

UFRRJ

INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS

**CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
GESTÃO E ESTRATÉGIA EM NEGÓCIOS**

DISSERTAÇÃO

**ANÁLISE DE UM PROJETO
AGROINDUSTRIAL UTILIZANDO A TEORIA
DAS OPÇÕES REAIS**

Paula Moreira Nardelli

2009



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E
ESTRATÉGIA EM NEGÓCIOS**

**ANÁLISE DE UM PROJETO AGROINDUSTRIAL
UTILIZANDO A TEORIA DAS OPÇÕES REAIS**

PAULA MOREIRA NARDELLI

Sob orientação do Professor:
Marcelo Alvaro da Silva Macedo

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Gestão e Estratégia em Negócios, Área de Concentração Gestão e Estratégia em Negócios.

Seropédica, RJ
Março de 2009



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E
ESTRATÉGIA EM NEGÓCIOS

PAULA MOREIRA NARDELLI

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Gestão e Estratégia em Negócios, Área de Concentração Gestão e Estratégia em Negócios.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ----/----/-----

Marcelo Alvaro da Silva Macedo. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Luis Perez Zotes. Dr. UFF

Luiz Carlos de Oliveira Lima. Dr. UFRRJ

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação aos meus pais, pelo incentivo ao meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Marcelo Álvaro da Silva Macedo, pela dedicação e transmissão de conhecimentos fundamentais e indispensáveis para a realização deste trabalho.

Aos amigos do curso de mestrado, pelo aprendizado e convivência.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e aos Professores do Mestrado, pela oportunidade de crescimento.

RESUMO

NARDELLI, Paula Moreira. **Análise de um Projeto Agroindustrial utilizando a Teoria de Opções Reais**. 2009. 81p. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Estratégia em Negócios). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Departamento de Ciências Administrativas e Contábeis, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

O objetivo geral desta dissertação consiste em analisar a viabilidade econômico-financeira de um projeto agroindustrial, através da Teoria de Opções Reais (TOR). Fez-se uma revisão sobre os métodos tradicionais de avaliação de projetos; sobre os problemas, restrições e limitações ao seu uso; e sobre a Teoria de Opções Reais, seus principais usos, conceitos, e sua habilidade em quantificar a flexibilidade presente nos projetos de investimento, que a tem tornado uma alternativa no processo de análise de investimentos. As instituições usam, em geral, métodos tradicionais de análise de projetos (VPL e TIR). A eficiência desses métodos vem sendo fortemente questionada, a sua aplicação pode induzir a decisões de investimentos equivocadas. A razão é que eles ignoram duas características importantes dessas decisões: *a*) a irreversibilidade e *b*) a possibilidade de adiamento da decisão de investir. Essas características, juntamente com a incerteza sobre o futuro, fazem com que a oportunidade de investimento seja análoga a uma opção financeira. Uma empresa com uma oportunidade de investimento irreversível assume uma opção, ou seja, tem o direito - mas não a obrigação - de comprar um ativo (o projeto) no futuro, a um preço de exercício (o investimento). Com o intuito de aplicar estes conceitos, será realizado um estudo de caso, que consiste em um projeto agroindustrial de processamento de frutas, no qual se pretende produzir sucos, polpas, geléias, doces e frutas desidratadas. A avaliação pretende demonstrar o valor das flexibilidades operacionais que esse projeto apresenta, como adiar a implementação do projeto. Essas flexibilidades serão avaliadas com a utilização da teoria das Opções Reais em tempo discreto. Para isso, adotou-se a metodologia proposta por Copeland & Antikarov (2001), a qual adiciona à avaliação tradicional de Fluxo de Caixa Descontado as Opções Reais que o projeto possui. O resultado obtido para o valor presente líquido expandido do projeto, considerando as opções reais, no quarto ano, foi de R\$ 891.877 mil, um aumento de 207% em relação ao valor presente tradicional.

Palavras-Chave: Opções Reais, Agronegócio, Viabilidade Econômico-Financeira, Projetos de Investimento.

ABSTRACT

NARDELLI, Paula Moreira. **Analysis of an Agribusiness Project using the Real Options Theory**. 2009. 81p. Dissertation (Master Science in Business Management and Strategy). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Departamento de Ciências Administrativas e Contábeis, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

The main objective of this work is to analyze the economical and financial feasibility of an agribusiness projects using the Real Options Theory. The text presents a review of the traditional methods generally applied to project evaluation, presenting its problems, restrictions and limitations. It also presents the Real Options Theory considering its main purposes, concepts, and its ability to quantify the flexibility present in investment projects, that leaved this theory to be alternatively used as an important tool to investment analysis. Institutions generally use traditional methods of project analysis, namely Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR). Besides that, the real efficiency of these methods is nowadays being questioned, as the application of these methodologies could leave to bad investment decisions. The main reason is that these methods ignore two important characteristics: a) irreversibility b) the possibility to postponing the investing decision. These particularities, as well as the uncertainty about the future among other similarities allows the investment opportunity to be in many aspects considered analogous to a financial option. A company that has an irreversible investment opportunity takes an option, that is, it has the right - but not the obligation - to buy an asset (the project) in the future paying the current price (the investing). In order to apply these concepts, this work presents a case study that is an agribusiness project to fruit processing that produces dehydrated fruits, pulps, juices, jams and candies as its final products. The evaluation aims to demonstrate the value of operational flexibilities presented by this project, such as delaying the project implementation. These flexibilities will be evaluated using the theory of Real Options in discrete time, adopting the methodology proposed by Copeland & Antikarov (2001), which adds the Real Options of the project to the standard discounted cash flow method. The achieved results using the Expanded Net Present Value (ENPV), considering the real options, in the fourth year, was R\$ 891.877 million, an increase of 207% over the traditional Net Present Value (NPV).

Key words: Real Options, Agribusiness, Economical and Financial Viability, Investment Projects.

LISTA DE ABREVIACOES E SMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BGA-RJ	Bolsa de Gneros Alimentcios do Rio de Janeiro
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEAGESP	Companhia de Entrepstos e Armazéns Gerais de São Paulo
E&P	Exploração e Produção
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IL	ndice de Lucratividade
MAD	Marketed Asset Disclaimer
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PESAGRO-Rio	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro
ROA	Real Options Analysis
SIMA/RJ	Serviço de Informação de Mercado Agrícola do Rio de Janeiro
SMC	Simulação de Monte Carlo
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TOR	Teoria das Opções Reais
VAUE	Valor Anual Uniforme Equivalente
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Diagrama de fluxo de caixa genérico	6
Figura 02 – Gráfico do ponto de equilíbrio operacional	8
Figura 03 – Diagrama de pagamento de opção de compra	13
Figura 04 – Diagrama de pagamento de opção de venda	14
Figura 05 – Efeito da incerteza em valorização de investimentos	17
Figura 06 – Diferentes maneiras de se apreçar opções	27
Figura 07 – Possíveis movimentos de uma ação (ou ativo) pelo modelo binomial multiplicativo	29
Figura 08 – Movimento referente a uma opção de compra de um período	29
Figura 09 – Portfólio replicado para valorização de opção de compra	30
Figura 10 – Gráfico do ponto de equilíbrio	52
Figura 11 – Árvore do valor presente dos fluxos de caixas futuros	56
Figura 12 – Árvore de S menos k	57
Figura 13 – Árvore de máximo de S menos k	58
Figura 14 – Árvore para o cálculo do VPL expandido	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Plano Mensal de Recebimento de Matéria-Prima	46
Quadro 02 – Plano Mensal de Produção e Comercialização	47
Quadro 03 – Descrição dos Itens de Investimento Inicial	47
Quadro 04 – Descrição dos Itens de Custo Fixo	48
Quadro 05 – Custo Unitário dos Insumos de Produção	48
Quadro 06 – Custos Unitários por Produto	49
Quadro 07 – Receita Operacional Mensal por Produto	50
Quadro 08 – Fluxo de Caixa do Projeto	51
Quadro 09 – Resultado Operacional Mensal	51
Quadro 10 – Série de Preço Abacaxi Grande (1kg)	53
Quadro 11 – Série de Preço Banana Nanica (1kg)	53
Quadro 12 – Série de Preço Goiaba (1kg)	53
Quadro 13 – Série de Preço Manga Bourbon (1kg)	54
Quadro 14 – Série de Preço Maracujá (1kg)	54
Quadro 15 – Série de Preço Pêssego (1kg)	54
Quadro 16 – Taxa Anual da Poupança	55
Quadro 17 – Cálculo do VPL Expandido	59
Quadro 18 – Valores das Opções	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Fluxo de caixa na forma tabular	4
Tabela 02 – Exemplo de aplicação de opções compostas em exploração de petróleo	25
Tabela 03 – Fórmula de Black Scholes para opção de compra e de venda	33
Tabela 04 – Dados de um projeto (KALLBERG & LAURIN, 1997)	38

SUMÁRIO

I INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Formulação do Problema.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo geral	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Limitações do Estudo	2
1.4 Estrutura da Dissertação	2
II REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Análise Tradicional de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos de Investimento	4
2.1.1 Valor presente líquido (VPL)	5
2.1.2 Taxa interna de retorno (TIR).....	6
2.1.3 Payback.....	7
2.1.4 Ponto de equilíbrio	7
2.1.5 Relação benefício/custo	8
2.1.6 Índice de lucratividade (IL)	9
2.2 Problemas na Análise Tradicional de Viabilidade Econômica-Financeira.....	9
2.3 Aplicação da Teoria de Opções Reais na Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos de Investimento	12
2.3.1 Conceitos fundamentais.....	12
2.3.2 Definição e um breve histórico.....	14
2.3.3 Opções reais: uma nova forma de pensar	15
2.3.4 O caráter estratégico das opções reais	15
2.3.5 Efeitos da incerteza, do risco e da volatilidade	16
2.3.6 <i>Timing</i> , Flexibilidade e Irreversibilidade	19
2.3.7 Classificação de opções reais	20
2.3.7.1 Opção de abandonar	20
2.3.7.2 Opção de adiar	21
2.3.7.3 Opção de expandir	21
2.3.7.4 Opção de contrair.....	22
2.3.7.5 Opção de mudar.....	22
2.3.7.6 Opção de investir por estágios (<i>Time-to-build Option</i>).....	22
2.3.7.7 Opção de parar e reiniciar operações (<i>Shut down</i>)	23
2.3.7.8 Opção de mudança de uso (<i>Inputs ou Outputs</i>).....	23
2.3.7.9 Opções de crescimento corporativo.....	23
2.3.7.10 Opções compostas	24
2.3.7.11 Interação entre opções	25
2.3.8 Métodos de valorização de opções reais.....	25
2.3.8.1 Considerações iniciais	25
2.3.8.2 Abordagens “ <i>Lattice</i> ”	28
2.3.8.3 Equações de solução fechada (“ <i>closed-form</i> ”)	32
2.3.9 As limitações e equívocos nas aplicações das opções reais	33
2.3.10 Aplicações da Teoria das Opções Reais	35
2.3.10.1 Alguns estudos relevantes na área	35
2.3.10.2 Exploração de jazida de cobre de empresa de mineração	36
2.3.10.3 Caso prático em pesquisa e desenvolvimento	37

2.3.10.4	Projetos de exploração e produção (E&P) de petróleo.....	37
2.3.10.5	Projetos de pesquisa e desenvolvimento de Kallberg e Laurin (1997)	38
2.3.10.6	Caso de biodiesel no Brasil	38
2.3.10.7	Projeto de trem de alta velocidade Expresso Aeroporto	39
2.3.10.8	Avaliação de uma pequena empresa produtora de petróleo	39
2.3.10.9	Avaliação da aquisição de uma empresa de telecomunicação pela Telemar	39
2.3.10.10	Aplicações e casos não-convencionais	40
2.3.11	Considerações finais sobre opções reais.....	40
III METODOLOGIA		42
3.1	Caracterização da Pesquisa	42
3.2	Universo e Amostra	43
3.3	Instrumentos de Coleta de Dados.....	43
3.4	Instrumento de Análise de Dados	44
3.4.1	Passos para o cálculo do valor das opções	44
3.4.1.1	Primeiro passo: Cálculo do VPL do projeto.....	44
3.4.1.2	Segundo passo: Modelagem das incertezas que afetam o valor do ativo subjacente e da árvore de eventos	44
3.4.1.3	Terceiro passo: Modelagem da árvore de decisão.....	45
3.4.1.4	Quarto passo: Análise das opções reais	45
IV RESULTADOS E DISCUSSÃO		46
4.1	Considerações Iniciais e Análise Tradicional.....	46
4.2	Análise por Opções Reais.....	52
4.2.1	Primeiro passo: Determinação do VPL do projeto.....	52
4.2.2	Segundo passo: Modelagem das incertezas que afetam o valor do ativo subjacente e da árvore de eventos	53
4.2.3	Terceiro passo: Modelagem da árvore de decisão.....	59
4.2.4	Quarto passo: Análise das opções reais	61
V CONCLUSÕES.....		62
VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		64

I INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

Diante do cenário atual, no qual se depara com grandes incertezas, constantes mudanças, e aumento da concorrência, a questão da análise e seleção de projetos, ou, numa perspectiva mais ampla, da escolha entre alternativas de investimentos disponíveis para um investidor é, sem dúvida, uma das questões cruciais da teoria econômica aplicada.

A abordagem padrão começa com uma visão geral do problema. São introduzidos conceitos básicos de valor do dinheiro no tempo, custo de oportunidade e taxas de juros.

Em seguida, estes conceitos são utilizados para definir Valor Presente Líquido (VPL). Para calculá-lo é necessário somar todos os fluxos de caixa líquidos proporcionados pelo investimento em determinado projeto, trazidos a valor presente a uma taxa de desconto predeterminada e subtraí-lo do valor do investimento inicial.

Em princípio, cada projeto possui seu próprio custo de capital. Na prática, as firmas agrupam projetos similares em classes de risco e usam o mesmo custo de capital para os projetos de uma mesma classe.

A existência de VPL positivo é definida como o critério básico de aceitação de determinado projeto e na ordenação de VPLs como critério de escolha entre diversas alternativas de investimento. Tais critérios são comumente comparados a outros, como cálculo de taxa interna de retorno (TIR) e de prazo de *payback*, e o VPL é apresentado como o critério financeiramente mais correto.

Porém, nem sempre os métodos tradicionais dão conta da complexidade gerencial de uma decisão de investimento, pois eles não consideram o que muitos autores denominam de problema de avaliação da flexibilidade gerencial, fazendo com que a avaliação baseada nestes indicadores seja fortemente questionada.

A sua aplicação pode induzir a decisões de investimento equivocadas, uma vez que eles ignoram duas características importantes dessas decisões: a irreversibilidade, ou seja, o fato de que o investimento é um custo do qual o investidor não consegue recuperá-lo totalmente em caso de arrependimento; e a possibilidade de adiamento da decisão de investir.

Assumindo fluxos de caixa predeterminados, a abordagem clássica pode ser caracterizada como estática, pois ignora a possibilidade de adoção de decisões gerenciais, por parte dos administradores de um projeto. Tais decisões - adiamento do início das operações, alteração dos níveis de produção, expansão ou redução de capacidade, encerramento das atividades, etc - poderão certamente ser tomadas após a implantação do projeto, tendo em vista as condições de mercado que se verificarem no decorrer de sua vida útil.

Essas características, juntamente com a incerteza sobre o futuro, fazem com que a oportunidade de investimento seja análoga a uma opção financeira (Dixit e Pindyck, 1995). Na presença de incerteza, uma empresa com uma oportunidade de investimento carrega uma opção. Quando a empresa investe, ela exerce essa opção. O problema é que a opção de investir tem um valor que deve ser contabilizado como um custo de oportunidade no momento em que a empresa investe. Esse valor pode ser bastante elevado, e regras de investimento que o ignoram - tipicamente, as regras do VPL e da TIR - podem conduzir a erros significativos.

O valor da opção de investir para poder contemplar a flexibilidade gerencial na avaliação de projetos de investimento pode ser calculado através dos métodos de precificação de opções, que são ferramentas promissoras, na análise de questões estratégicas. Esta aplicação gera o que se denomina de Teoria de Opções Reais (TOR).

A partir do momento em que oportunidades de investimento passam a ser visualizadas como opções reais, a teoria e prática das tomadas de decisão sobre investimentos de capital muda substancialmente, ao modificar o entendimento sobre importantes fatores, como descrita anteriormente, como a incerteza, a irreversibilidade e a escolha do tempo ideal (*timing*) para se efetivar o investimento.

É neste contexto que se insere este trabalho, que procura mostrar a aplicação da Teoria de Opções Reais (uso dos métodos de precificação de opções na avaliação de projetos de investimento) no ambiente do agronegócio. Isso porque no agronegócio questões relevantes para esta teoria são de praxe, tais como: a variabilidade de preços das matérias-primas, dos produtos, dos insumos e de volume de produção por conta das condições climáticas e das condições de mercado. Estas são incertezas associadas naturalmente a qualquer projeto agroindustrial, que trazem opções de adiamento, abandono, contração, expansão, mudança de produtos, dentre outras, que são o foco de precificação da Teoria de Opções Reais (TOR).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação consiste em analisar a viabilidade econômico-financeira de um projeto agroindustrial, através da utilização da teoria de opções reais.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos neste trabalho são os seguintes:

- Elencar os indicadores econômicos mais utilizados em análise de investimento, juntamente com suas vantagens e desvantagens na avaliação de projetos agroindustriais;
- Revisar a Teoria de Opções Reais, comparando-a com os indicadores econômicos tradicionais;
- Demonstrar aplicações práticas e recentes do uso da Teoria de Opções, tomando por base estudos já realizados;
- Aplicar as Opções Reais em um projeto agroindustrial, que se aguardam decisões de investimento;
- Analisar os resultados obtidos com a TOR, e comparar com os resultados obtidos com a análise tradicional de VPL e da TIR;
- Propor novas aplicações que venham concretizar a aplicação do método e sua importância estratégica, para as avaliações de investimentos no Setor de Agronegócio.

1.3 Limitações do Estudo

Este trabalho limita-se a aplicar a Teoria de Opções Reais para avaliação de um projeto agroindustrial.

Não há neste trabalho validade estatística para aferir sua aplicação em outros campos uma vez que, este trabalho se baseia em um estudo de caso.

1.4 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em 5 seções, como segue:

Na seção 1, no qual se encontra esta introdução, são apresentadas as motivações para o desenvolvimento deste estudo, são definidos o objetivo geral e os objetivos específicos e apresentadas às limitações deste trabalho.

A revisão de literatura é apresentada na seção 2, em que são apresentados os principais conceitos, estudos e aplicações referentes ao tema Opções Reais.

Através da metodologia do estudo, que é explicada na seção 3, demonstram-se como foram feitas as buscas dos dados e conceitos utilizados no trabalho, quais foram os dados selecionados, como eles foram tratados e quais as ferramentas utilizadas.

Na seção 4 são apresentados os resultados e a discussão deste trabalho de pesquisa.

As conclusões são apresentadas na seção 5, na qual este trabalho foi sintetizado, apresentado seus principais resultados e suas contribuições.

Na seção 6, são apresentadas as referências bibliográficas mais significativas que dão suporte a esta dissertação.

II REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Análise Tradicional de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos de Investimento

Investimento é a aplicação de capital, visando obter ganhos no futuro que excedem o valor inicial dessa aplicação. Investimentos envolvem um balanço entre oportunidades e risco. Toda organização é em si um investimento, o que ressalta a elevada importância à tomada de decisão sobre as oportunidades de utilização dos recursos financeiros, e conseqüente aumento de patrimônio.

Um projeto de investimento pode ser resumido em um documento básico, o fluxo de caixa do projeto. O fluxo refere-se a períodos, geralmente anos, que abrangem sua vida útil. Os registros em cada período referem-se aos valores líquidos acumulados durante o período, resultados da diferença entre as entradas de caixa e as saídas de caixa, incluindo impostos, que ocorrem durante o período. O último valor do fluxo de caixa geralmente inclui o valor estimado da venda do projeto ao final da vida útil do investimento, o chamado valor residual, caso exista este valor.

Os fluxos de caixa são representados de forma tabular ou gráfica como na Tabela 01 a seguir.

Tabela 01 – Fluxo de caixa na forma tabular.

Período	Saídas	Entradas
0	R\$ 500.000,00	
1		R\$ 100.000,00
2		R\$ 120.000,00
3		R\$ 130.000,00
4		R\$ 140.000,00
Valor Residual (4 anos)		R\$ 300.000,00

Uma característica do método de fluxo de caixa descontado é que não se podem comparar quantias em instantes de tempo diferentes, uma vez que um mesmo montante tem valores diferentes em períodos diferentes. O método consiste então em obter valores equivalentes em um único período.

A base para o método de fluxo de caixa descontado é que o dinheiro tem mais valor hoje que no futuro. Isto ocorre não só pela desvalorização do dinheiro, mas também pelas oportunidades que se tem hoje e que poderão não existir no futuro, ou ainda pelo custo do capital para a realização do investimento.

Nesse método as entradas futuras são então “penalizadas” por um fator, chamado taxa de desconto, de forma a refletir essas oportunidades, no pressuposto de que o investimento é irreversível (do tipo “agora ou nunca”), de forma a garantir que as entradas futuras deverão ser suficientes para pagar um empréstimo feito hoje de valor igual ao investimento inicial, ou pelo menos igualar os custos de oportunidade do capital.

E segundo Lemes Júnior *et al* (2005), no orçamento de capital, o custo médio ponderado de capital é utilizado como taxa de desconto. E ainda que este custo seja um dos fatores bastante controverso em qualquer decisão de investimento que use o método do fluxo de caixa descontado. Normalmente, usa-se uma taxa que mescle resultados obtidos nos projetos existentes, no mercado financeiro, e nos retornos sobre o patrimônio líquido de empresas líderes no ramo.

O fator de penalização sobre qualquer quantia a ser obtida a n períodos futuros é da forma $1/(1+i)^n$, onde i é a taxa de desconto. Uma quantia Q a n períodos é então equivalente hoje à $Q/(1+i)^n$. De maneira análoga uma quantia Q hoje é equivalente a uma quantia $Q(1+i)^n$ a n períodos futuros.

Logo, com o método de fluxo de caixa descontado, permitem-se à definição de indicadores relativos a cada alternativa de investimento, os principais são:

- Valor Presente Líquido (VPL): O VPL refere-se à diferença, no início do projeto (data presente), entre as entradas futuras geradas pelo projeto e os investimentos feitos. A melhor alternativa é a que apresenta maior VPL, dentre as que possuem VPL positivo;
- Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE): Dado uma quantia em um instante qualquer é possível obter-se um conjunto equivalente de quantias iguais para todos os períodos, uma série uniforme equivalente. Isto permite, por exemplo, obter-se o custo anual ou a lucratividade anual de um projeto;
- Taxa Interna de Retorno (TIR): O VPL de qualquer projeto diminui com o aumento da taxa de desconto. A TIR é a taxa de desconto que torna nulo o VPL de um determinado projeto, representando, assim, a taxa acima da qual o VPL do investimento torna-se negativo.

De acordo com Amram e Kulatilaka (1999 e 2000), o principal problema com os métodos de fluxo de caixa descontado é a dificuldade na estimativa dos valores a serem considerados. Na falta de dados confiáveis, ou devido à dificuldade em obtê-los, os analistas recorrem ao desenvolvimento de vários cenários ou acréscimos na taxa de desconto referente a um fator de incerteza (nesse caso é mais comum denominar a taxa de desconto de Taxa Mínima de Atratividade). Quando os riscos de um projeto são maiores do que o esperado, a prática mais comum é a de aumentar a taxa de desconto.

2.1.1 Valor presente líquido (VPL)

Para os autores Park e Herath (2000), o Valor Presente Líquido (VPL) tem sido um dos indicadores mais utilizados pelas empresas nas últimas duas décadas. Entretanto, como a maioria das novas abordagens que surgem, levou-se tempo para que esta forma de valorização de projetos ganhasse uma real aceitação no mercado.

O VPL consiste na diferença, no início do projeto, entre os valores equivalentes dos retornos e de todos os investimentos e/ou desembolsos feitos ao longo do projeto. A partir do fluxo de caixa genérico da Figura 01, representa-se o VPL matematicamente da seguinte maneira:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{(E - I)_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Sendo:

E = Valores recebidos (entradas) ao longo de todo o período considerado de realização do projeto;

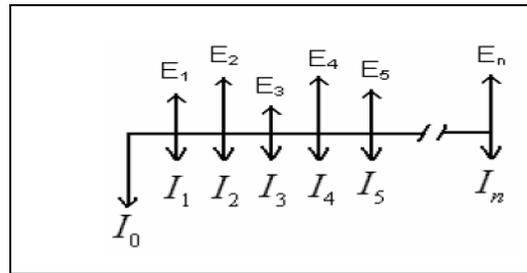
I = Investimentos feitos ao longo de todo o período considerado do projeto, sendo I_0 o investimento inicial, enquanto I_t os gastos com manutenção, mão-de-obra etc;

i = Taxa de Desconto ou Taxa Mínima de Atratividade ou Custo de Capital;

t = Período considerado na análise (1, 2, 3,..., n);

n = Número de períodos (tempo ou vida útil do projeto).

Figura 01 – Diagrama de fluxo de caixa genérico.



A regra do VPL considera que projetos com VPL negativo devem ser descartados e somente aqueles com valor positivo devem ser empreendidos. No caso de comparação entre dois ou mais projetos prevalecem aqueles com maior VPL.

Para um mesmo fluxo de caixa, o VPL aumenta com a redução da taxa de desconto considerada e diminui com maiores taxas de desconto. Como há dificuldades para uma estimativa confiável dos fluxos de caixa, ou considerando que os custos desta estimativa são altos, recorre-se à incorporação das incertezas na taxa de desconto, a taxa mínima de atratividade.

Porém, esta abordagem não considera a possível correlação entre um projeto a ser empreendido hoje com outros a serem realizados no futuro. Um investimento pode não ser atrativo hoje, podendo, entretanto, representar um caminho para outros projetos futuros. Neste sentido, o valor de um investimento não é função apenas de seu futuro fluxo de caixa, mas dependerá (ou poderá depender) também de oportunidades resultantes de outros projetos (KESTER, 1984).

Há também dificuldades de natureza prática, por exemplo, no ajuste do risco nos projetos e na mensuração dos benefícios gerados por alguns projetos que podem ter um VPL negativo, mas que poderão trazer uma imagem positiva para a empresa.

Resumindo, verifica-se que o VPL leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, os VPLs podem ser somados e dependem apenas dos fluxos de caixa e do custo de capital. Mas o Valor Presente Líquido depende da determinação do custo de capital e é um conceito de mais difícil assimilação pelos empresários se comparada a Taxa Interna de Retorno.

2.1.2 Taxa interna de retorno (TIR)

Para se calcular a TIR usa-se a seguinte fórmula:

$$-FC_0 + \frac{FC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1+TIR)^2} + \frac{FC_3}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Sendo:

FC = Fluxo de Caixa ao longo de todo o período considerado do projeto;

TIR = Taxa Interna de Retorno.

