

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

DIEGO FELIPE MUÑOZ

**AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE TECNOLOGIA: ENTENDIMENTO MÉTODO DE
OPÇÕES REAIS E APLICAÇÃO**

São Paulo

2010

DIEGO FELIPE MUÑOZ

**AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE TECNOLOGIA: ENTENDIMENTO MÉTODO DE
OPÇÕES REAIS E APLICAÇÃO**

**Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção.**

São Paulo

2010

DIEGO FELIPE MUÑOZ

**AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE TECNOLOGIA: ENTENDIMENTO MÉTODO DE
OPÇÕES REAIS E APLICAÇÃO**

**Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção.**

Orientador: João Eduardo de Moraes Pinto Furtado

São Paulo

2010

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

FICHA CATALOGRÁFICA

Muñoz, Diego Felipe

**Avaliação de projetos de tecnologia: entendimento método
de opções reais e aplicação / D.F. Muñoz. -- São Paulo, 2010.
83 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1. Inovações tecnológicas 2. Tecnologia (Avaliação) I. Uni -
versidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Produção II. t.**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. João Furtado, pela preocupação com minha formação. Acredito que as divergências são menores e menos importantes que as convergências. Também, pela paciência e pela disposição.

À minha família, pelo apoio e pelos esforços realizados para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos da Engenharia de Produção, Ruth, Felipe e Alberto, com quem compartilhei dificuldades e conquistas. Pela compreensão, trabalho duro e diversão.

Aos meus amigos de República, com quem compartilhei muitas felicidades. Ao Rafael, pela amizade e apoio.

Pelos agradáveis dias de estágio e pelo apoio à minha formação prática: Augusto, Letícia, Linda, Rosina, Patrícia, Rafael, Carlos, Paulo, Xavier e Cassinelli. Novamente, aos meus amigos Felipe e Alberto, sem os quais o estágio teria sido muito menos interessante.

Ao Grupo de Estudos em Inovação e Desenvolvimento – GEID – pelas discussões e aprendizado nos últimos dois anos.

À minha namorada, pela paciência, amor e amizade nos momentos mais difíceis, principalmente no biênio.

À Universidade de São Paulo e à Escola Politécnica, pelas oportunidades.

EPÍGRAFE

“Ama-se mais o que se conquista com esforço.”

Benjamin Disraeli

RESUMO

MUÑOZ, D.F. Avaliação de Projetos de Tecnologia: Entendimento Método de Opções Reais e Aplicação. 2010. 100 p. Trabalho de formatura (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Este trabalho se propõe a analisar os métodos de valoração de tecnologias por Opções Reais, adequando os modelos estudados às particularidades da área de Inovação e Tecnologia Corporativa de grande empresa do setor petroquímico nacional. O trabalho se divide em três grandes partes. A primeira diz respeito ao problema enfrentado e aos principais conceitos relacionados a Opções Reais. Nesta etapa são descritos os Modelos Binomial e Black-Scholes e é desenvolvido o racional existente sob cada um dos modelos. A segunda parte do trabalho diz respeito à adaptação dos modelos estudados às necessidades da empresa e aplicação a um caso real. A última parte diz respeito à discussão dos resultados e apresentação de uma metodologia envolvendo os dois modelos complementarmente. Como principais resultados do trabalho obtiveram-se a sistematização do processo de valoração de tecnologias da área e a proposição de uma metodologia de valoração de projetos utilizando complementarmente os modelos Binomial e Black-Scholes. Em um segundo plano, o projeto permitiu o entendimento do Método das Opções Reais, assim como as limitações e oportunidades que sua efetiva utilização pode trazer.

Palavras-chave: valoração, projetos, inovação, opções reais.

ABSTRACT

MUÑOZ, D.F. Evaluation of Technology Projects: Understanding of Real Options Method and Application. 2010. 100 p. Final Project (Graduation) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

This study aims to analyze real options valuation methods and adapting the models studied to the particularities of Innovation and Technology Corporative Area of a Brazilian petrochemical company. The study is divided into three major parts. The first is related to the concepts of Real Options. This part describes the Binomial and Black-Scholes Models and develops the rational under each model. The second part of the study is concerned with the adaptation of these models to the company requires and application of both models to a real case. The last part presents a methodology involving the methods and a discussion of the work's product. The main results obtained from this study refers to the organization of the valuation process and a methodology using complementary Binomial and Black-Scholes models to valuate projects. In the background, the project shed light over Real Options Method and showed to the managers the limits and opportunities of using such tool.

Keywords: valuation, projects, innovation, real options.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1: Ferramentas de Análise de Projetos pelo Grau de Tratamento de Riscos.	26
Figura 6-1 – Situação exemplo para Opções Reais.	33
Figura 6-2 – Situação com e sem opção para o exemplo dado.....	34
Figura 6-3: Ganhos com Opção de Compra.	35
Figura 6-4: Ganhos com Opção de Venda.....	37
Figura 7-1 – Formulação geral do Modelo Binomial.	39
Figura 7-2 – Valor da opção para cada ramo árvore binomial exemplo e curva de probabilidades para a distribuição dos ganhos.	42
Figura 7-3: Possibilidades de valor do ativo para modelo Binomial de 04 estágios.	43
Figura 7-4: Possibilidades de valor do ativo para Modelo Binomial de 04 estágios exemplo item 7.1.	44
Figura 7-5 – Método de Cálculo de Probabilidades para Método Binomial com 04 estágios.	45
Figura 7-6 – Probabilidades para cada ramo da árvore binomial e curva de probabilidades para o valor final do ativo.....	46
Figura 7-7: Cálculo do valor da opção para os ramos da árvore.	47
Figura 7-8 – Valor da Opção para cada ramo árvore binomial exemplo e curva de probabilidades para a distribuição dos ganhos.	48
Figura 8-1: Estágios básicos de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento.....	55
Figura 9-1: Fluxograma do Projeto Analisado.	58
Figura 9-2: Possíveis Valores do Ativo em cada Estágio da Árvore.	73
Figura 9-3: Possíveis Valores do Ativo Calculados para cada Estágio da Árvore.....	74
Figura 9-4: Probabilidades para cada ramo da árvore binomial e curva de probabilidades para o valor final do ativo.....	75

Figura 9-5: Valor da Opção para cada ramo árvore binomial Projeto Gaseificação e curva de probabilidades para a distribuição dos ganhos.	76
Figura 11-1: Metodologia de Aplicação dos Modelos de Opções Reais para Valoração de Tecnologias.....	83
Figura 12-1: Planilha de Entrada de Dados para Modelos Binomial e Black-Scholes.	86
Figura 12-2: Planilha de Cálculos dos Cenários.....	87
Figura 12-3: Planilha de Construção de Cenários para utilização nos Modelos Binomial e Black-Scholes.	88
Figura 12-4: Planilha de Cálculo de Valor das Opções segundo o Modelo Binomial.	89
Figura 12-5: Planilha de Cálculo de Valor das Opções segundo o Modelo Black-Scholes.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 7-1 – Fluxo de Caixa para Cenário 01.	40
Tabela 7-2: Fluxo de Caixa Cenário 02, Equivalente ao 01.	40
Tabela 7-3: Valor da Opção e Probabilidades para os Modelos Utilizados.	52
Tabela 9-1: Investimento Planta de Produção de Etanol por Gaseificação de Biomassa, para diferentes capacidades.	63
Tabela 9-2: Cronograma e VPL de Investimentos para o projeto analisado.	63
Tabela 9-3: Cálculos de Custo Fixo para a Planta Industrial de Produção de Etanol.	64
Tabela 9-4: Cálculos de Custo Fixo para a Planta Piloto de Produção de Etanol.	64
Tabela 9-5: Custo médio esperado de produção de etanol por rota de Gaseificação de Biomassa.	65
Tabela 9-6: Fluxo de Caixa Médio Esperado, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno do Projeto.	66
Tabela 9-7: Cálculo Custos Fixos Máximo e Mínimo para Planta Industrial e Piloto de Produção de Etanol.	68
Tabela 9-8: Custo variável máximo esperado de etanol por rota de Gaseificação de Biomassa.	69
Tabela 9-9: Pior Cenário de Fluxo de Caixa Esperado, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno do Projeto.	69
Tabela 9-10: Custo variável mínimo esperado de produção de etanol por rota de Gaseificação de Biomassa.	71
Tabela 9-11: Melhor Cenário de Fluxo de Caixa Esperado, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno do Projeto.	71
Tabela 9-12: Comparativo Valor Presente Líquido do Projeto, Valor do Ativo e Preço de Exercício para os três cenários considerados.	72

Tabela 10-1: Comparativo Resultados Modelo Binomial e Black-Scholes.	81
---	----

SUMÁRIO

PARTE I: INTRODUÇÃO E PRINCIPAIS CONCEITOS.....	17
1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E ESTÁGIO.....	17
2 PROBLEMA	18
2.1 PROJETOS DA ÁREA DE I&T CORPORATIVA.....	18
2.2 PROBLEMAS NA VALORAÇÃO DE TECNOLOGIAS.....	19
2.3 VALORAÇÃO DOS PROJETOS DA ÁREA DE I&T CORPORATIVA	20
3 PROPOSTA DE SOLUÇÃO	21
4 MÉTODOS DE VALORAÇÃO	22
4.1 VALORAÇÃO BASEADA NO CUSTO DE DESENVOLVIMENTO	22
4.2 VALORAÇÃO POR MÚLTIPLOS.....	23
4.3 MÉTODO DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	24
4.4 MÉTODO DAS OPÇÕES REAIS	25
4.5 OUTROS MÉTODOS	26
5 PARADIGMAS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS.....	28
5.1 PROBLEMA 01: USO DO MÉTODO DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	28
5.2 PROBLEMA 02: CUSTOS FIXOS E CUSTOS AFUNDADOS	29
5.3 PROBLEMA 03: FOCO EXCESSIVO NO LUCRO POR AÇÃO.....	30
6 OPÇÕES REAIS	33
6.1 PRINCÍPIO A PARTIR DE UM EXEMPLO	33
6.2 OPÇÕES DE COMPRA E VENDA	34
6.2.1 OPÇÕES DE COMPRA (CALL OPTION).....	35

6.2.2	OPÇÕES DE VENDA (PUT OPTIONS).....	36
6.2.3	ANALOGIA COM PROJETOS DE TECNOLOGIA	38
7	<u>MODELOS DE VALORAÇÃO DE TECNOLOGIAS ATRAVÉS DE OPÇÕES REAIS.....</u>	39
7.1	MODELO BINOMIAL	39
7.2	MODELO BINOMIAL – VÁRIOS ESTÁGIOS	43
7.3	MODELO BLACK-SCHOLES	49
7.4	RESULTADOS COMPARATIVOS	51
8	<u>VALOR REAL DE UM PROJETO</u>	53
8.1	PROJETOS MULTI-ESTÁGIO.....	54
8.1.1	ESTÁGIO 01: PESQUISA	56
8.1.2	ESTÁGIO 02: CONSTRUÇÃO TÉCNICA E DESENVOLVIMENTO	56
8.1.3	ESTÁGIO 03: IMPLEMENTAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO.....	57
	<u>PARTE II: ADAPTAÇÃO DO MODELO AO PROBLEMA.....</u>	58
9	<u>ANÁLISE DE CASO – TECNOLOGIA DE GASEIFICAÇÃO DE BIOMASSA</u>	58
9.1	MODELAGEM DO PROBLEMA	59
9.2	VALORAÇÃO DAS OPÇÕES EM PROJETOS DE TECNOLOGIA	59
9.2.1	DETERMINAÇÃO DO PREÇO DE EXERCÍCIO (K).....	61
9.2.2	DETERMINAÇÃO DO VALOR CORRENTE INICIAL DO ATIVO (S)	63
9.2.3	DEFINIÇÃO DO VALOR DA OPÇÃO (C)	67
9.2.4	CONSTRUÇÃO ÁRVORE DE POSSIBILIDADES DO VALOR DA TECNOLOGIA	73
	<u>PARTE III: DISCUSSÃO, METODOLOGIA DE VALORAÇÃO E CONCLUSÃO</u>	81
10	<u>COMPARATIVO RESULTADOS – MODELO BINOMIAL E MODELO BLACK-SCHOLES.....</u>	81
11	<u>METODOLOGIA DE VALORAÇÃO DE PROJETOS</u>	82

<u>12</u>	<u>FERRAMENTA DE APLICAÇÃO DO MODELO</u>	<u>84</u>
<u>13</u>	<u>CONCLUSÃO</u>	<u>90</u>
13.1	DIFICULDADES E DESAFIOS.....	90
13.2	VIABILIDADE DO PROJETO	92
<u>14</u>	<u>REUNIÕES COM ORIENTADOR.....</u>	<u>94</u>
<u>15</u>	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>95</u>
	<u>APÊNDICE A.....</u>	<u>96</u>

PARTE I: Introdução e Principais Conceitos

O trabalho apresentado é dividido em três partes. A primeira diz respeito ao problema enfrentado e aos principais conceitos relacionados a Opções Reais. Nesta etapa são descritos os Modelos Binomial e Black-Scholes e é desenvolvido o racional existente sob cada um dos modelos. A segunda parte do trabalho diz respeito à adaptação dos modelos estudados às necessidades da empresa. A última parte refere-se à aplicação dos modelos a um caso real e à apresentação de uma metodologia envolvendo os dois modelos complementarmente.

1 Descrição da Empresa e Estágio

O Trabalho de Formatura foi realizado na empresa Braskem S.A., mais especificamente na área de Inovação e Tecnologia Corporativa da empresa. O estágio supervisionado teve início em janeiro de 2009, sendo este orientado e supervisionado pelo gerente de Open Innovation da área, Paulo Coutinho, e pelo professor do Departamento de Engenharia de Produção, João Furtado.

A Braskem é uma empresa brasileira da área petroquímica, apresentando-se como grande produtora de resinas termoplásticas da América Latina. A empresa é resultado da união, em 2001, do grupo Odebrecht ao Grupo Mariani para assumir o controle da Copene, sendo recentemente marcada também pela compra da Quattor, o que evidencia a rápida expansão da empresa. A empresa apresenta também uma forte capacitação em pesquisa e desenvolvimento, com infra-estrutura de pesquisa e áreas específicas para desenvolvimentos de novos produtos e mercados. Uma destas áreas é a área de Inovação e Tecnologia Corporativa da Braskem, responsável pelo acompanhamento dos projetos que se distanciam dos negócios centrais da empresa.

A área de Inovação e Tecnologia Corporativa é subdividida em 03 subáreas: Inteligência Tecnológica, Gestão Estratégica da Inovação e Open Innovation, sendo esta última a área de realização do estágio. Nesta área são geridos os chamados projetos de ruptura da empresa, sendo de responsabilidade do Open Innovation não somente a gestão dos projetos de tecnologia e acompanhamento junto às Universidades e Centros de Pesquisa, como também a avaliação da viabilidade destes projetos e as decisões quanto a investir ou não nas oportunidades que são criadas ao longo das atividades da área.

Neste contexto, as atividades de estágio se dão principalmente no apoio às atividades da área, principalmente no que se refere à prospecção de novas tecnologias e avaliação de

projetos, sendo esta última atividade de maior importância e dificuldade, seja pela complexidade dos projetos, seja pela incerteza intrínseca dos projetos avaliados.

2 Problema

Como dito anteriormente, a área de Inovação e Tecnologia Corporativa da Braskem tem a necessidade de avaliar os projetos de tecnologia sendo desenvolvidos, assim como as oportunidades tecnológicas identificadas durante suas atividades. Esta avaliação tem como objetivo verificar a viabilidade da tecnologia estudada e apoiar a decisão dos gestores sobre quais os projetos a serem priorizados dentre os disponíveis.

2.1 Projetos da Área de I&T Corporativa

Os projetos realizados na Braskem apresentam, atualmente, uma grande variação quanto ao seu grau de complexidade e inovação. Ao passo que algumas áreas apresentam projetos incrementais para melhoria de processos, há também projetos para desenvolvimento de novos mercados para os produtos já existentes e projetos para desenvolvimento de novos materiais e processos, mesmo fora dos negócios principais da empresa. É neste último tipo de projetos que se enquadra a atuação da área de Inovação e Tecnologia Corporativa da Braskem. São estes projetos em sua grande maioria para obtenção de novos materiais, para os quais são utilizados intermediários diferentes ou novos processos de separação, síntese etc. Há ainda projetos que se referem a novas rotas para obtenção dos mesmos materiais, podendo estes projetos serem tão inovadores e incertos quanto os anteriores.

Uma vez que estes projetos apresentam uma complexidade muito grande, com diversas etapas e variáveis influenciando seus resultados, eles são divididos em projetos menores, os quais são realizados junto a Universidades e Centros de Pesquisa, tanto no Brasil, quanto no exterior. O objetivo destes projetos é estudar a viabilidade de uma etapa do processo de produção do novo produto, ou mesmo de todo o processo, através de uma nova rota. Neste contexto, o processo de valoração de tecnologias torna-se extremamente complexo, com os dados a serem obtidos para o processo de valoração de difícil obtenção e muito baixa precisão. Ainda, por se tratarem de processos completamente novos, são necessárias suposições de efetivamente ocorrência destas reações e de seus rendimentos, baseando-se para tal em outras reações já conhecidas.

2.2 Problemas na Valoração de Tecnologias

Vale ressaltar que as dificuldades na valoração de tecnologias disruptivas não é um problema atual, nem isolado da Braskem ou do setor petroquímico. A dificuldade de lidar com as incertezas existentes neste tipo de projeto envolve empresas de diversos setores e a habilidade de lidar com estes projetos pode ser um dos fatores de sucesso de diferentes empresas no que se refere à inovação.

Segundo Rosenberg (1990), o produto de esforços de pesquisa não tem uma dimensão clara, com os resultados não podendo ser medidos através de um produto final. Muitas vezes os projetos têm seus resultados intermediários aplicados a outro problema, e um projeto que é considerado um fracasso é de extrema importância para um projeto de sucesso. Os negócios não são realizados em um “mundo organizado no qual as relações são claramente definidas e a causalidade funciona em apenas uma direção”. Conforme destacado pelo autor, o ambiente de negócios é altamente interativo, com retroalimentações constantes que mudam as ações dos próprios gestores, existindo diversos desenvolvimentos que casualmente têm implicações importantes. Estas incertezas acabam dificultando as avaliações realizadas e, por sua vez, minando os projetos de tecnologia, que precisam ser submetidos a aprovações em função dos resultados esperados. Como produto deste ambiente tem-se, como destacado por Howard Nason (1981), que “as metodologias de seleção de projetos formais e quantitativas tendem a reduzir a tendência para realização de pesquisas mais fundamentais”.

Evidentemente a importância das metodologias de seleção de projetos varia de setor para setor, de acordo com a importância da própria inovação para cada um. Conforme apontado por Pavitt (1984) existem similaridades e diferenças entre os setores no que se refere à fonte, natureza e impacto das inovações. Estas similaridades e diferenças, por sua vez, são definidas dentro de cada setor pelas fontes dos novos conhecimentos, pelo tamanho e pelas principais linhas de pesquisa das firmas inovadoras. Para alguns setores, com isso, as inovações vêm de fora e a importância de investimentos maciços em novas tecnologias é menor. Para outros setores, no entanto, as inovações vêm do próprio setor e têm papel fundamental na competitividade da empresa. Estes setores são classificados pelo autor como baseados em ciência, e entre eles não se encontra somente o setor químico, mas também o setor eletrônico e de comunicação. Para estes casos a importância da realização de pesquisas disruptivas é mais destacada, assim como a importância de um método de valoração que não reduza a tendência das empresas de investir em pesquisa de novas tecnologias.

