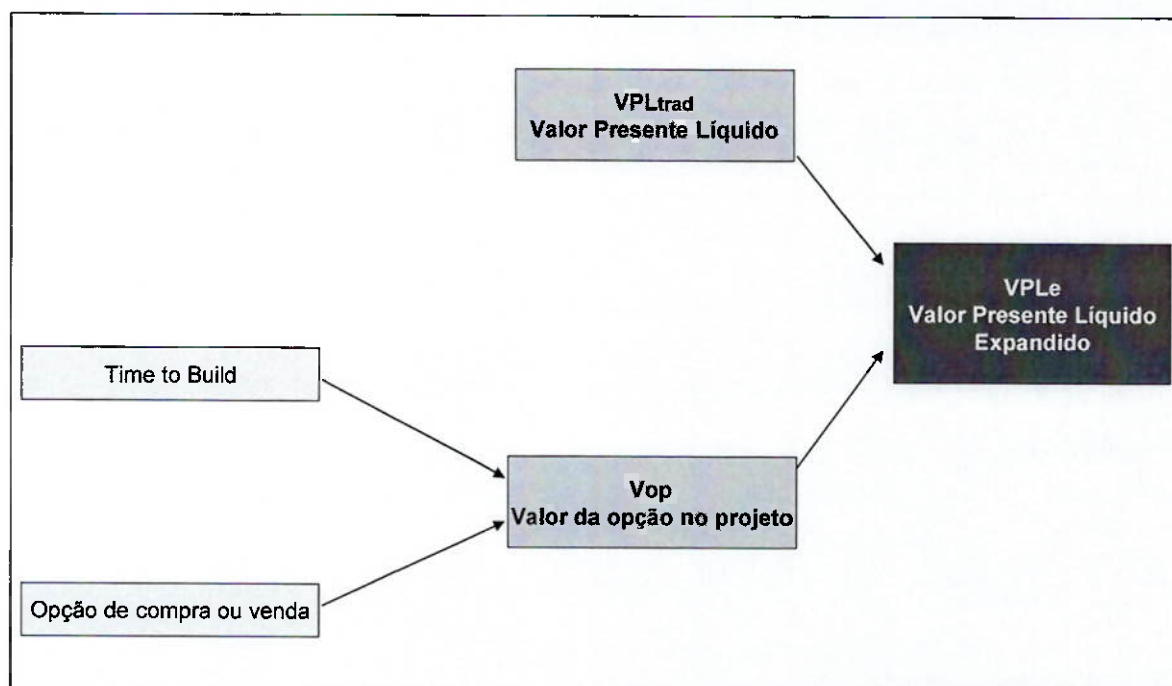


Figura 3 – Estrutura Básica do Modelo - Trabalho de Kalberg e Laurin (1977)

A distribuição do fluxo de caixa e suas probabilidades reais correspondentes podem ser replicadas em uma árvore binomial (conforme figura 4). Essas probabilidades não foram assumidas na análise original por parte da empresa; dessa forma, as probabilidades reais p e $1 - p$, em cada ramo, serão assumidas como iguais a 0,5. Elas, entretanto, podem variar. A probabilidade p representa a possibilidade de sucesso ao avançar de uma fase para outra e, portanto, dependerá das estimativas por parte da administração. Os cálculos abaixo são feitos adotando-se o valor $p = 0,5$, mas esses valores podem variar de acordo com as previsões gerenciais.

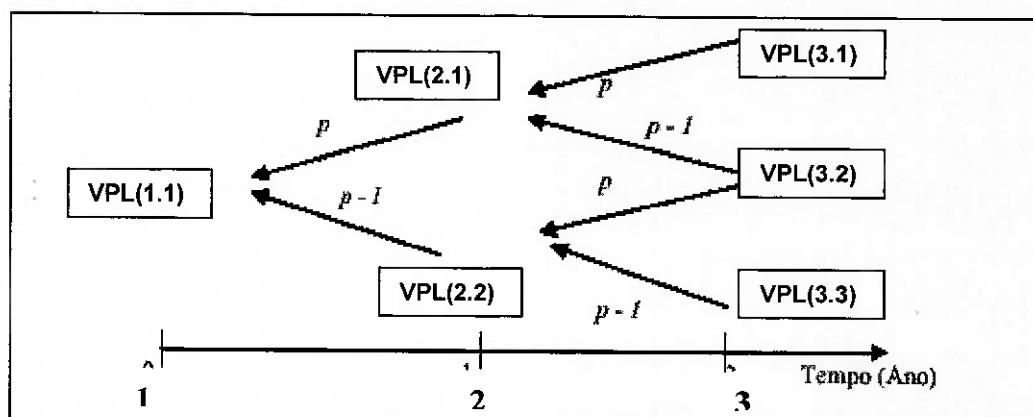


Figura 4 – Árvore Binomial do Projeto (A)