Nesta fórmula, precisa-se encontrar o valor que torne a equação igual a zero, ou seja, precisa-se tornar o valor presente das entradas igual ao valor presente das saídas. Conforme colocado por Lemes Júnior *et al.* (2005), a Taxa Interna de Retorno é a taxa que iguala as entradas de caixa ao valor a ser investido no projeto.

Quanto maior for a TIR melhor será o projeto. Ela é conhecida como interna, pois depende somente dos fluxos de caixa do projeto e não de taxas oferecidas no mercado que são utilizadas no VPL, e é preferida pelos empresários, pois estes podem avaliar o projeto em termos de taxas percentuais.

A lógica da TIR é a de que se o projeto está oferecendo um retorno igual ou superior ao custo de capital da empresa, ele estará gerando caixa suficiente para pagar os juros e para trazer remuneração adequada aos acionistas. Logo se a TIR do projeto for maior que o custo de capital da empresa (taxa de retorno mínima exigida para os projetos de investimentos), significa que a empresa estará aumentando sua riqueza ao aceitá-lo. Caso contrário, deve ser rejeitado.

Ao analisar esta regra, verifica-se que a TIR leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, depende apenas dos fluxos de caixa e permite a comparação entre a taxa de retorno do projeto e as taxas de mercado. Mas, em contrapartida, podem-se obter respostas múltiplas ou até não se obter resposta alguma, se os fluxos de caixa não forem convencionais (o que é muito comum). Além disso, o uso da TIR pode conduzir a decisões incorretas nos investimentos mutuamente excludentes.

2.1.3 Payback

De acordo com Lemes Júnior *et al* (2005), este é um dos métodos mais utilizados nas decisões de investimento de longo prazo, e ele consiste do período de tempo necessário para que as entradas líquidas de caixa recuperem o valor a ser investido no projeto.

Pela regra do Payback, um investimento é aceitável quando o retorno do capital investido se dá num tempo igual ou menor que o padrão da empresa. Se for superior, o projeto será rejeitado.

É um método simples, bastante utilizado, onde as empresas costumam rejeitar alternativas com longo período de retorno. Quando uma empresa estabelece o período máximo para o retorno do projeto, elas procuram reduzir o risco e valorizar a liquidez.

Com isto, verifica-se que este método favorece a liquidez e considera a incerteza de fluxos de caixa mais distantes, mas ignora o valor do dinheiro no tempo, o período limite é arbitrário, não considera os fluxos de caixa pós Payback e penaliza projetos de longo prazo.

Conforme colocado por Lemes Júnior *et al* (2005), o Payback antes de ser colocado como um critério para classificar propostas de investimentos, é um critério para descartar projetos.

2.1.4 Ponto de equilíbrio

A análise do ponto de equilíbrio ou ponto de ruptura, também conhecida como análise das relações entre custo, volume e lucro, é um instrumento de gestão financeira de curto prazo, que utiliza projeções ou os resultados obtidos dos lucros, custos, receitas e volume de produção.

Segundo Lemes Júnior *et al* (2005), o ponto de equilíbrio consiste na quantidade de produção e vendas de bens ou serviços cujos custos e receitas totais são iguais. Nesse ponto, há equilíbrio, pois não há lucro nem prejuízo operacional.

Para que se possa calcular este ponto é necessário conhecer o preço unitário de venda, o custo variável unitário, o custo fixo total e o volume total de produção, que pode ser representado matematicamente da seguinte maneira:

$$PE = \frac{CF}{PVu - CVu}$$

Sendo:

PE = Ponto de Equilíbrio

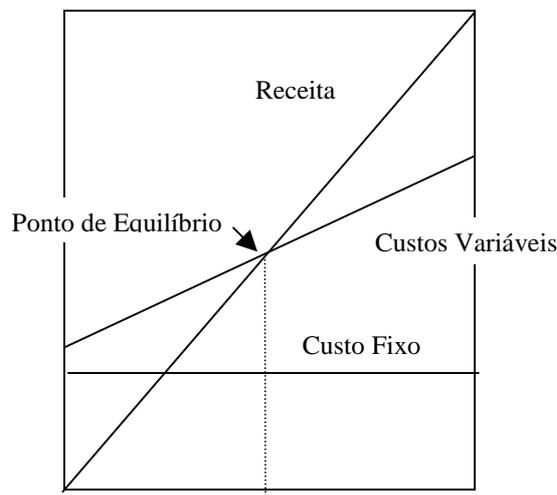
CF = Custo fixo total

PVu = Preço de venda unitário

CVu = Custo variável unitário

Pode-se representar graficamente o Ponto de Equilíbrio conforme Figura 02, onde no eixo da abscissa, estão representadas as quantidades produzidas e vendidas, e no eixo da ordenada, as variáveis receita, custos fixos e custos variáveis.

Figura 02 – Gráfico do ponto de equilíbrio operacional



A visualização gráfica do Ponto de Equilíbrio nos indica a capacidade da empresa utilizar seus custos fixos para aumentar os seus resultados operacionais. Quanto mais próxima de zero estiver à quantidade produzida e vendida para se atingir o ponto de equilíbrio, maiores são as facilidades de se atingir lucros mais significativos e menores são as possibilidades de prejuízo.

2.1.5 Relação benefício/custo

De acordo com Souza e Clemente 1990, a relação Benefício/Custo indica quanto se ganha por unidade de capital investido. Há uma hipótese implícita em seu cálculo, de que os recursos liberados ao longo da vida útil do projeto são reinvestidos à taxa mínima de atratividade.

A relação Benefício/ Custo é a razão entre o valor presente do fluxo de benefícios esperado do projeto e o valor presente do investimento necessário para realizá-lo, sendo representado matematicamente da seguinte maneira:

$$B/C = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j}}{I_0}$$

Sendo:

FC_j = Retornos esperados ou os valores recebidos (entrada) ao longo de todo o período considerado de realização do projeto;

I_0 = Investimentos inicial;

i = Taxa de Desconto, ou Taxa Mínima de Atratividade;

j = Período considerado do retorno (1, 2, 3, ... , n);

n = Número de períodos (tempo ou vida útil do projeto).

Na análise da relação do Benefício/Custo, deve-se aceitar o projeto se este for maior que 1, pois representa o retorno líquido acima da TMA por unidade de capital investido e rejeitá-lo se for menor que 1.

Este indicador, embora útil para avaliar a viabilidade dos projetos, não é recomendável para situações em que se tenha de fazer seleção entre diversos projetos viáveis.

2.1.6 Índice de lucratividade (IL)

Segundo Lemes Júnior *et al* (2005), este indicador mede o número de vezes que as entradas de caixa descontadas cobrem o investimento realizado no projeto. Logo, quanto maior o índice de rentabilidade, melhor será o projeto.

Calcula-se o Índice de Lucratividade da seguinte forma:

$$IL = \frac{\frac{FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \frac{FC_3}{(1+k)^3} + \frac{FC_4}{(1+k)^4} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n}}{FC_0}$$

Sendo:

FC_n = Retornos esperados ou os valores recebidos (entrada) ao longo de todo o período considerado de realização do projeto;

FC_0 = Investimento inicial;

k = Taxa de Desconto, ou Taxa Mínima de Atratividade.

A lógica do IL é de que se o projeto está trazendo mais entradas do que saídas de caixa, ele está gerando riqueza e, portanto, deve ser aceito.

Há diferença entre o VPL e o IL, o primeiro dá a informação em valor e o segundo informa o número de vezes que o investimento retorna.

No próximo item tratar-se-á, de forma mais aprofundada, dos principais problemas no uso das ferramentas (VPL e TIR) da abordagem tradicional de análise de viabilidade econômico-financeira de projetos.

2.2 Problemas na Análise Tradicional de Viabilidade Econômica-Financeira

Os profissionais responsáveis pela elaboração do planejamento estratégico das empresas estão entre os principais críticos da teoria financeira tradicional, especialmente das técnicas de fluxo descontado. O argumento principal destes profissionais é o de que a excessiva preocupação com a análise financeira privilegia os investimentos de curto prazo. Os

investimentos de longo prazo, cujos VPLs são penalizados pela incerteza e pela demora do recebimento de fluxos de caixa futuros, acabam sendo sacrificados.

Na visão da escola de estratégia empresarial, existem fatores estratégicos fundamentais para a manutenção ou aumento da competitividade de uma empresa, sem a qual sua lucratividade futura (e, em última análise, a sua própria sobrevivência) fica comprometida. Tais fatores podem não ser convenientemente traduzidos em incremento dos fluxos de caixa futuros. Assim sendo, na opinião de diversos estudiosos de estratégia empresarial, projetos para os quais se calcula VPL baixo, ou mesmo negativo, podem ser adotados por razões estratégicas, e projetos com VPL aparentemente alto podem ser ignorados, por não atenderem aos objetivos estratégicos da empresa.

A saída para este impasse entre os profissionais de finanças e de estratégia está na aplicação de uma metodologia que considere explicitamente as questões estratégicas futuras.

Existem empresas que, ao utilizar a teoria financeira tradicional para analisar alternativas de investimento, cometem erros graves. Partindo de procedimentos teoricamente corretos, freqüentemente sacrificam a saúde da empresa a longo prazo, privilegiando retorno a curto prazo. Fazem escolhas de investimento arbitrárias, que ao longo do tempo se transformam em crescimento desapontador, perda de *market share*, perda de liderança tecnológica, e assim por diante. Tais erros, que tanto desagradam os teóricos do planejamento estratégico, poderiam ser evitados por uma melhor compreensão (e, portanto, o uso correto) da teoria tradicional de finanças.

Um dos erros clássicos do uso de técnicas de fluxo de caixa descontado, principal ferramenta da teoria tradicional de análise de investimentos, é a utilização de *rankings* de taxas internas de retorno (TIR), em lugar do cálculo de VPL. Brealey e Myers (1996), Copeland e Weston (1988) e outros livros-texto de finanças demonstram, exaustivamente, que o uso de *rankings* de TIR leva a decisões não ótimas, sob o ponto de vista da teoria de finanças - para a qual o objetivo maior do administrador deve ser o aumento da riqueza dos acionistas.

A técnica da TIR apresenta diversos problemas: a hipótese de reinvestimento (o cálculo de TIR assume implicitamente que todos os fluxos de caixa gerados pelo projeto podem ser reinvestidos à TIR); a violação do princípio da aditividade (a escolha entre projetos mutuamente exclusivos muda, caso eles sejam combinados a um terceiro projeto) e a ocorrência de múltiplas ou de nenhuma TIR, já que esta representa a raiz de um polinômio de grau n . Outro problema inerente ao cálculo da TIR: é mais fácil obter maiores TIRs se o volume de capital a ser investido é pequeno, e a vida útil do projeto é curta. Projetos de longa duração e intensivos em capital tendem a ser descartados pelo critério de TIR, mesmo apresentando VPL substancial.

Porém, cabe ressaltar que tudo não se trata de uma simples correção de atitudes erradas, pois existem algumas limitações dos métodos tradicionais que precisam ser discutidas. Brennan e Schwartz (1985b) enfatizam que a maneira clássica de cálculo de VPL foi formulada, originalmente, para o cálculo do valor de um investimento com fluxos de caixa fixos e predeterminados. No entanto, ressaltam que sua utilização para avaliar ativos reais, ou projetos sujeitos a risco, só é possível através da aceitação tácita de duas suposições, ou convenções. A primeira delas é a de que fluxos de caixa futuros podem ser representados por seus valores esperados e de que esses valores podem ser predeterminados. Porém, isso não é válido, pois se está ignorando que estes são incertos e se está desprezando a distribuição de probabilidade de ocorrência dos mesmos.

A segunda é a de que a taxa de desconto é conhecida, constante e depende somente do perfil de risco do projeto. No entanto, ela varia não apenas em função do tempo de vida remanescente, mas também da lucratividade corrente do projeto, tendo em vista as alterações que uma maior ou menor geração de caixa provoca em seu grau de alavancagem operacional.

Porém, como a geração de caixa é incerta a taxa de desconto também se torna, além de mutante, incerta.

Hayes, Wheelwright e Clark (1988) criticam a maneira como a maioria das empresas elabora projeções dos fluxos de caixa futuros de seus projetos. Consideram "mecânica" a abordagem adotada, que avalia somente as conseqüências claramente associáveis à decisão de investimento inicial, ignorando as conseqüências de decisões futuras. Advogam uma perspectiva "orgânica", que assume certa inevitabilidade na maneira como certos eventos geram outros eventos no decorrer de um projeto, e uma razoável previsibilidade destes eventos a partir do momento em que o projeto tem início.

Ainda segundo Hayes, Wheelwright e Clark (1988) a abordagem tradicional pressupõe uma análise projeto a projeto, cada um com sua própria requisição de capital. Ela não é capaz de levar em conta a interdependência entre diferentes projetos. Além disso, mesmo que as análises quantitativas tradicionais projetem demandas, preços e custos corretamente, e considerem diversas seqüências de investimento possíveis, elas falham por não conseguirem captar as possibilidades de aprendizado e as opções de ações futuras proporcionadas por estas seqüências. Estas possibilidades, nas palavras de Myers (1987), podem levar a empresa à aceitação de projetos com VPL pequenos, ou mesmo negativos, se sua implementação for indispensável para que a empresa tenha acesso a futuras oportunidades de negócio financeiramente vantajosas.

Essa é a realidade da análise de viabilidade econômico-financeira de projetos agropecuários, pois com a aplicação das técnicas convencionais ignoram-se as possibilidades de decisões futuras, causadas pelas incertezas inerentes ao agronegócio, tais como variação de preços e de volume de produção.

Estas questões são abordadas por Brennan e Schwartz (1985a), Myers (1987) e Mason e Merton (1985), que definem este problema como de avaliação da *flexibilidade gerencial*. Assumindo fluxos de caixa predeterminados, a abordagem clássica pode ser caracterizada como estática, pois ignora a possibilidade de adoção de decisões gerenciais, por parte dos administradores de um projeto. Tais decisões - adiamento do início das operações, alteração dos níveis de produção, expansão ou redução de capacidade, encerramento das atividades, etc - poderão certamente ser tomadas após a implantação do projeto, tendo em vista as condições de mercado que se verificarem no decorrer de sua vida útil. Na opinião de Myers (1987), os métodos de precificação de opções são ferramentas promissoras, na análise de questões estratégicas, especialmente a da interdependência seqüencial entre projetos. Mason e Merton (1985) e Trigeorgis e Mason (1987) são mais taxativos, ao afirmar que a Teoria das Opções Reais é uma ferramenta adequada para lidar com o problema e resolvê-lo convenientemente.

Brennan e Schwartz (1985b) ressaltam que a análise tradicional desconsidera o fato de que o nível de risco do projeto é afetado pela flexibilidade que as decisões gerenciais proporcionam. Projetos que podem ser alterados (ou mesmo abandonados) diante de condições adversas oferecem menos risco, especialmente se parte do investimento inicial pode ser recuperado.

Myers (1987) resalta que considerar a oportunidade futura como um segundo estágio do investimento inicial, estimar os fluxos de caixa proporcionados por cada estágio, e descontá-los conjuntamente à taxa de desconto determinada não leva à resposta correta. O segundo estágio representa uma opção, pois a empresa não é obrigada a realizá-lo, só o fará se o primeiro estágio for concluído de forma a propiciar a realização de segundo e se este continuar atrativo, após o término do primeiro. Investir no primeiro estágio significa adquirir um ativo intangível: uma opção de compra sobre o segundo estágio, cujo valor pode superar um VPL negativo do investimento no primeiro. A técnica tradicional de VPL não avalia opções corretamente.

Trigeorgis e Mason (1987) mostram que a aplicação da Teoria de Opções à análise de projetos pode ser feita, de maneira prática e objetiva, numa série de situações em que a flexibilidade gerencial está presente, que reconhece as oportunidades proporcionadas pelo mercado. Esta aplicação gera o que os autores denominam de *VPL expandido*, equivalente à soma do VPL tradicional, ou *estático*, a um *prêmio de opção* proporcionado pelas oportunidades de flexibilidade gerencial. Através da utilização inteligente de argumentações (que desqualificam a técnica de árvore de decisão e o VPL tradicional) apresentam e analisam ainda diversos tipos de flexibilidade, tais como: opção de adiar o investimento, de expandir o empreendimento, de contraí-lo, de suspender temporariamente sua operação, ou de abandoná-lo prematuramente, dentre outras. Os autores concluem que o cálculo convencional de VPL pode subestimar projetos ao ignorar o prêmio de opção, que eventualmente compõe o seu valor total, e que a magnitude desta subavaliação pode ser quantificada pela utilização da Teoria de Opções Reais (TOR).

Portanto, pode ser correto aceitar projetos cujo VPL *estático* é negativo, se o *prêmio de opção* existir e exceder esse valor. E, contrariamente ao senso comum, grande incerteza, altas taxas de juros e horizonte de investimento de longo prazo (quando existe a oportunidade de adiá-lo parcialmente) não são fatores que necessariamente reduzem o valor de uma oportunidade de investimento. Os efeitos negativos destes fatores sobre o VPL *estático* podem ser compensados pelo *prêmio de opção* proporcionado pela flexibilidade gerencial. Os trabalhos de Myers (1987) e Trigeorgis e Mason (1987) mostram que as restrições à utilização da técnica tradicional na avaliação de investimentos têm fundamento. Assim sendo, a novidade trazida pela TOR é a de indicar que o valor estratégico de um investimento pode ser quantificado pelo valor do prêmio de opção que a flexibilidade gerencial proporciona ao investimento.

A Teoria de Opções Reais e suas aplicações serão exploradas mais profundamente no próximo item.

2.3 Aplicação da Teoria de Opções Reais na Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos de Investimento

2.3.1 Conceitos fundamentais

A utilização de técnicas tradicionais, como as descritas anteriormente, para análise de investimentos tende a subavaliá-los, uma vez que não abordam aspectos como a incerteza, a irreversibilidade, *timing* e outros de maneira correta. Outra característica significativa é a flexibilidade gerencial inerente ao investimento, que também é desconsiderada pelos métodos tradicionais (DIXIT e PINDYCK, 1995; TRIGEORGIS, 1996). Segundo os autores, a Teoria das Opções Reais pode suprir este déficit referente à desconsideração de importantes aspectos ligados aos projetos de investimento.

Segundo Figueiredo (2002) a possibilidade de realizar investimentos posteriores para expansão de atividades iniciadas em escala menor é um exemplo de flexibilidade estratégica. A Teoria de Opções Reais (TOR) tem se mostrado uma metodologia realista para avaliação de ativos (projetos de investimento), devido a sua característica dinâmica, que considera as flexibilidades gerenciais e operacionais ao longo da vida útil do projeto, podendo assim suprir este déficit referente à desconsideração de importantes aspectos ligados aos projetos de investimento.

Uma opção é um contrato que dá a seu titular o direito de comprar ou vender determinado ativo a um preço pré-especificado em ou até determinada data. O diferencial do contrato de opções financeiras é que ele dá ao comprador o direito, mas não a obrigação, de

fazer algo. Assim, quem possui a opção a usará apenas se esta decisão lhe for vantajosa (ROSS, WESTERFIELD e JAFFE, 2002).

Segundo os autores citados, as opções financeiras podem ser divididas essencialmente em dois grupos, opções de compra e opções de venda. Uma opção de compra ou *call option* (C) dá ao seu detentor o direito de comprar o ativo subjacente (uma ação, por exemplo) pagando o preço de exercício (X). Uma opção de venda ou *put option* (P) dá ao seu detentor o direito de vender o ativo subjacente para receber o preço de exercício (X). O direito de comprar ou vender é obtido pelo comprador da opção mediante o pagamento de um prêmio ao vendedor.

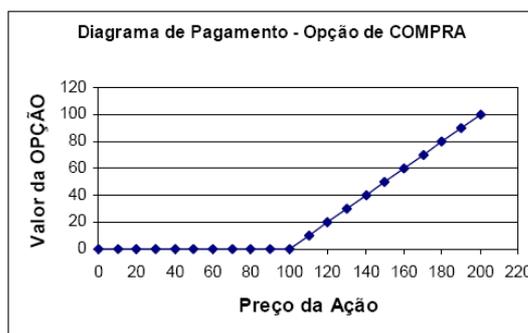
Uma opção de compra será exercida apenas se o preço do ativo (S) supera o preço de exercício (X), caso contrário, a opção não será exercida, apresentando valor nulo (COPELAND e ANTIKAROV, 2001). Matematicamente, o valor da opção de compra na sua data de expiração será:

$$C = \text{Max} [S - X, 0]$$

Para uma opção de compra, seu fluxo de caixa na data zero é o valor do prêmio e na data final será o máximo entre zero e a diferença entre os preços do ativo e de exercício (S – X). Se $S > X$ a opção será exercida, tendo fluxo de caixa diferente de zero no vencimento. Para se ter ganho financeiro é necessário que o ativo esteja valendo mais que a soma entre o preço de exercício e o valor atualizado do prêmio pago. É um investimento sobre a expectativa de alta do preço do ativo.

A seguir, ilustra-se a idéia básica referente a uma opção de compra com um exemplo extraído de Bodie e Merton (2002), onde foi considerado um ativo cujo valor presente (S) é 100, e uma opção de compra sobre este ativo com preço de exercício (X) também de 100. Na data de expiração, a opção terá valor apenas se o preço do ativo ultrapassar o preço de exercício conforme ilustra a Figura 03. Percebe-se, pelo gráfico, que a opção terá valor, devendo, portanto ser exercida, apenas se o preço do ativo (S) for superior a 100, valor correspondente ao preço de exercício.

Figura 03 – Diagrama de pagamento de opção de compra.



Fonte: Bodie e Merton (2002)

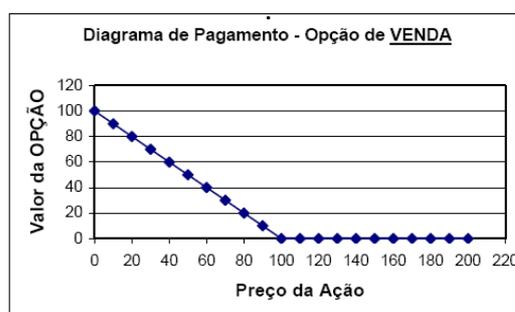
As opções de venda, por sua vez, comportam-se de maneira oposta às opções de compra. Ao expirar, uma opção de venda será exercida quando o preço de exercício (X) supera o preço do ativo (S); caso contrário, não será exercida, apresentando valor nulo. Matematicamente, tem-se: $P = \text{Max} [X - S, 0]$, na data de expiração (COPELAND e ANTIKAROV, 2001).

Para uma opção de venda seu fluxo de caixa na data zero é o valor do prêmio e na data final será o máximo entre zero e a diferença entre os preços de exercício e do ativo (X – S). Se $S < X$ a opção será exercida, tendo fluxo de caixa diferente de zero no vencimento. Para se ter

ganho financeiro é necessário que o ativo esteja valendo menos que a diferença entre o preço de exercício e o valor atualizado do prêmio pago. É um investimento sobre a expectativa de baixa do preço do ativo.

O gráfico na Figura 4 a seguir ilustra o retorno de uma opção de venda, na data de expiração, sobre o mesmo ativo subjacente de valor presente (S) igual a 100, cujo preço de exercício (X) da opção de venda também é 100. Esta opção de venda será exercida se o valor do ativo subjacente (S) no momento do exercício for inferior ao valor pago pelo ativo. Assim, uma vez que o preço de exercício é constante, quanto menor for o preço do ativo subjacente, mais vantajoso será para o possuidor desta opção de venda.

Figura 04 – Diagrama de pagamento de opção de venda



Fonte: Bodie e Merton (2002).

Segundo Figueiredo (2002) grande parte dos investimentos é similar a uma opção de compra (*call*) que dá para o possuidor o direito de fazer um investimento e receber um projeto. O valor de um projeto flutua estocasticamente e a maioria das opções de investimentos (ou oportunidades de investimentos) não é uma oportunidade “agora ou nunca”.

2.3.2 Definição e um breve histórico

As oportunidades de se adquirir patrimônios reais podem ser vistas como opções, e não obrigações, sendo assim denominadas **opções reais**. Esta abordagem reconhece o valor de esperar por melhores e mais informações, ainda que estas não sejam completas. A partir do momento em que oportunidades de investimento passam a ser visualizadas como opções, a teoria e prática das tomadas de decisão sobre investimentos de capital muda substancialmente, ao modificar o entendimento sobre importantes fatores como a incerteza, a irreversibilidade e a escolha do tempo ideal (*timing*) para se efetivar o investimento.

Diversos autores como Kester (1984), Triantis e Hodder (1990), Park e Herath (2000) e Dias (2004) concordam sobre o fato de ter sido Stewart Myers, em 1977 o primeiro a comparar oportunidades de investimentos em ativos reais com opções de compra de ações, criando o termo opções reais.

Myers (1977) argumenta que uma parte significativa do valor de mercado de muitas empresas é contabilizada por ativos que ainda não existem, considerando, assim, o valor de futuras oportunidades de crescimento. Tais oportunidades foram denominadas opções reais por se referirem ao direito de se investir no futuro em ativos reais, em situações favoráveis, assemelhando-se, assim, a opções de compra.

Posteriormente, Myers (1984) destacou que as opções reais é uma ferramenta em potencial para **reduzir a lacuna entre planejamento estratégico e finanças**, ao dizer que “Planejamento estratégico precisa de finanças. Cálculos de valor presente são necessários para checar a análise estratégica e vice-versa. Entretanto, técnicas de fluxo de caixa descontado padrão tenderão a subestimar o valor da opção embutida em linhas de negócios crescentes e

lucrativos. A teoria financeira corporativa requer extensão para lidar com opções reais (pg. 136).”

Para os autores citados, pode-se entender uma opção real como a oportunidade de se adquirir um ativo real ou a flexibilidade que um gestor tem para tomar decisões a respeito de ativos reais (DIXIT e PINDYCK, 1995).

De uma perspectiva semelhante, análoga à de opções financeiras, e mais específica, 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” (COPELAND e ANTIKAROV, 2001, p.6).

Quanto à disseminação da aplicação desta abordagem, a história mostra que há uma tendência em se levar muito tempo, às vezes décadas, para que praticantes (analistas, gerentes, empresários) adotem novas idéias oriundas de pesquisas científicas. Como exemplo, técnicas de auxílio à tomada de decisão, como o Valor Presente Líquido (VPL), precisaram de duas a três décadas para ser largamente utilizadas na prática pelas empresas, se estabelecendo como válidas (MILLER e PARK, 2002).

De maneira análoga, a abordagem das opções reais, conceituada há mais de duas décadas, também passa por uma lenta adoção (PARK e HERATH, 2000), pois apenas nos últimos anos é que iniciou sua entrada no processo de tomada de decisão de algumas empresas. A Teoria das Opções Reais (TOR) passou a ser mais utilizada no âmbito empresarial, a partir da década de 90, à medida que se ampliaram as pesquisas sobre este tema, a fim de se entender melhor sua funcionalidade e aplicabilidade.