2.3 *Valoração dos Projetos da Área de I&T Corporativa*

Como já apontado, a valoração de projetos de tecnologia exerce um papel importante dentro das empresas, com a aplicação de metodologias tradicionais podendo minar o desenvolvimento de projetos de inovação. Ainda, conforme apresentado no item 2.1 – Projetos da Área de I&T Corporativa – os projetos da área apresentam grandes incertezas, as quais são inerentes à sua natureza, com as informações que amenizam essas incertezas obtidas somente ao longo do desenvolvimento do projeto.

Para a área de I&T Corporativa da empresa essas incertezas se referem às perspectivas de que as reações realmente ocorram e de que os consumos de matérias-primas e utilidades sejam próximos do esperado, sendo todas estas variáveis ainda muito distantes de uma determinação precisa. Soma-se a isso, ainda, as incertezas referentes à comercialização do novo produto. Não se sabe *a priori* o resultado no mercado do novo produto – qual a taxa de penetração no novo mercado, qual o *Premium* a ser cobrado etc. – o que é agravado pelo tempo de lançamento dos projetos, o qual pode variar de 3 a 5 anos.

Neste contexto, o método do fluxo de caixa descontado se mostra como uma ferramenta pouco robusta para a avaliação de projetos de inovação nas empresas. Este método, atualmente utilizado na Braskem, desconsidera todas as incertezas existentes em um projeto de tecnologia, com a obrigatória atribuição de valores absolutos às principais variáveis e agregando todas as etapas em uma média esperada, uma vez que consideram em um único número todas as incertezas existentes em um projeto (para detalhamento do método do fluxo de caixa descontado ver item 4.3 – Método do Fluxo de Caixa Descontado). Tornam-se indissociados da valoração questionamentos sobre quão próximas do real são as suposições realizadas, em uma fase em que o produto ainda se encontra em fase de desenvolvimento e nenhuma rota está ainda bem estabelecida.

É necessário também explicar internamente que os investimentos a serem realizados não se referem ao projeto todo, mas apenas a primeira ou segunda etapas, e que se os resultados indicarem a viabilidade da linha de pesquisa, o projeto deve ser continuado. Isto não significa que o valor total do projeto não deva ser apresentado, mas apenas que este valor é uma indicação do potencial do projeto. Neste sentido, novamente, o método do fluxo de caixa descontado não se apresenta como uma ferramenta facilitadora da comunicação interna dos projetos, uma vez que não são apresentadas etapas, nem alternativas.

Percebe-se, com isso, que o método de valoração de tecnologias utilizado atualmente não atende às necessidades da empresa, tanto no que diz respeito à avaliação quanto no que diz respeito à comunicação dos projetos. Como apresentado, este problema é intrínseco a tecnologias em que o grau de inovação é maior, com a utilização de metodologias de valoração pouco adequadas podendo desincentivar a inovação. Existe, com isso, a necessidade de buscar por metodologias que sejam capazes de lidar com as incertezas das tecnologias, sendo uma ferramenta mais adequada para a avaliação dos projetos da Área de Tecnologia e Inovação da Braskem.

3 Proposta de Solução

Há, atualmente, diversos métodos de valoração de tecnologias, os quais apresentam diferentes benefícios e limitações. Dentre estes métodos podemos destacar a valoração baseada no custo de desenvolvimento, a valoração baseada por meio de múltiplos, a valoração por fluxo de caixa descontado e a valoração por opções reais. Estes métodos variam em complexidade, podendo apresentar melhores ou piores resultados de acordo com as necessidades colocadas.

Para a Braskem, a avaliação de tecnologias envolve não somente a valoração das tecnologias desenvolvidas, mas também a avaliação do risco e das variações de cenário existentes pelos gestores. Deste modo, a avaliação dos projetos deve trabalhar, de um lado, com a capacidade de lidar com as incertezas e riscos de um projeto, como de outro lado, com a complexidade de implantação e difusão de um processo de avaliação de tecnologias mais complexo e menos utilizado. Existe já dentro da empresa uma experiência dos gestores de que o Método das Opções Reais seja o mais adequado. Isto ocorre devido ao intercâmbio de experiências sobre valoração de projetos com outras empresas de vocação tecnológica, que já utilizam o método. Cabe, entretanto, investigar se os Modelos de Opções Reais podem ser adaptados às particularidades dos projetos da empresa e, principalmente, se atende às necessidades da área de Inovação e Tecnologia Corporativa.

Para tal será realizada revisão bibliográfica da utilização do Método das Opções Reais e de seus diferentes modelos, adaptação de um ou mais modelos às necessidades da empresa e avaliação de uma tecnologia a partir do método proposto. Espera-se, com isso, a proposição de uma metodologia de avaliação de projetos de tecnologia adequada às necessidades da Área de Inovação e Tecnologia Corporativa da Braskem.

4 Métodos de Valoração

São apresentados abaixo os principais métodos de valoração de projetos disponíveis na literatura sobre o tema e sintetizados por Santos e Santiago (2008) e Dias (1996).

4.1 *Valoração Baseada no Custo de Desenvolvimento*

O método baseia-se na valoração de uma tecnologia em função de seu custo de desenvolvimento. Deste modo, a lógica deste tipo de valoração diz respeito à negociação do valor do projeto a partir do investimento a ser realizado. Este tipo de valoração tem como premissa de que o desenvolvimento realizado por uma empresa poderia ser replicado por outra empresa através do mesmo investimento. A fim de contornar esta premissa, a valoração baseada no custo de desenvolvimento pode usar duas abordagens. A primeira, com referencial no desenvolvedor, diz respeito aos valores desembolsados para o desenvolvimento da tecnologia. Tem-se como objetivo, neste caso, recuperar os investimentos realizados. No segundo caso, usa-se como referencial o custo de desenvolvimento de alguma outra instituição, como a compradora. Neste caso, tem-se como objetivo avaliar o custo da tecnologia utilizando-se empresas referência no desenvolvimento da tecnologia.

As vantagens para a valoração baseada no custo de desenvolvimento referem-se principalmente à sua simplicidade. Para o caso de valoração baseada nos custos do desenvolvedor o levantamento das informações de custos é consideravelmente direto, contanto que os registros ao longo do desenvolvimento tenham sido devidamente realizados. Para o caso de valoração baseada no desenvolvimento de outras empresas, a imprecisão pode ser maior, mas pode ser estimada de acordo com o conhecimento do processo por parte da empresa avaliadora.

Para o processo de negociação de tecnologias, no entanto, este método apresenta sua primeira restrição neste ponto, uma vez que a tecnologia negociada não necessariamente é conhecida pelo comprador. Uma segunda restrição, esta muito mais importante, é a de que a avaliação de um projeto se refere muito mais ao seu produto e potencial retorno futuro do que aos custos de desenvolvimento realizados. Apesar do custo de desenvolvimento ser uma informação importante, um projeto de custo baixo e resultados importantes tem valor maior que um projeto de alto custo e resultados pouco relevantes para a empresa.

Apesar disso, o método permite uma valoração simples e, na comercialização de uma tecnologia, o elemento custo de desenvolvimento é utilizado de maneira intangível, com o desenvolvedor utilizando o montante desembolsado como parâmetro na negociação.

4.2 Valoração por Múltiplos

A valoração por múltiplos se baseia na atribuição de valores de forma comparativa, com base em indicadores de ativos. A ideia central é atribuir um valor ao projeto a partir de resultados obtidos com projetos semelhantes. Para tal são selecionadas variáveis-chave que traduzam o resultado da tecnologia, sendo o valor da tecnologia associado às expectativas em relação a estas variáveis. Deste modo, assume-se que os resultados com tecnologias semelhantes podem ser aproximados em função de variáveis-chave que traduzam o desempenho da tecnologia.

Um exemplo simples de valoração por múltiplos se refere à valoração do preço de um imóvel a partir do preço do m² em determinada região. Para o caso de tecnologias, estima-se o valor de uma tecnologia através da exploração de tecnologias semelhantes (para o caso de *start-ups*, pode-se valorar a tecnologia pelo valor da própria empresa).

Deste modo, tem-se como vantagem a simplicidade e rapidez na utilização do método e estimativa do valor do ativo avaliado. Também, há grande vantagem devido à vasta utilização do método, o que facilita seu entendimento e aplicação.

Assim como através da valoração pelo custo de desenvolvimento, a valoração por múltiplos apresenta dificuldades, principalmente no que se refere à sua aplicação em casos de ruptura. A estimativa do múltiplo para empresas estabelecidas é mais fácil para mercados estabelecidos, com produtos já comercializados.

Para o desenvolvimento de novas tecnologias o impacto de um projeto não pode ser medido diretamente para o caso de grandes empresas. O resultado destas empresas depende de uma série de fatores a mais que o desenvolvimento de uma tecnologia, os quais não podem ser medidos com facilidade. O problema oposto se apresenta no que se refere às pequenas empresas. Uma determinada tecnologia, por mais promissora que seja, e por mais referenciais de sucesso que possam existir, apresentam muitas incertezas em um estágio inicial, o que dificulta a valoração para estas empresas, uma vez que a comparação com empresas já estabelecidas, mesmo que pequenas, não garantem o sucesso da tecnologia.

Apesar destas limitações, o método dos múltiplos pode ter grande aplicabilidade devido à rapidez para uma estimativa inicial. Também, o método pode ser utilizado para avaliar a valoração de uma tecnologia feita por outro método, ratificando os resultados ou chamando a atenção para a revisão dos dados.

4.3 Método do Fluxo de Caixa Descontado

Trata-se do método mais utilizado pelos tomadores de decisão em empresas para valoração tanto de novas tecnologias, como de projetos de pouco risco. Sua grande utilização diz respeito em grande parte à difusão do método, o que facilita o seu entendimento e aplicação.

O método baseia-se basicamente em três variáveis: o fluxo de caixa esperado, o risco, e o tempo de vida do ativo. O valor de um ativo é baseado no valor de seus fluxos de caixa futuros, projetados ao longo de seu tempo de vida e descontados por uma taxa que representa o valor do dinheiro ao longo do tempo e o risco.

Como dito anteriormente, é altamente utilizado devido à sua simplicidade e objetividade, propiciando uma boa representação do valor dos ativos. Tem maior precisão nos resultados para casos em que os fluxos de caixa estimados têm boa previsibilidade, o tempo de vida do ativo é claro e a taxa de desconto é bem estabelecida. Deste modo, o futuro é tido como previsível e a análise considera um cenário fixo de tomada de decisão ao longo do tempo.

Esta característica do fluxo de caixa descontado de se basear em ambientes de baixa incerteza limita sua utilização em casos em que seja difícil estimar os fluxos de caixa futuros, uma vez que a incerteza é grande. Neste sentido, se for utilizada uma alta taxa de retorno em uma análise, o valor presente de uma nova tecnologia tende a ser muito baixo, mesmo que ela seja extremamente promissora. Deste modo, “a taxa de desconto pode reduzir o valor do projeto ao considerar apenas seu risco de fracasso [...], desconsiderando a parte positiva do risco, responsável pela possibilidade de grandes ganhos”.

Somando-se a isso, ainda, o ambiente estático/determinístico referente ao método do fluxo de caixa descontado, o método não reflete a realidade dos projetos de tecnologia, em que os tomadores de decisão frequentemente têm opções de alterar os rumos de um projeto em função de novas informações durante seu decorrer.

4.4 Método das Opções Reais

O método das opções reais é recomendado aos problemas nos quais o valor da flexibilidade gerencial é grande. Esta flexibilidade está ligada ao direito, mas não à obrigação de realizar um investimento em um projeto.

Deste modo, à medida que um projeto de tecnologia tem andamento, existe um aumento do conhecimento sobre os fatores-chave do projeto, o que permite a tomada de melhores decisões.

A lógica do método das opções reais está ligada ao fato de que o gestor tem o direito, mas não a obrigação, de exercer a opção. Com isso, se o investidor avaliar que o valor esperado de se exercer uma opção é positivo, então ele exercerá este direito. Se por outro lado, o valor esperado de se exercer uma opção é negativo, então o investidor não exercerá o direito, e o valor perdido ficará limitado ao valor investido para se ter a opção.

Por esta perspectiva, ter opções em um projeto é melhor que não tê-las, e à medida que isto é incorporado à valoração de um projeto a avaliação deve resultar em um resultado melhor do que desconsiderando as opções. A diferença entre as duas avaliações, deste modo, será resultado do valor gerado através das opções incorporadas na valoração de tecnologias usando diferentes métodos.

As vantagens da utilização de tal modelo dizem respeito à capacidade de considerar que apenas uma parte do capital necessário ao projeto é empatado no momento da decisão de investir ou não em um projeto. Outra vantagem é o fato do método poder incorporar opções como a de abandonar o projeto, expandir o projeto ou adiar o projeto, permitindo uma análise mais flexível e condizente com a realidade.

Soma-se a isso, ainda, o fato do método permitir incorporar diversos cenários em uma análise, o que resulta em uma análise mais flexível, uma vez que não é necessário inferir os resultados do projeto ao longo do tempo.

Isto faz com que, muitas vezes, o método das opções reais resulte em uma análise que viabiliza a tomada de decisão a favor do projeto, uma vez que ao valor do projeto são incorporadas as opções do gestor de continuar o projeto ou abandoná-lo, caso a expectativa de ganhos não seja satisfatória.

A análise utilizando opções reais apresenta, no entanto, maior complexidade, o que torna o processo de avaliação mais longo, uma vez que é necessário mais tempo coletando dados. Também, as ferramentas matemáticas utilizadas no método são mais complexas, o que dificulta a comunicação, entendimento e aplicação da ferramenta.

4.5 Outros Métodos

Evidentemente, os métodos de valoração não se resumem aos quatro métodos apresentados acima: valoração por custo de desenvolvimento, valoração por múltiplos, método do fluxo de caixa descontado e método das opções reais. Existe uma série de outros modelos de valoração, os quais formam o sistema de valoração das empresas, combinados ou não.

A Figura 4-1, adaptada de Dias (1996), mostra a gradação dos métodos de análise de projetos, de acordo com o grau de tratamento de riscos realizado.

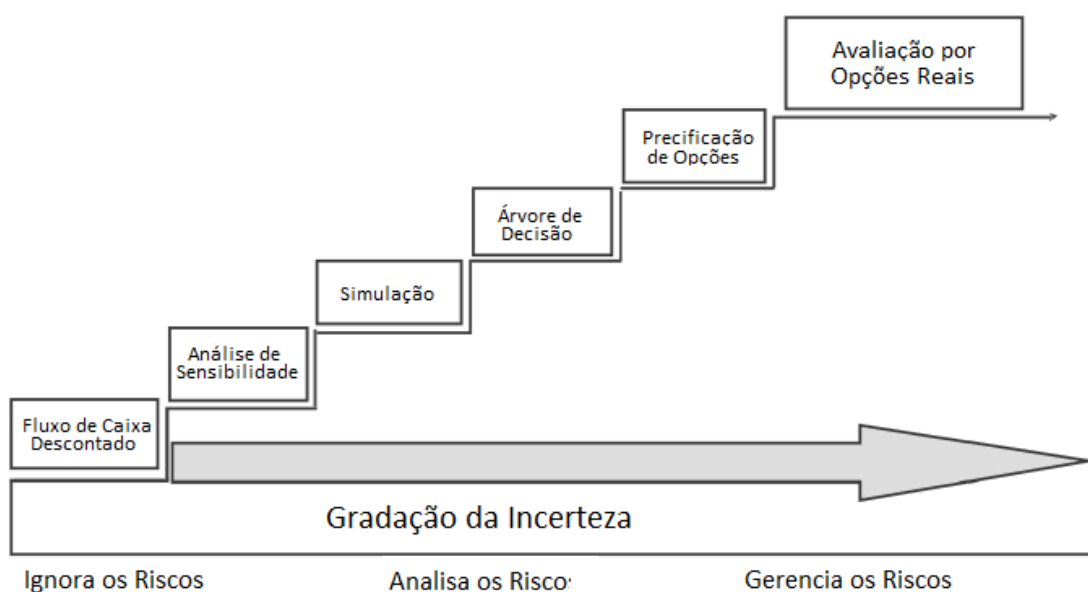


Figura 4-1: Ferramentas de Análise de Projetos pelo Grau de Tratamento de Riscos.

Fonte: Adaptado de Dias (1996).

Como pode ser observado, há uma série de possibilidades intermediárias entre o método fluxo de caixa de descontado e o método das opções reais. Estes métodos podem se complementar na avaliação de um projeto, principalmente de acordo com a incerteza existente na realização de um projeto.

As vantagens e desvantagens entre cada um dos métodos descritos pode ser considerada a partir de uma ponderação entre os benefícios de se considerar as incertezas em uma avaliação e o emprego de recursos na avaliação. Por exemplo, a utilização da árvore de decisão na análise de um projeto resulta em uma análise com diversos cenários e etapas, captando e tratando a incerteza existente no projeto. Por outro lado, demanda uma capacitação da empresa no que diz respeito ao aprendizado no entendimento e utilização do método, assim como com a coleta de dados e aplicação do método.

De um modo geral, pode-se dizer que análises intermediárias entre o fluxo de caixa descontado e o método das opções reais se apresentam como alternativas para as empresas, ponderando as incertezas do projeto e os recursos necessários para sua aplicação.

5 Paradigmas de Avaliação de Projetos

Como dito anteriormente, o problema encontrado na valoração dos projetos da área se deve em grande parte às incertezas inerentes às tecnologias estudadas, ainda em fase de desenvolvimento. A valoração realizada através dos métodos usuais, com isso, faz com que a empresa passe a rechaçar projetos em que a incerteza seja considerada elevada, o que por sua vez mina o sucesso inovativo da empresa. Conforme apontado por Christensen, Kaufman e Shih (2008), este é um problema comum enfrentado pelo gestores da inovação e em grande parte deve-se à aplicação errônea das ferramentas de análise financeiras utilizadas para este tipo de problema. Os autores chamam a atenção, no entanto, no ponto de que não são as ferramentas e os conceitos que estejam errados, mas a maneira como são amplamente utilizados independentemente do tipo de projeto, o que diminui a propensão da empresa a inovar. Assim, os itens abaixo analisam cada um dos problemas associados com a má utilização das ferramentas e conceitos financeiros para a análise de projetos de inovação.

5.1 *Problema 01: Uso do Método do Fluxo de Caixa Descontado*

A utilização do método do fluxo de caixa descontado para calcular o valor presente de um projeto parte do pressuposto de que um investidor não perceberá nenhuma diferença entre uma quantia hoje e uma quantia referente ao investimento do dinheiro durante o período considerado. Apesar de esta lógica ser impecável, ela leva o investidor a um comportamento contra a inovação.

O primeiro erro refere-se a assumir que o caso base de não se fazer investimentos em inovação permitirá que a empresa continue sendo rentável no longo prazo, o que não necessariamente é verdade. Se a empresa optar por fazer investimentos não tecnológicos, o rendimento da empresa no longo prazo pode decair consideravelmente e o processo de *catching up* pode se tornar impossível dependendo das competências não adquiridas. Deste modo, o mais provável fluxo de caixa de não se fazer nada não é a continuidade da rentabilidade atual da empresa, mas um fluxo de caixa decrescente no tempo, que depende da velocidade da mudança tecnológica do setor da empresa. Torna-se, então, necessário prever o fluxo de caixa para a empresa caso ela não realize nenhum investimento em inovação, o que é consideravelmente difícil, evidentemente.

O segundo tipo de erro refere-se às estimativas de fluxos de caixa em momentos distantes do período de análise. Como estes dados são de difícil obtenção, geralmente se faz

uma estimativa do valor do fluxo de caixa para um ano próximo e replica-se este valor para o longo prazo. Este tipo de prática, entretanto, subestima o verdadeiro valor do projeto, pois ignora o caminho criado pela empresa através do aprendizado durante a realização do projeto e as variações de fluxo de caixa provenientes dos desenvolvimentos realizados.