Os valores do VP equivalente no ano3, com as suas respectivas probabilidades já foram calculadas e são rerepresentadas a seguir:

$$VP(p3.1) = 178,13$$

$$VP(p3.2) = 112,63$$

$$VP(p3.3) = 50,08$$

Utilizando-se a árvore binomial, conforme Figura 4, o cálculo no VPL ano2 para as duas opções probabilísticas é:

$$VPL(p2.1) = 0,5 \cdot 178,13 / (1,1) + 0,5 \cdot 112,63 / (1,1) = 132,16$$

$$VPL(p2.2) = 0,5 \cdot 50,08 / (1,1) + 0,5 \cdot 112,63 / (1,1) = 73,96$$

O cálculo no VPL ano1 para as probabilísticas é:

$$VPL(p1.1) = 0,5 \cdot 132,16 / (1,1) + 0,5 \cdot 73,96 / (1,1) = 93,69$$

Pode-se, agora, calcular os parâmetros para encontrar a probabilidade neutra ao risco; conforme modelo da Figura 5:

$$\text{Taxa } r = 1 + (\text{taxa livre de risco}) = 1,07$$

$$\text{Taxa } u = \text{taxa superior} = 135,96/97,14 = 1,41$$

$$\text{Taxa } d = \text{taxa inferior} = 77,75/97,14 = 0,79$$

$$P = (r-d)/(u-d) = (1,07-0,8)/(1,4-0,8) = 0,45$$

Modelo Binomial para Precificação de Opção de Compra para um Projeto (para um Período)		
$F = \frac{pFu + (1-p)Fd}{r}$ $F_u = \text{Max}(uV - I, 0)$ $F_d = \text{Max}(dV - I, 0)$ $p = \frac{r-d}{u-d}$	Notação	
	F	FCD expandido – incluindo a opção de flexibilidade em cada período
	F _u	Valor do projeto se o valor bruto aumenta em valor
	F _d	Valor do projeto se o valor bruto diminui em valor
	V	Valor bruto do projeto
	P	Probabilidade neutra ao risco
	r	1 + taxa livre de risco
	u	1 + mudança percentual no valor bruto entre períodos, se o valor bruto aumenta.
	d	1 + mudança percentual no valor bruto entre períodos, se o valor bruto diminui.

Figura 5 – Modelo Binomial (Kallberg e Laurin) para Precificação de Opção de Compra para um Projeto

Os investimentos na árvore binomial devem ter seus equivalentes certos. Isto significa que todos os fluxos na árvore sejam descontados à taxa ajustada ao

risco que, neste projeto, foi adotada em 10% e 7%, conforme apresentado na contextualização da cogeração. Então os valores dos investimentos são refletidos ao ano 1 utilizando-se a taxa de risco e em seguida aplica-se a taxa livre de risco conforme cálculo abaixo:

$$\text{Investimento ano3} = 55 * (1,07)^2 / (1,1)^2 = 52,04$$

$$\text{Investimento ano 2} = 35 * 1,07 / (1,1) = 34,05$$

Os investimentos equivalentes ano2 e ano3 passam a ser respectivamente, 34,05 e 52,04 milhões.