2.3.3 Opções reais: uma nova forma de pensar

A TOR tem sido interpretada e apresentada por muitos autores como uma nova forma de pensar (*new way of thinking*) sobre decisões de investimentos corporativos. Sua premissa é que qualquer decisão sobre investir ou não em patrimônios reais é simplesmente uma opção (PARK e HERATH, 2000).

Trigeorgis (1996), Merton (1998) e Miller e Park (2002) acreditam que a análise de opções reais apresentará um papel importante em tomadas de decisão estratégica em situações de incerteza. Entretanto, para que a TOR possa ser utilizada em maior escala, mudanças na interpretação de algumas variáveis tornam-se necessárias.

Algumas considerações típicas de métodos tradicionais devem ser repensadas. Como exemplo, ao adotar a “maneira de pensar” de opções reais, muitos projetos não lucrativos a curto prazo deverão ser aceitos. As empresas, analistas e investidores devem passar a visualizar muitos investimentos como estratégia a longo prazo, o que impulsionaria uma alteração nos critérios de avaliação dos projetos. Assim, a análise de opções reais tende a reduzir aqueles investimentos imediatos em grande parte irreversíveis no intuito de obter novas informações de significativa repercussão para o projeto, enquanto irá valorizar outros investimentos que não geram retornos imediatos, mas criam a possibilidade de futuras expansões (MILLER e PARK, 2002).

Acrescenta-se ainda que a taxa de adoção da abordagem de opções reais no mundo corporativo menor do que a esperada pelo mundo acadêmico se deve em grande parte ao fato da abordagem de opções reais ter focado excessivamente nos aspectos técnicos de modelagem, negligenciado que opções reais é uma forma de pensar (AMRAM e KULATILAKA, 1999b).

2.3.4 O caráter estratégico das opções reais

Um truísmo sobre oportunidades de investimentos, geralmente desconsiderados por muitos gestores, é que cada decisão de investimento efetivado no presente tem a capacidade de modificar o conjunto de oportunidades disponíveis no futuro. Desta maneira, “o primeiro passo na reorientação do pensamento estratégico [...] é identificar as opções reais que existem nas decisões de investimento” (AMRAM e KULATILAKA, 1999a, p.96).

Considerar a oportunidade de investimento como uma sucessão de opções de crescimento pode representar uma melhor maneira que a análise tradicional de investimentos. Amram e Kulatilaka (1999a, p.101) defendem que, ao se fazer a avaliação, o questionamento mais apropriado não é: “qual retorno será obtido deste investimento, mas que opções de crescimento serão criadas por cada investimento sucessivo?”, e “Qual estratégia de crescimento irá criar o maior valor?”

Estes mesmos autores questionam ainda: por que muitas empresas não adotam a abordagem das opções reais em tomada de decisões estratégicas? Sua visão, e tentativa de resposta, é que a abordagem tem sido utilizada lentamente no mundo dos negócios porque a maioria das discussões a respeito está centrada em equações e modelos. Eles afirmam que “A complexidade das ferramentas tem obscurecido o poder da idéia subjacente. O real valor das opções reais, nós acreditamos, não está no modelo encontrado por Black-Scholes ou outras fórmulas, mas na reformulação do pensamento dos executivos sobre investimento estratégico (p.104).”

Kester (1984) também sugere que administradores pensem nas oportunidades de investimento como opções de crescimento futuro para as empresas.

Myers (1977) e Kester (1984) argumentam que o valor de um projeto não se origina tanto de seu fluxo de caixa direto (atribuído ao projeto), mas de futuras oportunidades de crescimento que ele poderá criar. Assim, a oportunidade de investimento poderá valer mais que o VPL do projeto. Eles recomendam a abordagem de opções porque ela integra orçamento de capital e planejamento estratégico (em longo prazo). Nesta estrutura, orçamentação de capital é apenas a execução do planejamento a longo prazo da empresa, sendo que o objetivo de ambos é o mesmo: maximizar o valor da empresa.

Para Dixit e Pindyck (1995), havendo a possibilidade de se adiar o investimento, a empresa deveria manter a opção aberta para investir posteriormente ao invés de efetivar o investimento imediatamente, o que destruiria o valor da opção.

Luehrman (1998a) explora como as opções podem ser usadas para melhorar a tomada de decisão quanto a sua seqüência e momento mais adequado (timing), considerando esta análise como um portfolio de investimentos estratégicos.

Miller e Park (2002) também consideram que a análise de opções reais é uma valiosa técnica que interliga informações do mercado com decisões estratégicas de Engenharia.

2.3.5 Efeitos da incerteza, do risco e da volatilidade

O valor de uma opção é proporcional ao nível de incerteza correspondente. Nas palavras de Faulkner (1996, p.53): “a abordagem do pensamento das opções traz uma visão dramaticamente nova da incerteza”. Esta abordagem permite reconhecer a incerteza como uma característica positiva, ajudando a entender que “quanto maior for a incerteza, maior a oportunidade para criação de valor”.

Na literatura sobre opções reais, muitas vezes a incerteza é tratada como sinônimo de risco. Entende-se o risco como uma variável aleatória que possui uma distribuição de probabilidades conhecida, ou que pode ser mensurado de alguma outra forma; enquanto a incerteza não apresenta esta distribuição. Entretanto, se uma modelagem permitir a obtenção da distribuição de probabilidade ou, o que é mais comum, atribuir-se probabilidades subjetivas às variáveis, então risco e incerteza têm o mesmo sentido.

Quanto mais informação se tem menores serão as incertezas, mas não há uma medida do nível de incerteza que um gestor experimenta face à necessidade de tomar decisão. O risco, ao contrário, pode ser avaliado a partir da modelagem das variáveis que são envolvidas na incerteza. Como exemplo, no início da exploração de uma reserva de petróleo, há incerteza com relação ao volume de petróleo. Um modelo é desenvolvido a partir de prospecções que revelam o risco do volume ser menor que o mínimo necessário para compensar os gastos com a exploração.

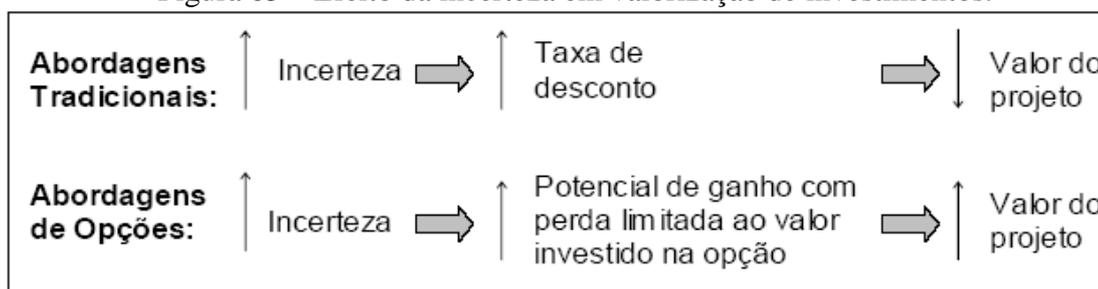
A incerteza acerca dos futuros benefícios e dos custos relativos ao longo do desenvolvimento e execução de um projeto tem impacto no valor do ativo (projeto) ao longo do tempo.

Assim, de acordo com Dixit e Pindyck (1995), a incerteza cria valor para o investimento, ao dizer que: “Assim como em opção financeira, a opção de fazer um investimento de capital é valiosa em parte porque é impossível saber o valor futuro do patrimônio obtido ao investir. [...] Enquanto houver alguma contingência que leva a empresa a preferir não investir, [...] a oportunidade de se adiar a decisão – e assim manter a opção viva – tem valor. A questão então é quando exercer a opção (p.110).”

Segundo Trigeorgis (2005), a incerteza representa, portanto, um importante papel e impacto nas oportunidades de investimento, de maneira que – contrariamente aos métodos tradicionais de análise de investimento – o seu aumento pode beneficiar o valor da opção, “[...] mais pode ser ganho de oportunidades em mercados altamente incertos ou voláteis devido ao excepcional potencial de ganho (upside) e limitado risco de perda (downside) que resulta da flexibilidade gerencial para proceder ou não proceder com o projeto (p. 26).”

A Figura 05 a seguir resume, esquematicamente, o papel da incerteza na valorização de investimentos por opções em contraposição à sua influência no método do VPL. Para os autores Hayes e Garvin (1982), nesta abordagem, um aumento da incerteza tende a aumentar a taxa de desconto, como forma de proteção, o que resulta em uma redução do valor do projeto. Por outro lado, na abordagem de opções reais, um aumento da incerteza possui um efeito contrário, na medida em que isto gera um aumento do potencial de lucros mantendo a perda limitada ao valor investido na opção de empreender o investimento, o que implica o aumento do valor do projeto.

Figura 05 – Efeito da incerteza em valorização de investimentos.



Fonte: Adaptado de Santos (2001).

Destaca-se que, para alguns tipos de projetos, é importante a distinção entre dois diferentes tipos de incerteza que influenciam as decisões de investimento: a incerteza técnica e a incerteza econômica.

A incerteza técnica ou interna não está correlacionada aos movimentos gerais da economia, sendo por isto considerada “endógena” ao processo decisório. Pode-se citar como exemplos de incerteza técnica aquele presente em pesquisa e desenvolvimento do setor farmacêutico e os volumes de óleo e gás presentes em uma jazida. O adiamento do

investimento não altera este tipo de incerteza, mas a realização parcial do projeto pode fazê-lo, à medida que se obtêm novas informações e modelos mais acurados podem ser desenvolvidos.

A incerteza econômica possui uma relação direta com movimentos ascendentes e descendentes da economia, sujeitos a acontecimentos aleatórios, como recessão e crescimento, alteração da taxa de câmbio, perdas de safra por razões climáticas e outros fatores. Diz-se que este tipo de incerteza é exógeno ao processo decisório, uma vez que não está no escopo do projeto, mas o influencia.

Em projetos agropecuários, a incerteza ocorre principalmente com relação à flutuação dos preços futuros das *commodities* agropecuárias, que afetam bastante o retorno do investimento. Projetos que apresentam um VPL positivo hoje podem apresentar prejuízos num curto espaço de tempo. Os custos também são fonte de incertezas, pois os preços dos insumos específicos para agropecuária (sementes, adubos, defensivos e aluguel da terra) apresentam uma forte correlação com preço do produto a ser explorado. Além disso, outros elementos tais como a falha ou sucesso na adoção de novas tecnologias e as quebras de safras agrícolas devido a problemas climáticos são incertezas naturais em projetos desta natureza.

De acordo com Miller e Park (2002), os riscos inerentes podem ser divididos em riscos privados e de mercado:

- Risco privado, interno, endógeno ou não-sistemático: é aquele único, inerente à empresa ou ao investimento especificamente, como dificuldades para se efetivar alguma atividade do projeto, problemas técnicos e tecnológicos intrínsecos ao projeto.

- Risco de mercado, externo, exógeno ou sistemático: é externo à empresa e dependem de fatores econômicos, como flutuações de demanda, variações de preços, etc.

Como exemplo, no caso de avaliação de recursos naturais, a quantidade do recurso a ser extraída representa o risco privado, enquanto o preço do produto no mercado é um risco de mercado.

A gestão de riscos é uma característica muito destacada em opções reais. Miller e Park (2002) afirmam que a TOR deveria ser vista como uma maneira de se gerenciar os riscos, e não de fugir deles. A afirmativa pode ser entendida também como a necessidade de gestão das informações e de desenvolvimento de modelos que possam agregar conhecimento.

Para se obter o valor presente de uma opção, que é a informação fundamental a ser obtida, é necessária a modelagem do comportamento do preço do ativo ao longo do tempo. Uma importante característica desses modelos é a volatilidade de variação do valor do ativo no tempo. Quanto maior a amplitude maior a volatilidade.

“A volatilidade do preço de uma ação [ou outro ativo] é o desvio padrão dos retornos por ela fornecido em um ano, quando tal retorno é expresso com capitalização contínua” (HULL, 1996, p.270). Para opções financeiras, a determinação da volatilidade geralmente é feita de duas maneiras: por meio da observação da distribuição histórica dos retornos do ativo, ou calculando-se a volatilidade dos preços das opções negociadas (MILLER e PARK, 2002). Entretanto, ativos reais não têm histórico de retornos nem de preços de opções negociadas.

Segundo Miller e Park (2002), as abordagens mais comumente utilizadas na literatura de opções reais para estimar a volatilidade são informações do ativo gêmeo (*twin security*) e Simulação de Monte Carlo (SMC). Copeland e Antikarov (2001) utilizam Simulação de Monte Carlo para determinar a volatilidade de um projeto.

Para projetos em que um ativo gêmeo possa ser encontrado, a distribuição dos retornos históricos deste ativo pode ser usada em substituição à volatilidade do ativo real. Amram e Kulatilaka (1999) ressaltam que esta abordagem do ativo gêmeo aparenta muito artificial para alguns praticantes, que freqüentemente entendem que se eles não identificarem este ativo, a análise de opções reais falhará. Entretanto, não se deve simplificar toda a análise de opções reais à determinação da volatilidade, uma vez que este fator, apesar de importante, não é o único que influencia o valor da opção. Pode-se, ainda determinar a volatilidade por meio de

estimativas subjetivas fornecidas pela gerência: “Na maioria dos casos, ou utilizamos dados históricos ou presumimos que o futuro se parece com o passado, ou recorremos a estimativas subjetivas, previsões feitas pela gerência” (COPELAND e ANTIKAROV, 2001, p.257).

Em opções financeiras, quanto mais volátil o preço da ação subjacente à opção, maior será o valor da opção e maior o incentivo a esperar para exercê-la. Isto ocorre devido à assimetria no pagamento (*payoff*) líquido da opção. Se o preço da ação aumenta, melhor será para o possuidor da opção de compra, pois ele pagará apenas o preço de exercício para adquirir a ação. Por outro lado, se o preço da ação cai, o investidor perderá apenas o que pagou pela opção, e não irá exercê-la. A mesma relação é válida para oportunidades de investimento de capital (DIXIT e PINDYCK, 1995).

2.3.6 *Timing*, Flexibilidade e Irreversibilidade

Dixit e Pindyck (1995) destacam que o reconhecimento de que uma oportunidade de investimento é semelhante a uma opção de compra financeira ajuda os gerentes a entender o papel fundamental da incerteza no *timing* das decisões de investimento de capital. Quanto maior a incerteza relativa à lucratividade do investimento, maior será o valor da oportunidade e maior o incentivo a esperar e manter a opção “viva”.

Segundo os autores acima citados, o momento ou tempo ideal para investir (*timing*) tem relação íntima com a irreversibilidade de um investimento. Despesas de investimento são irreversíveis quando elas são específicas para uma empresa ou uma indústria, ou um projeto, não podem ser recuperados, sendo, portanto, custos irre recuperáveis (*sunk costs*). Contudo, mesmo aqueles ativos que não são específicos apresentam parte de seus custos perdidos, porque apesar da possibilidade da venda destes ativos que podem ser utilizados em outros projetos da mesma empresa ou de outra, como equipamentos de escritório, microcomputadores e veículos, deve-se considerar que o mercado tende a pagar valores abaixo do desejado pelo vendedor, o que implica a existência de custos irreversíveis.

De acordo com Dixit e Pindyck (1995), a opção de adiar um investimento irreversível, considerada na análise de Opções Reais, poderá, portanto, alterar o valor presente do projeto, e indicar o adiamento como uma melhor vantagem financeira, pois “Irreversibilidade e a possibilidade de se postergar são características muito importantes da maioria dos investimentos na realidade. Como um rápido avanço na literatura tem mostrado, a capacidade de se prorrogar um investimento irreversível poderá afetar de maneira substancial a decisão de investimento (p.6).”

Portanto, a escolha do tempo ideal também é essencial para otimizar a decisão de investimento, considerando-se que “boa gestão está muito mais ligada a tomar decisões no momento certo do que tomar as decisões corretas” (COPELAND e TUFANO, 2004, p.92).

A possibilidade de adiar um investimento é apenas uma entre outras existentes, como expandir, contrair, abandonar ou alterar entre modos de produção, que, quando incorporadas ao projeto, constituem no conjunto a flexibilidade gerencial no desenvolvimento dos projetos – a capacidade dos executivos reagirem a novas circunstâncias com o passar do tempo, rapidamente e com baixo custo. Miller e Park (2002) afirmam que o valor de uma opção no presente origina-se tanto das incertezas futuras do ambiente de investimento como da habilidade do tomador de decisão em observá-las como oportunidades.

As ações flexíveis e inovações que serão capazes de alterar o curso do investimento agregam valor aos projetos. Tais possibilidades de intervenções gerenciais, ou decisões ao longo da vida do projeto, que ocorrerão em função de mudanças nas condições de mercado, geram mais chances para a empresa obter maiores retornos ou menores perdas em um ambiente volátil (YEO e QIU, 2003). Ignorar o valor desta flexibilidade pode levar os gerentes e analistas a cometerem sérios erros no orçamento de capital, como implementar

projetos subótimos de investimento ou rejeitar outros que poderiam criar valor para o investidor (FEINSTEIN e LANDER, 2002). Mais especificamente, “O valor da flexibilidade em um projeto de investimento é basicamente um conjunto de opções reais, que podem ser apreçadas com as conhecidas técnicas de opções financeiras” (KEMNA, 1993, p.259).

Isso acontece particularmente no setor agropecuário da seguinte maneira. Após a realização do plantio de determinada cultura, e, caso os preços apresentem uma queda significativa durante seu desenvolvimento vegetativo, o produtor pode destruir o plantio (se desejar liberar a área para outra exploração agropecuária). Os investimentos realizados até o momento nos tratos culturais da cultura a ser exterminada serão irreversíveis. Porém, investimentos realizados em máquinas para plantio/adubação poderão ser utilizados em outras culturas, ou seja, são parcialmente reversíveis.

2.3.7 Classificação de opções reais

A fim de se otimizar a avaliação dos projetos, o conhecimento sobre as possibilidades envolvidas é de grande relevância. Algumas opções, como contrair a escala dos investimentos, abandoná-lo, ou adiá-lo, estão presentes em muitos projetos; enquanto outras como expansão de capacidade, e mudança de insumos a serem utilizados, devem ser planejadas, sendo incorporadas aos projetos a um determinado custo.

Será apresentada a seguir a taxonomia das opções reais, segundo alguns autores, como Dixit e Pindyck (1995), Trigeorgis (1996) e Copeland e Antikarov (2001) que classificam as opções em categorias, e serão apresentadas, também, pela perspectiva do agronegócio.

2.3.7.1 Opção de abandonar

Caso o preço do produto sofra forte redução ou a operação apresente algum problema irremediável, a gerência não tem que continuar gastando os custos fixos em sua produção. Ao contrário, deverá ter uma valiosa opção de abandonar o projeto definitivamente para evitar perdas ainda maiores.

Esta opção pode ser avaliada como uma opção de venda americana, no valor corrente do projeto com preço de exercício igual à economia gerada pela venda dos ativos. Ativos de propósitos mais gerais podem ter um valor de revenda e uma opção de abandono mais valiosa do que outros de utilizações especiais.

Opções de abandono valiosas são geralmente encontradas em indústrias de capital intensivo, como aeronáutica e ferroviária; em serviços financeiros; e na introdução de novos produtos em mercados incertos.

Dixit e Pindyck (1995) ressaltam uma importante interpretação, muitas vezes desconsiderada em análise de investimentos, que reflete exatamente a opção de abandono: as empresas que desistem ou param de produzir quando as operações geram prejuízo também estão investindo.

Os pagamentos (despesas) realizados por multas contratuais, por exemplo, representam as despesas iniciais, enquanto a redução de futuras perdas corresponde aos recebimentos (entradas).

Na perspectiva do agronegócio, esta opção representa o direito de abandonar uma propriedade rural utilizada para um determinado plantio – equivale formalmente a uma opção americana de venda. Se os resultados forem ruins ao final da primeira safra, o responsável pela decisão poderá abandonar o projeto e realizar o valor de liquidação esperado (esse valor poderá ser visto como o preço de exercício da opção de venda).

Quando o VPL do ativo fica aquém do valor de liquidação, o ato de abandonar o projeto equivale à realização da opção de venda. Como o valor da liquidação do projeto

define um limite de valor mínimo (o preço da propriedade rural), a opção de liquidar tem valor. Neste caso, o projeto que pode ser liquidado vale mais do que o mesmo projeto sem a possibilidade de abandono (ou venda).

Esta hipótese é bastante realista em projetos que os custos variáveis operacionais sejam maiores que as receitas operacionais (ou seja, possuem margem de contribuição negativa).

2.3.7.2 Opção de adiar

Este tipo de opção permite a avaliação do adiamento do investimento por determinado tempo, com o intuito de se obter novas informações relevantes ao projeto, reduzindo assim, as incertezas relativas ao mesmo, como o preço do produto.

A opção de adiar é análoga a uma opção de compra americana do valor presente bruto do fluxo de caixa esperado do projeto, com preço de exercício igual ao investimento requerido. Como exemplo, uma empresa que possui uma opção de adiar um investimento, não precisa fazê-lo hoje, podendo esperar até a data de vencimento da opção para tomar esta decisão, e somente investirá se as condições futuras forem favoráveis.

A opção de esperar é valiosa em indústrias de extração de recursos naturais devido à alta incerteza e o longo horizonte de investimento.

A abordagem das opções reais exerce impacto nas decisões sobre análise de investimento, uma vez que pode mudar tais decisões significativamente, caso o valor da opção de esperar seja levado em consideração corretamente (KEMNA, 1993).

Na opção de adiar um investimento para explorar uma propriedade rural é uma opção americana para compra. Como a opção de adiar o investimento dá administração o direito, mas não a obrigação, de realizar o investimento para explorar a propriedade, um projeto que pode ser adiado tem mais valor do que o mesmo sem a flexibilidade do adiamento.

Isto porque esta opção permite ao administrador beneficiar-se de movimentos favoráveis ao valor do projeto (como aumento de preços do produto a ser gerado), e evitar perdas caso cenários desfavoráveis ocorram. Se a decisão for investir agora, o investidor exerce a opção e incorrerá a um custo de oportunidade igual ao valor da opção.

Por outro lado, a opção pode ser preservada até o ano seguinte, exercendo-a caso a taxa de atratividade do projeto aumente. Evidentemente, as firmas nem sempre têm essa possibilidade, principalmente em mercados com alto poder concorrencial. A firma deve sempre comparar o custo de adiar – o risco de entrada de novas firmas no mercado ou a perda de fluxos de caixa – com os benefícios de esperar informação nova para subsidiar a decisão de investir.

2.3.7.3 Opção de expandir

Se alguma condição de mercado tornar-se mais favorável do que o esperado para o futuro, a gerência pode expandir a escala de produção (ou do projeto) a um determinado custo – o preço de exercício. Isto é similar a uma opção de compra onde se adquire uma parte adicional do projeto, devendo-se pagar por isto o preço de exercício.

A opção de expansão pode apresentar uma importância estratégica, especialmente se ela permite à empresa captar futuras oportunidades de crescimento. Como exemplo, quando uma empresa compra terra não-desenvolvida, ou quando constrói uma pequena planta numa nova localização geográfica para se posicionar e obter vantagem de um desenvolvimento de mercado, ela instala essencialmente uma opção para expandir seus negócios no futuro. Esta opção só será exercida caso o mercado futuro se apresentar favorável.

A opção de expandir a escala de operação de um projeto é equivalente a uma opção americana de compra. Os valores do projeto e da opção de investir e a própria decisão de investir são afetados pela incerteza associada a variáveis relevantes, como o preço do produto, o custo dos insumos, a taxa de juros, a taxa de câmbio, a oferta de crédito e a regulação econômica.

O produtor rural pode optar por acompanhar o comportamento dos preços e/ou taxas de juros, e posteriormente decidir sobre o investimento. Existindo uma expectativa de redução na taxa de juros e/ou elevação nos preços, aumentará o valor esperado do projeto, e conseqüentemente o incentivo ao adiamento do investimento de expansão.

Como a opção de expansão concede à administração o direito, mas não a obrigação, de fazer outros investimentos posteriores (para aumentar a produção), caso as condições do projeto se mostrem favoráveis, um projeto na qual existe a possibilidade de expansão terá um valor maior do que o mesmo sem essa flexibilidade.

2.3.7.4 Opção de contrair

Se as condições de mercado se tornam piores do que o esperado originalmente, a administração pode operar abaixo da capacidade ou reduzir a escala de operações, economizando, assim, parte das despesas de investimentos planejadas. Esta flexibilidade de minimizar perdas é análoga a uma opção de venda de parte do projeto-base com preço de exercício igual aos custos não gastos.

A opção de contrair, assim como a opção de expandir, pode ser particularmente valiosa no caso de introdução de novos produtos em um mercado incerto.

A opção de contrair a escala de operação de um projeto é equivalente a uma opção americana de venda. Alguns projetos podem ser planejados de maneira que a produção possa ser contraída no futuro. Por exemplo, o projeto pode ser dividido em etapas, e não de uma vez.

O adiamento ou cancelamento de investimentos formulados no projeto inicial equivalem ao preço de exercício de opção de venda. Como a opção de contração concede à administração o direito de reduzir a escala operacional, desde que as condições se tornem desfavoráveis, um projeto que pode ser contraído vale mais do que o mesmo que não apresenta essa flexibilidade.

2.3.7.5 Opção de mudar

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

Por outro lado, interromper as operações quando surgem condições desfavoráveis é equivalente a uma opção americana de venda. O custo de reiniciar (ou interromper) as operações pode ser considerado como o preço de exercício da opção de compra (ou venda).

Uma decisão comum no agronegócio com esta perspectiva é a mudança do *mix* de produção, como, por exemplo, no caso das usinas processadoras de cana de açúcar, que decidem o *mix* entre açúcar e álcool. Um projeto em que as operações podem ser paralisadas ou ativadas dinamicamente vale mais do que o mesmo sem essa flexibilidade de mudança.

2.3.7.6 Opção de investir por estágios (*Time-to-build Option*)

Em muitos projetos reais o investimento requerido não ocorre de uma só vez. O fato dos investimentos serem realizados por etapas, como uma série de desembolsos, cria opções

valiosas em qualquer estágio, como, por exemplo, adiar a exploração de uma reserva de petróleo, caso o seu preço esteja muito baixo, ou até mesmo abandonar o investimento. Assim, cada estágio pode ser visto como uma opção sobre o valor dos estágios subsequentes, estando sujeito às despesas necessárias para executar a próxima etapa, podendo, assim, ser entendido e avaliado similarmente a opções compostas.

Esta opção é valiosa em todas as indústrias intensivas de pesquisa e desenvolvimento, e em indústrias de capital intensivo e de longo desenvolvimento, tais como a plantas geradoras de energia ou construções de larga escala.