5.2 *Problema 02: Custos Fixos e Custos Afundados*

Ao analisar um projeto de tecnologia normalmente consideram-se os custos marginais do projeto e os fluxos de caixa positivos, os quais são trazidos a valor presente. O problema se dá quando se considera que as competências utilizadas hoje são as necessárias para se ser competitivo no futuro e, ao analisar um projeto, realizar um investimento marginal à estrutura existente é mais vantajoso do que investir em uma nova tecnologia. Uma vez que a expansão da capacidade de uma fábrica não envolve um aumento considerável dos custos fixos e a maioria dos custos já estão afundados, tem-se que na grande maioria das vezes um aumento da produção se mostra mais vantajoso do que investir em uma nova unidade ou tecnologia. Isto ocorre devido à margem de contribuição de uma unidade adicional ser consideravelmente menor do que a de se investir em uma nova unidade ou nova tecnologia, na qual ainda não há custos afundados e a margem do produto estará diminuída pelos custos fixos.

A empresa passa a ter um desincentivo para inovar, pois mesmo que o custo de produção de uma tecnologia seja mais alto pela tecnologia atual, a margem de contribuição da unidade adicional é maior utilizando-se a mesma linha de produção. Na medida em que novas unidades sejam construídas pelas empresas concorrentes, no entanto, tem-se uma redução gradual do custo de produção, até que a tecnologia tradicional passa a ser inviável. Quando isto ocorre a empresa detentora da tecnologia tradicional se apresenta consideravelmente atrasada e o processo de alcançar o estado-da-arte da tecnologia passa a ser uma tarefa árdua.

O risco deste tipo de travamento em uma trajetória tecnológica é amplamente estudado na literatura do tema, sendo cobertos diversos exemplos nos quais grandes empresas detentoras de tecnologias bem estabelecidas perderam sua posição de destaque para pequenas empresas, nas quais os custos fixos e afundados tinham uma importância reduzida.

Segundo Christensen, Kaufman e Shih (2008), portanto, a regra financeira da análise de expansão ou construção de nova unidade produtiva é válida com a ressalva, no entanto, de que novos conhecimentos não sejam criados com a construção de uma nova unidade. Para o caso em que novas competências são adquiridas, deve-se verificar se a nova unidade

apresenta um custo de produção menor ou maior do que a unidade de produção tradicional, deixando-se de lado a margem de contribuição da unidade adicional como critério de decisão.

5.3 Problema 03: Foco Excessivo no Lucro por Ação

Os executivos das grandes empresas, atualmente, têm seu desempenho medido pelos resultados de curto prazo. Deste modo, as decisões são tomadas em função do lucro por ação e da criação de valor para o acionista. Há, com isso, uma menor atenção ao crescimento de longo prazo e aos investimentos que não trazem resultado imediato. Este tipo de comportamento é produto, por exemplo, pela remuneração dos altos executivos, muito mais ligada ao valor da ação da empresa do que ao próprio salário. Assim, mesmo com a reconhecida importância de outros indicadores tais como posição de mercado, capital intelectual e competitividade de longo prazo, tem-se uma ênfase clara nos lucros por ação como critério de decisão final da ação das empresas.

Para reforçar este cenário os autores ressaltam a grande rotatividade dos investidores das empresas. Uma vez que os acionistas costumam ficar em média menos de 10 meses com um mesmo portfólio de empresas, tem-se um desincentivo ainda maior para que os retornos a serem obtidos com a empresa sejam de longo prazo. Isto leva a um desincentivo claro não somente para os investimentos em inovação, mas também para outros investimentos que sejam necessários para a manutenção da competitividade da empresa no longo prazo – caso dos grandes investimentos em infra-estrutura com recuperação lenta do capital investido.

Como apontado por Christensen, Kaufman e Shih (2008) e apresentado acima, as grandes empresas e principalmente as mais bem estabelecidas em seus mercados utilizam ferramentas financeiras que fazem com que os investimentos em inovação sejam de difícil justificativa. Contribuem para isso, ainda, ferramentas de gestão da inovação que a fim de tentar ajudar no processo de gestão da tecnologia acabam por dificultar o fluxo destes projetos.

Como se pode perceber, o problema da análise e avaliação de projetos de tecnologia é um problema muito mais complexo que uma valoração pouco adequada às necessidades da empresa. Passa por uma mudança de conceitos e disposição dos gestores da empresa para uma visão de longo prazo. Para isso é necessário que a estratégia da empresa esteja voltada para a

inovação e a Braskem parece vir caminhando neste sentido. A proposição de um método de valoração mais adequado às necessidades da empresa passa a ser uma demanda de curto prazo, assim como a substituição e/ou adaptação de outras ferramentas de gestão de projetos. A fim de ilustrar a importância do desenvolvimento de ferramentas complementares para a gestão de projetos, o Quadro 1 apresenta duas ferramentas usualmente utilizadas pelas grandes empresas para a gestão de projetos. Evidentemente o objetivo não é mostrar que uma ferramenta é ruim, mas mostrar quão complexa é a gestão da inovação e quão importante é a mudança dos conceitos utilizados por trás das ferramentas para essa gestão. O alinhamento dessas diversas ferramentas é um trabalho que envolve áreas diferentes da empresa e ações isoladas podem não surtir efeito.

Quadro 1: Metodologias de Gestão de Projetos de Inovação

Método do Stage-Gate (Stage-Gate Method): considera uma série de possíveis inovações que vão passo-a-passo sendo extintas, até que as mais promissoras permaneçam. A maioria destes processos inclui três estágios, dependendo da complexidade da inovação: viabilidade, desenvolvimento e lançamento. Cada um dos estágios é marcado pela revisão dos projetos, no qual eles podem ser parados, abandonados ou aprovados para um próximo estágio. O critério para a análise dos projetos nestes estágios é uma avaliação econômica, na qual evidentemente os projetos incrementais levam vantagem frente aos projetos mais audaciosos e os recursos destinados para inovação terminam em projetos conservadores. Ainda, os pressupostos para a aprovação de recursos para um projeto são amplamente conhecidos e é possível fazer uma análise visando um resultado mais ou menos positivo mudando-se em 5 a 10% as principais variáveis. Ainda, para projetos em que há a criação de um novo mercado, as vantagens do novo produto podem não ser percebidas antecipadamente, o que leva a uma subavaliação dos projetos. Estes fatores fazem com que o sistema de stage-gate não seja adequado àqueles projetos para os quais a intenção é criar um novo modelo de negócio. As empresas, no entanto, por não verem alternativa acabam por manter o método.

Planejamento Dirigido pela Descoberta (Discovery-Driven Planning): mais apropriado para apoiar projetos de inovação, parte do que é necessário para se obter o sucesso do projeto. Quando um projeto passa para um novo estágio, a lista de restrições é analisada e até que ponto as variáveis permitem passar para um novo estágio. Se uma restrição básica não foi alcançada, a equipe do projeto revisa sua estratégia para tornar o projeto viável. Quando a equipe avalia que não é possível que as restrições para passar para a próxima fase sejam alcançadas, então o projeto é abandonado. Isto faz com que o projeto tenha seu foco voltado para a superação de suas restrições e não para a obtenção de um cenário em que o projeto seja viável. Com isso os gestores são impulsionados a mapear as principais variáveis do problema e monitorar os riscos e pressupostos que são inerentes ao projeto e que podem ser mitigados. Neste sentido, segundo Christensen, Kaufman e Shih (2008), “com frequência o fracasso na inovação está centrado em não ter feito a pergunta certa mais do que em se ter chegado na resposta errada” e a utilização das ferramentas mais adequadas pode significar uma grande vantagem para as empresas.

6 Opções Reais

Muito do que se encontra em termos de bibliografia sobre Opções Reais diz respeito a aplicações do modelo e sua importância para análise de projetos. Este capítulo, em complemento à literatura do tema, tem como objetivo descrever os princípios básicos do modelo, iniciando por um pequeno exemplo e discussão dos conceitos relativos ao assunto. A bibliografia utilizada é o livro “Opções Reais: Conceitos e Aplicações a Empresas e Negócios”, de Brasil et al. (2001), com exemplos adaptados a fim de se obter uma melhor didática do tema.

6.1 Princípio a partir de um Exemplo

Consideremos uma situação em que se pode comprar uma ação hoje por 500, podendo esta ação valer apenas 400 ou 600 após um ano e devendo o investidor vender a ação neste momento. A fim de simplificar a discussão, será considerado que o custo de oportunidade do investidor é nulo e o dinheiro não perde valor ao longo do tempo. A situação é exemplificada através da Figura 6-1.

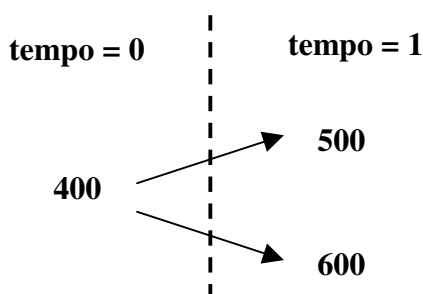


Figura 6-1 – Situação exemplo para Opções Reais.

Fonte: Adaptado de Brasil et al. (2001).

Um determinado investidor que decida por comprar esta ação arcará com certos riscos na expectativa de obter ganhos através de seu investimento. Após um ano, o investidor saberá se ganhou ou perdeu dinheiro através de seu investimento, uma vez que saberá quanto vale a ação que comprou no ano anterior. Se o valor de sua ação sobe para 600, ele vende a ação e ganha 100 no total do investimento. No entanto, se o valor da ação cai para 400, ele vende a ação e perde 100 no total do investimento.

Consideremos, semelhantemente, uma segunda situação em que a mesma ação pode ser comprada hoje pelos mesmos 500, podendo novamente esta ação valer apenas 400 ou 600

após um ano, com a diferença de que é oferecido ao investidor o direito (opção) de vender esta ação por 500, caso deseje, após um ano. Novamente, o investidor compra a ação e espera por um ano. Se o valor da ação sobe para 600, ele vende a ação, como no caso anterior, e ganha 100. No entanto, se o valor da ação cai para 400, então ele exerce o direito de vender a mesma ação por 500, e não perde nada. Ao contrário da situação anterior, o investidor não perde nada neste caso. As duas situações são exemplificadas através da Figura 6-2.

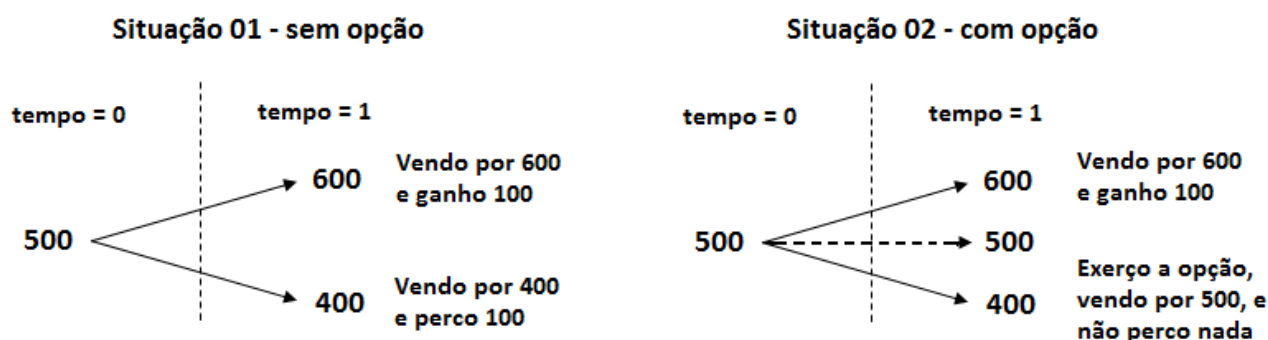


Figura 6-2 – Situação com e sem opção para o exemplo dado.

Deste modo, foi oferecida uma opção de venda da ação, a qual o investidor não tem a obrigação de vender, mas o direito, caso ache favorável para si. Uma pergunta a ser respondida é se vale a pena ou não para o investidor pagar para ter acesso a essa opção no futuro. Certamente, neste caso seria pouco favorável pagar mais de 100 para se ter essa opção, uma vez que o prejuízo máximo é de 100. Cabe, no entanto, uma discussão pormenorizada do valor a partir do qual é favorável para o investidor ter acesso a essa opção e quais as variáveis que influenciam este valor.

6.2 Opções de Compra e Venda

Do mesmo modo como foi oferecida ao investidor a opção de vender a ação por 500 no ano seguinte, situação análoga seria que se oferecesse ao investidor a opção de compra da ação por 500 no ano seguinte.

Nesta situação, o investidor não realiza nenhuma ação no instante inicial e espera até o ano seguinte, em que a ação vale 600 ou 400. Se a ação sobe para 600, o investidor exerce sua opção e compra a ação por 500, revendendo-a logo em seguida por 600, ganhando 100. Se a ação cai para 400, o investidor não exerce operação alguma e continua como está. Apesar de serem situações diferentes, uma vez que no primeiro caso o investidor precisa realizar um

desembolso hoje, as duas situações envolvem uma opção, a qual significa vantagem para o investidor e que é comprada no mercado.

Abaixo são descritas as chamadas Opções de Compra e Venda, evidenciando as principais diferenças entre uma e outra e formalizando o raciocínio descrito anteriormente. Utiliza-se, para tal, o referencial teórico apresentado por Damodaran (2005), com adaptações ao exemplo desenvolvido no item 6.1 – Princípio a partir de um Exemplo.

6.2.1 Opções de Compra (Call Option)

As opções de compra dão ao investidor a possibilidade de comprar determinado ativo a um preço pré-fixado, chamado preço de exercício, até algum determinado momento. Se até a data de expiração da opção o valor do ativo não ultrapassa o valor de compra pré-fixado, a opção não é exercida. Se, ao contrário, o valor do ativo ultrapassa o valor de compra pré-fixado, então o investidor exerce sua opção e compra o ativo pelo preço de exercício. No caso do exemplo apresentado, tem-se um preço de exercício de 500 e o valor do ativo varia para 400 ou 600, com o investidor exercendo a opção caso o valor do ativo (valor da ação) ultrapasse o preço de exercício, isto é, caso o valor da ação suba para 600.

O ganho com a existência da opção é, deste modo, a diferença entre o ganho obtido com a existência da opção e o valor pago para se ter a opção. A Figura 6-3 ilustra o comportamento dos ganhos do investidor com a variação do preço do ativo.

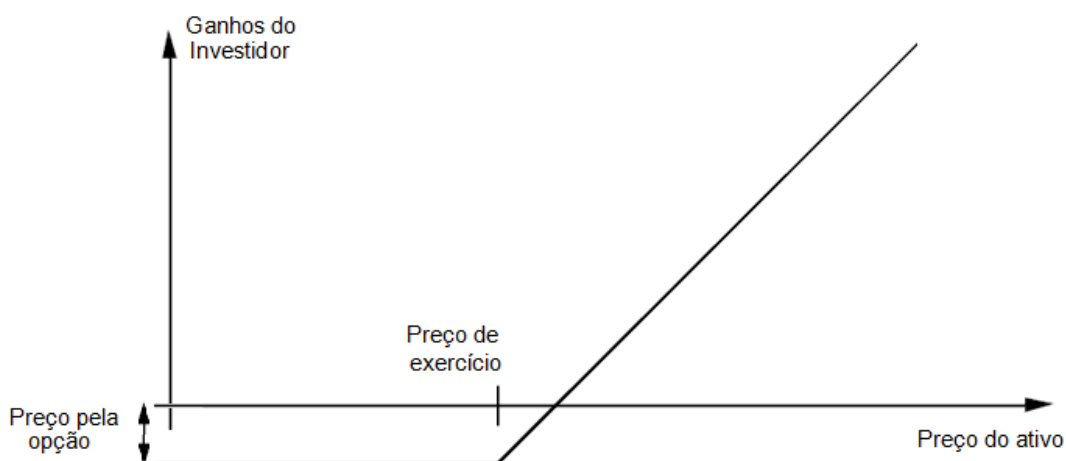


Figura 6-3: Ganhos com Opção de Compra.

Fonte: Adaptado de Damodaran (2005).

Conforme pode ser observado, o investidor tem uma garantia de que apenas irá perder o valor pago para se ter a opção, uma vez que se o preço do ativo é menor que o preço de exercício, o investidor não realiza ação alguma, sofrendo apenas com os custos afundados na compra da opção. Por outro lado, a medida que o preço do ativo passa o preço de exercício, tem-se a recuperação do custo com a compra da opção. A partir do momento em que o preço do ativo ultrapassa o preço de exercício mais o preço pela opção tem-se ganho do investidor, o qual cresce conforme o preço do ativo suba.

Em síntese:

$\text{Valor do Ativo} - \text{Preço de Exercício} < 0 \rightarrow$ nada é feito e o investidor perde o valor investido com a compra da opção

$0 \leq \text{Valor do Ativo} - \text{Preço de Exercício} < \text{Preço da Opção} \rightarrow$ é exercida a opção e parte do ganho cobre o valor investido com a compra da opção

$\text{Valor do Ativo} - \text{Preço de Exercício} \geq \text{Preço da Opção} \rightarrow$ é exercida a opção e o valor ganho cobre o valor investido com a compra da opção

A mesma análise realizada para as opções de compra pode ser estendida às opções de venda, sendo oferecido ao investidor um valor mínimo de venda da ação por um valor pré-fixado em um determinado momento.

6.2.2 Opções de Venda (Put Options)

As opções de venda dão ao investidor a possibilidade de vender determinado ativo a um preço pré-fixado, chamado preço de exercício, até algum determinado momento. Se até a data de expiração da opção o valor do ativo não cai até o valor de venda pré-fixado, a opção não é exercida. Se, ao contrário, o valor do ativo cai e ultrapassa o valor de compra pré-fixado, então o investidor exerce sua opção e compra o ativo pelo preço de exercício. No caso do exemplo apresentado, tem-se um preço de exercício de 500 e o valor do ativo varia para 400 ou 600, com o investidor exercendo a opção de venda caso o valor do ativo (valor da ação) ultrapasse o preço de exercício, isto é, caso o valor da ação caia para 400.

O ganho com a existência da opção é, deste modo, a diferença entre o ganho obtido com a existência da opção e o valor pago para se ter a opção. A Figura 6-4 ilustra o comportamento dos ganhos do investidor com a variação do preço do ativo.

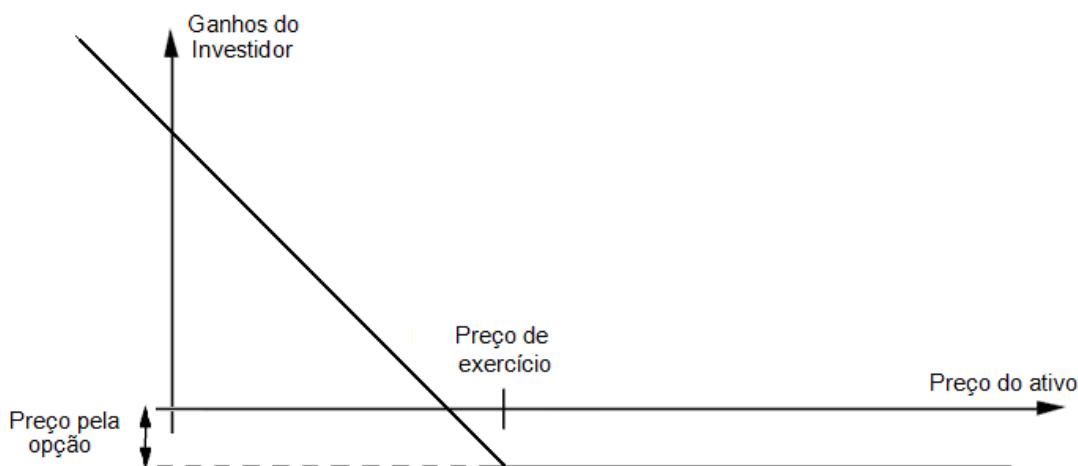


Figura 6-4: Ganhos com Opção de Venda.

Fonte: Adaptado de Damodaran (2005).