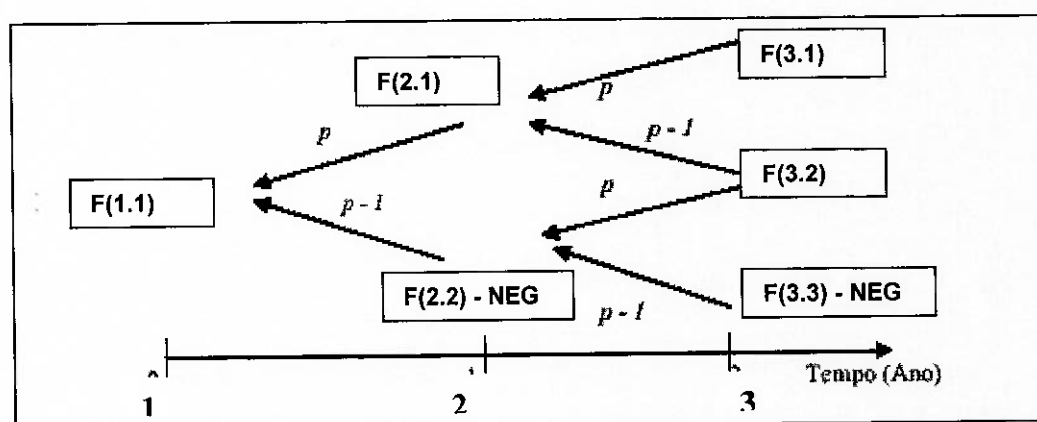


Figura 6 – Árvore Binomial do Projeto (B)

O quadro apresenta o fluxo (F) ano3 para as três opções contratuais:

$$F(p3.1) = 178,13 - 52,04 = 126,09$$

$$F(p3.2) = 112,63 - 52,04 = 60,59$$

$$F(p3.3) = 50,08 - 52,04 = - 1,96$$

O fluxo (F) ano2 para as duas opções probabilísticas:

$$F(p2.1) = (0,45*126,09 + (1 - 0,45)* 60,59)/(1,07) - 34,05 = 50,23$$

$$F(p2.2) = 0,45*60,59/(1,07) - 34,05 = - 8,47$$

O fluxo (F) ano1:

$$F(p1.1) = 0,45*50,23/(1,07) - 15 = \mathbf{6,21 \text{ milhões } \acute{e} \text{ o valor do VPL estendido}}$$

O valor da opção é encontrado através da equação:

$$VPL_e = VPL_{trad} + Vop$$

$$Vop = VPL_e - VPL_{trad}$$

$$\mathbf{Vop = 6,21 - 0,81 = 5,40 \text{ milhões}}$$

Nota-se que o valor obtido pelo método aqui apresentado levou a um resultado que não poderia ser percebido nos modelos tradicionais.

V - CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Comparando-se o valor VPL expandido com o VPL tradicional observa-se que a inclusão da flexibilidade presente no projeto tem um valor adicional.

É importante salientar que, se a decisão de investimento fosse aprovada somente baseada no VPL tradicional, e pensando-se em termos probabilísticos, ela estaria carregando um certo erro conceitual, pois estariam sendo consideradas, inclusive, as possibilidades de um investimento que daria errado.

Percebesse, pelo exemplo apresentado, que os métodos tradicionais de desconto de fluxos esperados falharam em captar o valor total do projeto. Tal fato ocorre, porque assume-se que a decisão de fazer todos os três investimentos tenha que ser feita no início do projeto, o que claramente é uma falsa hipótese.

Um projeto de investimento pode ser visto como um conjunto de opções reais. A teoria de opções reais completa o método do VPL, pois considera analiticamente as opções de crescimento e adiamento do investimento e possibilita uma maior flexibilidade de gestão.

Pode-se inferir que a teoria de opções reais é naturalmente utilizada na área que envolve os recursos naturais, uma vez que os preços dos ativos correlacionados com os projetos de investimento são encontrados no mercado financeiro, por exemplo, o comportamento do preço do alumínio, do petróleo, etc, e as decisões

gerenciais são tomadas ao longo do tempo (com um grau de flexibilidade), através do acompanhamento da evolução desses preços, no mercado.

Considerando-se que a utilização desta metodologia, para fins de avaliação de empresas inteiras, ainda não está plenamente desenvolvida, procurou-se, neste trabalho, valer-se de um exemplo ilustrativo de como utilizá-la para fins de avaliação de um investimento em cogeração.

Percebe-se, nitidamente, que o método tradicional do VPL não considera o valor da ação gerencial; já a teoria de opções reais permite ao gerente maximizar os ganhos em situações favoráveis e minimizar as perdas em situações desfavoráveis.

Ao se avaliar um investimento por meio da teoria de opções reais, não se abandona a análise tradicional do VPL; ao contrário, a avaliação por meio de opções reais inicia-se a partir do próprio VPL. Nesse sentido, a nova abordagem complementa, e refina, a regra do VPL tradicional de avaliação de investimento.