2.3.7.7 Opção de parar e reiniciar operações (*Shut down*)

Na prática, as empresas não têm que operar continuamente. Se os preços do produto são tais que os ganhos não são suficientes para cobrir os custos operacionais variáveis – como manutenção – talvez seja melhor não operar temporariamente, especialmente se os custos de mudança entre os modos de operação e inatividade forem relativamente pequenos. Se os preços do produto aumentar suficientemente, as operações podem ser reiniciadas. Assim, a operação em cada ano pode ser vista como uma opção de compra para se adquirir as receitas daquele ano pelo pagamento dos custos variáveis como preço de exercício. Estas opções são comuns tanto em indústrias de recursos naturais, como mineradoras, quanto naquelas que produzem bens de consumo.

2.3.7.8 Opção de mudança de uso (*Inputs ou Outputs*)

Às vezes uma empresa tem a possibilidade de alterar entradas e/ou saídas de um processo, como uma refinaria que pode ser projetada para utilizar diferentes formas de energia (óleo combustível, gás ou eletricidade) para converter óleo cru em uma variedade de produtos, como gasolinas, lubrificantes ou poliéster. Esta opção representa uma flexibilidade bastante valiosa para a empresa.

A flexibilidade do processo pode ser atingida não apenas via tecnologia (como construir uma estrutura flexível que pode operar com vários tipos de energia), mas também mantendo relações com uma variedade de fornecedores, alterando entre eles quando seus preços relativos mudarem.

Esta flexibilidade pode estar presente tanto no processo quanto no produto. Este último caso capacita a empresa a alterar entre suas saídas/produtos finais (*outputs*), sendo mais valiosa em indústrias como a automobilística, eletrônica, farmacêuticas, e de brinquedos, onde a diferenciação e diversidade dos produtos são importantes e/ou a demanda pelo produto é volátil. Nestes casos, a instalação de uma capacidade mais flexível pode ser valiosa, para se adquirir a habilidade de alterar o *mix* de produto ou escala de produção em resposta às mudanças de demanda do mercado.

2.3.7.9 Opções de crescimento corporativo

Muitos investimentos iniciais – como projeto-piloto ou fases iniciais de projeto de pesquisa e desenvolvimento – podem ser vistos como pré-requisitos ou ligações em uma cadeia de projetos inter-relacionados. O valor destes projetos deriva não muito de seus fluxos de caixa mensuráveis esperados diretamente, mas das futuras oportunidades de crescimento que ele pode criar (como uma nova geração de produto ou processo, ou acesso a um novo mercado). Projetos com estas opções de crescimento, que representam um caminho para oportunidades futuras, possuem elevada importância estratégica.

Uma oportunidade de investir em um novo produto de alta tecnologia, por exemplo, é análoga a uma opção sobre opções (uma opção composta interprojetos). Apesar de um aparente Valor Presente Líquido negativo, a infraestrutura, a experiência e o potencial de produtos gerados durante o desenvolvimento da primeira geração de produtos podem servir como um impulso para o desenvolvimento de gerações futuras daquele produto a custos mais baixos e maior qualidade, ou mesmo para a geração de novas aplicações. Entretanto, a menos que a empresa faça o investimento inicial, gerações subseqüentes ou outras aplicações não serão possíveis.

Opções de crescimento são encontradas em indústrias que envolvem produtos de alta tecnologia, pesquisa e desenvolvimento, ou indústrias com produtos de múltiplas aplicações, em operações multinacionais e aquisições estratégicas.

Kester (1984), em um artigo dedicado à análise de opções de crescimento, afirma que o valor de uma oportunidade de investimento é no mínimo a diferença entre o valor presente do fluxo de caixa do projeto e o valor presente do investimento. Entretanto, a oportunidade de investimento pode ser maior que o seu Valor Presente Líquido, o que depende de:

- *Tempo que o projeto pode ser adiado*: o tempo é valioso quando se refere ao exercício de uma opção. A capacidade de adiar a decisão dá ao analista tempo para examinar os eventos futuros e a chance de evitar erros que poderão incorrer em custos indesejados caso eventos desfavoráveis aconteçam. Portanto, “quanto mais tempo um projeto puder ser adiado, mais valiosa será a opção de crescimento” (KESTER, 1984, p.156).

- *Risco do projeto*: Kester argumenta que o risco é um fator positivo na determinação do valor de opções de crescimento. Assim, o projeto mais arriscado apresenta a opção de crescimento mais valiosa. Isto ocorre devido à assimetria entre o potencial de lucros e de perdas quando uma opção expira. Se o VPL de um projeto aumenta, surge a possibilidade de grandes lucros; entretanto, em caso de VPL negativo, as perdas podem ser evitadas, com a decisão de não exercer a opção. Esta possibilidade demonstra que o aumento do risco aumenta a chance de eventualmente, se obter maiores ganhos sem aumentar igualmente a chance de perdas.

- *Nível das taxas de juro*: altas taxas de juros implicam em altas taxas de desconto, o que reduzirá o valor presente do futuro fluxo de caixa do projeto, mas também o valor presente do preço de exercício de uma opção sobre este investimento.

- *Grau de exclusividade para se exercer a opção*: ao contrário das opções financeiras, as opções de investimento podem ser compartilhadas, o que não dá o direito de exclusividade do investimento à empresa. Tais opções são geralmente menos valiosas que as opções particulares.

2.3.7.10 Opções compostas

Apesar da análise de opções compostas não pertencer ao escopo deste trabalho, será apresentada uma breve explanação sobre seu funcionamento utilizando-se o exemplo de aplicação de opções compostas em exploração de petróleo, representado na Tabela 02.

A Tabela 02 mostra os estágios de investimento em um campo petrolífero, da exploração até a extração. A seqüência apresentada é comum a outras aplicações e opções estratégicas, podendo levar um período de vários anos até sua conclusão. Como exemplo de estrutura semelhante, tem-se a indústria farmacêutica, que requer altos investimentos em P&D, gastando vários anos ao longo do desenvolvimento de novos medicamentos. Cada coluna da Tabela representa um estágio de atividade, onde ao final se decide sobre a continuação ou não do projeto. Da perspectiva das opções, a seqüência tem uma estrutura de valorização específica. O primeiro estágio de investimento em exploração compra a opção de continuar com o segundo estágio, o qual compra a opção de continuar com o estágio de

desenvolvimento, e assim sucessivamente. Isto é conhecido como **opções compostas**. Assim, cada estágio pode ser visto como uma opção de compra do valor de continuar com a exploração, valor este que inclui o valor de todas as opções futuras (AMRAM e KULATILAKA, 2000).

Tabela 02 – Exemplo de aplicação de opções compostas em exploração de petróleo.

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
	Exploração Inicial	Exploração Final	Desenvolvimento	Extração
Estrutura de opções:	Opção sobre a opção sobre a opção sobre o patrimônio subjacente	← Opção sobre a opção sobre o patrimônio subjacente	← Opção sobre o patrimônio subjacente	← Patrimônio subjacente

Fonte: Amram e Kulatilaka (2000).

2.3.7.11 Interação entre opções

Em muitos casos, há uma interação entre as múltiplas opções embutidas (*embedded*) em um projeto. O valor das opções não deve simplesmente ser a soma do valor de cada opção separadamente. “O valor de um portfólio ou combinação de opções embutidas tipicamente é menor do que a soma dos valores das opções independentes ou separadas” (TRIGEORGIS, 2005, p.36).

A natureza das interações entre opções reais foi estudada por Trigeorgis (1993). Ele identificou que a presença de opções subsequentes pode aumentar o valor de outras opções relativas ao mesmo ativo subjacente. Em situações nas quais ocorrem pequenas interações entre as opções, a simples adição de seus valores é uma boa aproximação, todavia, grandes interações invalidam este princípio aditivo. As interações dependem do tipo das opções, de seu grau de separação, grau de serem ou não vantajosas para o possuidor, e da ordem em que se apresentam – fatores estes que impactam a probabilidade de exercício.

Logo, segundo Macedo (2003), o que se faz é, trazer para dentro de uma análise financeira, considerando as questões anteriormente exploradas, as mudanças de planos por parte das empresas em virtude das alterações nas condições do mercado. Daí tem-se o conceito de VPL expandido, que é o valor de mercado de um determinado projeto, sendo o resultado do somatório entre o VPL estático (sem conter as opções) e o valor das opções que a empresa tem, conforme apresentado abaixo.

$$\text{VPL}_{\text{expandido}} = \text{VPL}_{\text{estático}} + \text{VP}_{(\text{opção})}$$

2.3.8 Métodos de valorização de opções reais

2.3.8.1 Considerações iniciais

Algumas questões podem ser inicialmente formuladas: Qual o valor de um investimento que possui oportunidades futuras a ele associadas? Ou de uma empresa que está

em vias de desenvolvimento de um novo produto? Ou que apresenta futuras oportunidades de crescimento? Ou ainda de um investimento que pode ser adiado por um ou dois anos? São perguntas como estas que a abordagem de opções busca responder. O valor de uma opção na sua data de expiração pode ser facilmente encontrado, desde que se consiga estimar o valor do ativo subjacente na data de exercício, no entanto deseja-se saber qual o valor da opção hoje.

Os principais métodos de apreçamento de opções são os modelos desenvolvidos por Black-Scholes (1973), e o modelo binomial concebido posteriormente por Cox, Ross e Rubinstein (1979), o qual é mais abrangente em algumas situações – como o fato de poder valorizar opções americanas – sendo, portanto, mais indicado para valorizar Opções reais, conforme afirmam Copeland e Tufano (2004).

Opções financeiras, por serem negociadas, apresentam um valor de mercado. Black e Scholes (1973) propuseram um modelo de apreçamento de opções que não precisa fazer premissas restritivas quanto às preferências individuais dos investidores quanto ao risco. Isto representou um avanço na teoria de opções. Broadie e Detemple (2004) ressaltam que a principal contribuição dos artigos de Black e Scholes (1973) e também de Merton (1973) foi mostrar como o princípio da não-arbitragem pode ser usado para caracterizar o preço de um derivativo – no caso, opções.

Segundo os autores, a eficiência dos mercados financeiros ajusta rapidamente os preços, reagindo às informações e neutralizando remunerações acima do mercado. Em opções reais, os mercados possuem menor eficiência, permitindo que empresas gerem e mantenham vantagens competitivas, obtendo ganhos superiores aos de mercado.

Arbitragem significa “a compra e a venda imediata de ativos equivalentes a fim de proporcionar um lucro certo pela diferença em seus preços” (BODIE e MERTON, 2002, p.205). Em outras palavras, arbitragem significa um investidor ter a possibilidade de obter um retorno no mínimo igual à quantia investida, com probabilidade zero de perder e probabilidade maior que zero de lucrar. Em conjunto com a suposição da não-arbitragem, a base para o apreçamento de opções é a **Lei do Preço Único**, a qual afirma que “em um mercado competitivo, se dois ativos são equivalentes, eles tendem a ter o mesmo preço de mercado” (BODIE e MERTON, 2002, p.205). Esta regra considera, portanto, que, para impedir lucros por arbitragem, dois ativos que tem exatamente o mesmo retorno, devem ter o mesmo preço ou valor na data atual.

No caso da avaliação de opções reais os ativos reais, uma dificuldade encontrada é o fato dos ativos reais não serem negociados no mercado (uma suposição utilizada no apreçamento de opções financeiras é a possibilidade de compra e venda da ação ou outro ativo). Em função disto, outras suposições são feitas na tentativa de validar o uso do apreçamento de opções para ativos reais (MILLER e PARK, 2002).

Uma razão para se utilizar a teoria de apreçamento de opções em ativos reais é pautada pela suposição sustentada por Mason e Merton (1985) que consideram que o valor do ativo deve ser tratado como se ele fosse negociado no mercado. Eles defendem tal suposição, afirmando que o ativo real contribui para o valor de mercado da empresa em questão, podendo, assim, ser tratado como se ele mesmo fosse negociado (MASON e MERTON, 1985. In: MILLER e PARK, 2002).

Trigeorgis (1996) defende que é possível encontrar um “ativo gêmeo” (*twin security*) negociado que seja perfeitamente correlacionado com o valor do ativo real. Nas palavras do próprio autor, “A existência de um ativo gêmeo negociado (ou um portfolio de securities negociadas) que tem as mesmas características de risco (isto é, perfeitamente correlacionado) com o ativo real não-negociado em mercados completos **é suficiente para avaliar uma opção real** (p.17).”

A fim de valorizar opções reais presentes em alguns tipos de projetos, Copeland e Antikarov (2001) defendem que, ao invés de procurar um ativo gêmeo, deve-se usar o valor

presente, sem flexibilidade, do próprio projeto em questão, como ativo subjacente sujeito a risco – o ativo gêmeo. A esta hipótese de que o valor do ativo real é perfeitamente correlacionado consigo mesmo, sendo a melhor estimativa imparcial do valor de mercado do projeto, se ele fosse negociado, denomina-se negação do ativo negociado (“*marketed asset disclaimer*” – MAD). A implicação desta hipótese – utilizar o valor presente do projeto sem flexibilidade como ativo subjacente a uma opção – tem sido utilizada no apreçamento de opções reais.

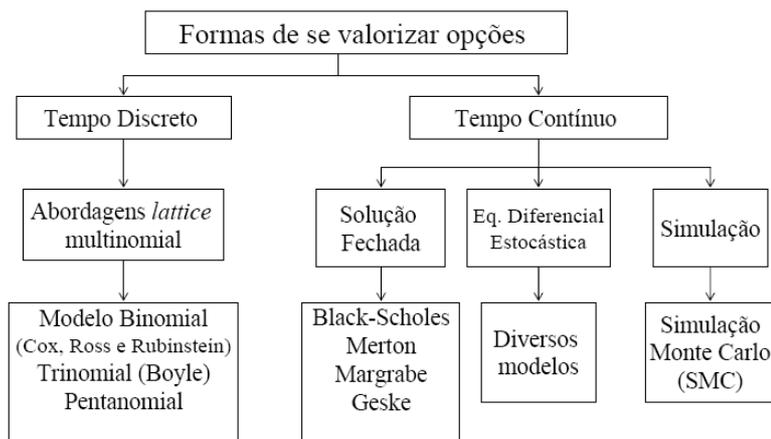
Obtido o ativo gêmeo, o desenvolvimento dos modelos de apreçamento de opções fundamenta-se na existência de um *portfolio* replicado composto pelo ativo gêmeo e títulos livres de risco. Como este *portfolio* apresenta um comportamento idêntico ao da opção ao longo do tempo, devendo ser, portanto, perfeitamente correlacionados, eles deverão ter o mesmo valor, para que não exista possibilidade de arbitragem.

O *portfolio* é denominado também de opção sintética, por apresentar as mesmas características da opção. Bodie e Merton (2002) apresentam um exemplo que ilustra bem a situação: supondo que se estime que um lote de ações possa valer, daqui a um ano, um mínimo de \$m e um valor máximo de \$M, pode-se pedir emprestado parte do montante necessário (só o que se pode pagar com certeza daqui a um ano, ou seja, o valor presente de \$m) para comprar o lote de ações hoje e pagar o empréstimo com a venda, daqui a um ano, deste mesmo lote de ações. Se a variação no valor futuro das ações (\$M - \$m) for a mesma da opção, então o *portfolio* e a opção tem o mesmo comportamento, de forma que o dinheiro a ser tirado do próprio bolso é o valor da opção. Como todos os riscos estão cobertos por este *portfolio*, a taxa de desconto adequada para valorizar a opção é a taxa livre de risco (MILLER e PARK, 2002).

Entre as diferentes abordagens de valoração de opções reais, estas podem ser separadas de acordo com a forma com que o tempo é considerado: de forma discreta ou contínua. Abordagens “*lattice*” multinomial constituem a avaliação que consideram tempo discreto, enquanto equações de “solução fechada” (*closed-form*), equações diferenciais estocásticas, e simulação de Monte Carlo são abordagens que avaliam em tempo contínuo (MILLER e PARK, 2002).

A Figura 06 a seguir mostra um esquema de representação destes métodos de avaliação.

Figura 06 – Diferentes maneiras de se apreçar opções.



Fonte: Adaptado de Miller e Park (2002).

Dixit e Pindyck (1995) e Copeland e Antikarov (2001) demonstram as principais técnicas de apreçamento de opções mencionadas na valoração de opções reais.

O método binomial e o de Black-Scholes, representativos das abordagens *lattice* e solução fechada, respectivamente, serão discutidos de maneira mais detalhada. Não será dada ênfase aos outros dois tipos por eles não estarem em consonância com o escopo deste trabalho.

Apesar de ser aplicável, a utilização de equações diferenciais estocásticas para encontrar valores de opções reais, é a abordagem mais complicada, na visão de Miller e Park (2002), por requerer um conhecimento prévio em cálculo estocástico. Eles apontam a Simulação de Monte Carlo (SMC) como uma valiosa ferramenta tanto para avaliar opções financeiras, quanto opções reais, especialmente quando se considera a complexidade intrínseca ao desenvolvimento de equações diferenciais estocásticas utilizadas como forma de solução.

Boyle (1977) foi um dos primeiros a usar a simulação de Monte Carlo para valorizar opções. Porém, nas palavras do próprio autor: “o método Monte Carlo deveria mostrar-se mais valioso em situações onde é difícil, se não impossível, proceder usando uma abordagem mais precisa” (BOYLE, 1977, p.335).

A simulação é indicada para situações que envolvem mais de duas variáveis. Nembhard, Shi e Aktan (2003) utilizaram este método para avaliar uma decisão sobre terceirização, por considerarem que o uso de abordagens *lattice* para analisar situações com múltiplas fontes de incerteza gera muitos nós e complica demasiadamente os cálculos. “Embora em princípio, abordagens *lattice* multivariáveis podem ser usadas para múltiplas variáveis de estado, elas não são práticas para avaliar opções envolvendo três ou mais variáveis porque elas geram uma grande quantidade de nós, o que resulta em cálculos complexos. Nestes casos, a simulação Monte Carlo é uma alternativa viável (p.202).”

A seguir, serão descritos o método binomial e o modelo de Black-Scholes.

2.3.8.2 Abordagens “*Lattice*”

A abordagem *lattice* assume que o ativo subjacente segue um processo estocástico discreto, multinomial e multiplicativo ao longo do tempo de maneira a se obter alguma forma de “árvore”. O valor da opção é então resolvido recursivamente a partir dos nós finais da árvore. A vantagem de sua utilização é o procedimento flexível de avaliação (MILLER e PARK, 2002).

Existem muitos trabalhos na literatura que desenvolveram abordagens *lattice* na valoração de opções reais. Cox, Ross e Rubinstein (1979) desenvolveram uma abordagem binomial para valorizar opções, a qual se tornou bastante utilizada.

Boyle (1988) desenvolveu uma extensão do modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein, para lidar com situações em que a opção depende de mais de uma variável de estado. Ele abordou especificamente o caso em que uma opção é função de duas variáveis, afirmando, entretanto, ser possível estender a situação para um número maior de variáveis. Kamrad e Ritchken (1991) desenvolveram uma técnica para avaliar projetos com uma ou mais variáveis de estado. Para valorizar opções com duas variáveis, eles usam uma abordagem *lattice pentanomial*.

Herath e Park (1999) utilizaram o modelo binomial para valorizar um projeto de P&D de grande escala da empresa Gillette.

Cox, Ross e Rubinstein (1979) utilizam o modelo binomial para definir uma fórmula para apuração de opções, a qual permite a valoração tanto de opções européias quanto americanas. Apesar de ter sido concebido para valorizar opções financeiras, este modelo é útil para modelar e apurar opções reais.

O modelo binomial é um modelo de tempo discreto para apuração de opções, e explica claramente o princípio econômico fundamental da não-arbitragem para valoração de

opções. A idéia básica é desenvolver um *portfolio* apropriado para replicar os retornos futuros da opção.

Cox, Ross e Rubinstein (1979) mostraram que para se determinar o valor exato de uma opção de compra (C) é necessário e suficiente que se tenha:

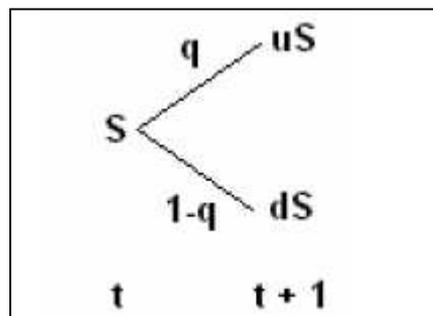
- Preço de exercício (X);
- Preço do ativo subjacente (S);
- Média dos movimentos de subida (*u*) e de descida (*d*) no preço do ativo subjacente; e
- Taxa de juros ($r = 1 + r_f$), sendo r_f a taxa livre de risco.

O modelo binomial assume que:

- O preço do ativo segue um processo multiplicativo binomial em períodos discretos. Assim, para cada período, o ativo (representado por uma ação no momento do desenvolvimento do modelo) pode assumir somente dois valores distintos no tempo. Estes movimentos são descritos como ascendentes e descendentes pelo fato de representarem um valor maior e outro menor que o anterior;
- A taxa de juros é constante;
- Pode-se emprestar ou tomar emprestado a esta mesma taxa livre de risco.

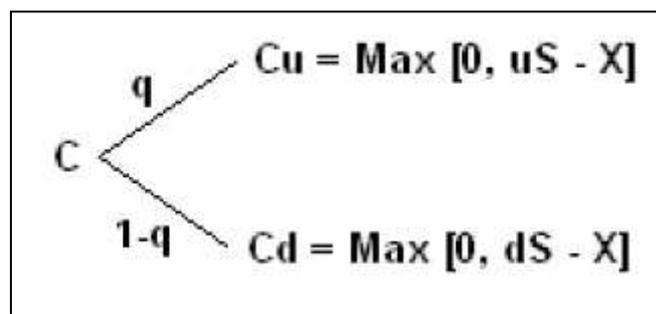
Supondo que o preço do ativo no tempo *t* seja *S*; no tempo *t+1*, ela valerá *uS*, com probabilidade *q* ou *dS* com probabilidade (1-*q*). Os valores de *u* e *d* representam as taxas de retorno se o ativo move para cima ou para baixo respectivamente. A Figura 07 a seguir representa de forma esquemática os movimentos supra definidos:

Figura 07 – Possíveis movimentos de uma ação (ou ativo) pelo modelo binomial multiplicativo.



Para valorar uma opção de compra, *C*, sobre este ativo, *C_u* e *C_d* representam o valor da opção ao final de um período, quando o preço do ativo é *uS* e *dS*, respectivamente. Sendo *X* o preço de Exercício da opção, os possíveis valores para a opção serão: $C_u = \text{Max} [uS - X, 0]$ e $C_d = \text{Max} [dS - X, 0]$, conforme demonstrado na Figura 08:

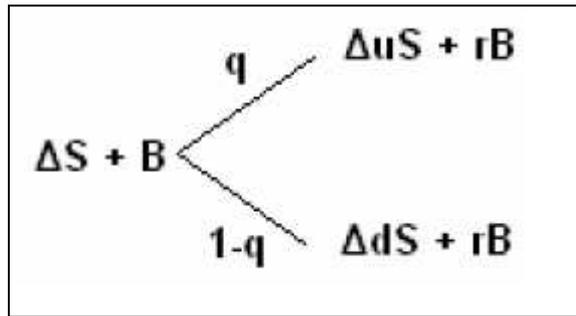
Figura 08 – Movimento referente a uma opção de compra de um período.



Este modelo pressupõe ainda que exista a possibilidade da criação de uma carteira de ativos (*portfolio*) que apresenta um comportamento igual ao da opção; e que não exista a possibilidade de arbitragem.

Neste sentido, uma opção de compra pode ser replicada pela combinação entre uma carteira de ativos perfeitamente correlacionada com a ação e aquisição de um empréstimo à taxa livre de risco. Este será um *portfolio* contendo Δ ações e uma quantidade B de títulos livres de risco, como descrito na Figura 09. Ao final de um período, o valor deste *portfolio* é:

Figura 09 – *Portfolio* replicado para valorização de opção de compra.



A replicação do *portfolio* implica em escolher valores para Δ e B que igualem os valores do *portfolio* ao final do período com os resultados possíveis para a opção de compra (C). Assim:

$$\Delta u.S + r.B = C_u \text{ e}$$

$$\Delta d.S + r.B = C_d$$

Resolvendo para Δ e B, obtemos:

$$\Delta = \frac{C_u - C_d}{(u - d).S}$$

Substituindo este valor de Δ na equação anterior referente ao movimento ascendente, tem-se:

$$B = \frac{C_u - \Delta u.S}{r} = \frac{C_u}{r} - \frac{u.(C_u - C_d)}{r(u - d)} = \frac{u.C_u - d.C_u - u.C_u + u.C_d}{r.(u - d)} \Rightarrow$$

$$B = \frac{u.C_d - d.C_u}{r.(u - d)}$$

Com Δ e B escolhidos desta maneira, este será denominado *portfolio de hedge* (*portfolio* “protegido”).

Pelo princípio de não arbitragem, o valor atual da opção de compra (C) não pode ser menor que o do *portfolio*. Se $C < \Delta.S + B$, o investidor pode lucrar comprando a opção de compra e vendendo o *portfolio*. Analogamente, C não pode ser maior que o valor do *portfolio*, pois se isto ocorrer, o investidor poderá comprar o *portfolio* e vender a opção de compra, obtendo um lucro por arbitragem. Por conseguinte, como esta carteira e a opção apresentarão o mesmo resultado, no equilíbrio, eles **devem ter o mesmo preço**, de acordo com a Lei do preço único, para que não haja condições de arbitragem. O valor atual da opção deve ser exatamente igual ao do *portfolio*. Logo:

$$C = \Delta \cdot S + B$$

Substituindo os valores de Δ e de B nesta equação, obtém-se:

$$C = \frac{C_u - C_d}{(u-d)} + \frac{u.C_d - d.C_u}{r.(u-d)} = \frac{r.C_u - r.C_d + u.C_d - d.C_u}{r.(u-d)} = \frac{\left[\frac{(r-d).C_u}{(u-d)} + \frac{(u-r).C_d}{(u-d)} \right]}{r}$$

Como, estas duas parcelas possuem características de probabilidade.

$$\frac{r-d}{(u-d)} + \frac{u-r}{u-d} = \frac{u-d}{(u-d)} = 1$$

Sendo assim, definindo:

$$\boxed{p = \frac{r-d}{u-d}} \quad \text{e} \quad \boxed{1-p = \frac{u-r}{u-d}},$$

Cox, Ross e Rubinstein (1979) chegaram à seguinte equação para calcular o preço de uma opção de compra (sobre um ativo que não paga dividendos) um período antes de sua expiração, em termos de S , X , r , u e d .

$$\boxed{C = \frac{p.C_u + (1-p).C_d}{r}}$$

Onde:

$r = 1 + \text{taxa livre de risco.}$

Cox, Ross e Rubinstein (1979) ressaltam as principais características da relação apresentada nesta equação:

- A probabilidade objetiva q não aparece na fórmula. Isto significa que as diferentes visões dos diversos investidores quanto às probabilidades que acreditam com relação ao movimento de subida ou descida da ação não influenciarão o valor da opção;
- O valor da opção não depende das atitudes dos investidores em relação ao risco;
- A única variável aleatória da qual o preço da opção de compra depende é o preço da própria ação (ou do ativo subjacente à opção).