Conforme pode ser observado, o investidor tem uma garantia de que apenas irá perder o valor pago para se ter a opção, uma vez que se o preço do ativo é maior que o preço de exercício, o investidor não realiza ação alguma, sofrendo apenas com os custos afundados na compra da opção. Por outro lado, à medida que o preço do ativo cai além do preço de exercício, tem-se a recuperação do custo com a compra da opção. A partir do momento em que o preço do ativo ultrapassa o preço de exercício mais o preço pela opção tem-se ganho do investidor, o qual cresce conforme o preço do ativo caia.

Em síntese:

$\text{Preço de Exercício} - \text{Valor do Ativo} < 0 \rightarrow$ nada é feito e o investidor perde o valor investido com a compra da opção

$0 \leq \text{Preço de Exercício} - \text{Valor do Ativo} < \text{Preço da Opção} \rightarrow$ é exercida a opção e parte do ganho cobre o valor investido com a compra da opção

$\text{Preço de Exercício} - \text{Valor do Ativo} \geq \text{Preço da Opção} \rightarrow$ é exercida a opção e o valor ganho cobre o valor investido com a compra da opção

Deste modo, o raciocínio desenvolvido para as opções de compra é análogo ao das opções de venda, devendo-se aplicar cada um em função do tipo de situação enfrentada.

6.2.3 Analogia com Projetos de Tecnologia

O mesmo raciocínio desenvolvido para Opções de Compra e Venda de ações pode ser utilizado para a avaliação de projetos de tecnologia. Pode-se considerar deste modo, o investimento em uma determinada pesquisa análogo à compra de uma opção de compra. Uma vez realizado o investimento (comprada à opção), o investidor pode, de acordo com o resultado obtido, comprar um determinado ativo (construir uma nova planta), por um preço, mesmo que ele valha muito mais (os retornos com a exploração de um projeto sejam muito maiores). Se, por outro lado, o valor do ativo não alcançar o preço de compra do ativo, a opção não é exercida e o investimento com pesquisa (compra da opção) é perdido.

Para as situações de projetos de tecnologia, deste modo, o preço de compra determinado não diz respeito ao preço de uma ação, mas ao investimento necessário para a construção de uma nova fábrica. O valor do ativo dependerá dos resultados da pesquisa realizada e apenas serão conhecidos, primeiro, se for realizada pesquisa (comprada à opção) e, segundo, depois de realizadas as referidas pesquisas (esperado um determinado período de tempo).

Deve-se ressaltar que, para o caso dos projetos de tecnologia, após a realização das pesquisas, o valor do ativo não é conhecido com precisão, tratando-se o valor de uma estimativa utilizada pela empresa, já suficientemente precisa a ponto de justificar um investimento da ordem de milhões de reais.

Ainda, o desenvolvimento de projetos de tecnologia é muito mais complexo do que o processo descrito. São necessárias diversas etapas de pesquisa, investimentos parciais consideráveis e a estruturação da avaliação de projetos devem levar em consideração estes aspectos. O raciocínio utilizado acima deve, deste modo, ser estendido a estas etapas, utilizando um nível de detalhamento dependente das informações disponíveis, do entendimento do modelo e da disponibilidade dos gestores de estruturar o projeto no momento em questão.

7 Modelos de Valoração de Tecnologias através de Opções Reais

A partir das variáveis consideradas e descritas para o Modelo de Opções Reais, torna-se necessário entender qual o melhor modelo para se descrever o valor de opções em projetos de tecnologia. Em grande parte da literatura revisada, o Modelo Black-Scholes é usado extensivamente, sendo o modelo binomial uma simplificação de sua lógica.

7.1 Modelo Binomial

O modelo binomial é em grande parte baseado em uma formulação baseada no preço do ativo que em cada período pode tomar apenas dois possíveis valores. A Figura 7-1 apresenta a formulação geral do Modelo Binomial, com dois períodos. O valor inicial considerado para o ativo é S , no qual em um período seguinte o ativo pode assumir um valor S_u , com probabilidade p , ou um valor S_d , com probabilidade $(1-p)$.

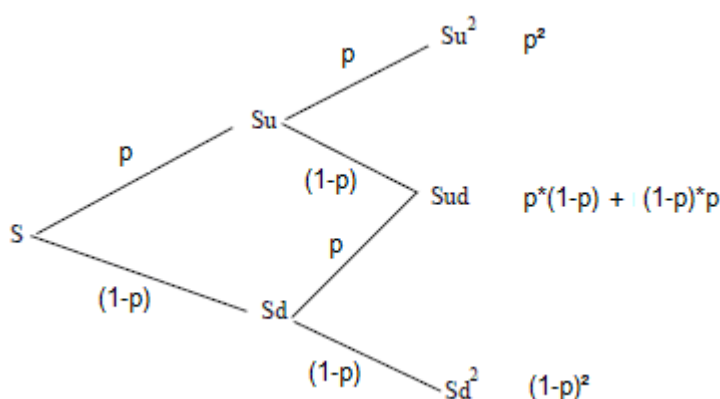


Figura 7-1 – Formulação geral do Modelo Binomial.

A lógica do Modelo Binomial é criar uma combinação de empréstimos que garanta uma situação igual à que se teria se fosse comprada uma opção para o futuro. Considerando o exemplo do item 6.1 – Princípio a partir de um Exemplo –, tem-se um ativo para o qual seu valor é 500, podendo variar para 400 ou 600. A ideia central é obter um fluxo de caixa equivalente ao dado com a opção de compra do ativo por 500. Para tal, deve-se realizar um determinado empréstimo por um determinado valor e comprar unidades do ativo

Se considerarmos a compra de duas unidades do ativo tem-se que se o seu valor vai para 600, tem-se um ganho de 200, equivalente a um lucro de 100 por unidade (compra por 500 e venda por 600). Se por outro lado o valor do ativo vai para 400, não há ganho algum e

não é exercida a opção. O fluxo de caixa proveniente deste cenário é apresentado na Tabela 7-1 – Fluxo de Caixa para Cenário 01..

Fluxo de Caixa Cenário 01					
t = 0		t = 1			
Valor da Ação = \$ 500		Valor da Ação = \$ 600		Valor da Ação = \$ 400	
Operação	Fluxo de Caixa	Operação	Fluxo de Caixa	Operação	Fluxo de Caixa
		Compra 02 Ações	-1000	Compra 02 Ações	-800
		Vende 02 Ações	1200	Vende 02 Ações	800
Total	0	Total	200	Total	0

Tabela 7-1 – Fluxo de Caixa para Cenário 01.

A fim de criar um fluxo de caixa equivalente ao obtido com a existência da opção, é realizado empréstimo de um valor X a uma taxa $r = 10\%$ por período, de modo que se tenha o mesmo fluxo de caixa acima, no instante 01.

Para tal, tem-se que:

$$600 - X \times 1,1 = 200$$

$$X = 363,64$$

E o fluxo de caixa equivalente, com a compra do ativo e um empréstimo no valor de 454,55 no instante $t = 0$. O fluxo de caixa proveniente deste cenário é apresentado na Tabela 7-2.

Fluxo de Caixa Cenário 02					
t = 0		t = 1			
Valor da Ação = \$ 500		Valor da Ação = \$ 600		Valor da Ação = \$ 400	
Operação	Fluxo de Caixa	Operação	Fluxo de Caixa	Operação	Fluxo de Caixa
Compra Ação	-500	Vende Ação	600	Vende Ação	400
Empresta	363,64	Paga Empréstimo	-400	Paga Empréstimo	-400
Total	-136,36	Total	200	Total	0

Tabela 7-2: Fluxo de Caixa Cenário 02, Equivalente ao 01.

Conforme pode ser observado, o valor a ser desembolsado para que o fluxo de caixa seja igual ao fluxo de caixa da alternativa com opção de compra em um instante posterior é de 136,36, sendo este o valor de se ter a opção de comprar a ação posteriormente. Para o caso descrito, portanto, é favorável para o comprador da opção pagar até 136,36 pela opção oferecida. Acima deste valor é mais viável arcar com os riscos de que a ação suba ou caia.

Conforme exemplificado acima, a ideia central do método é criar um portfólio entre empréstimo e ativos de forma que se obtenha o mesmo fluxo de caixa que o obtido com a existência das opções. Deste modo, nos dois cenários considerados têm-se um valor igual, representados abaixo:

Cenário 01:

$$S - \Delta \times c = \frac{S \times u - \Delta \times cu}{R} = \frac{600 - 2 \times 100}{1,10} = 363,64$$

Cenário 02:

$$S - \Delta \times c = \frac{S \times d - \Delta \times cd}{R} = \frac{400 - 2 \times 0}{1,10} = 363,64$$

Em que:

S = valor corrente do ativo.

C = valor da opção.

cu = rendimento com a opção caso haja crescimento do valor do ativo;

cd = rendimento com a opção caso haja redução do valor do ativo.

u = taxa de crescimento do preço do ativo.

d = taxa de redução do preço do ativo.

Δ = unidades do ativo.

R = taxa de juros do mercado.

Igualando-se as equações para os dois cenários tem-se:

$$c = \left[cu \times \frac{(R - d)}{(u - d)} + cd \times \frac{(u - R)}{(u - d)} \right] / R \quad (7.1)$$

Aplicando-se ao exemplo acima:

$$c = \left[100 \times \frac{(1,1 - 0,8)}{(1,2 - 0,8)} + 0 \times \frac{(1,2 - 1,1)}{(1,2 - 0,8)} \right] / 1,1 = 68,18$$

Se considerarmos a compra de duas opções, a fim de produzir o fluxo de caixa do exemplo:

$$ValorTotalOpção = 2 \times 68,18 = 136,36$$

Ainda, pode-se calcular o valor da probabilidade de que o valor do ativo assuma o valor Su ou Sd. Este valor é calculado comparando-se quão próximo do retorno de mercado está o retorno do ativo avaliado e é dado pela fórmula:

$$p = \frac{(R - d)}{(u - d)} \quad (7.2)$$

Deste modo, quanto mais próximo o retorno do ativo se encontra do retorno do mercado, maior deve ser a probabilidade de que ocorra o crescimento do valor do ativo. Para o exemplo tem-se:

$$p = \frac{(1,1 - 0,8)}{(1,2 - 0,8)} = 75\%$$

A probabilidade de que o valor do ativo seja 600 no instante posterior é de 75% e a probabilidade de que o valor do ativo seja 400 no instante posterior é de 25%. O resultado final é apresentado na Figura 7-2, em que são apresentados os possíveis valores do ativo, o valor das opções para cada instante, assim como a probabilidade de obtenção de cada um dos valores do ativo.

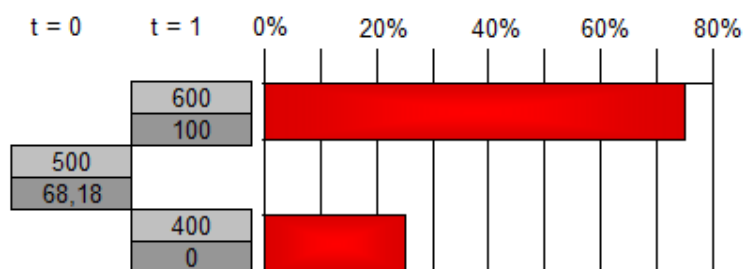


Figura 7-2 – Valor da opção para cada ramo árvore binomial exemplo e curva de probabilidades para a distribuição dos ganhos.

O exemplo utilizado, entretanto, ilustra um caso pontual, no qual o valor do ativo pode se mover para um valor superior ou inferior, discretamente. Entretanto, se consideramos casos reais, no qual o horizonte de tempo e o número de possibilidades é consideravelmente maior,

o modelo apresentado não é válido e torna-se necessário estendê-lo de modo a captar este número maior de possibilidades e estágios.

7.2 Modelo Binomial – Vários Estágios

Como dito anteriormente, o número de possibilidades do valor de um ativo geralmente é muito maior que 02 e é necessário estender o raciocínio aplicado a análise para duas possibilidades. Uma possível alternativa é considerar que o número de possibilidades para o valor do ativo se reduz a apenas 02 se considerarmos um período de tempo infinitesimal. Mantém-se, com isso, a hipótese de que o valor do ativo pode assumir apenas dois valores, mas considera-se que isto pode ocorrer apenas de um período curto de tempo para outro. A qualidade da análise realizada, com isso, depende em quantas fatias separamos nossa análise, através da construção de uma árvore binomial. A Figura 7-3 mostra a construção de uma árvore binomial com 04 estágios.

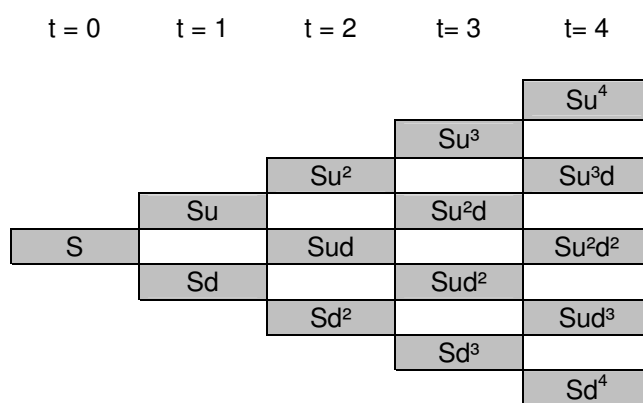


Figura 7-3: Possibilidades de valor do ativo para modelo Binomial de 04 estágios.

Se transportarmos esta árvore ao exemplo utilizado no qual o valor do ativo assume os valores 600 ou 400 no final do período tem-se a distribuição de valores apresentada na Figura 7-4.

t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4
				600,00
			573,27	
		547,72		542,16
	523,32		518,00	
500		494,92		489,90
	472,87		468,07	
		447,21		442,67
			422,95	
				400,00

Figura 7-4: Possibilidades de valor do ativo para Modelo Binomial de 04 estágios exemplo item 7.1.

Conforme pode ser observado, os valores máximos e mínimos da árvore binomial são os mesmos para o caso de apenas um estágio. A diferença principal é que são consideradas outras alternativas do valor do ativo considerando-se mais estágios, o que é mais condizente com a realidade. Vale ressaltar que a utilização de mais estágios teria como resultado uma gama maior de alternativas para o valor do ativo. Evidentemente, para a utilização do modelo binomial com mais estágios foram utilizadas taxas de crescimento e redução do valor do ativo menor do que as utilizadas no caso anterior para cada estágio, a fim de se obter os mesmos extremos para o valor do ativo. Deste modo, enquanto para o primeiro estágio têm-se taxas de crescimento e redução do valor do ativo de 1,2 e 0,8 por estágio, respectivamente, para o segundo caso foram utilizados os coeficientes 1,05 e 0,96, aproximadamente.

Ainda, analogamente ao que foi feito para o modelo com um estágio, pode-se calcular a probabilidade de que o valor do ativo alcance qualquer dos valores da árvore binomial. Estes valores são calculados em função dos coeficientes de probabilidade p e $(1-p)$ de que o valor do ativo suba ou desça, respectivamente. Para o modelo binomial com um estágio, calculou-se p a partir de:

$$p = \frac{(R - d)}{(u - d)}$$

Para o modelo de vários estágios o raciocínio é análogo, variando-se apenas a taxa de juros do mercado, que é capitalizada continuamente. Deste modo, tem-se:

$$p = \frac{(e^r - d)}{(u - d)} \quad (7.3)$$

Em que:

e = algarismo neperiano.

r = taxa de juros do mercado por período.

Para o caso do exemplo temos, temos:

$$e^r = 1,024$$

$$p = \frac{(1,024 - 0,95)}{(1,05 - 0,95)} = 77,67\%$$

e

$$(1 - p) = 22,32\%$$

A partir destes dados pode-se calcular a probabilidade de que o valor do ativo atinja qualquer dos valores da árvore binomial, os quais são obtidos pela multiplicação das probabilidades necessárias para que o ativo assuma o valor considerado multiplicado pelo número de caminhos que o ativo tem para chegar àquele valor. A Figura 7-5 apresenta graficamente o método de cálculo das probabilidades de que o valor do ativo assuma cada um dos valores da árvore binomial para 04 estágios.

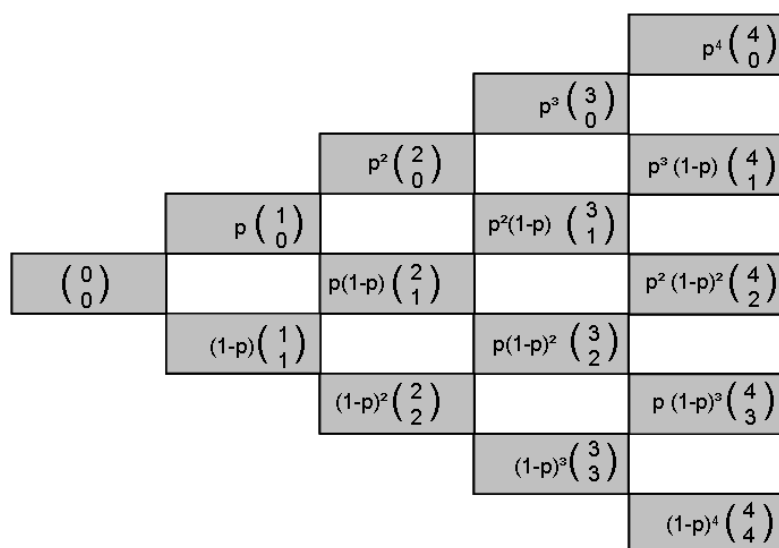


Figura 7-5 – Método de Cálculo de Probabilidades para Método Binomial com 04 estágios.

Fonte: Adaptado de Brasil et al. (2001).

Deste modo, calculando-se para os dados do exemplo, tem-se a árvore binomial para os dados do exemplo, com $p = 77,67\%$ e $(1-p) = 22,32\%$, a qual é apresentada na Figura 7-6. Também, é apresentada a curva de probabilidade para o valor final do ativo.

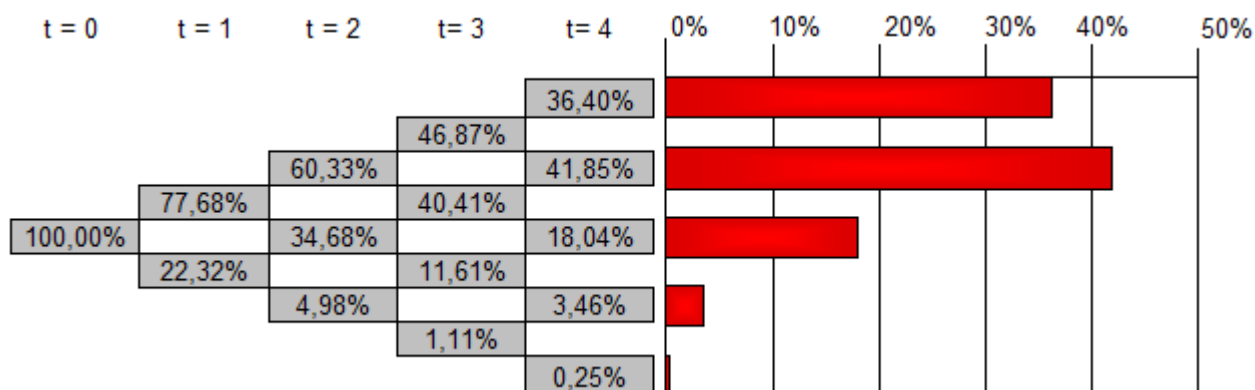


Figura 7-6 – Probabilidades para cada ramo da árvore binomial e curva de probabilidades para o valor final do ativo.

Como se pode observar, o valor do ativo está deslocado para o lado superior, o que se deve à maior probabilidade de que o valor do ativo suba.

Analogamente ao que foi feito para o modelo binomial com um estágio, pode-se criar fluxos de caixa semelhantes para cada ramo da nova árvore, de modo a se encontrar o valor justo para se adquirir a opção considerada em cada ramo. Para tal, primeiramente deve-se obter qual seria o ganho obtido ao final se existisse a opção de compra da ação por um valor pré-determinado, lembrando-se que apenas é realizada a compra da ação se há ganho. No caso do exemplo utilizado, se o valor da ação sobe para 542,16, o direito de compra da ação por 500 é exercido e há um ganho de 42,16, no instante $t = 4$. Por outro lado, se o valor da ação cai para 456,44, nenhuma ação é exercida e não há ganhos nem perdas.