Ao considerar-se o valor de um mesmo projeto, em diferentes datas e condições de mercado, a teoria de opções reais permite identificar o melhor momento para investir, de tal modo que o investimento seja consistente com a situação de mercado do produto.

O trabalho utilizou uma empresa fictícia de cogeração, com o intuito de despertar a sensibilidade da necessidade de uma análise mais profunda de investimento. Outros modelos podem ser usados em diferentes situações; para cada

projeto pode ser desenvolvido um modelo específico. Nesse projeto optou-se pela capacidade de postergar investimentos. Percebe-se que a possibilidade de adiamento de um investimento é uma opção extremamente importante e não deve ser desconsiderada ao se avaliar um projeto de investimento.

Como conclusão final, é possível afirmar que a utilização de Modelos de Avaliação de Incertezas, e mais especificamente a Teoria das Opções Reais como método complementar de Avaliação Financeira, pode ser considerada como uma importante evolução no processo de análise de projetos estratégicos na Área de Energia, comprovando-se, dessa forma, a hipótese inicial deste trabalho.

ANEXOS

1 – Projeto de Cogeração analisado na disciplina “Finanças Aplicadas a Projetos”:

PROJETO DE COGERAÇÃO – Modificado para o modelo de opções reais

1 – O Projeto

A Empresa de Engenharia propôs à Empresa Química projetar e construir uma usina de Co-geração (energia elétrica e vapor) nas instalações da Empresa Química. Esta nova usina funcionaria como uma empresa independente, a Empresa de Co-Geração, cujo único ativo é a usina.

A Empresa de Engenharia tem considerável experiência em projetar e gerir a construção de instalações geradoras de energia. O mercado de serviços de engenharia é muito competitivo. Por conta disto, a Empresa de Engenharia se dispõe a fazer investimento de capital como acionista da Empresa de Co-Geração, auxiliar na montagem do financiamento do projeto e assumir parte da responsabilidade pela operação do projeto após a construção.

A Empresa Química possui duas caldeiras antigas com aquecimento a gás que produzem e processam o vapor que é utilizado no processo de fabricação de produtos químicos. A energia elétrica utilizada é fornecida pela Empresa de

Eletricidade Local. A Empresa de Engenharia sugeriu a construção do projeto de co-geração para substituir as caldeiras antigas. As novas instalações consistiriam em novas caldeiras a gás e equipamento turbogerador para produzir eletricidade. O projeto de co-geração utilizaria o vapor produzido pelas caldeiras a gás para gerar eletricidade. Venderia à Empresa Distribuidora Local toda a energia de que não precisasse, e à Empresa Química todo o vapor excedente para ser usado na fabricação de produtos químicos, pelo qual seria cobrado um preço significativamente abaixo do custo atual de produção de vapor da Empresa Química.

A Empresa Química está disposta a entrar num acordo para a compra de vapor por 15 anos, mas não investirá recursos próprios ou assumirá qualquer responsabilidade pela montagem do financiamento das instalações. A Empresa Química também insiste em que o contrato de venda de vapor a obrigue a comprar apenas aquele vapor efetivamente fornecido à sua empresa.

A Empresa Distribuidora Local informou à Empresa de Engenharia que está apoiando o projeto de co-geração. Ela está disposta a firmar com a Empresa de Co-Geração um contrato de compra de energia elétrica com duração de 15 anos e um contrato de suprimento de gás por igual período. A Empresa Distribuidora Local comprometeu-se também a aceitar uma condição do acordo de fornecimento de gás que atrelaria o preço do gás ao preço da energia elétrica (o preço do gás subirá, ou cairá, anualmente à mesma taxa que o preço que a Empresa Distribuidora Local paga pela eletricidade do projeto. A Empresa Distribuidora Local também está disposta a investir 50% do capital da Empresa de Cogeração e servir como operadora da instalação.

2 – Contratos

Contrato de Engenharia e Construção: a Empresa de Engenharia está disposta a firmar um contrato de construção *turnkey* (preço fixo) para projetar e construir a unidade de co-geração. O preço fixo estabelecido é \$100 milhões. A Empresa de Engenharia estima que o projeto, a construção e os testes pré-operacionais levarão dois anos. A Empresa de Engenharia também garante que a unidade de co-geração vai operar em sua capacidade projetada, produzindo 250 megawatts de energia elétrica e 150.000 libras/hora de vapor. O cronograma de dispêndio durante a construção está explicitado na tabela abaixo.