A avaliação de uma opção de compra pelo método binomial, quando existe mais de um período, é uma extensão direta da fórmula para um período. Assim, este método pode avaliar situações com grande número de períodos. Entretanto, à medida que se aumenta a quantidade de períodos, o cálculo das opções torna-se mais trabalhoso.

Outra importante relação apresentada por Cox, Ross e Rubinstein (1979) foi a estimativa dos valores de u e d , os quais se baseiam no desvio-padrão da taxa de retorno da ação (σ), no número n de intervalos ou períodos até a expiração e no tempo t até a expiração. De outra maneira, t/n representa o tempo transcorrido entre mudanças sucessivas no preço do ativo. As fórmulas apresentadas por estes autores são:

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

$$d = e^{-\sigma \sqrt{t/n}}$$

Cox, Ross e Rubinstein (1979) mostraram que para intervalos de tempo discreto muito pequeno, o modelo binomial converge para a fórmula de Black-Scholes, a qual será apresentada no próximo item.

2.3.8.3 Equações de solução fechada (“*closed-form*”)

Há muitas equações de solução fechada (*closed-form*) para avaliar opções na literatura sobre opções reais. A vantagem de sua utilização é a facilidade para se encontrar o valor da opção. Por outro lado, todas as equações se fundamentam em um conjunto de suposições, que devem ser cuidadosamente estudadas e entendidas. Assim, desde que devidamente aplicadas, estas equações podem representar ferramentas valiosas. Nos casos em que as suposições não são seguidas em seu sentido restrito, as equações podem ser usadas para obter valores aproximados (MILLER e PARK, 2002).

Os principais modelos desenvolvidos para cálculo de opções reais são os de Black-Scholes (1973) e Merton (1973), além dos desenvolvidos por Margrabe (1978) e Geske (1979). Black e Scholes (1973) desenvolveram uma importante equação para valorizar opções financeiras, considerando o preço de exercício como determinístico. Merton (1973) desenvolveu um modelo, cuja principal diferença foi a incorporação, ao modelo de Black-Scholes, da consideração de distribuição de dividendos por parte do ativo subjacente.

Margrabe (1978), para valorar a opção de mudança de um ativo para outro, introduziu em seu modelo a consideração que o preço de exercício varia de maneira estocástica.

Geske (1979) foi pioneiro no desenvolvimento de uma equação para valorizar opções compostas com preço de exercício determinístico, sendo indicado para a avaliação de decisões de investimentos seqüenciais, como Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Um exemplo de aplicação destes modelos é encontrado na dissertação de Santos (2001), que usou o modelo de Geske (1979) para avaliar um projeto de P&D.

Black e Scholes (1973) propuseram um modelo para apreçamento de opções que representou a base da teoria das opções financeiras, por não utilizar restrições quanto às preferências individuais em relação ao risco. A elaboração deste modelo foi possível devido à construção de uma carteira “livre de risco”, com valoração proveniente de condições de não-arbitragem. Este modelo considera que o valor das opções depende das cinco variáveis básicas anteriormente apresentadas: valor do ativo subjacente sujeito a risco, preço de Exercício, prazo de vencimento da opção, desvio padrão (volatilidade) do valor do ativo subjacente sujeito a risco, e taxa de juros livre de risco ao longo da vida da opção.

Apesar de envolver, em sua definição, conceitos de equações diferenciais estocásticas, o modelo de Black e Scholes, tem sido bastante utilizado na avaliação de opções financeiras.

As hipóteses consideradas no modelo de Black e Sholes (1973) para a derivação da fórmula para o valor de uma opção em termos do preço da ação são:

- A taxa de juros de curto prazo é conhecida e constante ao longo do tempo;
- O preço do ativo segue um “caminho aleatório em tempo contínuo” (*random walk in continuous time*) com a medida da variância proporcional ao quadrado do preço do ativo. Desta forma a distribuição dos possíveis preços para o ativo no final de qualquer intervalo finito de tempo é log-normal. A variância do retorno sobre o ativo é constante;
- O ativo não paga dividendos ou outras distribuições;
- A opção é européia, ou seja, só pode ser exercida no vencimento;
- Não há custos de transação ao comprar ou vender o ativo ou a opção;

- É possível tomar emprestado uma parte do preço de uma *security* para comprá-la ou mantê-la, à taxa de juros de curto-prazo;
- Não há penalidades para pequenas vendas. Um vendedor que não possui uma *security* simplesmente aceitará o preço da *security* de um comprador e concordará com este em saldar em uma data futura pagando-lhe uma quantia igual ao preço da *security* naquela data.

Sob estas hipóteses, os autores chegaram ao seguinte modelo para valorar opções financeiras, representado na Tabela 03:

Tabela 03 – Fórmula de Black e Scholes para opção de compra e de venda.

Modelo de Black e Scholes para apreçamento de opções	
Equações	Legenda
$C = S_o N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2)$ $P = X e^{-rT} N(-d_2) - S_o N(-d_1)$ $d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_o}{X}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$ $d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_o}{X}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$	<p>C (Call): Valor da opção de compra sobre o ativo</p> <p>P (Put): Valor da opção de venda do ativo</p> <p>S_o: Valor presente do ativo subjacente</p> <p>$N(\cdot)$: Função de distribuição normal acumulada</p> <p>X: Preço de Exercício</p> <p>T: Prazo de vencimento</p> <p>r: Taxa livre de risco (contínua)</p> <p>σ: Desvio padrão do fluxo de caixa futuro</p> <p>e: base dos logaritmos naturais, constante $\cong 2,71828$</p>

Fonte: Black e Scholes (1973).

Ressalta-se que, neste modelo, assim como no método binomial, o valor de uma opção é independente da atitude dos investidores face ao risco, pois a rentabilidade esperada do ativo subjacente não é uma variável do modelo: “A taxa de retorno esperada sobre a ação não aparece na equação. O valor da opção como função do preço do ativo é independente do retorno esperado sobre a ação” (BLACK e SCHOLE, 1973, p.644).

Apesar de ter representado uma grande evolução nas pesquisas sobre apreçamento de opções financeiras, e servir de base para valorizar opções reais, este modelo apresenta algumas limitações, reconhecidas pelos próprios autores. O modelo assume que a variância da taxa de retorno sobre o ativo é constante, o que não ocorre, uma vez que ela depende do preço do ativo e da maturidade da opção; e a fórmula não pode ser usada para avaliar opções compostas.

2.3.9 As limitações e equívocos nas aplicações das opções reais

A utilização de modelos quantitativos para valorizar opções reais apresenta alguns problemas, e dificuldades de implementação, que podem ser resumidos da seguinte maneira (LANDER e PINCHES, 1998; BOWMAN e MOSKOWITZ, 2001):

- Definir ou encontrar um modelo cujas suposições representam realmente o projeto em análise: muitas das suposições requeridas nos modelos são violadas em aplicações práticas de opções reais;
- Determinar os dados de entrada (inputs) do modelo: em muitos casos, há certa dificuldade em se determinar e modelar as variáveis e parâmetros de entrada a serem considerados;
- Utilizar um modelo de apreçamento de opção passível de solução matemática.

Além disto, por questões práticas, afirma Kemna (1993), não se deve permitir que sejam utilizadas técnicas muito complicadas que só podem ser apreçadas via “caixa preta” de programas computacionais. A contribuição das Opções reais na prática é limitada quando não se pode explicar a sua importância e por que a análise do FCD não pode ser usada.

Deve-se considerar que muitos casos reais, na prática, devem ser simplificados a fim de se tornarem passíveis de análise. Isto se aplica tanto para análises padrões de FCD quanto no apreçamento de opções (KEMNA, 1993).

Alguns problemas apresentados pela abordagem de opções reais são o aumento da dificuldade de tratamento dos dados e da complexidade da própria abordagem e dos métodos computacionais utilizados – em comparação ao método do VPL, por exemplo – quando as opções reais presentes nos projetos de investimento se tornam mais complexas. Outro problema é a dificuldade de se encontrar uma boa estimativa para a incerteza relativa a alguns projetos (KEMNA, 1993).

Na visão de Luehrman (1998b, p.51), apesar do apreçamento de opções ser simples, podendo ser encontrado em livros, muitos executivos se questionam: “Como posso usar apreçamento de opções em meu projeto?” e “Como utilizá-lo com números reais ao invés de exemplos estéreis?”. Ele acrescenta que infelizmente este tipo de resposta é escasso e tem sido realizada em grande maioria por especialistas.

Alguns equívocos nos quais muitas vezes se incorre ao utilizar abordagem de Opções Reais são destacados por Copeland e Antikarov (2001):

1. Complicar excessivamente seja com muitas incertezas ou grande número de opções. “Em geral, a maior parte da volatilidade pode ser atribuída a duas ou três fontes de incerteza... e o conjunto de opções realistas pode ser reduzido, pelo menos no curto prazo, a algumas poucas” (COPELAND e ANTIKAROV, 2001, p.239).
2. Complexidade dada à forma de resolução. “A complexidade é a maior dificuldade”. É necessário evitar ao máximo o uso de matemática avançada, porque a solução do problema se torna uma “caixa-preta” para o usuário.
3. Presumir incorretamente que a volatilidade do ativo subjacente sujeito a risco é igual a um de seus componentes ou do patrimônio da empresa. Como exemplo, ao se estimar a volatilidade de uma mina de ouro – cujo valor presente representa o ativo subjacente de uma opção ligada à mina – não seria correto utilizar a volatilidade do preço do ouro como estimativa da volatilidade do valor presente da mina nem a volatilidade do patrimônio da empresa, porque elas, na maioria dos casos, não serão iguais.
4. Usar a fórmula de Black-Scholes como aproximação de modelos mais gerais. Deve-se lembrar das hipóteses restritivas deste modelo, como o fato dele ter sido desenvolvido para calcular opções financeiras do tipo européia, e com uma única fonte de incerteza constante com o decorrer do tempo.

Outros autores confirmam algumas destas afirmações, principalmente a questão da excessiva ênfase nos modelos matemáticos utilizados, como se percebe na seguinte passagem: “a complexidade matemática do método de avaliação das opções reais tem limitado o uso desta abordagem em um grande número de indústrias” (BRANDÃO e DYER, 2005, p.21).

Além disto, o processo de mudança para adoção e aplicação de uma nova abordagem – no caso das Opções Reais – requer alguns procedimentos e melhorias em relação a outros métodos comumente utilizados, “A nova idéia deve ser superior àquela que está sendo substituída, e deveria ser compatível, ter pouca complexidade, ter possibilidade de ser testada e observada. Um equívoco comum da implementação é deixar de reconhecer e planejar todos estes aspectos. (COPELAND e ANTIKAROV, 2001, p.139).”

2.3.10 Aplicações da Teoria das Opções Reais

2.3.10.1 Alguns estudos relevantes na área

A partir da década de 80, com a ampliação dos modelos de apreçamento de ativos, começaram a surgir trabalhos que consideravam oportunidades de investimentos como uma opção e não uma obrigação. Grande parte dos primeiros trabalhos avaliou recursos naturais não-renováveis, caracterizados por elevada incerteza – como aquela relativa ao preço e quantidade do produto – e alta volatilidade, tendo sido escolhidos provavelmente devido à disponibilidade de preços de *commodities* (DIAS, 2004) resultando em uma melhor estimativa do valor das opções.

Brennan e Schwartz (1985) utilizaram as opções reais para valorizar recursos naturais, considerando opções de abandono e de parada temporária (abertura e fechamento) da exploração de uma mina. Paddock, Siegel e Smith (1988) apreçaram opções existentes em reservas não-desenvolvidas de petróleo.

A partir de então, a valorização de opções reais em análise de investimentos tem sido utilizada em várias áreas, sendo as mais comuns: pesquisa e desenvolvimento (P&D); desenvolvimento de novos produtos; exploração de recursos naturais, como mineração e extração de petróleo; fusões e aquisições; tecnologia; manufatura flexível; construção em terrenos vazios; investimentos estratégicos e no exterior; além de outras menos típicas como avaliação de contratação de mão-de-obra.

Na área de pesquisa e desenvolvimento, podem-se citar os trabalhos de Faulkner (1996), Herath e Park (1999) e a dissertação de Santos (2001), que aplicam as opções reais em análise de investimento em projeto de P&D.

A análise de opções reais foi utilizada por Triantis e Hodder (1990) para avaliar sistemas de manufatura flexível, e a respectiva flexibilidade operacional e tecnológica conseguida com tais sistemas. Eles desenvolveram uma abordagem para valorizar sistemas flexíveis de produção, examinando o apreçamento de opções complexas que aumentam o valor de um sistema flexível de produção, o qual permite à empresa trocar seu mix de produção a qualquer momento.

Nembhard, Shi, e Park (2000) utilizam a abordagem das opções reais para apresentar uma estrutura de mudanças no sistema de manufatura, a fim de melhorar a tomada de decisão operacional. A dinâmica desta mudança é considerada pelos autores como uma opção real. Eles desenvolveram um estudo de caso que foca quatro principais transições em sistemas de manufatura: a introdução de novos produtos; mudança de fase ao passar da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para a comercialização; localização de nova planta; e início e reinício de produção. A abordagem de opções reais foi utilizada nesta análise porque decisões de investimentos estratégicos freqüentemente requerem uma alocação de recursos de característica irreversível (ou que exige altos custos para se reverter), e uma flexibilidade para

se alterar o curso do projeto em ambiente dinâmico. Além disto, muitas das mudanças que ocorrem nas operações de manufatura são mais comumente dirigidas pelo mercado. “A vantagem desta abordagem [das opções reais] é que ela nos permite incorporar diretamente uma perspectiva de mercado, unindo as operações de manufatura com os objetivos econômicos organizacionais” (NEMBARD; SHI e PARK, 2000, p.235).

A aplicação desta abordagem em análise de otimização do valor de terrenos não construídos foi realizada por Titman (1985) e por Quigg (1993), que desenvolveu um modelo que incorpora a opção de espera para construir em terrenos, comprovando que tal opção tem valor. Este trabalho mostra que o proprietário de um terreno vazio tem a opção de construir na época ótima.

Kogut (1991) utiliza opções reais na consideração sobre fusões (*joint ventures*) e aquisições entre empresas. Este trabalho considera que *joint ventures* são criadas como opções reais de expansão das empresas envolvidas em resposta aos futuros desenvolvimentos de mercado e tecnológicos.

McDonald e Siegel (1985) desenvolveram uma metodologia para avaliar projetos de investimentos que apresentam a opção de parar a produção temporariamente sem custos, sempre que os custos excederem os lucros operacionais. Eles afirmam que esta possibilidade de parada da produção, apesar de ser elementar, não tem recebido a atenção merecida.

McDonald e Siegel (1986) desenvolveram um modelo para captar o valor da espera por melhores condições para se investir. Eles estudaram o tempo ótimo (timing) de investimento em um projeto irreversível, cujos benefícios e custos de investimentos seguem processos estocásticos em tempo contínuo. Suas simulações mostraram que o valor da opção de esperar é importante, podendo ser significativo. Eles derivaram fórmulas explícitas para valorizar a opção de investir em um projeto irreversível e uma regra para o melhor momento de investir, quando valores e custos relativos ao projeto são estocásticos.

Temas relacionados a investimentos estrangeiros foram desenvolvidos por Kogut e Kulatilaka (1994), que valorizaram a flexibilidade operacional de alternar a produção entre plantas de uma rede multinacional localizadas em diferentes países em função da variação da taxa de câmbio. Panayi e Trigeorgis (1998) desenvolveram um modelo de opções compostas para avaliar a expansão de um banco internacional, de crescente atuação nos Estados Unidos. Em sua análise, investimentos com VPL negativo quando analisados isoladamente podem agregar valor estratégico à empresa por servirem de base (estágio inicial) para outras oportunidades de investimentos lucrativos no futuro.

Podem-se citar ainda alguns trabalhos que abordam o importante caráter estratégico intrínseco à análise por opções reais, em especial sobre opções de crescimento, como os de Kester (1984); Amram e Kulatilaka (1999a); Eccles, Lanes e Wilson (1999) e Minardi (2000).

2.3.10.2 Exploração de jazida de cobre de empresa de mineração

Segundo Minardi (2000), aplicou-se a Teoria de Opções na avaliação de um projeto que consiste em explorar uma jazida de cobre pertencente a uma empresa de mineração. Na avaliação tradicional, o investimento para explorar jazida é de \$104 milhões e o seu valor presente atual é de \$100 milhões (perfeitamente correlacionado com o preço do cobre). Dessa forma, o valor presente líquido do projeto é -\$4 milhões.

Mas, se o preço do cobre se tornar muito baixo, e houver a possibilidade de abandonar a mina por um valor residual de \$70 milhões, traz-se uma flexibilidade interessante para o projeto.

Para o cálculo dessa opção de abandono que é análoga a uma opção de venda do valor presente do projeto, aplicou-se a equação de Black-Scholes com 10% a.a. de taxa do ativo livre de risco.

Encontrou-se a opção de abandono de \$5,76 milhões, logo o Valor Presente Líquido do projeto expandido foi de \$1,76 milhão, tornando a exploração da mina viável.

Cita-se como vantagem o uso da Teoria das Opções na conscientização da empresa sobre qual seria o melhor momento de agir, abandonar, expandir, contrair, etc. um projeto de investimento.

2.3.10.3 Caso prático em pesquisa e desenvolvimento

De acordo com Santos e Pamplona (2003), o produto da aplicação é um sistema desenvolvido por uma empresa para controle de acesso dos assinantes de uma rede de TV a cabo aos serviços de dados em altas velocidades, como, por exemplo, acesso à internet.

A Teoria de Opções Reais aplica-se em Pesquisa e Desenvolvimento, pois investimentos em P&D não são feitos na expectativa de resultados imediatos, mas criam-se oportunidades futuramente rentáveis, logo estes projetos deveriam ser vistos como uma série de decisões sequenciais e a fase de comercialização com diferentes riscos e incertezas, no qual o primeiro estágio da exploração adquire a opção de continuar com o segundo estágio de desenvolvimento, assim por diante.

Conforme Perlitz, Pesque e Schrank, (1999), se os resultados da fase da pesquisa não correspondem às expectativas, o projeto pode, por exemplo, ser paralisado evitando perdas que se realizariam pela continuação do investimento no projeto.

Para análise deste caso, fez-se uma análise tradicional utilizando todos os gastos e recebimentos previstos para os nove anos de vida útil do projeto, no qual se obteve VPL igual a R\$2.675.518,00. O valor da análise feita pela árvore de decisão foi o mesmo obtido pelo valor presente líquido tradicional, uma vez que o cenário em questão não se mostrou desfavorável em nenhuma situação.

Para o cálculo da opção, foi aplicado o Modelo de Geske pelas características do projeto. A opção composta do caso pode ser avaliada analiticamente em termos de integrais da distribuição normal bivariada, assumindo que seu valor segue o processo do movimento geométrico browniano. Resumindo, a opção composta pode ser analisada analiticamente pela abordagem de avaliação de Geske (1979) e ajustada para avaliação de opções reais por Kemma (1993).

O VPL de Geske encontrado foi de R\$5.128.356,00, em torno de 92% maior do que o obtido pelo modelo tradicional e que incorpora o valor da flexibilidade presente no projeto, fazendo com que as decisões possam ser tomadas ao longo do mesmo.

2.3.10.4 Projetos de exploração e produção (E&P) de petróleo

Conforme descrito em Araújo e Baidya (2004), foram utilizados dois projetos simulando características de projetos de E&P de petróleo. Segundo Dias (1996), muitas pesquisas sobre opções reais forma desenvolvidas em exploração de recursos naturais, em especial no setor de petróleo. Isso corre pelo porte e peculiaridades do setor: mercado desenvolvido com presença de mercado futuro, instrumentos de proteção financeira, derivativos, grandes incertezas econômicas, necessidade de flexibilidades gerenciais como prazos alternativos e mudanças de escala para execução de projetos, fazendo com que haja necessidade de mais cautela na avaliação de ativos reais.

O método usado para avaliação de opções reais foi o método dos mínimos quadrados de Monte Carlo (LSM) e o método binomial, e os resultados dos dois métodos foram comparados, e indicaram performances semelhantes, com vantagem do método LSM ter um campo de aplicação bem mais amplo.

2.3.10.5 Projetos de pesquisa e desenvolvimento de Kallberg e Laurin (1997)

Segundo Santos e Pamplona (2001), um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, com suas características apresentadas na Tabela 04, foi avaliado pelo VPL tradicional, pela árvore de decisões e pela Teoria das Opções Reais.

Tabela 04 - Dados de um projeto (KALLBERG & LAURIN, 1997)

Análise de projeto P&D			
Ano	Investimento (\$)	Fluxo de Caixa	Probabilidade (%)
0	10	0	
1	30	0	
2	80	225	25
		120	50
		64	25

Considerando os métodos utilizados, o método tradicional de desconto de fluxos esperados falha na captação do valor do projeto, uma vez que assume que o investimento tenha que ser feito no início, e o método da árvore de decisões considera alternativas existentes ao longo do tempo, explicitando as opções gerenciais disponíveis, de forma a facilitar a tomada de decisões no processo decisório. De acordo com Magee (1964), 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 e suas conseqüências.

Mas, como desvantagens, as árvores podem se tornar bastante complexas, quando se procura representar todos os nós de decisão relevantes. Logo quanto mais complexo for o processo decisório, mais complexa será a árvore. Segundo Trigeorgis (1996), embora este modelo apresente flexibilidade, ainda há problemas, devido à grande 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.

Pelo método tradicional encontrou-se VPL igual a \$3,42, e pela análise por árvore de decisões, VPL de \$6,45, que considera a flexibilidade de investir ou não na data 2, pois se o fluxo se revelar baixo nesta data, o investimento não será realizado.

Considerando a opção, o projeto apresentou como resultado o VPL expandido de \$11,3, calculado pela fórmula de precificação de opção binomial para opção de compra em um período do tipo time-to-build (investimento escalonado).

Com estes resultados, revelou-se que o valor da flexibilidade gerencial altera significativamente o valor do projeto.

2.3.10.6 Caso de biodiesel no Brasil

Conforme demonstrado no artigo de Vicente e Júnior (2005), foi aplicado o modelo de opções reais em um projeto de implantação de usina de refino de biodiesel no Brasil, pois por ser um produto novo no mercado apresenta várias incertezas, como de legislação, custos, e capacidade de absorção pelo mercado e também pelo modelo considerar fatores intangíveis, tais como futura vantagem competitiva, futuras oportunidades e flexibilidade gerencial.

Dentro da metodologia utilizada, aplicou-se a análise do valor presente líquido, o método de Monte Carlo e a Teoria de Opções Reais. Pela análise estática do VPL, o projeto apresentou como resultado R\$671.444,00 negativos, logo os investidores teriam que rejeitar o projeto. Já na análise da árvore de decisão, se o cenário mais favorável se concretizar, haveria um ganho de R\$300.000,00 no primeiro ano. Mas na ocorrência do pior cenário, haveria perda de ativos no valor de R\$204.000,00. Isto mostrou a necessidade de precificar esta opção, para saber quanto os investidores têm de pagar para esperar a ocorrência dos cenários decisórios, que neste caso, para o primeiro ano, esta opção custaria R\$174.837,00.

Ao fazer a análise pela TOR, verifica-se que o projeto acrescentou flexibilidade e mostrou como o futuro de um projeto pode ser alterado.

2.3.10.7 Projeto de trem de alta velocidade Expresso Aeroporto

Segundo a dissertação de Massotti (2007), foi aplicada a avaliação de opções reais existentes no projeto de trem de alta velocidade Expresso Aeroporto, projeto de investimento em infra-estrutura no Brasil, no qual o governo propôs a concessão de garantias para estimular a participação do setor privado no investimento.

Fez-se a aplicação da TOR na precificação dessas concessões, o resultado obtido para o valor presente líquido expandido do projeto, considerando as opções reais, foi de R\$ 449.047 mil, um aumento de 131% em relação ao valor presente tradicional.

2.3.10.8 Avaliação de uma pequena empresa produtora de petróleo

Conforme descrito em Júnior (2006), foi avaliada uma pequena empresa produtora de petróleo com o objetivo de demonstrar o valor das flexibilidades operacionais, como ampliar a produção ou interrompê-las, através da Teoria das Opções Reais.

A flexibilidade operacional estava associada à reabertura de mais poços produtores de petróleo, nos anos 1, 2 e 3, e abandono do campo nos anos 6, 7 e 8. A incerteza mais importante considerada foi a volatilidade dos preços do petróleo.

Ao se adicionar o valor das flexibilidades operacionais à avaliação tradicional, obteve-se valor mais apropriado ao campo de exploração de petróleo, sendo aumento de valor do campo de 16% com a Opção Real de Expansão, 4% com a Opção Real de Abandono e 19% quando as duas opções forem exercidas no mesmo campo.

Dessa forma, o trabalho mostrou, que caso existam flexibilidades operacionais, devem ser avaliadas as opções reais que somadas à avaliação tradicional, permiti a obtenção do valor mais correto do projeto.

2.3.10.9 Avaliação da aquisição de uma empresa de telecomunicação pela Telemar

Segundo Brandão (2006), no competitivo setor de telecomunicações, tornam-se evidentes as limitações das ferramentas tradicionais de avaliação de investimento. Ao se avaliar as perspectivas de crescimento deste mercado, há grandes oportunidades de crescimento e expansão, que não são contempladas na análise de fluxo de caixa descontado.

A Telemar em 2002 adquiriu a Pegasus Telecom, empresa que atuava fora de sua área de concessão, além do ativo, também adquiriu as opções reais existentes, que, pela avaliação feita, não se considerou sua potencial geração de valor.

Este trabalho avaliou e quantificou este valor, para a volatilidade de 19,9% ao ano, o valor das opções seria R\$18,2 milhões; volatilidade de 31,5% ao ano, R\$61,8 milhões; e volatilidade de 53,9%, R\$164,9 milhões, 27% do valor do ativo subjacente sem flexibilidade.

Dessa forma, a análise demonstrou que existe valor agregado no uso da metodologia na indústria de telecomunicações.

2.3.10.10 Aplicações e casos não-convencionais

Além das aplicações nas áreas típicas e estratégicas, já apresentadas, há vários outros trabalhos que demonstram a amplitude da utilização da abordagem de opções reais, ou que mencionam possibilidades de sua aplicação.

Outras aplicações não diretamente econômicas, mas que possuem um caráter social ou sócio-econômico, como questões sobre casamento e problemas de divórcio, reformas constitucionais, e até questões de suicídio, tem sido analisadas sob a óptica de opções reais (DIXIT e PINDYCK, 1995).

Os autores em destaque dão um interessante exemplo, ao considerarem que a escolha profissional pode ser entendida como uma opção, por apresentar uma enorme importância na vida da pessoa e um alto grau de irreversibilidade, sendo geralmente tomada sob grande incerteza com relação ao desenvolvimento futuro da área de atuação escolhida. De maneira análoga, o casamento também pode ser interpretado como uma opção: “Casamento é outra decisão que pode ser analisada da mesma maneira. Custa caro para reverter, e há uma significativa incerteza sobre a felicidade ou mágoa futura” (DIXIT e PINDYCK, 1995, p.108).