Para se obter o valor da opção em cada nó anterior da árvore deve-se ponderar o valor dos ramos pela probabilidade de que o valor do ativo suba ou desça e verificar se alguma ação é exercida e qual é o ganho neste instante. Para o ramos superior da árvore tem-se que se o valor do ativo sobe para 600, a opção de compra por 500 é exercida e há um ganho de 100. Se por outro lado o valor do ativo sobe para apenas 542,16, a opção de compra por 500 é novamente exercida, mas o ganho é de apenas 42,16. A Figura 7-7 exemplifica o caso descrito para a árvore binomial do exemplo, em que é indicado na cor cinza claro o valor do ativo e na cor cinza escuro o valor da opção para os ramos superiores da árvore binomial e os instantes $t = 3$ e $t = 4$.

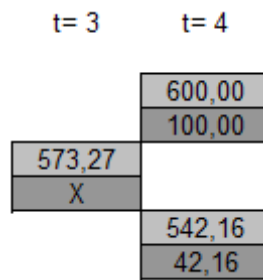


Figura 7-7: Cálculo do valor da opção para os ramos da árvore.

Fonte: Adaptado de Brasil et al. (2001).

O objetivo é, portanto, saber o valor da opção no instante $t = 3$, a partir dos períodos posteriores. Para tal devem-se ponderar os ganhos com a opção nos instantes posteriores pelas probabilidades de que o valor do ativo suba ou desça e descontar este valor para o instante anterior. Se o valor obtido é maior que 0 a opção é exercida e o valor da opção é a diferença entre o valor do ativo e o valor pelo qual é comprado, 500. Se por outro lado, o valor obtido é menor que 0, nenhuma opção é exercida e o valor dela é 0.

Deste modo, tem-se, para o valor da opção em cada instante:

$$X = \max \left\{ \frac{[100,00 \times p + 42,16 \times (1 - p) - 500]}{e^r}, 0 \right\} = \max \{85,04; 0\} = 85,04$$

Em que:

$$p = 77,68\%$$

$$(1 - p) = 22,32\%$$

$$e^r = 1,024$$

E o valor da opção para o caso acima é 85,04.

A Figura 7-8 apresenta o resultado obtido prosseguindo-se com o cálculo do valor das opções até o instante $t = 0$. A figura apresenta também a curva de probabilidades do valor final do ativo, conforme apresentado na Figura 7-6.

modelo contínuo, no qual é considerado um período infinitesimal de tempo e o número de possibilidades para o valor do ativo se torna contínuo.

7.3 *Modelo Black-Scholes*

O modelo Black-Scholes é um modelo de Opções Reais que trabalha a partir do princípio do modelo binomial com vários estágios, encurtando-se o período de tempo de cada estágio e aumentando-se o número de possibilidades para o valor do ativo. O resultado de tais considerações reflete-se em um valor do ativo variando continuamente segundo uma distribuição normal, com o valor das opções dependendo das mesmas variáveis para o modelo binomial, descritas agora de um modo contínuo. O valor de uma opção de compra segundo o Modelo Black-Scholes pode ser descrito em função das seguintes variáveis:

S = valor do ativo no instante inicial.

K = valor de exercício da opção.

C = valor da opção.

T = tempo de validade da opção.

R = taxa de juros do mercado.

σ^2 = variância no $\ln(\text{valor do ativo})$.

E o valor da opção segundo o modelo é descrito por:

$$C = S \times N(d_1) - K \times e^{-rt} \times N(d_2) \quad (7.5)$$

Em que:

$N(x)$ = função da distribuição normal cumulativa.

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times t}{\sigma \times \sqrt{t}} \quad (7.6)$$

$$d2 = d1 - \sigma \sqrt{t} \quad (7.7)$$

E o valor da opção segundo o modelo Black-Scholes é calculado através dos seguintes passos:

Passo 01: Entrada das variáveis para o cálculo de $d1$ e $d2$.

Passo 02: Obtenção de $N(d1)$ e $N(d2)$ a partir do valor, correspondente à distribuição normal cumulativa dos valores $d1$ e $d2$.

Passo 03: Cálculo do valor presente do preço de exercício, através da fórmula:

$$\text{Valor presente do preço de exercício} = K \times e^{-r \times t}$$

Passo 04: Cálculo do valor da opção a partir da equação 7.5.

Conforme apontado por Damodaran (2005), os determinantes do valor da opção para o Modelo Black-Scholes são os mesmos que para o Modelo Binomial: valor corrente do ativo, variabilidade no preço do ativo, tempo de validade da opção, preço de exercício do ativo e taxa de juros do período. O princípio aplicado ao modelo binomial de criar um fluxo de caixa análogo ao obtido com a opção através de empréstimos (ver item 7.1) é seguido para o modelo Black-Scholes, em que as variáveis determinantes do valor da opção para o modelo binomial estão incorporadas em um modelo contínuo.

$$C = \frac{S \times N(d_1)}{\uparrow \text{Compra de } N(d_1) \text{ direitos de opção}} - \frac{K \times e^{-r \times t} \times N(d_2)}{\uparrow \text{Empréstimo desta quantidade de recursos}}$$

Deste modo, o fluxo de caixa produzido é auto-financiado e tem o mesmo valor da opção em cada estágio enquanto a opção tiver validade. Também, as probabilidades $N(d1)$ e $N(d2)$ representam a gama de probabilidades do valor da opção em cada estágio da análise, isto é, a gama de probabilidades para que $S > K$, em que S é o valor corrente do ativo e K é o preço de exercício da opção. É necessário ressaltar o fato de que para o modelo escolhido não é possível determinar a probabilidade exata de que $S > K$, obtendo-se apenas os extremos dessa probabilidade.

Aplicando-se os passos fornecidos para o cálculo do valor da opção para o exemplo estudado no modelo binomial, em que um ativo tem valor corrente S de 500 e variância de 8,4%, tem-se:

Passo 01: Entrada das variáveis para o cálculo de $d1$ e $d2$.

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times t}{\sigma \times \sqrt{t}} = \frac{\ln\left(\frac{500}{500}\right) + \left(0,0953 + \frac{0,084^2}{2}\right) \times 1}{0,084 \times \sqrt{1}} = 1,1761$$

$$d2 = d1 - \sigma \sqrt{t} = 3,7631 - 0,10 \times \sqrt{1} = 1,0921$$

Passo 02: Obtenção de $N(d1)$ e $N(d2)$ a partir do valor, correspondente à distribuição normal cumulativa dos valores $d1$ e $d2$.

$$N(d1) = 0,8802$$

$$N(d2) = 0,8626$$

Passo 03: Cálculo do valor presente do preço de exercício.

$$\text{Valor presente do preço de exercício} = K \times e^{-r \times t} = 500 \times e^{-0,0953 \times 1} = 454,55$$

Passo 04: Cálculo do valor da opção

$$C = S \times N(d_1) - K \times e^{-r \times t} \times N(d_2) = 500 \times 0,8802 - 454,55 \times 0,8626 = 48,02$$

O valor da opção, segundo a abordagem de Black-Scholes, é de 48,02. Se essa opção estivesse sendo negociada por \$ 30, por exemplo, um investidor deveria comprá-la segundo esta abordagem. Não é possível afirmar que o investidor teria ganhos tomando tal ação, mas estaria fazendo uma avaliação imparcial para sua decisão.

A partir dos valores de $N(d1)$ e $N(d2)$ é possível ainda afirmar a faixa de probabilidades de que o valor do ativo seja maior que o preço de exercício e, com isso, exista lucro. Para o exemplo tem-se $N(d1) = 0,8802$ e $N(d2) = 0,8626$ e a faixa de probabilidade de que o valor do ativo seja maior que 500 está entre 86,26% e 88,02%.

7.4 Resultados Comparativos

Conforme pôde ser observado, existe uma grande diferença entre a metodologia de aplicação do Método das Opções Reais a partir dos três modelos apresentados. Isto ocorreu apesar dos modelos utilizados serem muito parecidos, na verdade uma extensão um do outro. No que se refere ao trabalho matemático realizado em cada um dos modelos percebe-se que

há um aumento da complexidade partindo-se do modelo binomial para o modelo Black-Scholes. Por outro lado, o resultado apresentado pelo Método Black-Scholes apresenta um resultado mais sintético, uma vez que não são necessárias interações para a obtenção do resultado final. No que se refere aos diferentes resultados obtidos, a Tabela 7-3 apresenta os principais resultados, em síntese.

Modelo	Valor da Opção (C)	P($S > K$)
Binomial - 01 estágio	68,18	75,00%
Binomial - 04 estágios	49,13	78,25%
Black-Scholes	48,02	86,26% - 88,02%

Tabela 7-3: Valor da Opção e Probabilidades para os Modelos Utilizados.

Como pode ser observado a partir da tabela, o modelo Black-Scholes fornece o menor valor da opção em comparação com o modelo binomial. Isto se dá apesar da maior probabilidade de que o valor do ativo seja maior que o preço do exercício, o que ocorre devido à maior gama de resultados possíveis para os quais $S > K$, mas que o ganho com a opção não é tão grande. Enquanto o modelo binomial com um estágio apresentava uma só possibilidade com ganho com probabilidade de 75% e ganho de 100, o modelo Black-Scholes apresenta uma gama de possibilidades de ganho maior, com probabilidade de 86,26% a 88,02%, porém com menores ganhos relacionados. Deve-se ressaltar que a probabilidade indicada está relacionada apenas à proximidade dos ganhos obtidos com a taxa de lucro do mercado. Se a expectativa de um determinado ativo é próxima da taxa de juros do mercado, tem-se então que esta probabilidade deve dar consideravelmente alta, ao passo que uma expectativa de que existam ganhos extraordinários, muito acima desta taxa de mercado, fazem com que a probabilidade encontrada seja consideravelmente menor.

Há neste ponto, uma ressalva importante quanto ao uso das probabilidades obtidas através do Modelo das Opções Reais como um todo. Este valor não é utilizado no cálculo das opções, sendo apenas um indicativo de quão perto do mercado está o investimento e, portanto, quão arriscado é o ativo. Com o aumento do valor da variância sobre a expectativa de resultado do projeto tem-se uma diminuição da probabilidade de que ele seja rentável, o que se deve ao maior desvio entre o resultado esperado do projeto e a rentabilidade média do mercado. Esta hipótese pode ser considerada razoável, uma vez que projetos em que os retornos esperados são consideravelmente altos tendem a apresentar uma dose de incerteza, também consideravelmente alta. Por outro lado, deve-se tomar muito cuidado com os projetos que apresentem rentabilidade muito próxima da rentabilidade do mercado, uma vez que o fato

das rentabilidades serem próximas não significa que há 100% de probabilidade de que haja ganhos com o projeto. A análise das probabilidades obtida através do Método das Opções Reais é uma variável a mais a ser analisada e, portanto, devem ser analisados cuidadosamente.

8 Valor Real de um Projeto

O capítulo 7 – Modelos de Valoração de Tecnologias através de Opções Reais – apresenta a análise do valor das opções segundo a abordagem de Opções Reais. Cabe ainda analisar de que modo o valor da Opção pode ser utilizado para a análise de projetos, incorporando na valoração do projeto as flexibilidades gerenciais de tomar decisões em resposta aos resultados futuros. Como indicado por Panayi et Trigeorgis (1998), as opções existentes em um projeto são traduzidas na forma de um direito, e não obrigação, de negociar um ativo por um preço pré-determinado. Estas opções podem ser do tipo abandonar, expandir, adiar, converter ou cancelar um projeto e devem ser utilizadas de acordo com a situação considerada. Para um projeto de tecnologia, por exemplo, uma opção a ser considerada é a opção de abandoná-lo em função dos resultados obtidos através de pesquisa. Ao longo do desenvolvimento de um novo produto, os resultados podem não ser suficientemente satisfatórios, de modo que o custo de produção seja maior que o preço e o projeto se torne inviável. Neste caso, o gestor não investirá mais neste projeto, exercendo uma opção sua de abandoná-lo. Para uma análise mais precisa do projeto é necessário valorar esta opção e somá-la ao resultado do projeto obtido pelo método tradicional, de modo a obter um resultado mais compatível com a realidade na tomada de decisão.

Devido à grande complexidade de alguns projetos, no entanto, existe a necessidade de dividi-los em etapas, sendo as decisões de continuar ou parar o projeto tomadas de acordo com os resultados de pesquisa obtidos. Segundo Panayi e Trigeorgis (1992) as opções envolvendo multi-estágios são comuns para projetos de pesquisa e desenvolvimento, investimentos em infraestrutura, decisões quanto a entrar em um novo mercado ou aquisições de outras companhias. Para estes tipos de projetos o peso da possibilidade de abandonar um projeto em uma fase incipiente é consideravelmente grande e por isso normalmente estes projetos são realizados por etapas, podendo ser abandonados ou mantidos. Por sua vez, o valor da opção é maior nestes casos e uma correta avaliação dos projetos deve levar em consideração esta flexibilidade. O valor do projeto deve ser então a soma do valor presente líquido, obtido através do método tradicional, e do valor das opções, calculado por algum

modelo de valoração das opções. A Equação 8.1 apresenta o valor do projeto, de acordo com o exposto.

$$\text{Valor do Projeto} = \text{NPV Tradicional} + \text{Valor das Opções} \quad (8.1)$$

Vale ressaltar que o NPV Tradicional não necessariamente deve ser obtido através de um fluxo de caixa tradicional, mas pode ser resultado da ponderação entre diferentes cenários já construídos para o cálculo das opções.

Devido à incerteza existente na realização de pesquisa e desenvolvimento de novos produtos ou tecnologias, os resultados destas atividades podem ser tão incertos que se tornam necessários planos de contingência ao longo do projeto. Deste modo, projetos de inovação são um caso composto de opções reais, em que as atividades são realizadas até certo ponto, os resultados são avaliados e é novamente tomada a decisão sobre a continuidade do projeto.

8.1 *Projetos Multi-Estágio*

Como apontado por Panayi et Trigeorgis (1998), Pesquisa e Desenvolvimento pode ser analisado como uma série de decisões sequenciais com pesquisa como o primeiro estágio, seguido de decisões sobre a construção técnica e por último a implementação/comercialização da tecnologia. A Figura 8-1 mostra os estágios básicos de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, de acordo com os autores.

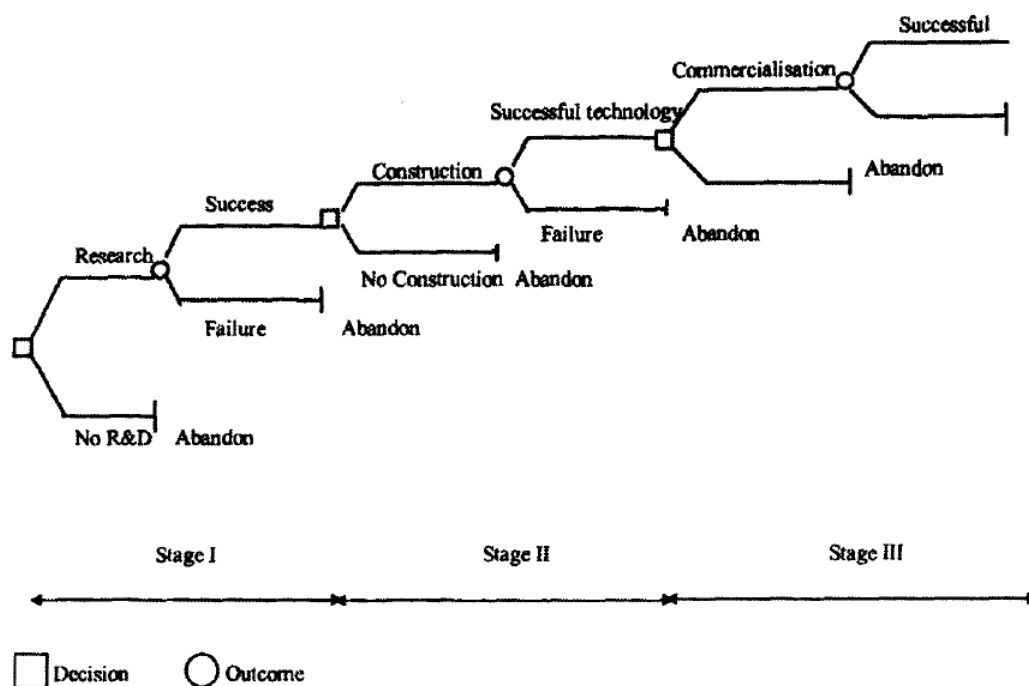


Figura 8-1: Estágios básicos de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento.

Fonte: Panayi et Trigeorgis (1998).

Vale destacar que a divisão em três estágios realizada na figura refere-se a um padrão utilizado no desenvolvimento de tecnologias, mas que se necessário poderiam-se adicionar mais estágios de acordo com a particularidade de cada tecnologia. O esquema apresentado, no entanto, pode ser considerado bastante aderente com a realidade da indústria petroquímica, em que o estágio I se refere à realização de pesquisa em escala laboratorial, o estágio II a etapa de escalonamento através de uma planta piloto e o estágio III refere-se à escala industrial.

Também, como pode ser observado da Figura 8-1, cada estágio tem associada uma decisão de continuidade ou não do projeto. No estágio I tem-se uma decisão de realização ou não de pesquisas, no estágio II tem-se a decisão de escalonamento da tecnologia e no estágio III a decisão de comercialização ou não da tecnologia. Em cada estágio, no entanto, poderia-se dividir o projeto através de mais ou menos nós de decisão, de acordo com a particularidade de cada projeto. Os itens a seguir descrevem as particularidades de cada estágio, de acordo com os autores Panayi et Trigeorgis (1998), e analisando-se o paralelo com os projetos da Braskem.

8.1.1 Estágio 01: Pesquisa

A primeira decisão que um gestor precisa tomar ao iniciar um projeto para um novo produto é se vale a pena dar início ao projeto de pesquisa e desenvolvimento. Esta decisão é tomada baseando-se na competitividade adquirida para a empresa através da realização do projeto. Evidentemente, como já discutido, melhores decisões podem ser tomadas a medida que as incertezas sejam reduzidas ao longo do tempo. É por isso que quando uma empresa decide se engajar neste tipo de projeto decide-se por colocar diversos estágios para tomada de decisão. Através de um aprofundamento pouco maior muitas vezes é possível perceber que a tecnologia não é compatível com a necessidade da empresa ou pode ser inviável. Só é possível afirmar isso, no entanto, ao se tomar a decisão de dar início ao processo de prospecção dessa tecnologia. Esta fase pode ser dividida tanto quanto se considere necessário para que não sejam desperdiçados recursos.

Para a valoração dos projetos da Braskem não necessariamente há a necessidade de considerar esta decisão de iniciar as pesquisas, uma vez que os projetos em sua grande maioria já estão em andamento. A próxima decisão dependerá do projeto, podendo ser sobre a realização de mais pesquisas ou já de entrada no estágio de escalonamento.

8.1.2 Estágio 02: Construção Técnica e Desenvolvimento

Uma vez que as pesquisas iniciais tenham dado resultados favoráveis, os gestores podem tomar a decisão de continuar o projeto para a fase chamada de construção técnica e desenvolvimento. Esta fase exige um aporte de capital consideravelmente maior, uma vez que o conhecimento técnico para o desenvolvimento da tecnologia é altamente custoso. Neste momento, novas informações podem resultar que o projeto não é suficientemente lucrativo para a firma a ponto de justificar tais investimentos e o projeto pode ser abandonado. Se, por outro lado, a firma considerar que estes investimentos podem trazer competitividade à firma, o projeto é continuado e são feitas as adaptações necessárias para que o produto possa ser comercializado. Esta etapa do projeto consiste no domínio da técnica de produção, em que a viabilidade da tecnologia precisa ainda ser comprovada.