CRONOGRAMA DE DISPÊNDIO DE CONTRUÇÃO

(em milhões)

mês 1	3,500		mês 13	2,000	mês 25	5,000
mês 2	0,250		mês 14	3,000	mês 26	4,000
mês 3	0,250		mês 15	3,000	mês 27	4,000
mês 4	0,375		mês 16	3,000	mês 28	6,000
mês 5	0,375		mês 17	3,000	mês 29	4,000
mês 6	0,375		mês 18	3,000	mês 30	6,000
mês 7	0,375		mês 19	3,000	mês 31	4,000
mês 8	1,000		mês 20	3,000	mês 32	4,000
mês 9	1,500		mês 21	3,000	mês 33	4,000

mês 10	2,000		mês 22	3,000	mês 34	6,000
mês 11	2,000		mês 23	3,000	mês 35	2,000
mês 12	3,000		mês 24	3,000	mês 36	1,000
total	15,000		total	35,000	total	50,000

Contrato de Fornecimento de Gás: A Empresas Distribuidora Local garante o fornecimento de todo o gás que a usina necessitar (1.950 milhões de BTUs¹ por hora, operando na capacidade máxima) por um período de 15 anos. Durante o primeiro ano de operação o preço do gás será de \$3,00 por milhão de BTUs. Daí em diante, o preço do gás será ajustado de conformidade com o preço cobrado pela Empresa de Co-Geração pela energia elétrica que vender à Empresa Distribuidora Local.

Contrato de Operação: A Empresa Distribuidora Local assume total responsabilidade pela operação e manutenção da Empresa de Cogeração durante 15 anos a um preço de \$6 milhões ao ano. O preço cobrado por tais serviços será reajustado nos anos subseqüentes pela taxa de aumento do Índice de Preço ao Produtor (estimado em 5% aa).

Contrato de Compra de Energia: A Empresa Distribuidora Local e a Empresa de Co-Geração assinarão um contrato de compra de energia elétrica por um período de 15 anos. A Empresa Distribuidora Local será obrigada a comprar toda energia que lhe for oferecida pela Empresa de Co-Geração. O preço de compra será de \$40,00

¹ British Thermal Unit (unidade térmica britânica).

por megawatt-hora (MWH) durante o primeiro ano de operação. A Empresa de Co-Geração projeta que o preço que receberá pela venda de energia elétrica à Empresa Distribuidora Local aumente a uma taxa anual de 6% ao longo da vida do contrato.

Contrato de Compra de Vapor: A Empresa de Co-Geração se compromete a vender 1.182,6 milhões de libras-peso de vapor por ano à Empresa Química. O vapor terá que atender a várias normas de qualidade a serem especificadas num contrato. O preço será de \$4,00 por cada mil libras-peso durante o primeiro ano de operação. Daí em diante o preço será reajustado conforme o Índice de Preço ao Produtor que supõe-se aumentará a uma taxa de 5% aa.

Impostos: pela legislação vigente a Empresa de Co-Geração deverá pagar uma alíquota de 40% sobre o lucro.

Depreciação: supõe-se que o custo total do projeto poderá ser linearmente depreciado ao longo de 10 anos (taxa de depreciação constante).

Seguros e Impostos Locais: assume-se que seguros e impostos locais (imposto territorial e outros serão de \$2 milhões no primeiro ano com reajuste pelo IPP).

Empresa de Co-Geração: Suposições para as Projeções de Fluxos de Caixa

1. Capacidade a ser utilizada: 90% ou 100%

2. Preços na época em que a unidade será posta em serviço, e fatores de reajuste contratuais:

Energia elétrica	\$40,00/megawatt-hora; 6% ao ano
Vapor	\$4,00/mil libras-peso; IPP ^b
Gás natural	\$3,00/milhão de BTUs; 6% ao ano

3. Volumes previstos:

A Plena Capacidade

Máximo Anual

A 90% de Utilização

Produção de energia elétrica	250 MW	2.190.000 MWH	1.971.000 MW
Produção de vapor	150.000 PPH	1.314 MP	1.182,6 MP
Consumo de gás	1.950 M BTU/hora	17.082 13 BTU	15.373,8 13 BTU

4. Despesas operacionais e outras despesas de caixa:^c

Primeiro ano = \$8 milhões ao ano; fator de reajuste = IPP

5. Alíquota de impostos: 40%

^aMW = Megawatts; MWH = Magawatts-hora; PPH libras-peso /hora; MP = milhõesde libras-peso; BTU = Unidade Térmica Britânica; M BTU = milhões de BTUs; B BTU - bilhões de BTUs.