A TOR foi utilizada por Campbell (2002), para avaliar o timing de investimentos em Sistemas de Informação, uma vez que foi reconhecida a influência da incerteza e da possibilidade de se adiar tais investimentos.

Decisões de investimentos sobre a contratação de força de trabalho também já foram analisadas por meio de opções reais. Após Dixit e Pindyck (1995) terem mencionado esta possibilidade, Foote e Folta (2002) usaram a TOR para avaliar a flexibilidade existente na contratação de trabalhadores temporários, quando comparada à manutenção de trabalhadores permanentes.

2.3.11 Considerações finais sobre opções reais

Aliando o exposto ao truísmo da globalização e rápidas alterações que implicam uma acirrada competitividade empresarial, a gestão de investimentos tem se tornado um importante fator componente da vantagem competitiva, estando, ou devendo estar assim, no foco de muitas organizações. Neste contexto, pode-se inferir que o novo entendimento sobre os fatores irreversibilidade, incerteza, timing, flexibilidade, risco e volatilidade são um dos motivos pelos quais as empresas têm dado uma maior ênfase a seus processos e abordagens sobre análise de investimento na última década.

A análise de Opções Reais (ROA – Real Options Analysis) ainda está em fase relativamente inicial, devendo se expandir e ser desenvolvida além de suas bases iniciais – que se fundamentam no apreçamento de opções financeiras – e se desenvolver mesclando-se com outras abordagens, a fim de se tornar uma estrutura única e própria para guiar tomadas de decisão em um mundo de incertezas (MILLER e PARK, 2002).

A ROA representa uma estrutura de decisão adequada (mais completa), que auxilia no reconhecimento das opções reais implícitas e explícitas relativas ao investimento a ser feito, realçando o valor do projeto. Assim, o resultado da ROA deveria orientar os tomadores de decisão a escolher o melhor caminho a seguir, “e não necessariamente fornecer um preço ‘exato’ da opção” (MILLER e PARK, 2002, p.127).

A análise de opções reais deve ser vista como uma ferramenta de suporte à decisão a ser usada conjuntamente com as outras já tradicionalmente utilizadas. Luehrman (1998b) afirma que o essencial para obter um entendimento útil da valorização de opções é construí-lo

sobre a análise de VPL baseada em FCD que as empresas já utilizam, ao invés de abandonar esta abordagem. O apreçamento de opções deve, portanto, ser entendido como um complemento às abordagens existentes de orçamentação de capital, e não um substituto para estas.

Nos últimos anos, as opções reais têm encontrado ampla aceitação onde há alta volatilidade e incerteza. O desafio atual, entretanto, é descobrir como “institucionalizar” o processo de reconhecer, avaliar e exercer as opções presentes em futuros projetos de investimentos, especialmente em mercados com elevada incerteza, mas com grandes promessas de bons resultados a curto e longo prazo (YEO e QIU, 2003).

A relevância deste capítulo para a dissertação é inquestionável, por apresentar os conceitos essenciais sobre as opções reais, assunto central deste trabalho.

III METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Pesquisa

Nesta investigação serão combinadas algumas modalidades de pesquisas: Pesquisa Descritiva, pois será descrita a realidade; e Pesquisa de Campo, através de um estudo de caso, já que o tema central se encontra em desenvolvimento, e ainda não há muitas informações e trabalhos a respeito da aplicação de Opções Reais em projetos agroindustriais. O uso de estudo de caso se justifica na medida em que este trabalho se constitui numa pesquisa exploratória, pois este tipo de pesquisa, segundo Zaltman e Burger (1975), se aplica quando as evidências disponíveis são contraditórias ou insuficientes para permitir o estabelecimento de hipóteses formais ou a detecção de novos conceitos.

De acordo com Vergara (2004) uma investigação exploratória é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Andrade (2001) complementa dizendo que esta se configura como a fase preliminar, que busca proporcionar maiores informações sobre o assunto que vai se investigar.

Será adotada como estratégia de pesquisa a metodologia de estudo de caso por propor estudar um foco "... bem delimitado, devendo ter seus contornos claramente definidos no desenrolar do estudo" (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p.17). Neste sentido destaca-se a relevância deste método devido à possibilidade de aprofundar no entendimento de uma realidade que possa ser estendida a outras oportunidades futuras de pesquisa a partir do caso em estudo.

Segundo Bourchalat (1961), um caso procura descrever uma situação concreta extraída do mundo dos negócios. Além disso, é uma espécie de elo que une a experiência do executivo em seu trabalho ao pesquisador nos seus esforços de compreender o processo de gestão. De acordo com Yin (1993), os estudos de casos são fortes em realismo e em validade interna. Porém, não apresentam validade estatística para que se possa generalizar os fatos observados, além de serem difíceis de replicações.

Com as descobertas realizadas a partir do estudo de caso, devido aos dados que serão fornecidos pela empresa, durante toda a construção do conhecimento proposto, novas indagações podem ser construídas em cima de novas hipóteses que podem demandar reformulações constantes. Para os autores supracitados, o estudo de caso prevê a necessidade de interpretações em contexto, a partir do contexto chamado de contexto-base em que se ancoram a realidade da empresa em questão e que faz emergir, de sua realidade complexa, novas possibilidades e variáveis a serem consideradas.

Para a confecção de um estudo de caso empregam-se fontes de informações diversas para que fosse possível assegurar e enriquecer o processo de coleta de dados mencionados no item posterior. A linguagem usada e a apresentação do caso são metodicamente construídas para que a clareza se faça presente e elucide o leitor quanto ao conteúdo exposto. Para isso ressalta-se o delineamento de todo o trabalho que contempla um universo específico – o caso, para que haja o estabelecimento de unidades base de compreensão geral e que proporcione uma investigação posterior mais precisa e direcionada.

A partir da delimitação do tema a ser trabalhado, a proposta de pesquisa vai ser delineada na fase exploratória, de coleta dos dados iniciais, conversas preliminares e o estabelecimento do compromisso de concessão dos dados para fazer a pesquisa. Não será realizada uma intervenção e sim a construção de um modelo aplicativo da análise de investimento por opções reais a partir de dados fornecidos e de uma situação contexto base.

Previamente a pesquisa de campo, exploratória e documental haverá um trabalho de levantamento bibliográfico e um consistente norte teórico que guiará a fase de procedimentos

de coleta de dados e posterior análise e construção do modelo de aplicação com as devidas articulações teórico-práticas.

Ressalta-se ainda a relevância da pesquisa documental, visto que é uma “fonte de coleta de dados restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina fontes primárias. Estas podem ser feitas no momento em que o fato ou o fenômeno ocorre, ou depois” (LAKATOS e MARCONI, 1990, p.57). Esta pesquisa de documentos acontecerá durante a exploração, análise e construção do relatório por ser uma fonte rica em informações.

Para o desenvolvimento do estudo de caso, será realizada uma coleta de dados quantitativos obtidos durante a pesquisa exploratória e documental. A pesquisa irá se basear em dados coletados de um projeto agroindustrial, onde se pretende fabricar e vender sucos, polpas, geléias, doces e frutas desidratadas. Estas informações servirão de subsídio numérico para a construção do modelo de aplicação da Teoria das Opções Reais, que representa o tratamento dos dados deste trabalho.

3.2 Universo e Amostra

O caso utilizado é um projeto de Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para implantação de uma empresa agroindustrial de processamento de frutas, no qual se pretende produzir sucos, polpas, geléias, doces e frutas desidratadas.

Este projeto foi desenvolvido, no período de Julho a Dezembro 2007, por uma empresa prestadora de serviços de consultoria para a área de alimentos e bebidas, que recebeu a demanda de uma cooperativa que comercializa, até o presente momento, frutas *in natura*.

A unidade agroindustrial avaliada deverá ser implantada na Região Norte Fluminense, de forma a difundir e desenvolver o Pólo de Fruticultura instalado na região.

3.3 Instrumentos de Coleta de Dados

Primeiramente, para se fazer o estudo de viabilidade técnica e econômica, levantou-se dados referentes às possíveis demandas relacionados ao mercado dos produtos da cooperativa, para o cálculo das estimativas de produção, receita e custos diretos e indiretos e a estimativa de investimento. Para isso, foram consultados sites, como por exemplo, sites da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, Bolsa de Gêneros Alimentícios do Rio de Janeiro – BGA-RJ, Brasil Rio – Promoções e Empreendimentos Ltda, Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo – CEAGESP, Fundação Getúlio Vargas – FGV e outros, profissionais do ramo, empresas fabricantes de equipamentos e insumos, produtores e cooperativas fornecedoras de matérias-primas.

A partir dessas estimativas, foram calculados os indicadores tradicionais.

Para se calcular o valor da opção, utilizando o modelo binomial através do método da probabilidade neutra ao risco, será suposto que as oscilações dos preços das matérias-primas respeitam uma distribuição binomial no período de tempo (Δt).

Será estimado para o cálculo do VPL expandido, o período de tempo (Δt), a taxa livre de risco (r) no período considerado, e a volatilidade (σ).

3.4 Instrumento de Análise de Dados

Para que se analise os dados do projeto da unidade agroindustrial de processamento de frutas, serão calculados, pela análise tradicional, os seguintes indicadores: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Tempo de Retorno de Capital e Ponto de Equilíbrio.

Já para os cálculos dos valores das opções será utilizado o Modelo Binomial através do Método da Probabilidade Neutra ao Risco, como melhor descrito no item 2.3.8.2 Abordagens “*Lattice*” e o passo a passo para seu cálculo é descrito abaixo.

3.4.1 Passos para o cálculo do valor das opções

As opções calculadas neste trabalho serão: Opção de Adiamiento para o período de um, dois, três e quatro anos.

Seguem abaixo os passos para o cálculo do valor das opções, segundo Copeland e Antikarov (2001).

3.4.1.1 Primeiro passo: Cálculo do VPL do projeto

Cálculo do VPL do projeto, sem flexibilidades, através da metodologia tradicional do fluxo de caixa, descontado à taxa de desconto ajustada ao risco, determinando, desta forma, o valor presente (VP) do projeto.

3.4.1.2 Segundo passo: Modelagem das incertezas que afetam o valor do ativo subjacente e da árvore de eventos

A principal incerteza presente no projeto é a volatilidade dos preços das frutas, que são as principais matérias-primas usadas no projeto, ela será calculada a partir da série histórica de preços das frutas do período de janeiro de 2000 a agosto de 2008.

Com auxílio do programa computacional Excel, será calculada a volatilidade dos preços das frutas da seguinte maneira, levando em consideração suas entressafas:

- Para cada fruta e a cada mês, será multiplicado o seu preço pela sua quantidade;
- Com estes resultados, calcula-se o logaritmo neperiano entre o resultado do período sobre o resultado do período anterior;
- Depois, será calculada a média ponderada do logaritmo neperiano para um mesmo período, levando em consideração as quantidades de entrada de cada fruta no projeto;
- Assim, calcula-se o desvio-padrão dos resultados da média ponderada, em todo o período considerado;
- O desvio-padrão encontrado será anualizado, multiplicando por raiz quadrada de 12, conforme demonstrado em Hull (2005).

Este desvio-padrão é a volatilidade usada para a construção da árvore, e, posteriormente, o cálculo do valor da opção.

O valor de referência para a taxa de juros livre de risco é a taxa de poupança. Será feita uma média das taxas anuais de poupança do período de 2000 a 2008, o mesmo período considerado para o cálculo da volatilidade das frutas.

Para se modelar a árvore de eventos, segundo o modelo binomial proposto por Cox, Rox e Rubinstein (1979), serão utilizadas planilhas do Excel. O valor do projeto será determinado para cada nó do evento utilizando os valores de u e d , movimentos ascendentes e descendentes, respectivamente. Também serão considerados a volatilidade do projeto (σ), a taxa de juros livres de risco (r), a probabilidade neutra ao risco p e $(1-p)$ e cada ano será um instante de tempo (t).

O resultado desta árvore, ainda sem flexibilidade, deverá ser igual ao resultado calculado no primeiro passo.

3.4.1.3 Terceiro passo: Modelagem da árvore de decisão

Para a modelagem da árvore de decisão, as opções reais presentes no projeto serão consideradas em cada nó de decisão onde elas existam. Segundo Brandão (2002), a árvore binomial transforma-se em árvore de decisão, ao incorporarmos as opções reais no projeto.

Portanto, através da árvore de decisão, obtém-se, um novo resultado de VP do projeto, considerando a flexibilidade existente.

3.4.1.4 Quarto passo: Análise das opções reais

Após o cálculo do VPL do projeto e o VPL do projeto considerando incertezas e flexibilidades, teremos o valor das opções reais. A diferença entre esse valor presente expandido e o valor presente tradicional será o próprio valor das opções, conforme apresentado no referencial teórico:

$$\text{VPL}_{\text{expandido}} = \text{VPL}_{\text{tradicional}} + \text{VPL}_{\text{opções reais}}$$

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Considerações Iniciais e Análise Tradicional

Na análise do projeto da unidade de processamento de frutas, foram utilizados índices tradicionais de viabilidade econômico-financeira, tais como Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Período de Payback e Ponto de Equilíbrio, com Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 15% a.a., baseado nas taxas existentes no mercado e horizonte de análise de 10 anos.

O projeto da unidade de industrialização tem como objetivo o processamento mensal de frutas em torno de 155.000 Kg, conforme demonstrado no quadro 01; produzindo 96.000 Kg de derivados de frutas, entre abacaxi desidratado e banana-passa; geléias de abacaxi, maracujá, goiaba, manga e pêssego; doce de banana; polpas de abacaxi, banana, maracujá, goiaba, manga e pêssego; e sucos de abacaxi, maracujá, goiaba, manga e pêssego, conforme descrito no quadro 02.

Quadro 01 – Plano Mensal de Recebimento de Matérias-Primas

Frutas	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
Abacaxi	30.000 Kg	30.000 Kg	30.000 Kg	30.000 Kg	40.000 Kg	60.000 Kg
Goiaba	30.000 Kg	30.000 Kg	30.000 Kg	15.000 Kg	15.000 Kg	15.000 Kg
Manga	60.000 Kg	20.000 Kg	20.000 Kg	20.000 Kg	0 Kg	0 Kg
Maracujá	60.000 Kg	60.000 Kg	60.000 Kg	30.000 Kg	30.000 Kg	30.000 Kg
Pêssego	0 Kg					
Banana	0 Kg	0 Kg	10.000 Kg	20.000 Kg	20.000 Kg	20.000 Kg
Total	180.000 Kg	140.000 Kg	150.000 Kg	115.000 Kg	105.000 Kg	125.000 Kg
Frutas	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Abacaxi	60.000 Kg	30.000 Kg				
Goiaba	15.000 Kg	15.000 Kg	20.000 Kg	20.000 Kg	30.000 Kg	30.000 Kg
Manga	0 Kg	0 Kg	40.000 Kg	60.000 Kg	60.000 Kg	60.000 Kg
Maracujá	30.000 Kg	30.000 Kg	30.000 Kg	30.000 Kg	40.000 Kg	60.000 Kg
Pêssego	0 Kg	0 Kg	5.000 Kg	10.000 Kg	20.000 Kg	20.000 Kg
Banana	20.000 Kg	20.000 Kg	20.000 Kg	20.000 Kg	0 Kg	0 Kg
Total	125.000 Kg	125.000 Kg	175.000 Kg	200.000 Kg	210.000 Kg	200.000 Kg

Para o plano de produção descrito, fez-se o cálculo dos investimentos iniciais da empresa, considerando os itens: construção civil de prédios e instalações, máquinas, equipamentos, utensílios e outros necessários para o início do projeto. Esse levantamento foi dimensionado de acordo com a produção pretendida para a indústria. Ainda, considerou-se como zero o custo relativo a terreno e terraplanagem, uma vez que, para este projeto, o terreno foi doação da prefeitura municipal da região onde o empreendimento será instalado. O quadro 03 mostra a descrição dos principais itens referentes ao investimento inicial:

Quadro 02 – Plano Mensal de Produção e Comercialização

Código	Descrição do Produtos	Produção Mensal	% Produção
1	Abacaxi Desidratado	453,75 kg	0,47%
2	Polpa de Abacaxi	19.057,50 kg	19,77%
3	Suco Abacaxi (20L)	6.282,19 kg	6,52%
4	Suco Abacaxi (1L)	1.108,62 kg	1,15%
5	Geléia de Abacaxi	3.254,24 kg	3,38%
6	Polpa de Goiaba	9.947,44 kg	10,32%
7	Suco Goiaba (20L)	3.352,84 kg	3,48%
8	Suco Goiaba (1L)	591,68 kg	0,61%
9	Geléia de Goiaba	1.437,29 kg	1,49%
10	Polpa de Manga	13.674,38 kg	14,19%
11	Suco Manga (20L)	3.764,04 kg	3,91%
12	Suco Manga (1L)	664,24 kg	0,69%
13	Geléia de Manga	1.068,80 kg	1,11%
14	Polpa de Maracujá	7.882,88 kg	8,18%
15	Suco Maracujá (20L)	2.583,16 kg	2,68%
16	Suco Maracujá (1L)	455,85 kg	0,47%
17	Geléia de Maracujá	966,41 kg	1,00%
18	Polpa de Pêssego	3.981,66 kg	4,13%
19	Suco Pêssego (20L)	1.391,75 kg	1,44%
20	Suco Pêssego (1L)	1.391,75 kg	1,44%
21	Geléia de Pêssego	569,49 kg	0,59%
22	Banana-Passa	1.252,97 kg	1,30%
23	Polpa de Banana	6.682,50 kg	6,93%
24	Doce de Banana	4.568,71 kg	4,74%
Dias Trabalhados/ Mês		22 dias	
Total da Produção Diária		4.381,10	
Total da Produção Mensal		96.384,12 Kg	

Quadro 03 – Descrição dos Itens de Investimento Inicial

Descrição	Total por Item
Prédios e Instalações	R\$ 994.184,92
Equipamentos e Utensílios	R\$ 771.250,00
Sub Total	R\$ 1.765.434,92
Capital de Giro	R\$ 124.205,45
Reserva Técnica	R\$ 353.086,98
Investimento Inicial	R\$ 2.242.727,35

Calculou-se o investimento inicial total, que ficou em torno de R\$2.243.000,00, suficiente para adquirir máquinas e equipamentos, para fazer as obras civis e para formar um capital de giro necessário para desencadear o negócio. É importante salientar que o investimento em capital de giro foi estimado para cobertura de 1 mês de operações mais uma reserva técnica de 20% deste valor. Além disso, para os investimentos permanentes foi estimada uma reserva técnica de 20% de seu valor.

Foram levantados, para o cenário proposto, os custos fixos do projeto, ou seja, aqueles que ocorrem independentemente da produção ou vendas, como, por exemplo, gastos com energia elétrica (onde foram incluídos 18% de impostos), telefonia e água, conforme demonstrado no quadro 04.

Quadro 04 – Descrição dos Itens de Custo Fixo

Descrição dos Custos	Unidade	Qtd. Mensal	Custo Unitário (R\$)	Valor
Energia Elétrica	kw h	50.000	R\$ 0,44	R\$ 26.178,89
Água	m3	6.224	R\$ 1,41	R\$ 8.759,65
Telefone Fixo	Pulso	20.000	R\$0,18	R\$ 3.600,00
Telefonia Celular	Minuto	700	R\$1,50	R\$ 1.050,00
Material de Escritório	Vários	1	R\$8.000,00	R\$ 8.000,00
Registro CRQ (mensal)	Mensalidade	1	R\$15,00	R\$ 15,00
Outros		1	R\$5.000,00	R\$ 5.000,00
Total de Custo Fixo				R\$ 52.603,54/mês

Também foram estimados outros custos referentes à operação da fábrica. Em relação à mão-de-obra, esta foi dividida em mão-de-obra direta (funcionários ligados diretamente à área de produção) e mão-de-obra indireta (funcionários do setor administrativo). Para a mão-de-obra direta, são necessários 30 colaboradores para as áreas de seleção, recebimento, linha de fabricação, embalagem, congelamento e outros, além de um supervisor de produção e um gerente, totalizando um custo de R\$ 29.241,00, com salários e encargos. Para a mão-de-obra indireta, foram estimados 20 colaboradores, entre auxiliares administrativos, faxineiros, vendedores, contador, secretário, e outros, somando R\$ 21.660,00 (já com os encargos). Logo, os custos totais com mão-de-obra são R\$ 50.901,00/mês.

Dentro dos custos variáveis, foram levantados os custos com insumos, ou seja, materiais diretos como matérias-primas, materiais secundários, embalagens e demais materiais utilizados na fabricação dos produtos, como pode ser visto no quadro 05. Este quadro representa os custos e quantidades de uma produção mensal referentes a um produto final, lembrando-se que isto também foi feito para os outros 24 produtos.

Quadro 05 – Custo Unitário dos Insumos de Produção

Descrição do Produto	Produção Mensal			Q. Fruta	
Suco Abacaxi (20L)				6.331 Kg	
Insumos				Quebra	1,00%
Matéria-Prima	Formulação	Quantidade	Unidade	Valor/Kg Fruta	Total
Abacaxi	99,765%	6.330,73 kg	Kg	R\$ 0,50	R\$ 3.165,36
Total de Matéria-Prima	99,765%	6.330,73 kg			R\$ 3.165,36
Ingredientes da Formulação	Concentração	Quantidade	Unidade	Valor/Kg	Total
Metabissulfito de Sódio	0,010%	0,63 kg	Kg	R\$ 18,00	R\$ 11,42
Benzoato de Sódio	0,025%	1,59 kg	Kg	R\$ 10,00	R\$ 15,86
Ácido Cítrico	0,200%	12,69 kg	Kg	R\$ 6,00	R\$ 76,15
Total da Formulação	100,000%	14,91 kg			R\$ 103,43
Total Produto	6.282,19 kg	Custo com MP e Ingredientes		R\$ 3.268,80	
Embalagem	Peso(L)	Quantidade	Valor	Total	
Tambor de Plástico (20L)	20,00	314 unid.	R\$ 16,00	R\$ 5.024,00	
			Custo com Embalagem	R\$ 5.024,75	
Produção Unitária Total					6.282,19 kg
Custo Unitário do Produto					R\$ 1,32 / kg
Custo Unitário de Produção	R\$8.294,55				

Depois de conhecido o custo de mão-de-obra e sabendo quanto irá gastar com insumos, calculou-se o custo unitário de produção. Chega-se a ele somando o custo unitário dos materiais diretos com um rateio dos custos fixos, da mão-de-obra, e da depreciação, como mostrado no quadro 06. Em relação à depreciação, foi estimada para os equipamentos, uma vida útil de 10 anos e em relação às instalações, uma vida útil de 50 anos.

Quadro 06 – Custos Unitários por Produto

Código	Nome do Produto	Insumos	Mão de Obra	Depreciação	Custo Fixo	Custo Unitário (Kg)
1	Abacaxi Desidratado	R\$0,65	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,14
2	Polpa de Abacaxi	R\$0,91	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,39
3	Suco Abacaxi (20L)	R\$1,32	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,81
4	Suco Abacaxi (1L)	R\$1,26	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,75
5	Geléia de Abacaxi	R\$4,41	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 5,90
6	Polpa de Goiaba	R\$1,41	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,90
7	Suco Goiaba (20L)	R\$1,82	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 3,31
8	Suco Goiaba (1L)	R\$1,77	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 3,25
9	Geléia de Goiaba	R\$4,77	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 6,26
10	Polpa de Manga	R\$0,91	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,39
11	Suco Manga (20L)	R\$1,32	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,81
12	Suco Manga (1L)	R\$1,26	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,75
13	Geléia de Manga	R\$3,29	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 4,78
14	Polpa de Maracujá	R\$1,11	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,60
15	Suco Maracujá (20L)	R\$1,52	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 3,01
16	Suco Maracujá (1L)	R\$1,46	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,95
17	Geléia de Maracujá	R\$4,64	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 6,13
18	Polpa de Pêssego	R\$1,51	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 3,00
19	Suco Pêssego (20L)	R\$1,92	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 3,41
20	Suco Pêssego (1L)	R\$1,87	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 3,35
21	Geléia de Pêssego	R\$4,81	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 6,30
22	Banana-Passa	R\$16,25	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 17,74
23	Polpa de Banana	R\$1,11	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 2,60
24	Doce de Banana	R\$2,25	R\$0,68	R\$0,11	R\$0,70	R\$ 3,73

Tecnicamente, chegou-se ao preço unitário de venda por embalagem aplicando a taxa de marcação aos custos unitários. Esta variou de 50 % a 75 % e foi obtida levando em consideração condições de competitividade dos produtos. Após o levantamento do preço de venda por embalagem, obteve-se a Receita Operacional Mensal, que é considerada entrada de caixa, de R\$ 403.261,66/mês. A projeção desta receita foi resultante do potencial de mercado, da capacidade produtiva e da força de vendas da empresa. No quadro 07, verificam-se os preços de venda e a Receita Operacional Mensal.

Quadro 07 – Receita Operacional Mensal por Produto

Preço Unitário de Venda e Receita Operacional					
Código	Nome do Produto	Preço/Kg	Quant./Emb.	Preço/Embal.	Valor / Mês
1	Abacaxi Desidratado	R\$3,75	5,00 kg	R\$18,75	R\$1.326,26
2	Polpa de Abacaxi	R\$4,20	200,00 kg	R\$839,50	R\$62.347,96
3	Suco Abacaxi (20L)	R\$4,19	20,00 kg	R\$83,82	R\$20.519,94
4	Suco Abacaxi (1L)	R\$4,10	1,00 kg	R\$4,10	R\$3.545,94
5	Geléia de Abacaxi	R\$10,34	0,24 kg	R\$2,48	R\$26.231,15
6	Polpa de Goiaba	R\$5,08	200,00 kg	R\$1.016,71	R\$39.413,46
7	Suco Goiaba (20L)	R\$4,94	20,00 kg	R\$98,86	R\$12.916,88
8	Suco Goiaba (1L)	R\$4,86	1,00 kg	R\$4,86	R\$2.239,30
9	Geléia de Goiaba	R\$10,98	0,24 kg	R\$2,63	R\$12.298,84
10	Polpa de Manga	R\$4,20	200,00 kg	R\$839,50	R\$44.736,68
11	Suco Manga (20L)	R\$4,19	20,00 kg	R\$83,82	R\$12.294,75
12	Suco Manga (1L)	R\$4,10	1,00 kg	R\$4,10	R\$2.124,59
13	Geléia de Manga	R\$8,38	0,24 kg	R\$2,01	R\$6.981,95
14	Polpa de Maracujá	R\$4,55	200,00 kg	R\$910,38	R\$27.966,95
15	Suco Maracujá (20L)	R\$4,49	20,00 kg	R\$89,83	R\$9.043,22
16	Suco Maracujá (1L)	R\$4,40	1,00 kg	R\$4,40	R\$1.564,93
17	Geléia de Maracujá	R\$10,76	0,24 kg	R\$2,58	R\$8.102,04
18	Polpa de Pêssego	R\$5,26	200,00 kg	R\$1.052,15	R\$16.325,96
19	Suco Pêssego (20L)	R\$5,09	20,00 kg	R\$101,87	R\$5.524,88
20	Suco Pêssego (1L)	R\$5,01	1,00 kg	R\$5,01	R\$5.430,43
21	Geléia de Pêssego	R\$11,05	0,24 kg	R\$2,65	R\$4.906,03
22	Banana-Passa	R\$31,11	0,20 kg	R\$6,22	R\$30.384,64
23	Polpa de Banana	R\$4,55	200,00 kg	R\$910,38	R\$23.708,25
24	Doce de Banana	R\$6,55	0,60 kg	R\$3,93	R\$23.326,64
Receita Operacional Total por Mês					R\$403.261,66

Com estas informações, pode-se montar o fluxo de caixa para a análise da viabilidade. O fluxo de caixa anual pode ser visto no quadro 08, e é o conjunto de entradas (receitas) e saídas (despesas) relativo ao período do projeto.