Na Engenharia Química, esta etapa refere-se à planta-piloto, na qual a empresa precisa adaptar a produção em escala laboratorial para uma escala industrial de pequena escala. Nesta etapa são enfrentados diversos desafios, em que as reações que antes eram obtidas em nível de bancada precisam ocorrer agora em reatores industriais. Para esta etapa o aporte de recursos é

consideravelmente maior e os rendimentos das reações podem mudar consideravelmente em relação ao estágio anterior.

8.1.3 Estágio 03: Implementação e Comercialização

Uma vez verificada a viabilidade na etapa de construção técnica do projeto o gestor pode optar por continuar o projeto para a próxima fase, de implementação e comercialização da nova tecnologia. Se por outro lado os resultados obtidos não indicarem a viabilidade do negócio o gestor pode optar por abandonar o projeto. Com isso o gestor do novo produto ou tecnologia considera as possibilidades de sucesso do novo produto no mercado. Nesta fase o gestor deve analisar todas as variáveis possíveis que possam influenciar o resultado do projeto e os impactos sobre a firma deste novo produto. O sucesso, neste caso, depende da capacidade de se apropriar dos resultados desta nova tecnologia, devendo a firma avaliar a possibilidade de abandonar ou vender os resultados do projeto.

Para os projetos de tecnologia da Braskem, esta etapa equivale à construção de uma planta industrial. Neste caso, o nível de incertezas deve ser muito baixo uma vez que o aporte de capital é consideravelmente alto, da ordem de centenas de milhões de reais. São poucos os projetos que efetivamente chegam nesta etapa, mas os resultados obtidos podem significar uma mudança completa de posicionamento da empresa, com resultados muito positivos.

Deve-se ressaltar que apesar de se ter usado a figura de um gestor na tomada de decisão, o processo é muito mais complexo que isso. A decisão de investimento ou não em um projeto depende de uma série de aprovações realizadas em diferentes níveis dentro da empresa. Em todas estas etapas, a avaliação de viabilidade é muito importante, o que torna tão necessário o desenvolvimento de uma metodologia de valoração que seja capaz de trabalhar com as incertezas existentes no início destes projetos. A análise de caso realizada é, portanto, uma tentativa de trazer a aplicação de uma nova metodologia à empresa, auxiliando principalmente nas etapas de pesquisa, onde atua a área de Inovação e Tecnologia da Braskem.

PARTE II: Adaptação do Modelo ao Problema

A segunda parte do trabalho é voltada para a análise de um caso específico da empresa e adaptação dos modelos estudados às especificidades do problema. O projeto valorado refere-se à produção de etanol por processo de gaseificação de biomassa, sendo utilizados os dois modelos apresentados na valoração da tecnologia.

9 Análise de Caso – Tecnologia de Gaseificação de Biomassa

Como caso para a aplicação do método das Opções Reais será utilizada a tecnologia de gaseificação de biomassa para produção de etanol. Através desta tecnologia tem-se a produção do chamado gás de síntese, composto de uma mistura de CO e H₂, o qual é transformado em etanol. Para o caso da avaliação realizada será utilizada a produção de etanol utilizando-se como biomassa o bagaço de cana. Normalmente, o bagaço de cana é o resíduo da produção de etanol e é queimado para produção de energia na planta tradicional. Deste modo, a análise realizada envolve a construção de uma planta para produção de etanol a partir deste bagaço. A Figura 9-1 apresenta em síntese o fluxograma de materiais para a tecnologia avaliada, de acordo com o exposto.

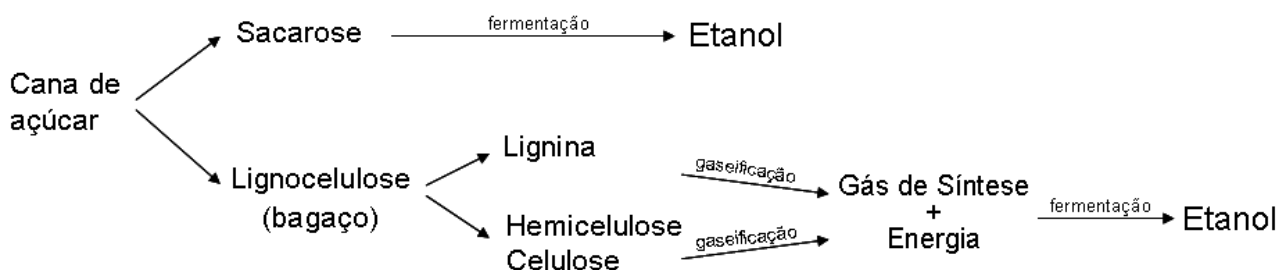


Figura 9-1: Fluxograma do Projeto Analisado.

A tecnologia de gaseificação de biomassa é uma tecnologia ainda em desenvolvimento e existem expectativas dos potenciais ganhos e dados de produtividade para o futuro. As incertezas referentes a esta tecnologia se concentram principalmente na etapa de produção do gás de síntese, sendo a etapa de conversão do gás de síntese em etanol uma tecnologia já amplamente documentada. Com isso, no que se refere à produção de gás de síntese tem-se que os dados divergem consideravelmente entre si e ainda devem ser auferidos através de pesquisas e efetiva implementação da tecnologia em escala industrial, sendo impossível, no estágio atual, auferir com precisão a viabilidade da tecnologia. Há, no entanto, dados preliminares desta tecnologia obtidos de empresas parceiras, pesquisa e consultorias

especializadas. Estes dados são utilizados como valores de referência, com os resultados reais gravitando em torno destas estimativas e a partir dos quais é realizada a análise de viabilidade. Deve-se ressaltar, entretanto, que os dados apresentados neste relatório são apenas ilustrativos da tecnologia, sendo completamente divergentes dos utilizados na avaliação real da tecnologia.

9.1 Modelagem do Problema

Como descrito anteriormente, a tecnologia de gaseificação de biomassa é uma tecnologia ainda consideravelmente incerta, com os principais coeficientes responsáveis pela viabilidade da tecnologia não sendo ainda conhecidos. Seguindo a abordagem de Panayi et Trigeorgis (1998), com isso, o projeto pode ser melhor enquadrado no estágio de pesquisa, em que os resultados são incertos e o gestor deve tomar a decisão de realizar ou não pesquisas em nível de bancada para a verificação da viabilidade da tecnologia. Pode-se argumentar que a realização de gaseificação de biomassa é uma tecnologia já em nível piloto, uma vez que já existem unidades em operação com escala de produção da ordem de centenas de toneladas de etanol por ano, caso, por exemplo, da Enerkem, nos EUA, a qual produz 380 t de etanol por ano por rota termoquímica.

Apesar disso, a partir do conhecimento atual da Braskem, não é possível avaliar a tecnologia de gaseificação de biomassa e afirmar que esta tecnologia esteja neste nível para a empresa, uma vez que ainda são necessárias diversas iniciativas de pesquisa a fim de entender melhor a tecnologia e avaliá-la antes de decidir por dar início à construção de uma planta piloto. Trata-se, portanto, de uma tecnologia em estágio piloto para algumas empresas, mas ainda em estágio de pesquisa para a Braskem.

A ideia central neste caso é avaliar se se deve realizar um investimento na etapa de pesquisa desta tecnologia, tendo-se em consideração os dados atuais da tecnologia. Para tal serão aplicados os modelos Binomial e Black-Scholes para valoração das opções existentes durante o transcorrer do projeto e melhor avaliação do projeto para a tomada de decisão.

9.2 Valoração das Opções em Projetos de Tecnologia

Conforme apresentado no item 7 – Modelos de Precificação de Tecnologias através de Opções Reais – é necessário estimar o valor do ativo e, a partir daí, calcular os ganhos ao exercer uma opção, de acordo com o preço de exercício do ativo. Para a análise realizada

foi considerado como o valor do ativo o valor presente de todas as receitas e despesas durante todo o projeto, excetuando-se apenas os investimentos. Por sua vez, o preço de exercício corresponde ao valor presente líquido de todos os investimentos. Um projeto é viável e deve ser realizado se o valor presente de suas receitas e despesas é suficientemente alto para cobrir o valor presente líquido de seus investimentos, o que equivale nos exemplos realizados para uma opção de compra que a opção é exercida se o valor do ativo é maior que o preço de exercício. Abaixo são mostrados, em resumo, os principais coeficientes utilizados na determinação do valor da opção, e o paralelo utilizado na valoração de projetos de tecnologia.

S = valor corrente do ativo = valor presente líquido do projeto, excetuando-se os investimentos necessários na construção de plantas industriais.

K = valor de exercício da opção = valor presente líquido dos investimentos necessários para a realização do projeto.

E o projeto deve ser realizado se $S > K$.

Como estimativa inicial do valor do ativo assumiu-se o valor presente líquido médio do projeto, de acordo com as expectativas atuais de ganhos com a tecnologia. Este valor é obtido através dos coeficientes médios de consumo e preços médios de matérias-primas, subprodutos e utilidades. Considerou-se também os custos fixos médios de acordo com estimativas de investimento e pessoal necessário para realizar uma planta. No que se refere aos investimentos industriais, estes foram considerados constantes, partindo-se de que as estimativas realizadas não serão consideravelmente melhoradas no horizonte de tempo das pesquisas realizadas. Deve-se ressaltar que isto não significa que não haverá melhores informações sobre o processo. Um dos objetivos da pesquisa é verificar de que maneira o processo deve mudar e com isso, os investimentos. Dificilmente, entretanto, será possível determinar com precisão se o valor do investimento industrial deve ou não aumentar, uma vez que há uma série de fatores influenciando este valor, como o desenvolvimento de equipamentos por firmas fornecedoras e a variação dos preços de equipamentos no mercado. Considera-se, com isso, que o investimento calculado é uma boa estimativa para o valor do investimento a ser realizado, de acordo com as informações existentes e que serão adquiridas no horizonte de tempo da etapa de pesquisas. A seguir são apresentados, um a um, os principais coeficientes utilizados na análise da tecnologia de gaseificação de biomassa, e na determinação dos valores do ativo e do valor de exercício do preço do ativo.

9.2.1 Determinação do Preço de Exercício (K)

Uma vez que o preço de exercício seja o valor presente líquido dos investimentos necessários no desenvolvimento do projeto, torna-se necessária a obtenção de dados que permitam estimar estes investimentos, assim como de que modo se dão estes desembolsos.

O investimento para a planta industrial de gaseificação foi realizado baseando-se em um relatório de grande empresa de consultoria de processos petroquímicos sobre o processo termoquímico para produção de etanol. Este tipo de estudo é bastante comum entre empresas de consultoria especializadas e são realizados para processos bem conhecidos ou relativamente bem estabelecidos, estimando os investimentos necessários para uma determinada escala de produção. A partir dos dados dessas consultorias são realizadas adaptações que permitem analisar um investimento a partir de dados base que aproximem os reais para a nova tecnologia. Estas adaptações se referem principalmente a dois fatores: diferentes escalas de produção e índices de inflação. Deste modo, o investimento para uma planta de gaseificação pode ser obtido a partir da Equação 9.1, apresentada abaixo:

$$I = \left(\frac{C}{C_0} \right)^{coef.} \times \left(\frac{M}{M_0} \right) \times I_0 \quad (9.1)$$

O investimento para uma planta de produção C é calculado em função de uma planta de capacidade C_0 , levando-se em consideração ganhos de escala, o que faz com que o investimento não mude linearmente com o aumento da capacidade. É considerada também a variação do investimento com a inflação de equipamentos, uma vez que uma análise baseada em outros anos estará ainda distorcida em relação à realidade. Por fim, o coeficiente I_0 referente à planta padrão reflete o investimento calculado no relatório utilizado como referência. Este número é discriminado por equipamentos e as mudanças no processo devem ser analisadas através do impacto que uma mudança de equipamentos pode ter sobre o valor do investimento.

Para a planta de gaseificação de biomassa utilizou-se como base uma planta de produção de etanol por rota termoquímica de capacidade de produção de 75 mil toneladas ano, segundo estimativas de 2009, cujo índice de inflação de equipamentos era 760. Para esta planta o investimento médio calculado é de US\$ 150 MM e o coeficiente de crescimento ou redução da capacidade é de 0,7.

Para o cálculo de uma planta industrial de gaseificação de biomassa de 100 mil toneladas ano, calculada em 2010, cujo índice de inflação de equipamentos é 800, tem-se, a partir da Equação 9.1:

$$I = \left(\frac{100}{75}\right)^{0,7} \times \left(\frac{800}{760}\right) \times 150 = 193,12$$

Portanto, o investimento necessário para uma planta de capacidade 100 mil toneladas ano de produção de etanol por rota termoquímica é de US\$ 193,12 MM.

Como apontado por Panayi et Trigeorgis (1998) e descrito no item 8.1 – Projetos Multi-Estágio –, os projetos de tecnologia envolvem diferentes etapas sequenciais, sendo o desenvolvimento industrial a etapa final. Torna-se necessário também estimar o investimento necessário para uma planta piloto de produção de etanol, estimada do mesmo caso padrão. Analogamente ao caso da planta industrial calcula-se o investimento da planta piloto, com capacidade de 5% da capacidade da planta industrial, utilizando-se novamente a Equação 9.1 e os coeficientes já apresentados.

$$I = \left(\frac{5}{75}\right)^{0,7} \times \left(\frac{800}{760}\right) \times 150 = 31,10$$

Deve-se ressaltar que apesar da grande redução de escala pode-se considerar o investimento obtido de R\$ 31,10 MM, uma vez que se apresenta da mesma ordem de grandeza de plantas piloto reais e do menor impacto que um erro sobre este valor tem sobre o investimento total.

Para a etapa de laboratório, o custo de desenvolvimento é conhecido com precisão, uma vez que se tratam dos custos envolvidos no curto prazo. Evidentemente estes custos podem ser aumentados, mas é uma estimativa bastante próxima da realidade. O valor utilizado na análise apresentada é de US\$ 2 MM, que se refere a uma estimativa dos custos desembolsados unicamente pela empresa, uma vez que existem custos cobertos por subvenção econômica à inovação e parceiros diretos interessados na utilização da tecnologia.

Deve-se evidenciar, novamente, que nenhum dos valores apresentados acima é real, sendo apenas representações dos valores aplicados no desenvolvimento do projeto junto à empresa.

A Tabela 9-1 apresenta, em síntese, os resultados de investimento obtidos e utilizados na análise realizada.

Capacidade Planta	Investimento (US\$ MM)
Referência (75 kta)	150,00
Industrial (100 kta)	193,12
Pré-piloto (5 kta)	31,10
Pesquisa	2,00

Tabela 9-1: Investimento Planta de Produção de Etanol por Gaseificação de Biomassa, para diferentes capacidades.

Para a obtenção do preço de exercício, representado na análise pelo valor presente líquido dos investimentos realizados, utilizou-se um tempo de desenvolvimento da etapa de pesquisa de 02 anos, da etapa piloto de mais 02 anos e da etapa industrial de 01 ano. Os investimentos foram, portanto rateados igualmente durante o tempo de desenvolvimento de cada etapa, sendo o fluxo de caixa dos investimentos apresentado na Tabela 9-2.

Cronograma de Investimentos (US\$ MM)		2011	2012	2013	2014	2015
Laboratório	100%	50%	50%	0%	0%	0%
	2	1	1	0	0	0
Piloto	100%	0%	0%	50%	50%	0%
	31	0,00	0,00	15,55	15,55	0,00
Industrial	100%	0%	0%	0%	0%	100%
	193	0,00	0,00	0,00	0,00	193,12
Total	226,22	1,00	1,00	15,55	15,55	193,12
VPL (MM US\$)	143,95					

Tabela 9-2: Cronograma e VPL de Investimentos para o projeto analisado.

O valor presente líquido dos investimentos realizados é de US\$ 143,95 MM, sendo este o preço de exercício da opção. Com isso, deve-se realizar o projeto se o valor presente líquido de seu fluxo de caixa, excetuando-se os investimentos, for maior que o valor presente líquido dos investimentos realizados, isto é, US\$ 143,95 MM.

É necessário então obter o fluxo de caixa médio do projeto a partir das expectativas atuais, obtendo-se assim o valor corrente inicial do ativo.

9.2.2 Determinação do Valor Corrente Inicial do Ativo (S)

Como dito anteriormente, o valor corrente do ativo é considerado como a expectativa do fluxo de caixa do projeto, excetuando-se o valor presente líquido dos investimentos. Conforme se desenvolvam os resultados de pesquisa, alguns determinantes do valor presente

líquido podem se desenrolar de modo a indicar um aumento do valor do projeto, o que equivale a um aumento do valor do ativo. Se por outro lado, as pesquisas indicarem que a expectativa de ganhos é menor do que a inicial, isto equivale a uma redução do valor do ativo. O valor corrente inicial do ativo é, portanto, a expectativa média atual do valor presente líquido do projeto.

Para a determinação do valor presente líquido do projeto deve-se calcular os custos diretos e indiretos de produção, a partir das expectativas de rendimentos a serem obtidos. A Tabela 9-3 apresenta o cálculo dos custos fixos de produção para uma planta industrial de 100 mil toneladas ano de etanol por rota termoquímica.

Componente	Base	Custo (US\$)
Operacional	(operadores/turno; 4 turnos)	600.000
Manutenção	(1,6%/ano Capital Fixo Total)	3.089.902
Laboratório	(20% Operacional)	120.000
Materiais de Manutenção	(2,4%/ano Capital Fixo Total)	4.634.853
Suprimentos	(10% Operacional)	60.000
Overhead	(20% Operacional)	120.000
Taxas e Seguros	(2%/ano Capital Fixo Total)	3.862.378
G&A, Sales	(12% Outros Componentes)	1.498.456
Total (MM US\$)		13,99

Tabela 9-3: Cálculos de Custo Fixo para a Planta Industrial de Produção de Etanol.

O custo de fixo de produção para uma planta de 100 mil toneladas de etanol ano por rota termoquímica é de aproximadamente US\$ 14 MM por ano, sendo este valor essencialmente baseado no número de operadores e no investimento realizado na construção da planta. Este valor é incorrido durante todo o horizonte de produção da planta.

Analogamente, a Tabela 9-4 apresenta o cálculo dos custos fixos de produção para uma planta piloto de 5 mil toneladas ano de etanol por rota termoquímica.

Componente	Base	Custo (US\$)
Operacional	(operadores/turno; 2 turnos)	200.000
Manutenção	(1,6%/ano Capital Fixo Total)	497.546
Laboratório	(20% Operacional)	40.000
Materiais de Manutenção	(2,4%/ano Capital Fixo Total)	746.318
Suprimentos	(10% Operacional)	20.000
Overhead	(20% Operacional)	40.000
Taxas e Seguros	(2%/ano Capital Fixo Total)	621.932
G&A, Sales	(12% Outros Componentes)	259.986
Total (US\$ MM)		2,43

Tabela 9-4: Cálculos de Custo Fixo para a Planta Piloto de Produção de Etanol.

O custo de produção para uma planta de 5 mil toneladas de etanol ano por rota termoquímica é de aproximadamente US\$ 2,5 MM por ano, sendo este valor essencialmente baseado no número de operadores e no investimento realizado na construção da planta. Ao contrário do custo fixo da planta industrial, o custo fixo é contabilizado apenas durante o tempo entre o final da planta-piloto e o início da produção da planta industrial. Para o caso analisado, o custo fixo é contabilizado apenas durante um ano. Isto é verdade, pois após a construção da planta industrial, a planta piloto é usualmente desativada ou utilizada em novos desenvolvimentos de processo.