^bÍndice de Preços ao Produtor, que se supõe aumentará a 5% ao ano.

^cInclui custos operacionais, despesas com manutenção e honorários de gerência montando em \$6 milhões, e seguros e impostos locais, montando em \$2 milhões.

Contrato de Financiamento: os recursos necessários durante o período de construção serão fornecidos por um banco comercial. A Empresa de Co-Geração negociou um empréstimo inicial de \$80 milhões para a construção (um excedente se faz necessário para cobrir possíveis atrasos e sobrecustos). A Empresa de Co-Geração concorda em pagar ao banco uma comissão de abertura de 1% (portanto, o banco recebe \$1,2 milhão no fechamento do contrato que serão pagos com o aporte de capital dos sócios). O empréstimo terá juros de 10% aa, que durante o período construção serão capitalizados para serem amortizados com o principal. Assim ao final de dois anos, o projeto terá acumulado uma dívida de cerca de \$96,8 milhões (\$ 80 milhões do principal original mais \$16,8 milhões de juros capitalizados).

O financiamento será feito por um prazo de 10 anos (após o final da construção). O esquema para amortização do principal é o seguinte: 5% nos anos 1 a 3, 10% nos anos 4 a 7 e 15% nos anos 8 a 10 (porcentagens definidas sobre o valor total do empréstimo). Assim sendo, a cada ano o serviço da dívida possui dois componentes: pagamento de juros sobre o estoque da dívida e pagamento de amortização Durante este período a taxa de juros será de 10% aa (composição anual).

Acordos de Propriedade: a estrutura de capital média pretendida pela Empresa de Co-Geração é de 25% de capital próprio e 75% de endividamento. Estas proporções foram determinadas pela análise da lucratividade do projeto: quanto maior o nível de receita operacional puder ser contratualmente assegurado, maior o nível de endividamento que pode ser assumido por um projeto. Os credores dependerão exclusivamente do fluxo de caixa do projeto para a amortização de seus empréstimos. A Empresa de Engenharia e a Empresa Distribuidora Local detêm, cada uma a metade das ações da Empresa de Co-Geração, devendo cada uma investir \$14,1885 milhões.

No caso deste projeto, os proprietários da Empresa de Co-Geração, concordaram em pagar vários custos de pré-construção – principalmente as despesas de licenciamento e alvará que o projeto de co-geração necessitará antes que os credores adiantem recursos para a construção. Os custos de pré-construção montam em \$5 milhões (sobre os quais não incidem juros). Os proprietários contribuem com estas despesas para o projeto na forma de adiantamento de capital social para a Empresa de Co-Geração.

3 – Modelo para opções reais

Existe na opção contratual a oportunidade de postergar os investimentos do terceiro ano, onde parte da indústria esta construída aguardando o melhor momento para concluir a obra. Os investimentos do terceiro ano estão condicionados às regras do mercado livre de energia. O exercício é simular antes de iniciar o empreendimento o valor da opção real em um horizonte de operação de 5 anos.

2 – Fluxo de Caixa Projeto de cogeração analisado na disciplina “Finanças Aplicadas a Projetos” com alterações para

aplicação do modelo de opções reais:

[illegible]

REFERÊNCIAS

AMRAM, M., KULATILAKA, N., "Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World", *Harvard Business School Press*, Boston, (1999).

BLACK, F., SCHOLES, M., "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *Journal of Political Economy*, Vol.81, pp.637-659, May-June 1973.

COPELAND, T., ANTIKAROV, V., Opções Reais – Um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos, tradução Maria José Cyhlar Monteiro. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002.

COX, J., ROSS, S., "The Valuation of Options for Alternative Stochastic Processes", *Journal of Financial Economics*, Vol. 3, Nº 1/2, 145-166, 1976

COX, J., ROSS, S., RUBINSTEIN, M., "Option Pricing: A Simplified Approach", *Journal of Financial Economics*, Vol.7, pp.229-263, October, 1979.

DIXIT, A., PINDYCK, R., "Investment Under Uncertainty", *Princeton University Press*, Princeton, New Jersey, 1994.