Para o cálculo deste fluxo de caixa, admitiu-se que foram vendidas 40%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 75%, 80% e 80%, referente à capacidade de produção, respectivamente, nos 10 anos de vida útil do projeto. O fluxo de caixa do ano 0 representa o valor do investimento inicial apresentado no quadro 03. Foi considerada ainda uma necessidade de complementação de capital de giro no ano 01, nos mesmos níveis do que foi feito no ano 0. Para fins de cálculo estimou-se uma alíquota de imposto de renda na ordem de 15 % para os lucros tributáveis da empresa. Um último ponto relevante para montagem do fluxo de caixa é que a depreciação foi considerada como custo operacional e assim relacionada como uma saída no cálculo do fluxo de caixa anual. Porém, como esta tem efeito de economia fiscal, mas não representa uma saída efetiva de caixa seu valor foi somado ao final do fluxo de cada ano. No ano 10 foi considerada uma recuperação do capital investido (de giro e permanente) na ordem de R\$ 1.000.000,00.

Quadro 08 – Fluxo de Caixa do Projeto

Itens	Ano 0	Ano1	Ano2	Ano3	Ano4	Ano5
Capacidade		40%	50%	55%	60%	65%
Investimento inicial	R\$ (2.242.727,35)	R\$ (124.205,45)				
Receita Operacional		R\$ 1.935.655,99	R\$ 2.419.569,98	R\$ 2.661.526,98	R\$ 2.903.483,98	R\$ 3.145.440,98
Custo Operacional		R\$ (1.827.024,33)	R\$ (2.125.969,79)	R\$ (2.275.442,52)	R\$ (2.424.915,25)	R\$ (2.574.387,98)
Lucro Operacional		R\$ 108.631,66	R\$ 293.600,19	R\$ 386.084,46	R\$ 478.568,73	R\$ 571.053,00
Imposto de Renda		R\$ (16.294,75)	R\$ (44.040,03)	R\$ (57.912,67)	R\$ (71.785,31)	R\$ (85.657,95)
Fluxo de Caixa Bruto		R\$ (31.868,54)	R\$ 249.560,16	R\$ 328.171,79	R\$ 406.783,42	R\$ 485.395,05
Depreciação		R\$ 98.903,69				
Fluxo de Cx. Líquido	R\$ (2.242.727,35)	R\$ 67.035,15	R\$ 348.463,85	R\$ 427.075,48	R\$ 505.687,11	R\$ 584.298,74
Itens		Ano6	Ano7	Ano8	Ano9	Ano10
Capacidade		70%	75%	75%	80%	80%
Investimento inicial						R\$ 1.000.000,00
Receita Operacional		R\$ 3.387.397,98	R\$ 3.629.354,98	R\$ 3.629.354,98	R\$ 3.871.311,97	R\$ 3.871.311,97
Custo Operacional		R\$ (2.723.860,71)	R\$ (2.873.333,45)	R\$ (2.873.333,45)	R\$ (3.022.806,18)	R\$ (3.022.806,18)
Lucro Operacional		R\$ 663.537,27	R\$ 756.021,53	R\$ 756.021,53	R\$ 848.505,79	R\$ 848.505,79
Imposto de Renda		R\$ (99.530,59)	R\$ (113.403,23)	R\$ (113.403,23)	R\$ (127.275,87)	R\$ (127.275,87)
Fluxo de Caixa Bruto		R\$ 564.006,68	R\$ 642.618,30	R\$ 642.618,30	R\$ 721.229,92	R\$ 1.721.229,92
Depreciação		R\$ 98.903,69				
Fluxo de Cx. Líquido		R\$ 662.910,37	R\$ 741.521,99	R\$ 741.521,99	R\$ 820.133,61	R\$ 1.820.133,61

Utilizando-se uma TMA de 15% a.a., pode-se calcular o VPL do projeto que foi de R\$ 430.297,10. Além disso, foi calculado a TIR que ficou em torno de 18,43% a.a.. E, o período de Payback, que foi de 9 anos.

Com base nos dados, pode-se concluir, em relação à viabilidade econômico-financeira deste projeto que, considerando o VPL e a TIR, o projeto é viável, considerando TMA de 15% a.a. e uma vida útil de 10 anos, pois VPL é maior do que zero e a TIR é maior que a taxa mínima de atratividade (TMA). Porém, ressalta-se que o projeto possui um período de recuperação bastante elevado, considerando sua vida útil.

Uma análise de sensibilidade foi feita em relação a algumas variáveis. A primeira, em relação ao valor residual do projeto (considerado inicialmente no montante de R\$ 1.000.000,00), percebe-se que mesmo que este valor seja zerado o projeto ainda continua viável, com VPL de cerca de R\$ 183.000,00 e TIR de pouco mais de 16% a.a. Outra análise se deu em relação aos fluxos de caixa anuais. Percebeu-se que havia a possibilidade de uma redução máxima de 16,1% dos mesmos, para que o projeto ainda assim continuasse a ser viável. Isto mostra a folga que os fluxos de caixa no sentido de gerar alguma segurança na empresa em relação aos indicadores calculados.

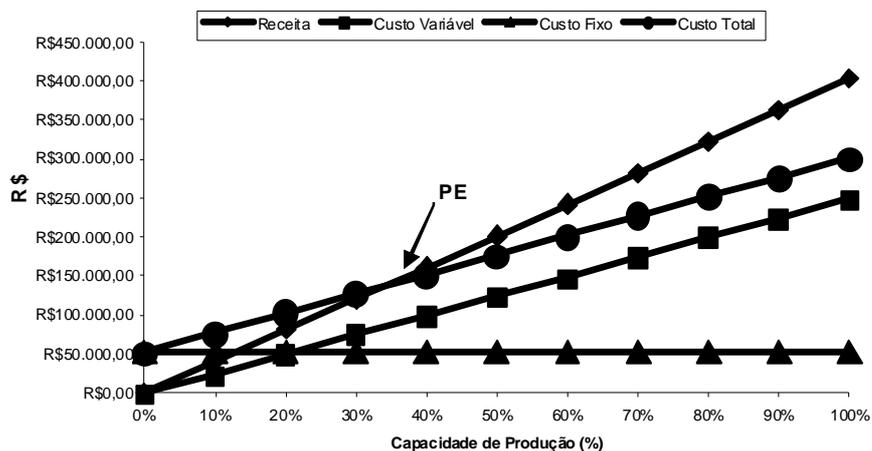
Por fim, procedeu-se a análise de ponto de equilíbrio, a partir dos dados operacionais resumidos no quadro 09.

Quadro 09– Resultado Operacional Mensal

Resultados	Valor / Mês	%
Receita Operacional	R\$403.261,66	
Custos Variáveis	R\$249.121,22	61,80%
Custos Fixos	R\$52.603,54	13,00%
Custo Total	R\$301.724,76	74,80%
Lucro Operacional	R\$101.536,91	25,20%
Contribuição Social	R\$15.230,54	3,80%
Lucro Líquido	R\$86.306,37	21,40%
Margem de Contribuição	R\$154.140,45	38,20%
Ponto de Equilíbrio	R\$137.621,19	34,10%
Lucratividade Operacional		25,20%

Com os valores dos custos fixos totais, a receita operacional e os custos variáveis totais, calculou-se o Ponto de Equilíbrio, que ficou em torno de 34% da capacidade produtiva estimada para o projeto (receita total máxima), demonstrado na figura 10. Isso implica dizer que para obter lucro a operação precisa trabalhar acima de 34% da capacidade produtiva.

Figura 10 - Gráfico do ponto de equilíbrio



Para o ponto de equilíbrio, também foi feita uma análise de sensibilidade. Este teve como ponto de partida, fazer simulações com os valores de algumas variáveis até que o ponto de equilíbrio ficasse no limite máximo (pré-estabelecido) de 50% da capacidade. Primeiramente, observou-se que os custos fixos poderiam aumentar até 46% dos níveis atuais, mesmo assim o projeto ficaria a um nível aceitável de risco (volume do P.E. = 50% da capacidade). O mesmo foi feito em relação aos custos variáveis e encontrou-se que estes podem crescer no máximo 20% para que o ponto de equilíbrio não ultrapasse a marca de 50% da capacidade. Já em relação à receita total percebeu-se que a redução máxima aceitável para este nível de risco operacional proposto seria de 12%. Isso quer dizer que perdas de receitas representam problemas sérios para o projeto, já que este possui maior sensibilidade (menor margem de segurança) em relação a esta variável.

4.2 Análise por Opções Reais

O modelo de Opções Reais utilizado para complementar a análise tradicional permite aos tomadores de decisão avaliar, com base em informações mais completas e levando em consideração presença de incertezas e flexibilidades gerenciais, à viabilidade de implantação do projeto.

Seguiram-se os quatro passos do método descrito por Copeland e Antikarov (2001), conforme apresentado na Metodologia.

4.2.1 Primeiro passo: Determinação do VPL do projeto

O cálculo dos indicadores, inclusive o VPL, foi apresentado, em detalhes, no item 4.1, sendo que o VPL encontrado do projeto foi de R\$ 430.297,10.

Pelo método do VPL, indicaríamos o investimento no projeto, já que o mesmo possui VPL positivo. Porém, esse resultado é insuficiente para a tomada de decisão, como constatamos na revisão de literatura, já que não considera os riscos e a possibilidade de mudança de decisão ao longo do projeto.

4.2.2 Segundo passo: Modelagem das incertezas que afetam o valor do ativo subjacente e da árvore de eventos

Assumiu-se uma incerteza para o projeto de unidade processadora de frutas: o preço das frutas que são utilizadas como entradas (matéria-prima principal do projeto).

Podemos observar a incerteza pelas séries históricas dos preços das frutas, apresentadas abaixo. Estas séries históricas de preços das frutas comercializadas no CEASA-RJ são do período de janeiro de 2000 a agosto de 2008, e foram cedidas pela SIMA/RJ e PESAGRO-Rio.

Quadro 10 – Série de Preço Abacaxi Grande (1kg)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	1,20	1,15	1,14	1,12	1,17	1,09	1,04	0,96	0,88	0,84	0,86	0,97
2001	1,03	1,21	1,30	1,29	1,28	1,12	1,16	1,08	1,11	1,07	0,97	1,08
2002	1,02	1,12	1,09	1,09	1,12	1,09	1,11	1,09	1,09	1,05	1,00	0,97
2003	1,35	1,66	1,93	1,49	1,23	1,37	1,41	1,45	1,37	1,16	1,35	1,40
2004	1,59	1,82	1,89	1,96	1,88	1,98	1,95	2,01	1,79	1,55	1,38	1,94
2005	1,93	2,16	2,65	2,83	2,79	2,54	2,53	2,17	2,02	2,01	2,04	2,18
2006	2,70	2,99	3,04	2,95	2,48	2,27	2,44	2,81	2,68	2,53	2,54	2,29
2007	2,54	2,54	2,54	2,71	2,77	2,49	2,33	1,97	1,83	1,99	2,04	2,13
2008	2,64	3,04	2,78	2,77	2,80	2,76	2,70	2,62				

Quadro 11 – Série de Preço Banana Nanica (1kg)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	0,48	0,45	0,47	0,52	0,55	0,50	0,53	0,52	0,59	0,58	0,53	0,54
2001	0,70	0,71	0,70	0,68	0,63	0,58	0,55	0,60	0,49	0,51	0,49	0,51
2002	0,56	0,56	0,52	0,50	0,47	0,52	0,52	0,54	0,49	0,49	0,49	0,47
2003	0,55	0,67	0,68	0,85	0,88	0,86	0,86	0,89	0,82	0,82	0,88	0,77
2004	0,75	0,75	0,74	0,83	0,92	0,80	0,87	0,96	0,94	0,82	0,78	0,72
2005	0,77	0,78	0,76	0,73	0,78	0,76	0,73	0,74	0,73	0,79	0,80	0,81
2006	0,75	0,72	0,77	0,81	0,86	0,90	0,92	0,97	0,94	1,03	1,08	0,89
2007	0,88	0,80	0,88	0,85	0,85	0,84	0,88	0,86	1,06	1,04	0,93	1,03
2008	1,13	1,10	1,15	1,13	1,09	1,06	1,06	1,06				

Quadro 12 – Série de Preço Goiaba (1kg)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	1,14	1,03	1,10	1,17	1,23	1,24	1,45	1,48	1,41	1,40	1,46	1,57
2001	1,20	0,96	1,23	1,92	1,75	1,32	1,31	1,12	1,50	1,31	1,92	2,54
2002	2,10	1,51	1,23	1,19	1,20	1,40	1,71	1,56	1,71	1,76	2,00	2,03
2003	1,62	1,34	1,24	1,51	1,52	1,67	2,12	1,96	1,95	1,90	1,95	1,97
2004	1,81	1,67	1,34	1,50	1,76	2,05	2,54	2,77	2,21	1,97	2,08	2,30
2005	1,95	1,42	1,58	2,22	2,08	2,13	2,29	2,49	2,08	1,96	2,07	2,43
2006	2,06	1,64	2,15	2,29	2,35	2,08	2,16	2,09	1,86	2,81	2,45	2,85
2007	1,60	1,52	2,02	2,57	2,92	2,81	3,09	2,53	2,41	1,53	2,56	2,75
2008	2,59	2,00	2,05	2,06	2,14	2,27	2,85	2,96				

Quadro 13 – Série de Preço Manga Bourbon (1kg)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	0,35	0,45	0,56	0,57	0,83	0,78	0,90	0,92	0,48	0,34	0,31	0,34
2001	0,33	0,30	0,44	0,55	0,48	0,41	0,44	0,50	0,43	0,43	0,27	0,30
2002	0,28	0,29	0,26	0,30	0,31	0,55	0,44	0,45	0,46	0,40	0,38	0,34
2003	0,32	0,30	0,51	0,55	0,45	0,43	0,45	0,48	0,54	0,44	0,42	0,45
2004	0,43	0,43	0,46	0,44	0,51	0,54	0,53	0,53	0,56	0,47	0,54	0,55
2005	0,49	0,49	0,52	0,59	0,64	0,00	0,00	0,00	0,57	0,58	0,56	0,51
2006	0,40	0,42	0,64	1,14	0,66	0,60	0,64	0,64	0,72	0,71	0,55	0,58
2007	0,69	0,64	0,67	0,61	0,62	0,79	0,00	0,79	0,69	0,83	0,51	0,55
2008	0,59	0,50	0,64	0,97	0,84	0,89	1,18	1,20				

Quadro 14 – Série de Preço Maracujá (1kg)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	0,70	0,70	0,67	0,58	0,50	0,54	0,67	1,27	1,94	1,90	1,02	0,79
2001	0,98	1,14	1,17	1,36	0,95	1,11	1,08	1,15	1,54	1,23	1,36	1,27
2002	1,03	1,28	1,29	1,04	0,83	0,78	0,76	0,92	1,40	1,46	0,96	0,82
2003	0,85	1,30	1,19	1,01	1,23	0,80	0,78	1,06	1,93	1,82	1,39	0,89
2004	0,90	1,40	1,08	1,10	1,13	1,00	1,11	1,44	2,63	2,41	1,46	1,10
2005	1,28	1,26	1,84	1,13	1,28	1,39	1,10	1,51	1,69	1,58	1,48	1,54
2006	1,89	1,11	1,44	2,11	1,04	1,11	1,11	1,74	2,01	1,54	1,30	1,07
2007	1,31	1,64	1,49	1,40	1,34	1,52	1,14	1,10	1,63	1,95	1,80	1,60
2008	2,10	1,31	1,69	1,67	1,67	1,51	1,42	1,49				

Quadro 15 – Série de Preço Pêssego (1kg)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	1,02	1,00	1,00								1,56	1,85
2001	1,47	1,33	1,17								1,22	1,69
2002	1,31	1,07	0,97								1,73	1,41
2003	1,46	1,83	2,43								1,76	1,94
2004	1,48	1,85	2,03								1,76	1,93
2005	2,04	1,77									0,86	1,63
2006	2,11	2,28									0,51	0,50
2007										0,67	0,72	1,93
2008	1,93	1,94										

A partir dessas séries históricas, calculou-se a volatilidade dos preços, conforme descrito na Metodologia, o valor encontrado foi de 32,21%.

As taxas de poupança anuais do período de 2000 a 2008 são apresentadas no quadro 16.

Quadro 16 – Taxa Anual da Poupança

	TAXA ANUAL DA POUPANÇA (%)
2000	8,3926
2001	8,5940
2002	9,1432
2003	11,1030
2004	8,0984
2005	9,1758
2006	8,3312
2007	7,7020
2008	7,9036

Fonte: Site do Portal Brasil

Foi calculado, a partir dos dados acima, a média das taxas anuais que ficou em torno de 8,72%. Este valor é usado como a taxa juros livre de risco.

Desta forma, utilizando os dados do projeto e as fórmulas do modelo binomial, temos:

Valor Presente dos Fluxos de Caixa Futuros = VPL + Investimento Inicial

VPL = R\$430.297,10

Investimento Inicial = R\$2.350.732,09

Valor Presente dos Fluxos de Caixa Futuros = R\$2.781.029,19

$\sigma = 32,21\%$

$r = 8,72\%$

$t = 1$

$u = e^{32,21\% \sqrt{1}} = 1,38$

$d = 1/u = 0,72$

$p = \frac{((1+r) - d)}{(u - d)}$

$(u - d)$

$p = \frac{((1 + 0,0872) - 0,72)}{(1,38 - 0,72)} = 0,55$

$(1,38 - 0,72)$

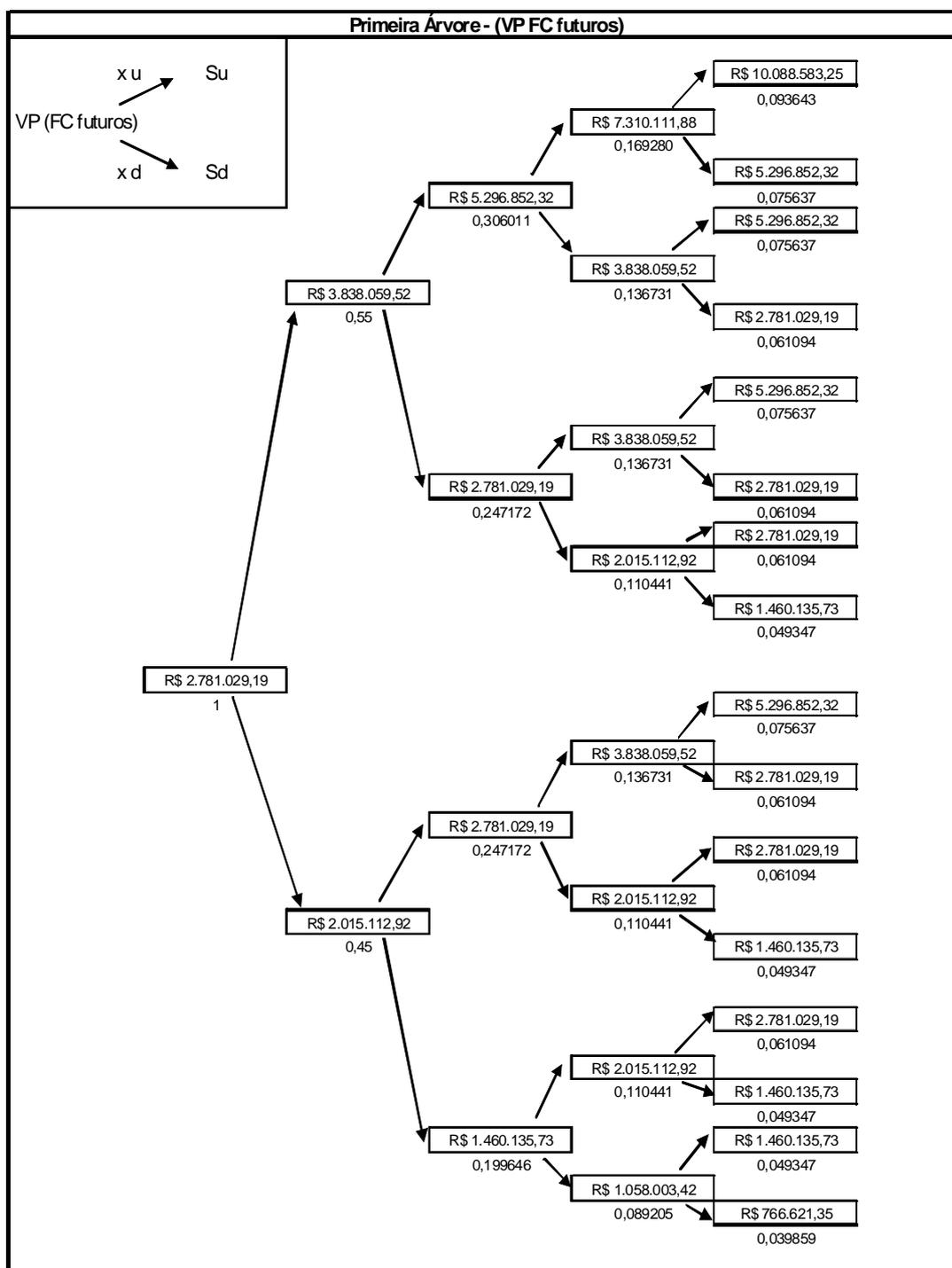
$1 - p = 0,45$

$k = \text{Investimento Inicial} \times (1 + r)^t$

Foram utilizadas as variáveis acima para construção das árvores, para o cálculo da Opção de Adiamento, para um, dois, três e quatro anos.

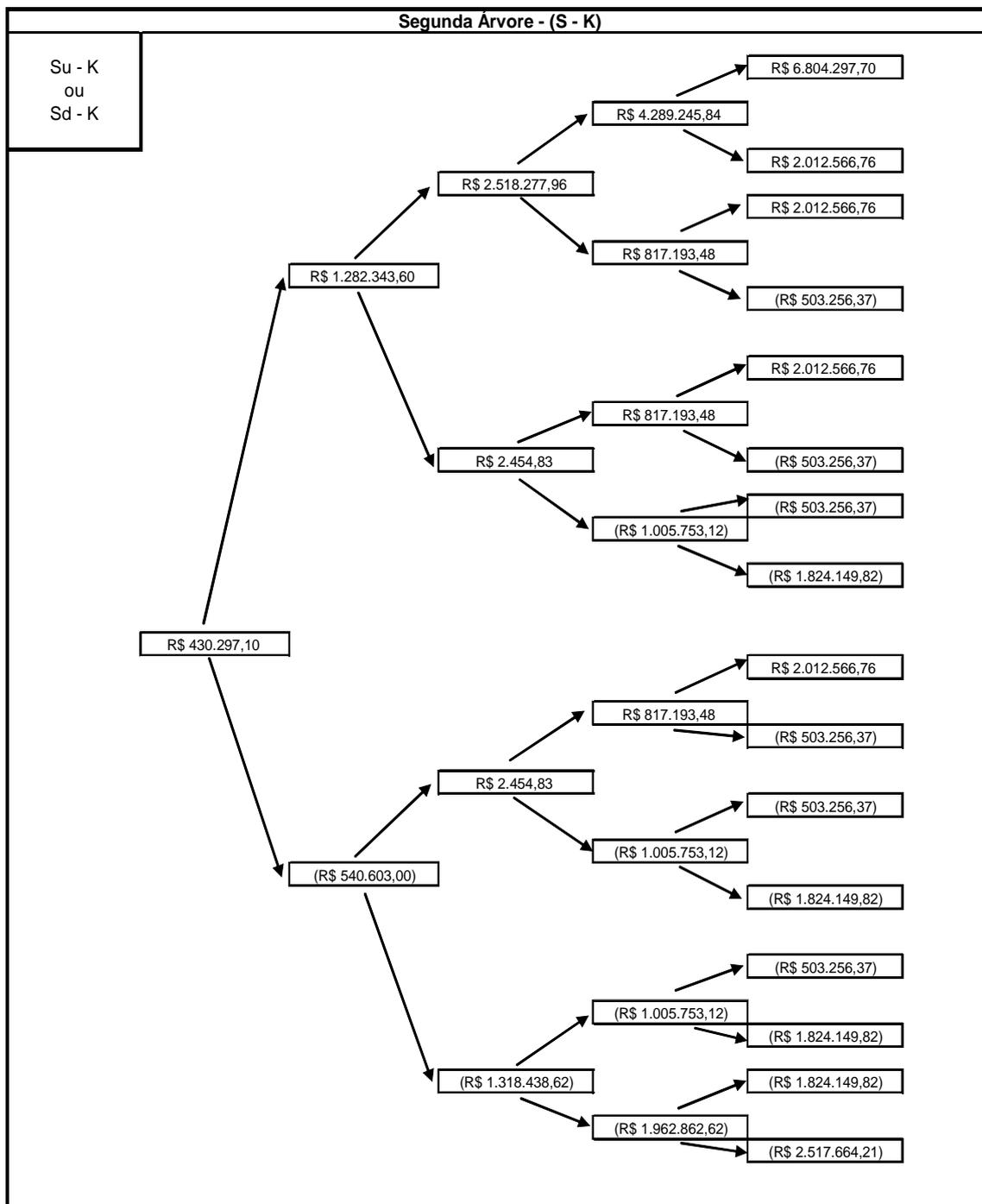
A Figura 11 representa a primeira árvore onde o valor presente do fluxo de caixa futuro é multiplicado pelo movimento ascendente ou descendente.

Figura 11 – Árvore do valor presente dos fluxos de caixas futuros



Na Figura 12, a árvore foi construída diminuindo o preço do ativo-objeto (S) que são os valores dos nós da árvore anterior (Figura 11) por k que é o preço do exercício, que na opção de adiamento é o valor do investimento do período considerado.

Figura 12 – Árvore de S menos k



A Figura 13 representa o máximo entre o preço de exercício (S) e zero, os nós desta árvore são representadas pelo valor máximo do nó da árvore anterior (Figura 12) e zero.

4.2.3 Terceiro passo: Modelagem da árvore de decisão

Foi construída a árvore de decisão, onde as opções reais presentes no projeto foram consideradas em cada nó de decisão onde elas existam, conforme representado na Figura 14.