A análise dos custos variáveis de produção de etanol, por sua vez, é realizada a partir do levantamento das principais matérias-primas, subprodutos e utilidades utilizadas no processo analisado. Esses dados são obtidos novamente de consultorias especializadas, de artigos científicos e de patentes, sendo um processo consideravelmente complexo, principalmente no que se refere à determinação dos coeficientes de consumo. Muitas vezes é necessário calcular o rendimento teórico da reação e buscar patentes e artigos que indiquem a conversão e seletividade das reações químicas, de modo a estimar os consumos. Durante a realização das pesquisas, no entanto, espera-se que essas informações sejam consideravelmente mais disponíveis. A Tabela 9-5 apresenta os índices de consumo de matérias-primas para a produção de etanol, assim como os preços de cada um dos materiais, omitindo-se os principais materiais utilizados. O produto destes fatores fornece o custo de cada material para a produção de etanol que, por sua vez, fornece o custo variável total de produção de etanol.

Material	Consumo (unidade / t etanol)	Preço Médio (US\$ / t MP)	Total (US\$ / t etanol)
Matéria – prima 01: Biomassa (t)	6,00	35,00	210,00
Matéria – prima 02	0,00	400,00	1,60
Matéria – prima 03	0,00	150,00	0,15
Utilidade 01	150,00	0,04	6,00
Utilidade 02	2,50	0,50	1,25
Utilidade 03	0,20	60,00	9,00
Subproduto 01	0,20	60,00	-0,12
Total			227,88

Tabela 9-5: Custo médio esperado de produção de etanol por rota de Gaseificação de Biomassa.

O custo variável de produção de etanol estimado é, portanto, de US\$ 228 por tonelada, dados os coeficientes de consumo e custos de matéria-prima obtidos e apresentados acima.

A partir destes dados, e considerando um preço de venda de US\$ 730 / t, a depreciação dos investimentos em 10 anos, uma taxa de juros do mercado de 10% e a alíquota de imposto

de renda em 34%, obteve-se o fluxo de caixa parcialmente apresentado na Tabela 9-6 e integralmente apresentado no Apêndice A. Ainda, o horizonte de tempo para o funcionamento da planta é de 25 anos.

FLUXO DE CAIXA	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Investimento (US\$ MM)	1,00	1,00	15,55	15,55	193,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume de Vendas (kta)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Faturamento (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00
Custo Variável (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79
Custo Fixo (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,43	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99
Depreciação (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Receita Operacional (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,43	13,80	13,80	13,80	13,80	13,80
Imposto de Renda (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,82	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69
Lucro (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,60	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11
Depreciação (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Fluxo de Caixa (US\$ MM)	-1,00	-1,00	-15,55	-15,55	-194,7	31,53	31,53	31,53	31,53	31,53
VPL (US\$ MM)	-2,94									
TIR	9,6%									

Tabela 9-6: Fluxo de Caixa Médio Esperado, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno do Projeto.

O fluxo de caixa apresentado considera os investimentos realizados e calculados no item anterior, sendo este o resultado de uma análise tradicional de projetos. O projeto não é viável, uma vez que seu valor presente líquido é negativo e a taxa interna de retorno é menor que o custo de oportunidade da empresa, considerado igual à taxa de juros do mercado.

Para a análise de Opções Reais e para a obtenção do valor inicial corrente do ativo (S), deve-se, no entanto, subtrair o valor presente líquido dos investimentos realizados e já calculados no item anterior. Tem-se, deste modo:

$$S = \text{VPL com investimentos} - \text{VPL investimentos}$$

$$S = - 2,94 - (- 143,95) = \text{US\$ } 141,01 \text{ MM}$$

O valor inicial corrente do ativo é de US\$ 141,01 MM, resultado do fluxo de caixa do projeto, excetuando-se os investimentos. Se a expectativa de valor presente líquido do projeto

é maior que o fluxo de caixa dos investimentos para a sua realização, então o projeto deve ser realizado. Deve-se ressaltar que a situação é totalmente equivalente à análise tradicional.

Ao analisarmos o projeto com os dados atuais temos:

$$S = \text{US\$ } 141,01 < \text{US\$ } 143,95 = K$$

E o projeto não deve ser realizado, com uma diferença entre o valor corrente do ativo e o preço de compra do ativo de US\$ - 2,94, igual ao valor presente líquido do projeto. Apesar disso, o valor corrente inicial do ativo é uma estimativa que é melhorada ao longo do desenvolvimento das pesquisas. Conforme, por exemplo, a expectativa de que o consumo de bagaço na produção de etanol diminua, tem-se uma redução do custo variável de produção, que leva a um fluxo de caixa mais favorável e a um valor presente líquido do projeto mais alto. Isto equivale a um aumento do valor do ativo. Se o valor corrente do ativo for maior que o preço de exercício da opção, então o projeto passa a ser viável. Se, por outro lado, as pesquisas indicarem que o consumo de bagaço na produção de etanol aumente, tem-se um aumento do custo de produção e uma diminuição do valor corrente do ativo, tornando o projeto ainda mais desfavorável.

A decisão de realizar ou não o projeto, entretanto, pode ser tomada no instante inicial, antes de se iniciarem as pesquisas, ou após o final das pesquisas, com uma aproximação melhor do valor presente líquido do projeto. A questão central é se vale a pena ter a opção de explorar esta nova tecnologia e para tomar tal decisão o valor da opção deve ser incorporado ao valor do projeto.

9.2.3 Definição do Valor da Opção (C)

Conforme apresentado anteriormente, o valor da opção pode ser determinado através de diferentes metodologias, de acordo com a precisão desejada nos resultados. Não há diferença essencial em seu princípio de funcionamento e a escolha depende grandemente da complexidade em seu cálculo e na apresentação de seus resultados.

9.2.3.1 Valor da Opção – Modelo Binomial

Na utilização do modelo binomial, apresentado no item 7.1 – Modelo Binomial –, a partir do valor de um valor corrente inicial do ativo são obtidos os possíveis valores do ativo nos instantes posteriores, chegando-se a um valor final máximo e mínimo, após certo número

de estágios. Dificilmente, entretanto, será possível saber quanto poderá subir ou descer o valor do ativo, de um período para outro. A fim de contornar esta dificuldade, entretanto, pode-se realizar o caminho inverso. Obtendo-se os extremos da árvore de possibilidades do valor do ativo pode-se obter quanto este deve subir ou descer por estágio e, com isso, todas as possibilidades de valor possíveis entre um extremo e outro. Para tal o primeiro passo é o cálculo dos extremos esperados para o valor do ativo.

Extremos Valor Corrente do Ativo

Para o cálculo do custo fixo máximo e mínimo das plantas foi utilizado um coeficiente de 1,1 e 0,9 sobre o investimento realizado, resultando em um aumento e diminuição dos custos fixos calculados, respectivamente. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 9-7.

Cenário	Coeficiente de Redução do Investimento	Custo Fixo Calculado Industrial (MM US\$)	Custo Fixo Calculado Piloto (MM US\$)
Atual Esperado	1,00	13,99	2,43
Máximo Esperado	1,10	12,69	2,22
Mínimo Esperado	0,90	15,28	2,90

Tabela 9-7: Cálculo Custos Fixos Máximo e Mínimo para Planta Industrial e Piloto de Produção de Etanol.

Ainda, o valor máximo e mínimo esperados reflete a variação no investimento sobre os custos fixos, sendo os custos com operadores mantidos constantes. Isto faz com os custos fixos não variem linearmente com os coeficientes de redução e aumento do investimento, uma vez que os custos com operadores são considerados bastante próximos da realidade e influenciam pouco sobre os custos fixos.

No que se refere aos custos variáveis máximos e mínimo, foram tomados como referência os consumos e preços médios e verificados de que modo estes valores poderiam subir ou descer. Para a determinação dos consumos e preços máximos foi acrescida uma porcentagem sobre os valores médios de 20%. A combinação dos maiores consumos de matéria-prima e dos preços máximos dos produtos resulta no custo variável máximo, com os resultados apresentados na Tabela 9-8.

Material	Consumo (unidade / t etanol)	Preço Médio (US\$ / t MP)	Total (US\$ / t etanol)
Matéria – prima 01: Biomassa (t)	7,20	42,00	302,40
Matéria – prima 02	0,00	480,00	2,30
Matéria – prima 03	0,00	180,00	0,22
Utilidade 01	165,00	0,05	7,92
Utilidade 02	3,00	0,60	1,80
Utilidade 03	0,18	48,00	12,96
Subproduto 01	0,00	72,00	-0,08
Total			302,32

Tabela 9-8: Custo variável máximo esperado de etanol por rota de Gaseificação de Biomassa.

O custo variável máximo de produção de etanol, como pode ser observado, é de US\$ 302,32 por tonelada, 32,7% mais alto que o custo médio anteriormente obtido, de US\$ 227,88. A partir destes dados, e considerando a depreciação dos investimentos em 10 anos, uma taxa de juros do mercado de 10% e a alíquota de imposto de renda em 34%, obteve-se o fluxo de caixa parcialmente apresentado na Tabela 9-9 e integralmente apresentado no Apêndice A. Ainda, o horizonte de tempo para o funcionamento da planta é de 25 anos e o preço de venda do etanol de US\$ 657 / t, 10% menor que o preço médio de venda anteriormente considerado.

FLUXO DE CAIXA	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Investimento (US\$ MM)	1,00	1,00	15,55	15,55	193,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume de Vendas (kta)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Faturamento (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,70	65,70	65,70	65,70	65,70
Custo Variável (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,23	30,23	30,23	30,23	30,23
Custo Fixo (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,90	15,28	15,28	15,28	15,28	15,28
Depreciação (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Receita Operacional (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,90	-2,24	-2,24	-2,24	-2,24	-2,24
Imposto de Renda (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,99	-0,76	-0,76	-0,76	-0,76	-0,76
Lucro (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,91	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48
Depreciação (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Fluxo de Caixa (US\$ MM)	-1,00	-1,00	-15,55	-15,55	-195,0	20,94	20,94	20,94	20,94	20,94
VPL (US\$ MM)	-53,14									
TIR	2,6%									

Tabela 9-9: Pior Cenário de Fluxo de Caixa Esperado, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno do Projeto.

Como pode ser observado, o valor presente líquido do projeto considerando os piores casos possíveis é de US\$ - 53,14 MM e a taxa interna de retorno é de 2,6%. Para este cenário tem-se também que o projeto é inviável, a partir de uma análise tradicional, uma vez que seu valor presente líquido é negativo e a taxa interna de retorno é menor que o custo de oportunidade da empresa, considerado igual à taxa de juros do mercado.

Para a análise de Opções Reais e para a obtenção do valor corrente do ativo na pior situação, deve-se, no entanto, subtrair o valor presente líquido dos investimentos realizados e já calculados no item anterior. Tem-se, deste modo:

$$S = \text{VPL com investimentos} - \text{VPL investimentos}$$

$$S = - 53,11 - (- 143,95) = \text{US\$ } 90,81 \text{ MM}$$

Este é o valor mínimo que o ativo pode assumir, o qual é menor que o preço de exercício da opção. A situação descrita é representada abaixo:

$$S = \text{US\$ } 90,81 < \text{US\$ } 143,95 = K$$

E o projeto não deve ser realizado, com uma diferença entre o valor corrente do ativo e o preço de compra do ativo de US\$ -53,11 MM, igual ao valor do projeto. Este é o cenário mais desfavorável, e certamente o projeto não deve ser continuado se a expectativa de resultados ao final da pesquisa for essa.

Para a determinação dos consumos e preços máximos foi realizada uma redução dos valores em 20% em relação à média no que se refere aos preços e uma redução de consumo de 20% para utilidades e uma redução de modo que o valor se aproximasse do teórico para as variáveis de consumo de matérias-primas e subprodutos. A combinação dos menores consumos de matéria-prima e dos preços mínimos dos produtos resulta no custo variável mínimo, com os resultados apresentados na Tabela 9-10.

Material	Consumo (unidade / t etanol)	Preço Médio (US\$ / t MP)	Total (US\$ / t etanol)
Matéria – prima 01: Biomassa (t)	4,80	28,00	134,40
Matéria – prima 02	0,00	320,00	1,02
Matéria – prima 03	0,00	120,00	0,10
Utilidade 01	120,00	0,03	3,84
Utilidade 02	2,00	0,40	0,80
Utilidade 03	0,12	72,00	5,76
Subproduto 01	0,00	48,00	-0,17
Total			145,75

Tabela 9-10: Custo variável mínimo esperado de produção de etanol por rota de Gaseificação de Biomassa.

O custo direto mínimo de produção de etanol, como pode ser observado, é de US\$ 145 por tonelada, 64,0% mais baixo que o custo médio anteriormente obtido, de US\$ 227,88. A partir destes dados e como nos outros casos, considerando a depreciação dos investimentos em 10 anos, uma taxa de juros do mercado de 10% e a alíquota de imposto de renda em 34%, obteve-se o fluxo de caixa parcialmente apresentado na Tabela 9-11 e integralmente apresentado no Apêndice A. Ainda, analogamente aos outros casos, o horizonte de tempo para o funcionamento da planta é de 25 anos e o preço de venda do etanol de US\$ 876 / t, 20% maior que o preço médio de venda anteriormente considerado.

FLUXO DE CAIXA	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Investimento (US\$ MM)	1,00	1,00	15,55	15,55	193,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume de Vendas (kta)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Faturamento (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	87,60	87,60	87,60	87,60	87,60
Custo Variável (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,57	14,57	14,57	14,57	14,57
Custo Fixo (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	12,69	12,69	12,69	12,69	12,69
Depreciação (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Receita Operacional (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,90	-2,22	37,92	37,92	37,92	37,92
Imposto de Renda (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,75	-12,89	-12,89	-12,89	-12,89	-12,89
Lucro (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,46	-25,02	-25,01	-25,02	-25,02	-25,02
Depreciação (US\$ MM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Fluxo de Caixa (US\$ MM)	-1,00	-1,00	-15,55	-15,55	-194,6	47,45	47,45	47,45	47,45	47,45
VPL (US\$ MM)	72,30									
TIR	17,9%									

Tabela 9-11: Melhor Cenário de Fluxo de Caixa Esperado, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno do Projeto.

Como pode ser observado, o valor presente líquido do projeto considerando os melhores casos possíveis é de US\$ 72,30 MM e a taxa interna de retorno é de 17,9%. Para este cenário tem-se que o projeto é viável, a partir de uma análise tradicional, uma vez que seu valor presente líquido é positivo e a taxa interna de retorno é maior que o custo de oportunidade da empresa, considerado igual à taxa de juros do mercado.

Para a análise de Opções Reais e para a obtenção do valor corrente do ativo na pior situação, deve-se, no entanto, subtrair o valor presente líquido dos investimentos realizados e já calculados no item anterior. Tem-se, deste modo:

$$S = \text{VPL com investimentos} - \text{VPL investimentos}$$

$$S = - 72,30 - (- 143,95) = \text{US\$ } 216,25 \text{ MM}$$

Este é o valor máximo que o ativo pode assumir, o qual é maior que o preço de exercício da opção. A situação descrita é representada abaixo:

$$S = \text{US\$ } 216,25 > \text{US\$ } 143,95 = K$$

E o projeto deve ser realizado, com uma diferença entre o valor corrente do ativo e o preço de compra do ativo de US\$ 72,30 MM, igual ao valor do projeto. Este é o cenário mais favorável, e certamente o projeto deve ser continuado se a expectativa de resultados ao final da pesquisa for essa.

A Tabela 9-12 apresenta, em síntese, os resultados obtidos para o valor presente líquido, valor corrente do ativo e preço de exercício do projeto para os três cenários considerados.

Cenário	VPL do Projeto (MM US\$)	Valor do Ativo – S (MM US\$)	Preço de Exercício – K (MM US\$)
Atual Esperado	- 2,94	141,01	143,95
Máximo Esperado	- 53,94	90,81	143,95
Mínimo Esperado	72,30	216,25	143,95

Tabela 9-12: Comparativo Valor Presente Líquido do Projeto, Valor do Ativo e Preço de Exercício para os três cenários considerados.

A partir dos valores máximo, mínimo e atual obtêm-se os coeficientes de aumento e redução do valor do ativo por estágio. Os valores do ativo serão confirmados ao longo das pesquisas e o resultado será conhecido ao final do estágio de pesquisa, considerado de 02 anos para o projeto de gaseificação de biomassa. Para o exemplo do item 7.2 – Modelo Binomial –

Vários Estágios – considerou-se a divisão do período analisado em 04 estágios. Este número pode variar conforme a precisão desejada no cálculo do valor da opção. Para o caso de gaseificação de biomassa optou-se por dividir o período de 02 anos em 08 estágios. Cada estágio equivale deste modo, há um trimestre, devendo a taxa de juros e a variância serem corrigidas por estes períodos.

9.2.4 Construção Árvore de Possibilidades do Valor da Tecnologia

A Figura 9-2 apresenta o cálculo dos possíveis valores do ativo em cada estágio da análise, apresentando em valor numérico os valores já calculados: valor corrente inicial do ativo, valor máximo do ativo e valor mínimo do ativo.

t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5	t = 6	t = 7	t = 8
								216,25
						$S u^6$	$S u^7$	$S u^7 d$
				$S u^5$		$S u^6 d$		$S u^6 d^2$
		$S u^4$		$S u^5 d$		$S u^5 d^2$		$S u^5 d^3$
	$S u^3$		$S u^4 d$		$S u^4 d^2$		$S u^4 d^3$	$S u^4 d^4$
	$S u$	$S u^2$	$S u^2 d$	$S u^3 d$	$S u^3 d^2$	$S u^3 d^3$	$S u^3 d^4$	$S u^3 d^5$
141,01		$S u d$		$S u^2 d^2$		$S u^2 d^3$		$S u^2 d^4$
	$S d$		$S u d^2$		$S u^2 d^3$		$S u^2 d^4$	$S u^2 d^5$
		$S d^2$		$S u d^3$		$S u^2 d^4$		$S u^2 d^5$
			$S d^2$		$S u d^4$		$S u^2 d^5$	$S u^2 d^6$
				$S d^2$		$S u d^5$		$S u^2 d^6$
					$S d^5$		$S u d^6$	$S u^2 d^7$
						$S d^6$		$S u d^7$
							$S d^7$	
								90,81

Figura 9-2: Possíveis Valores do Ativo em cada Estágio da Árvore.

Fonte: Elaboração própria a partir de Brasil et al. (2001).

A partir da figura podem-se calcular os coeficientes de crescimento e redução do ativo para cada período. Para o coeficiente de crescimento tem-se:

$$141,01 \times u^8 = 216,25 \Rightarrow u = 1,05$$

Para o coeficiente de redução do ativo:

$$141,01 \times d^8 = 90,81 \Rightarrow d = 0,95$$

A partir destes valores são calculados todos os valores possíveis do ativo, em cada estágio. A Figura 9-3 apresenta os possíveis valores do ativo, a partir dos coeficientes calculados.

		Ano 01				Ano 02			
t = 0	t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5	t = 6	t = 7	t = 8	
								216,25	
							205,00		
					184,21	194,33	183,93	194,02	
			174,62			174,35		174,08	
		165,54		165,28			165,02		
	156,92		156,68		156,43			156,19	
	148,75		148,52		148,29		148,06		
141,01		140,79		140,57		140,35		140,14	
	133,46		133,26		133,05		132,84		
		126,32		126,12		125,93		125,73	
			119,56		119,37		119,19		
				113,26		112,99		112,81	
					107,11		106,94		
						101,37		101,22	
							95,95		
								90,81	

Figura 9-3: Possíveis Valores do Ativo Calculados para cada Estágio da Árvore.

A partir dos coeficientes u e d , calculados, pode-se também obter a probabilidade de que o valor do ativo suba ou desça em relação ao estágio anterior. Conforme apresentado através da equação 7.3, tem-se com isso o cálculo de p e $1 - p$.

$$p = \frac{(e^r - d)}{(u - d)} = \frac{(e^{0,025} - 0,95)}{(1,05 - 0,95)} = 72,71\%$$

$$1 - p = 1 - 72,71\% = 27,29\%$$

A partir dos números calculados e estendendo o raciocínio utilizado na Figura 7-5 – Método de Cálculo de Probabilidades para Método Binomial com 04 estágios. – obtém-se a probabilidade de que o ativo assuma cada um dos valores calculados e apresentados na Figura 9-4.