DIXIT, A., PINDYCK, R., "The Option Approach to Capital Investment", *Harvard Business Review*, pp.105-115, May-June 1995.

GROPPELLI, A.A., NIKBAKHT, E., Administração Financeira; tradução André Olímpio Mosselman Du Chenoy Castro. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 1999.

JORION, P., "Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk"; tradução da Bolsa de Mercadorias & Futuros. São Paulo: BM&F, 1998.

KALLBERG, G., LAURIN, P., Real Options in R&D Capital Budgeting – A case study at Pharmacia & Upjohn, Master Thesis, Department of Economics, Gothenburg School of Economics and Commercial Law, Spring, 1997.

KASANEN, E., TRIGEORGIS, L., "Flexibility, Synergy, and Control in Strategic Investment Planning in Capital Budgeting Under Uncertainty", *Chapter 12*, Raj Aggarwal (Ed.), Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993.

KESTER, C., "Today's Options for Tomorrow's Growth", *Harvard Business Review*, pp.153-160, March-April 1984.

KESTER, C., "Turning Growth Options into Real Assets, in Capital Budgeting Under Uncertainty", *Chapter 11*, Raj Aggarwal (Ed.), Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 1993.

KULATILAKA, N., "The Value of Flexibility, a General Model of Real Options in Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications", ed. by Lenos Trigeorgis, Westport, Connecticut, London, Praeger. (1995).

KULATILAKA, N., VENKATRAMAN, N., "Are You Prepared to Compete in the New Economy? Use a Real Option Navigator", *Working Paper*, Boston University. (1998).
 MAGEE, J. F., "How to Use Decision Trees in Capital Investments", *Harvard Business Review*, p. 126-28, sep/Oct. (1964).

MONTEIRO, R.C., "Contribuições da abordagem de avaliação de opções reais em ambientes econômicos de grande volatilidade – uma ênfase no cenário latino-americano". São Paulo: Dissertação de Mestrado submetida ao DCA/USP. (2003).

MYERS, S., "Determinants of Corporate Borrowing", *Journal of Financial Economics*, Vol. 5, Nº 2, 147-176. (1977).

MYERS, S., "Finance Theory and Financial Strategy", *Midland Corporate Finance Journal*, Vol.5, Nº1, pp.6-13. (1987).

PINDYCK, R., "Irreversibility, Uncertainty, and Investment", *Journal of Economic Literature*, Vol.29, Nº3, pp.1110-1148. (1991).

ROSS, S., "Uses, Abuses, and Alternatives to the Net-Present-Value Rule", *Financial Management*, Vol.24, Nº3, pp. 96 – 102. (1995).

RUBINSTEIN, M., LELAND, H., "Replicating Options with Positions in Stocks and Cash", *Financial Analysts Journal*, July-August, pp. 63-72. (1981).

SANTOS, E.M., PAMPLONA, E.O., "Captando o Valor da Flexibilidade Gerencial Através da Teoria das Opções Reais", XXI Encontro de Engenharia de Produção, Salvador, Bahia, outubro/01. (2001).

SANVICENTE, A.Z., "Administração Financeira", 3.ed.São Paulo: Atlas. (1977).

SICK, G., "Real Options, in Jorow, R et al, *Finance, Handbooks in Operations Research and Management Science*", Vol.9, Amsterdam: Elsevier, chapter 21. (1995).

SMITH. J., ANKUM, L., "A Real Options and Game-Theoretic Approach to Corporate Investment Strategy Under Competition", *Financial Management*, Vol: 22, Iss: 3, pp: 241-250. (1993).

TRIGEORGIS, L., "A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting", *Advances in Futures and Options Research*, Nº3, pp.145-167. (1988).

TRIGEORGIS, L., "Real options and interactions with financial flexibility", *Financial Management*, Vol. 22, Nº3, pp.202-224. (1993).

TRIGEORGIS, L., MASON, S., "Valuing Managerial Flexibility", *Midland Corporate Finance Journal*, Vol.5, Nº1, pp.14-21. (1987).

TRIGEORGIS, L., "Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. Cambridge", MA: The MIT Press. (1996).

VAN SON, L., TRIGEORGIS, L., "The Strategic Capital Budgeting Process: A Review of Theories and Practice *in Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications*", ed. by Lenos Trigeorgis, Westport, Connecticut, London, Praeger. (1995)