Nesta árvore, seus nós foram calculados multiplicando os nós da árvore da Figura 13 pela probabilidade neutra ao risco, ou seja, p no movimento ascendente ou q no movimento descendente.

Logo, através da árvore de decisão, obteve-se, um novo resultado de VP do projeto, considerando todas as flexibilidades existentes.

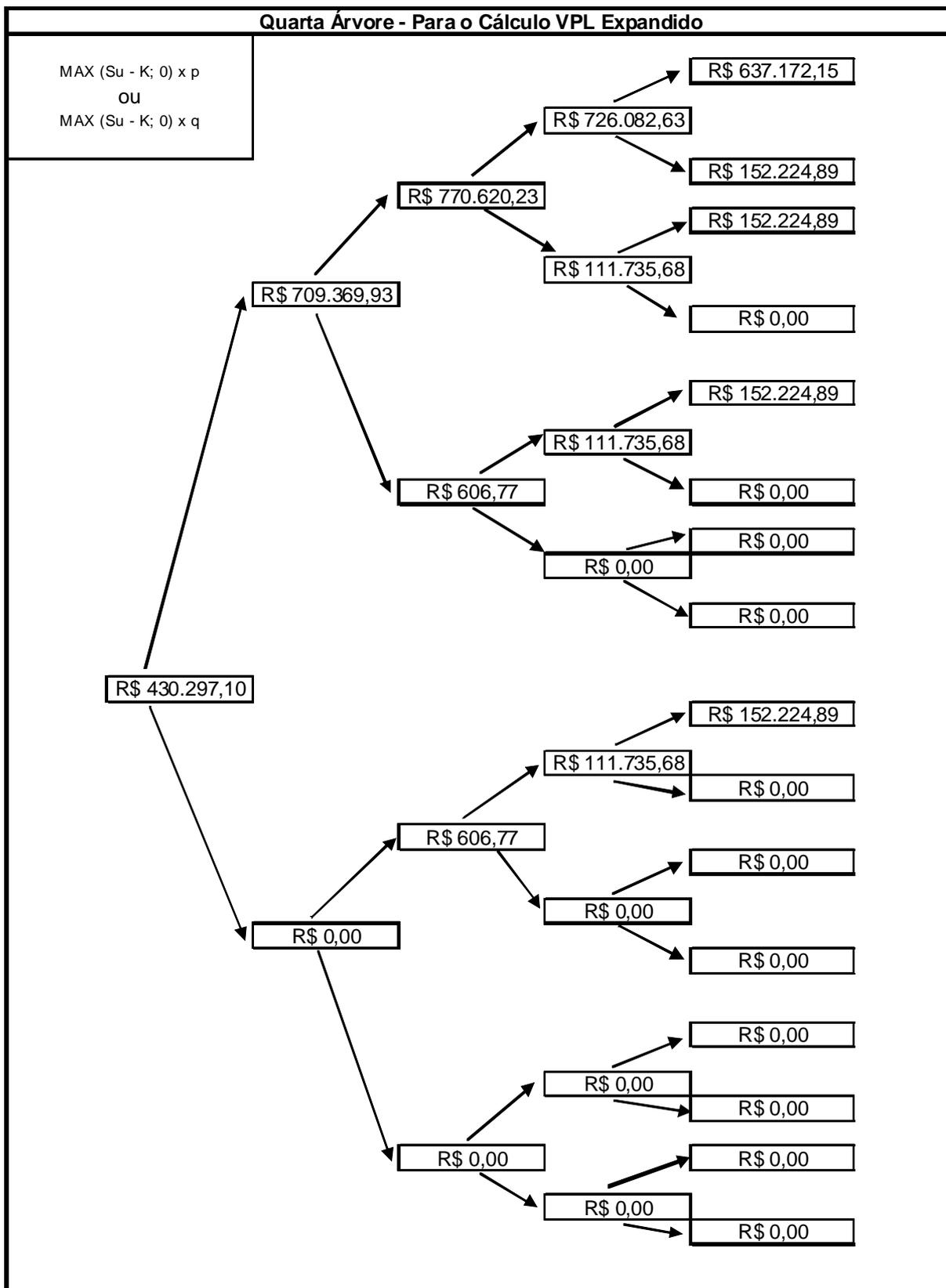
O valor do VPL expandido foi calculado somando os valores de todos os nós da árvore da Figura 14 do período considerado dividido pela taxa livre de risco mais um elevado ao período.

E o valor do VPL expandido está apresentado no quadro 17 para cada período de um a quatro anos.

Quadro 17 – Cálculo do VPL Expandido

Período	0	1	2	3	4
k	R\$ 2.350.732,09	R\$ 2.555.715,93	R\$ 2.778.574,36	R\$ 3.020.866,04	R\$ 3.284.285,56
VPL Expandido	R\$ 430.297,10	R\$ 652.474,18	R\$ 652.987,52	R\$ 825.858,43	R\$ 891.877,60

Figura 14 – Árvore para o cálculo do VPL expandido



4.2.4 Quarto passo: Análise das opções reais

Conforme descrito na Metodologia, foi utilizada a seguinte fórmula, para o cálculo do valor da Opção:

$$\text{VPL expandido} = \text{VPL tradicional} + \text{VPL opções reais}$$

O valor da opção para o período considerado é apresentado no quadro 18.

Quadro 18 – Valores das Opções

Período	0	1	2	3	4
VPL Expandido	R\$ 430.297,10	R\$ 652.474,18	R\$ 652.987,52	R\$ 825.858,43	R\$ 891.877,60
Opção de Adiamento	R\$ -	R\$ 222.177,08	R\$ 222.690,42	R\$ 395.561,33	R\$ 461.580,50

Analisando os resultados apresentados acima, que considerou a presença de incertezas e flexibilidades gerenciais e complementou a análise tradicional, verificamos que há informações mais completas para a tomada de decisão.

Com a incorporação das opções reais na avaliação do projeto, constata-se que VPL do projeto aumenta no período considerado, constatando a premissa de que um projeto que pode ser adiado tem mais valor do que o mesmo sem a flexibilidade do adiamento, uma vez que o investidor tem a opção de adiar o início do empreendimento, levando em consideração os riscos e a possibilidade de mudanças.

O valor presente líquido do projeto é de R\$ 430.297,10, ao incluir o valor da opção de adiamento, temos como VPL expandido R\$652.474,18 para um ano; R\$652.987,52 para dois anos; R\$825.858,43 para três anos e R\$891.877,60 para quatro anos, valores superiores ao constatado através da avaliação pelo método tradicional do fluxo de caixa descontado. O aumento decorrente da incorporação das opções reais na análise, para um adiamento de quatro anos, por exemplo, é de 207%.

V CONCLUSÕES

Por conta da globalização e das rápidas alterações que implicam numa acirrada competitividade empresarial, a gestão de investimentos tem se tornado uma importante componente da vantagem competitiva, estando, ou devendo estar assim, no foco de muitas organizações. Logo, a análise sobre oportunidades de investimentos deve considerar que cada decisão de investimento efetivada no presente tem a capacidade de modificar o conjunto de oportunidades disponíveis no futuro. Desta maneira, o primeiro passo na reorientação do pensamento estratégico é identificar as opções reais que existem nas decisões de investimento. Em outras palavras, deve-se ter um novo entendimento sobre fatores-chave, tais como a irreversibilidade, a incerteza, o *timing*, a flexibilidade, o risco e a volatilidade, que trará para as empresas motivos para uma maior ênfase a seus processos e abordagens sobre análise de investimento.

Assim sendo, considerar uma oportunidade de investimento como uma sucessão de opções de crescimento pode representar uma melhor maneira de verificar a viabilidade econômico-financeira de projetos que a análise tradicional de investimentos. Isso porque, ao se fazer a avaliação, o questionamento mais apropriado não é qual retorno será obtido deste investimento, mas que opções de crescimento serão criadas por cada investimento sucessivo e qual estratégia de crescimento irá criar o maior valor para a empresa.

Esta mudança de paradigma, no que tange aos questionamentos próprios da análise de viabilidade econômico-financeira, é devido ao fato de que o valor de um projeto não se origina tanto de seu fluxo de caixa direto (atribuído ao mesmo), mas de futuras oportunidades de crescimento que ele poderá criar. Assim, a oportunidade de investimento poderá valer mais que o VPL do projeto.

Neste sentido, surge como alternativa de metodologia de análise a Teoria de Opções Reais (TOR). Esta consegue integrar o orçamento de capital e o planejamento estratégico, na busca pelo objetivo de maximizar o valor do empreendimento. A TOR representa uma estrutura de decisão mais adequada e mais completa, que auxilia no reconhecimento das opções reais implícitas e explícitas relativas ao investimento a ser feito, realçando o valor do projeto.

Esta abordagem deve ser vista como uma ferramenta de suporte à decisão a ser usada conjuntamente com as outras já tradicionalmente utilizadas. O ideal é construí-la sobre a análise de VPL baseada em desconto de fluxo de caixa que as empresas já utilizam, ao invés de abandonar esta metodologia. O apreçamento de opções deve, portanto, ser entendido como um complemento às abordagens existentes de orçamentação de capital, e não um substituto para estas.

Cabe ressaltar que a TOR ainda está em fase relativamente inicial, devendo se expandir e ser desenvolvida além de suas bases iniciais – que se fundamentam no apreçamento de opções financeiras – e se desenvolver mesclando-se com outras abordagens, a fim de se tornar uma estrutura única e própria para guiar tomadas de decisão em um mundo de incertezas, como é o caso dos projetos agroindustriais.

Nos últimos anos, as opções reais têm encontrado ampla aceitação onde há alta volatilidade e incerteza, como no agronegócio. O desafio atual, entretanto, é descobrir como institucionalizar o processo de reconhecer, avaliar e exercer as opções presentes em futuros projetos de investimentos, especialmente em mercados com elevada incerteza, mas com grandes promessas de bons resultados a curto e longo prazo.

Através da aplicação nesta dissertação pôde-se perceber que em situações nas quais a questão da incerteza seja relevante, como é o caso de projetos agroindustriais, é possível

quantificar as flexibilidades gerenciais existentes em função da possibilidade de decisões de adiar a implementação de um projeto.

O presente estudo objetivou realizar a avaliação de um ativo real, um projeto agroindustrial, à luz de metodologia tradicional por FCD, ao adicionar a ela o valor das flexibilidades embutidas, a opção real de adiar o projeto. A avaliação - segundo a metodologia tradicional - considerou um período estimado de operação, os investimentos, despesas e custos necessários para as operações, assim como os resultados obtidos oriundos da venda dos produtos.

As incertezas envolvendo variáveis fundamentais para a avaliação do projeto, como por exemplo, o preço das matérias-primas principais do projeto não é considerado pelo método tradicional do fluxo de caixa descontado. Desta forma, para capturar as incertezas e flexibilidades existentes, o trabalho utilizou a teoria das opções reais, metodologia complementar ao método tradicional de valor presente líquido.

O valor presente líquido do projeto, pela análise tradicional, é de R\$ 430.297,10, e com a incorporação da opção de adiar-lo, temos o valor expandido, para um, dois, três e quatro anos, respectivamente, R\$ 652.474,18, R\$ 652.987,52, R\$ 825.858,43 e R\$ 891.877,60. Dessa forma, pôde-se perceber que, neste projeto, a metodologia tradicional subestimou a riqueza gerada pelo projeto, pois ignorou o valor econômico da opção de adiar o início do empreendimento.

Com esta avaliação, o investidor passa a ter subsídios e informações mais confiáveis para sua tomada de decisão, pois foi criada na análise a possibilidade de adiamento, onde este investidor poderá aguardar o início do empreendimento, com o intuito de se obter novas informações relevantes ao projeto, reduzindo assim, as incertezas relativas ao mesmo, e somente investirá, se as condições futuras forem favoráveis, mudando sua decisão significativamente.

Cabe destacar, que a aplicação da TOR é totalmente pertinente no ambiente do agronegócio, pois além de apresentar todas as condições para implementação da técnica de análise o setor ainda teria como resposta uma conclusão mais realista sobre a viabilidade econômico-financeira de projetos de investimento. Isso impulsionaria o setor a novos investimentos, pois projetos tradicionalmente não viáveis poderiam mudar de perspectiva, sendo implementados em função de ganhos provenientes das opções reais.

Este trabalho avaliou a opção de adiamento da implantação de uma empresa agroindustrial de processamento de frutas, mas inúmeras outras formas de opções podem ser consideradas, como por exemplo, a opção de abandono, onde o investidor poderá ter uma valiosa opção de abandonar o projeto definitivamente para evitar perdas ainda maiores, quando algum problema maior acontecer ao longo de sua vida útil. Sendo assim, para estudos posteriores, sugere-se incorporar outros tipos de opções.

Ainda, sugere-se, para trabalhos futuros, o desafio de refinamento dos cálculos da volatilidade, onde pode-se avaliar, conjuntamente, outras incertezas inerentes ao projeto, além do preço da matéria prima. E outro trabalho, que contemple um mix ideal de produção, levando em consideração o preço da matéria-prima em relação à safra e a quantidade a ser processada, de modo a maximizar o retorno do projeto.

VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMRAM, M.; KULATILAKA, N. Disciplined Decisions: Aligning Strategy with the Financial Markets. **Harvard Business Review**, v. 77, n. 1, p. 95-105, 1999.
- AMRAM, M.; KULATILAKA, N. Disciplined Decisions: Aligning Strategy with the Financial Markets, **Harvard Business Review**, v. 77, n. 1, Jan/Feb, p. 95-105, 1999a.
- AMRAM, M.; KULATILAKA, N. Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World. **Harvard Business School Press**, Boston, Massachusetts. 1999b.
- AMRAM, M.; KULATILAKA, N. Strategy and Shareholder Value creation: The Real Option Frontier. **Journal of Applied Corporate Finance**, v. 13, n. 2, Summer, p. 8-21. 2000.
- ANDRADE, M. M. **Como Preparar Trabalhos para Cursos de Pós Graduação**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- ARAÚJO, R. O.; BAIDYA, T. K. N. Avaliação de Opções Reais através do Método dos Mínimos Quadrados de Monte Carlo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24, 2004, Florianópolis. **Anais do XXIV ENEGEP**. Florianópolis: ABEPRO, 2004. 1 CD.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, May-June, p. 637-54, 1973.
- BODIE, Z. ; MERTON, R. C. **Finanças**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BOURCHALAT, J. **La Methode de Cas**. Paris: Presses Universitaires de France, 1961.
- BOYLE, P. P. A Lattice Framework for Option Pricing with Two State Variables. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 23, n. 1, p. 1 –12, 1988.
- BOYLE, P. P. Options: A Monte Carlo Approach. **Journal of Financial Economics**, v. 4, n. 3, p. 223-238. 1977.
- BOWMAN, E. H.; MOSKOWITZ, G. T. Real Options Analysis and Strategic Decision Making, **Organization Science**, v. 12, n. 6, November-December, p. 772-777, 2001.
- BRANDÃO, C. **Aquisição da Pegasus Telecom pela Telemar: Aplicação da Análise por Opções Reais para avaliar opções de expansão e de abandono**. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc. 2006. 95p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração das Faculdades IBMECC).
- BRANDÃO, L. E.; DYER, J. S. Decision Analysis and Real Options: A Discrete Time Approach to Real Option Valuation, **Annals of Operations Research**, 135, p. 21-39, 2005.
- BRANDÃO, L. **Uma aplicação da teoria das Opções Reais em tempo discreto para avaliação de uma concessão rodoviária no Brasil**. Rio de Janeiro: PUC. 2002. (Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial. Rio de Janeiro da Pontifícia Universidade Católica).
- BREALEY, R. A.; MYERS, S. C. **Principles of Corporate Finance**. 5. ed. EUA: McGraw Hill, 1996.
- BRENNAN, M. J.; SCHWARTZ, E. S. A New Approach to Evaluating Natural Resource Investments. **Midland Corporate Finance Journal**. v. 3, n. 1, p. 37-47, 1985b.
- BRENNAN, M. J.; SCHWARTZ, E. S. Evaluating Natural Resource Investments. **Journal of Business**. v. 58, n. 2, p. 135-157, 1985a.
- BROADIE, M., DETEMPLE, J. B. Option Pricing: Valuation Models and Applications. **Management Science**, v. 50, n. 9, September, p. 1145-1177, 2004.
- CAMPBELL, J. A. Real options analysis of the timing of IS investment decisions. **Information & Management**, 39, p. 337-344, 2002.
- COPELAND, T. E., ANTIKAROV, V. **Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

- COPELAND, T. E., TUFANO, P. A Real-World Way to Manage Real Options. **Harvard Business Review**, v. 82, n. 3, p. 90-99, 2004.
- COPELAND, Thomas C.; WESTON, J. Fred. **Financial Theory and Corporate Policy**. 3. Ed. EUA: Addison-Wesley, 1988.
- COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option Pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, v. 7, p. 229-264, 1979.
- DIAS, M. A. G. Valuation of exploration and production assets: an overview of real options models. **Journal of Petroleum Science & Engineering**, v. 44, n. 1-2, p. 93-114, 2004.
- DIAS, M. A. G. **Investimento sob Incerteza em Exploração e Produção de Petróleo**. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 1996. 470p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-RJ)
- DIXIT, A. K., PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. New Jersey: Princeton University Press, 1995.
- ECCLES, R. G.; LANES, K. L.; WILSON, T. C. Are You Paying Too Much for That Acquisition?. **Harvard Business Review**, v. 77, n. 4, July/August, p.136-146, 1999.
- FAULKNER, T. W. Applying 'Options Thinking' To R&D Valuation. **Research Technology Management**, v. 39, n. 3, p. 50-56, 1996
- FEINSTEIN, S. P.; LANDER, D. M. A better Understanding of why NPV undervalues Managerial Flexibility. **The Engineering Economist**, v. 47, n. 4, p. 418-435, 2002.
- FIGUEIREDO, A. C. **Introdução aos derivativos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learnig, 2002.
- FOOTE, D. A.; FOLTA, T. B. Temporary workers as real options. **Human Resource Management Review**, 12, p. 579-597, 2002.
- GESKE, R. The Valuation of Compound Option. **Journal of Financial Economics**, v. 7, n. 1, p. 63-81, 1979
- HAYES, R. H.; GARVIN, D. A. Managing as if tomorrow mattered. **Harvard Business Review**, v. 60, n. 3, p. 70-79, 1982
- HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK; K. B. **Dinamic Manufacturing: Creating The Learning Organization**. New York: The Free Press, 1988.
- HERATH, H. S. B.; PARK, C. S. Economic Analysis of R&D Projects: An Options Approac. **The Engineering Economist**, v.44, n. 1, p. 1-35, 1999.
- HULL, J. C. **Fundamentos dos Mercados Futuros e de Opções**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2005.
- HULL, J. **Introdução aos Mercados Futuros e de Opções, Bolsa de Mercadorias e Futuros**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros / Cultura, 1996.
- KALLBERG, G.; LAURIN, P. **Real Options in R&D Capital Budgeting - A case study at Pharmacia & Upjohn**, Master Thesis, Departament of Economics, Gothenburg School of Economics and Commercial Law, Spring, 1997.
- KAMRAD, B.; RITCHKEN, P. Multinomial Approximating Models for Options with k state variables. **Management Science**, v. 37, n. 12, p. 1640-1653, 1991.
- KEMNA, A. G. Z. Case Studies on Real Options. **Financial Management**, v. 22, n. 3, p.259-70, 1993.
- KESTER, W. C. Today's Options for Tomorrow's Growth. **Harvard Business Review**, vol. 62, n. 2, 1984.
- KOGUT, B. Joint Ventures and the option to expand and acquire. **Management Science**, v. 31, n. 1, Jan, p. 19-33. 1991.
- KOGUT, B.; KULATILAKA, N. Operating Flexibility, Global Manufacturing, and the Option Value of a Multinational Network. **Management Science**, v. 40, n. 1, Jan., p. 123-39, 1994

- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 1990.
- LANDER, D. M.; PINCHES, G. E. Challenges to the practical implementation of modeling and valuing real options, **The Quarterly Review of Economic and Finance**, v. 38, Special Issue, p. 537-567, 1998.
- LEMES JUNIOR, A. B. L.; RIGO, C. M.; CHEROBIM, A. P. M. S. **Administração Financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras**. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: abordagens avaliativas**. São Paulo: EPU, 1986. p.25-44.
- LUEHRMAN, T. A. Strategy as a Portfolio of Real Options. **Harvard Business Review**, v. 76, n. 5, September-October, p. 89-99. 1998a.
- LUEHRMAN, T. A. Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers. **Harvard Business Review**, v. 76, n. 4, July-August, p. 51-67, 1998b.
- MACEDO, M. A. S. Estudo da viabilidade econômico-financeira de projetos que utilizam gerenciamento de restrições. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 6, 2003, São Paulo. **Anais do VI SIMPOI**. São Paulo: FGVSP, 2003. 1 CD.
- MAGALHÕES JÚNIOR, F. **Avaliação de campo maduro de petróleo por opções reais**. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmec. 2006. 116p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração das Faculdades IBMEC).
- MAGEE, J. F. Decision Trees for Decision Making. **Harvard Business Review**, v. 42, n. 4, July-August, p. 126-138, 1964.
- MARGRABE, W. The Value of an Option to Exchange One Asset for Another. **Journal of Finance**, v. 33, n. 1, p.177-186, 1978.
- MASON, S. P.; MERTON, R. C. The Role of Contingent Claims Analysis in Corporate Finance. In: ALTMAN, E. I.; SUBRAHMANYAM, M. G. **Recent Advances In Corporate Finance**. Homewood: Irwin, 1985 p. 9-54
- MASSOTTI, M. B. **Uso de Opções Reais para precificação das garantias de contratos: O Caso Expresso Aeroporto**. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmec. 2007. 91p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia das Faculdades IBMEC).
- McDONALD, R. L.; SIEGEL, D. R. Investment and the Valuation of Firms When There is an Option to Shut Down. **International Economic Review**, v.26, n. 2, June, p.331-49, 1985.
- McDONALD, R. L.; SIEGEL, D. R. The Value of Waiting to Invest. **Quarterly Journal of Economics**, November, p. 707-27, 1986
- MERTON, R. Applications of option-pricing theory: Twenty-five years later. **Journal of Financial Economics**, Nobel Lecture, December 9, 1997. Reprinted in *The American Economic Review*, v. 88, n. 3, p. 323-349, 1998.
- MERTON, R.C. Theory of rational option pricing. **Bell Journal of Economics and Management Science**. 4, p.141-183. 1973.
- MILLER, L. T.; PARK, C. S. Decision Making under uncertainty – Real Options to the Rescue? **The Engineering Economist**, v. 47, n. 2, p. 105-150, 2002.
- MINARDI, A. M. A. F. Teoria de Opções Reais Aplicada a Projetos de Investimentos. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 2, Abr./Jun., p.74-79, 2000.
- MYERS, S. C. Determinants of Corporate Borrowing. **Journal of Financial Economics**, v. 5, p. 147-175, 1977
- MYERS, S. C. Finance Theory and Financial Strategy. Interfaces - **Midland Corporate Finance Journal**. 5, V. 14, January-February, p. 126-137, 1984.
- MYERS, S. C. Finance Theory and Financial Strategy. **Midland Corporate Finance Journal**. v. 5, n. 1, p. 6-13, 1987.

- NEMBHARD, H. B.; SHI, L.; AKTAN, M. A Real Options Design for product Outsourcing. **The Engineering Economist**, v. 48, n. 3, p. 199-217, 2003.
- NEMBHARD, H. B.; SHI, L.; PARK, C. S. Real Option Models for Managing Manufacturing System in the New Economy. **The Engineering Economist**, v. 45, n. 3, p. 232-58, 2000.
- PADDOCK, J. L.; SIEGEL, D. R.; SMITH, J. L. Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. **Quarterly Journal of Economics**, August, p. 479-508. 1988.
- PANAYI, S.; TRIGEORGIS, L. Multi-Stage Real Options: The Cases of Information Technology Infrastructure and International Bank Expansion. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 38, Special Issue, p. 675-692, 1998.
- PARK, C. S.; HERATH, H. S. B. Exploiting Uncertainty – Investment Opportunities as Real Options: A new way of thinking in Engineering Economics. **The Engineering Economist**, v. 45, n. 1, p. 1-36, 2000
- PERLITZ, M., PESKE, T., SCHRANK, R. Real Option Valuation: The New Frontier in R&D Project Evaluation?, **R&D Management**, v. 29, n. 3, p. 255-269, 1999.
- Portal Brasil. Disponível em: http://www.portalbrasil.net/poupanca_mensal.htm. Data de acesso: 24 de Janeiro de 2009.
- QUIGG, L. Empirical Testing of Real Options Pricing Models. **The Journal of Finance**, v. 48, n. 2, June, p. 621-639, 1993
- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. E. **Administração Financeira**. 2 Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SANTOS, E. M.; PAMPLONA, E. O. Captando o Valor da Flexibilidade Gerencial Através da Teoria das Opções Reais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21, 2001, Salvador. **Anais do XXI ENEGEP**. Salvador: ABEPRO, 2001. 1 CD.
- SANTOS, E. M.; PAMPLONA, E. O. Opções Reais: Um Caso Prático em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23, 2003, Ouro Preto. **Anais do XXIII ENEGEP**. Ouro Preto: ABEPRO, 2003. 1 CD.
- SANTOS, E. M. **Um estudo sobre a teoria das opções reais aplicada à análise de investimentos em projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D)**. Itajubá: EFEI, 2001. 138p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola Federal de Engenharia de Itajubá).
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- TITMAN, S. Urban Land Prices Under Uncertainty. **The American Economic Review**, v. 75, n. 3, June, p. 505-514, 1985.
- TRIANIS, A. J.; HODDER, J. E. Valuing Flexibility as a Complex Option. **Journal of Finance**, v. 45, n. 2, p. 549-65, 1990
- TRIGEORGIS, L. Making use of Real Options Simple: an overview and applications in flexible/modular decision making. **The Engineering Economist**, v. 50, n. 1, p. 25-53, 2005.
- TRIGEORGIS, L., MASON, S. P. Valuing Managerial Flexibility. **Midland Corporate Finance Journal**. v. 5, n. 1, p. 14-21, 1987
- TRIGEORGIS, L. **Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation**. Cambridge: The MIT Press, 1996.
- TRIGEORGIS, L. The Nature of Options Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Option. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 28, n. 1, march, p. 1-20, 1993.

- VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- VICENTE, E. F. R.; JÚNIOR, R. L. P. O Uso da Teoria de Opções Reais (TOR) na Avaliação de Projetos: Um Estudo de Caso do Biodiesel no Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, 9, 2005, Florianópolis. **Anais do IX Congresso do IIC**. Florianópolis: IIC, 2005. 1 CD.
- YEO, K. T.; QIU, F. The value of management flexibility – a real option approach to investment evaluation. **International Journal of Project Management**, v. 21, p. 243-250. 2003.
- YIN, R. **Applications of Case Study Research**. Newbury Park: Sage, 1993.
- ZALTAMN, G.; BURGER, P. C. **Marketing Research: fundamentals and dynamics**. Himdale: Druden Press, 1975.