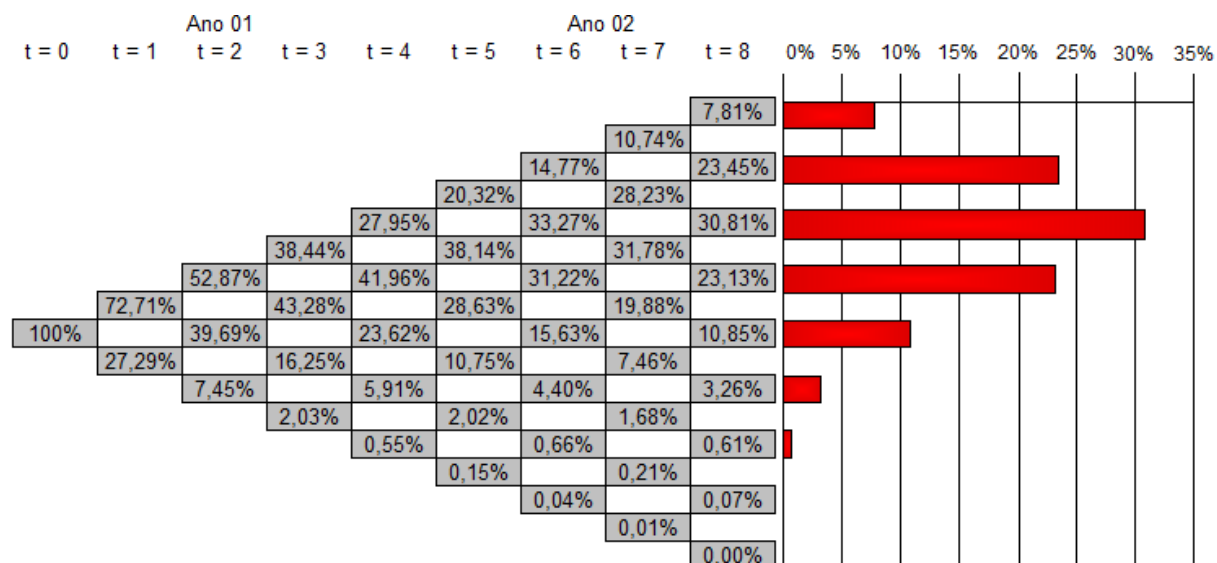


Figura 9-4: Probabilidades para cada ramo da árvore binomial e curva de probabilidades para o valor final do ativo.

A partir dos valores de probabilidades obtidos para o ativo analisado calcula-se o valor da opção para cada um dos estágios. Analogamente ao que foi feito para o exemplo do item 7.2 – Modelo Binomial – Vários Estágios –, a partir dos valores possíveis do ativo e da probabilidade de sua ocorrência, é calculado o valor da opção para cada ramo. A Figura 9-5 apresenta o resultado obtido, analogamente ao que foi realizado para o exemplo da Figura 7-2, com os valores do ativo em cinza escuro e o valor da opção em cada uma das situações em cinza claro. A Figura 9-5 apresenta também a curva de probabilidades do valor final do ativo, conforme apresentado na figura anterior.

$$\text{Valor do Projeto} = \text{NPV Tradicional} + \text{Valor das Opções}$$

$$\text{Valor do Projeto} = - 2,94 + 24,16 = \text{US\$ } 21,22 \text{ MM}$$

Como se pode observar, o valor real do projeto de gaseificação de biomassa é positivo e o projeto deve ser continuado segundo a abordagem utilizada. Isto foi obtido através de uma análise mais cuidadosa das opções existentes, na qual o gestor não necessariamente é obrigado a executar o projeto para o caso em que as pesquisas indiquem sua inviabilidade. Esta situação é muito mais próxima da realidade e capta a situação real encontrada no desenvolvimento de tecnologias e projetos com muita incerteza. As implicações para a gestão da inovação são evidentes e dão suporte para uma avaliação mais correta dos projetos do dia a dia das empresas inovadoras.

A análise realizada levou em consideração o Modelo Binomial com vários estágios. Evidentemente poderia ter sido utilizado um só estágio e o resultado teria uma precisão menor, tendo-se em vista a menor aproximação com a realidade em comparação com o modelo de vários estágios. Uma avaliação mais precisa, por sua vez, contaria com um número ainda maior de estágios, com esta situação levada ao extremo sendo representada pelo Modelo Black-Scholes.

9.2.4.1 Valor da Opção – Modelo Black-Scholes

A fim de obter um resultado mais preciso no que se refere à valoração das opções pode-se optar pelo modelo Black-Scholes, o qual trabalha a partir do princípio do modelo binomial com vários estágios, encurtando-se o período de tempo de cada estágio e aumentando-se o número de possibilidades para o valor do ativo. O resultado de tais considerações reflete um valor do ativo variando continuamente segundo uma distribuição normal, com o valor das opções dependendo das mesmas variáveis, descritas agora de um modo contínuo. Conforme apresentado no item 7.3 – Modelo Black-Scholes – o valor da opção segundo o modelo Black-Scholes é calculado através dos seguintes passos:

Passo 01: Entrada das variáveis para o cálculo de $d1$ e $d2$.

Passo 02: Obtenção de $N(d1)$ e $N(d2)$ a partir do valor, correspondente à distribuição normal cumulativa dos valores $d1$ e $d2$.

Passo 03: Cálculo do valor presente do preço de exercício, através da fórmula:

Valor presente do preço de exercício = $K \times e^{-r \times t}$

Passo 04: Cálculo do valor da opção a partir da equação 7.5.

Para o cálculo do valor da opção segundo o Modelo Black-Scholes serão utilizados os dados já calculados para o Modelo Binomial, sendo feitas as adequações necessárias. Mantêm-se, com isso, o valor inicial do ativo e o preço de exercício. Ainda, serão considerados dois períodos de um ano, cada um com taxa de juros igual à utilizada anteriormente. Por último, é utilizado o mesmo desvio-padrão do caso anterior, adequando-o para um valor não mais trimestral, mas anual. O desvio padrão do primeiro caso é dado pela equação 7.3, de acordo com o exposto no item 7.2 – Modelo Binomial – Vários Estágios.

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

$$\sigma = \sqrt{0,7271 \times 1,05^2 + 0,2729 \times 0,95^2 - [0,7271 \times 1,05 + 0,2729 \times 0,95]^2} = 4,83\%$$

Considerando o período como um ano e mantendo-se o mesmo desvio-padrão para períodos iguais, tem-se um desvio-padrão anual dado pela composição dos desvios-padrão dos quatro trimestres de cada ano.

$$\sigma_{ano} = \sqrt{\sigma_{trim}^2 + \sigma_{trim}^2 + \sigma_{trim}^2 + \sigma_{trim}^2}$$

$$\sigma_{ano} = 2 \times \sigma_{trim} = 2 \times 0,0483 = 9,66\%$$

Aplicando-se os passos fornecidos para o cálculo do valor da opção para o projeto de gaseificação de biomassa, de acordo com os dados obtidos, tem-se:

Passo 01: Entrada das variáveis para o cálculo de $d1$ e $d2$.

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times t}{\sigma \times \sqrt{t}} = \frac{\ln\left(\frac{141,01}{143,95}\right) + \left(0,10 + \frac{0,0966^2}{2}\right) \times 2}{0,0966 \times \sqrt{2}} = 3,122$$

$$d2 = d1 - \sigma \sqrt{t} = 3,122 - 0,0966 \times \sqrt{2} = 0,088292$$

Passo 02: Obtenção de $N(d1)$ e $N(d2)$ a partir do valor, correspondente à distribuição normal cumulativa dos valores $d1$ e $d2$.

$$N(d1) = 0,9991$$

$$N(d2) = 0,9986$$

Passo 03: Cálculo do valor presente do preço de exercício.

$$\text{Valor presente do preço de exercício} = K \times e^{-r \times t} = 143 \times e^{-0,10 \times 2} = 117,85$$

Passo 04: Cálculo do valor da opção.

$$C = S \times N(d_1) - K \times e^{-r \times t} \times N(d_2) = 141,01 \times 0,9991 - 117,85 \times 0,99858 = 13,47$$

O valor da opção para o projeto de gaseificação de biomassa, segundo a abordagem de Black-Scholes, é de US\$ 13,47 MM. A partir dos valores de $N(d_1)$ e $N(d_2)$ é possível ainda afirmar a faixa de probabilidades de que o valor do ativo seja maior que o preço de exercício e, com isso, exista lucro. Para o exemplo tem-se $N(d_1) = 0,9991$ e $N(d_2) = 0,9986$ e a faixa de probabilidade de que o valor do ativo seja maior que US\$ 143,95 MM está entre 99,91% e 99,86%. Conforme já discutido no item 7.4 – Resultados Comparativos –, não se pode afirmar para um projeto de tecnologia que a probabilidade de sucesso é de mais de 99%, sendo este valor apenas um indicativo da relação entre a rentabilidade do mercado e os possíveis valores do ativo.

O valor total do projeto incorporando o valor das Opções pode ser calculado a partir da Equação 8.1, conforme exposto no item 8 – Valor Real de um Projeto.

$$\text{Valor do Projeto} = \text{NPV Tradicional} + \text{Valor das Opções}$$

$$\text{Valor do Projeto} = - 2,94 + 13,47 = \text{US\$ } 10,53 \text{ MM}$$

Como se pode observar, o valor real do projeto de gaseificação de biomassa é positivo e o projeto deve ser continuado segundo a abordagem utilizada. Isto foi obtido através de uma análise mais cuidadosa das opções existentes, na qual o gestor não necessariamente é obrigado a executar o projeto para o caso em que as pesquisas indiquem sua inviabilidade. Ao contrário da análise através do Modelo Binomial, no entanto, é considerado um cenário contínuo, no qual o ativo pode assumir todos os valores dentro de certo limite. Esta análise apresenta um resultado mais preciso, apresentando por outro lado uma maior complexidade tanto no entendimento quanto na comunicação de sua utilização.

Como dito anteriormente, o fato dos modelos apresentados apresentarem divergências quanto ao resultado obtido não significa que um ou outro esteja errado. É necessário ponderar os benefícios e dificuldades de cada um e verificar qual se apresenta mais vantajoso para a empresa.

PARTE III: Discussão, Metodologia de Valoração e Conclusão

A última parte do trabalho diz respeito à discussão dos resultados obtidos através de cada um dos modelos. A partir desses resultados é proposta uma metodologia de valoração através de Opções Reais. Propõe-se a utilização dos dois modelos complementarmente, sendo apresentada ainda a ferramenta desenvolvida para facilitação do processo de valoração via Opções Reais. Por último são apresentados os principais resultados, desafios e dificuldades, assim como o resultado da análise do projeto de produção de etanol por gaseificação de biomassa.

10 Comparativo Resultados – Modelo Binomial e Modelo Black-Scholes

Através da aplicação dos Modelos Binomial e Black-Scholes obteve-se diferentes resultados para o valor das opções existentes no Projeto de Gaseificação de Biomassa. Estes resultados, apesar de partirem do mesmo princípio divergem consideravelmente e, apesar de em ambos os casos terem levado à mesma conclusão, poderiam direcionar o gestor a diferentes ações. É necessário, com isso, analisar de que modo o valor da opção pode influenciar a viabilidade de um projeto, de modo que o resultado de um modelo não indique que um projeto é viável, quando na realidade não é.

A Tabela 10-1: mostra os resultados obtidos com a aplicação dos dois modelos para o Projeto de Gaseificação de Biomassa.

Modelo	NPV (MM US\$)	Valor da Opção (C)	Valor do Projeto (MM US\$)	P (S > K)
Binomial - 08 estágios	-2,94	24,16	21,22	85,2%
Black-Scholes	-2,94	13,47	10,53	99,8% - 99,9%

Tabela 10-1: Comparativo Resultados Modelo Binomial e Black-Scholes.

Como pode ser verificado, o Modelo Binomial indica um valor da opção 79% maior que o modelo Black-Scholes. Uma vez que o Modelo Black-Scholes é mais preciso tem-se que o risco de aprovação de um projeto indevidamente se refere ao modelo binomial. O mesmo efeito pode ser observado no item 7.4 – Resultados Comparativos –, em que o modelo binomial apresenta valores da opção maiores dos que os apresentados através do modelo Black-Scholes. Apesar da diferença entre o modelo binomial e o modelo Black-Scholes ser de apenas 11% (ver Tabela 10-1: – Comparativo Resultados Modelo Binomial e Black-Scholes.)

esta diferença pode significar a aprovação de um projeto através da avaliação pelo modelo binomial que não poderia ser realizada através do modelo Black-Scholes.

Pode-se perceber resultado semelhante no que se refere à probabilidade de que o valor do ativo seja maior que o preço de exercício da opção. Tanto para o exemplo utilizado no item 7 – Modelos de Valoração de Tecnologias através de Opções Reais –, quanto na aplicação no projeto real tem-se uma probabilidade consideravelmente maior de que o projeto tenha resultado positivo através do modelo Black-Scholes. Evidentemente este resultado tem uma implicação menos grave do que a anterior, uma vez que esta probabilidade serve apenas como referência na análise de viabilidade da tecnologia, como já discutido.

11 Metodologia de Valoração de Projetos

Uma possível argumentação para evitar a análise precipitada de um projeto seria a utilização do Modelo Black-Scholes para a análise de projetos. Por se tratar do modelo com melhor precisão poderia ser argumentado que este deveria ser o modelo utilizado, fornecendo números mais confiáveis para qualquer análise. Deve-se ressaltar, entretanto, que o resultado do projeto não diz respeito somente à aplicação do método e verificação de sua viabilidade, mas também de seu entendimento e comunicação dentro da empresa. Ao passo que o modelo Black-Scholes apresenta resultados mais confiáveis, o modelo também se apresenta de difícil divulgação. Ao passo que o modelo binomial apresenta os valores possíveis do ativo e a probabilidade de obtenção de cada valor, o modelo contínuo não permite tais visualizações, o que torna o modelo muito menos palpável. Este é um fator importante, pois mesmo não sendo um fator diretamente responsável pela aprovação ou não do projeto, é um fator referente à sua efetiva utilização internamente na empresa. Deste modo, o modelo binomial, apesar de fornecer um resultado pior que o resultado através do modelo Black-Scholes, apresenta-se como uma alternativa importante em termos de divulgação e efetivamente utilização de Opções Reais dentro da empresa.

Uma alternativa para contornar uma análise precipitada da viabilidade do projeto é a utilização de ambos os modelos combinados. Deste modo, ao passo que o Modelo Black-Scholes fornece um valor capaz de avaliar a viabilidade de um projeto, o modelo binomial pode auxiliar na divulgação da utilização de Opções Reais. A primeira etapa seria deste modo verificar se a avaliação através dos dois modelos indica a viabilidade ou não viabilidade do projeto. Se ambos indicarem o mesmo resultado, então se deve verificar quão distantes os

valores se encontram e, considerando-se um valor de referência, verificar se é necessário aumentar o número de estágios, de modo a aproximar o resultado do modelo binomial do resultado com o modelo contínuo. O procedimento é parado assim que a diferença entre o modelo binomial e o modelo contínuo seja muito pequena. O procedimento descrito é apresentado na Figura 11-1.

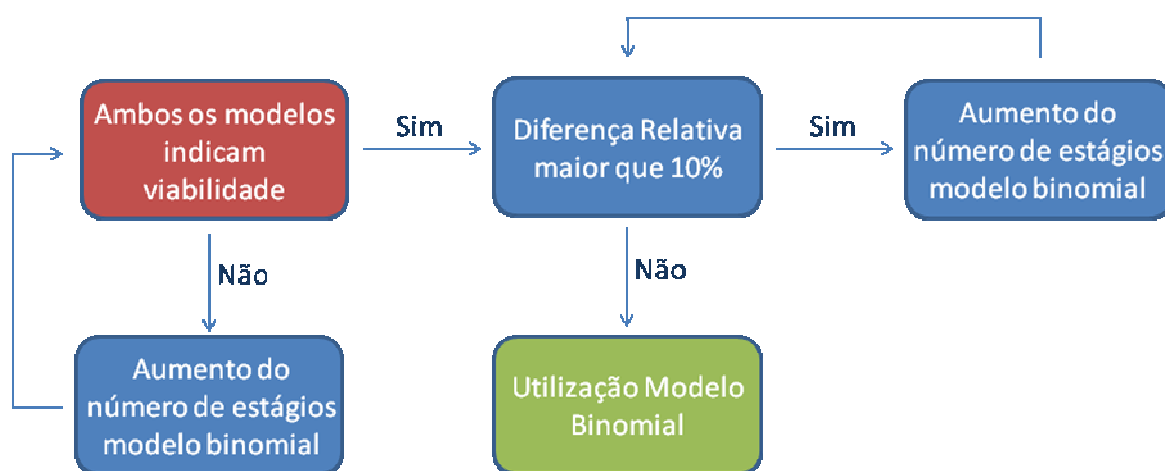


Figura 11-1: Metodologia de Aplicação dos Modelos de Opções Reais para Valoração de Tecnologias.

Como ponto de partida tem-se a caixa em vermelho, na qual se deve verificar se ambos os modelos indicam a mesma ação do gestor: continuar ou não o projeto. Se um modelo indica uma resposta diferente do outro, isso significa que é necessário aproximar o modelo binomial do modelo contínuo, o que pode ser feito através do aumento do número de estágios do modelo binomial. Para o projeto de gaseificação, como apresentado, para ambos os modelos o projeto é viável, com o valor do projeto maior que zero, portanto deve-se proceder ao cálculo da diferença relativa entre o valor da opção nos dois modelos. Como para projetos em que o valor do ativo é maior a diferença entre o valor da ação calculada por cada um dos modelos é maior, propõe-se a divisão da diferença entre os valores da opção pelo preço de exercício do ativo, de modo a avaliar a variação de valor das opções independente da ordem de grandeza dos ativos.

Para o projeto de Gaseificação de Biomassa, tem-se:

$$V = \frac{(V_{OpçãoBinomial} - V_{OpçãoBS})}{K} = \frac{(24,16 - 13,47)}{143,95} = 7,42\%$$

Portanto a diferença entre o resultado apresentado entre os diferentes modelos pode ser considerada aceitável e pode-se utilizar o modelo binomial como aproximação do valor da opção. Deve-se ressaltar que a utilização de um limite entre os valores da opção através dos dois modelos é uma idéia intuitiva e que o limite de 10% poderia ser substituído por um valor maior ou menor, de acordo com o rigor desejado na valoração das opções. Para um aumento deste número tem-se uma flexibilidade maior em relação à proximidade das duas estimativas, e o número de estágios para o qual é aplicado o modelo binomial pode ser menor. Para uma redução deste número tem-se uma flexibilidade menor entre as duas estimativas, e um número maior estágios é necessário na utilização do modelo binomial.

Deve-se ressaltar que independentemente da flexibilização desejada, o modelo e os números oficiais divulgados de cada tecnologia são os referentes ao modelo binomial. O Modelo Black-Scholes é, com isso, utilizado como parâmetro e referência do valor da opção para o cálculo do número de estágios através do modelo binomial. Tem-se, com isso, os dois modelos se complementando na valoração e divulgação do projeto, sendo o esforço de cálculo um ponto para discussão.

12 Ferramenta de Aplicação do Modelo

A utilização dos dois modelos apresentados no cálculo da opção tem como implicação direta mais esforços, tanto de cálculo, quanto em análise de dados. Apesar de não se tratarem de cálculos muito complexos, os quais exigem pouco recurso computacional e podem ser calculados manualmente, a facilidade de aplicação do método é de fundamental importância para o sucesso de sua utilização na empresa. A construção dos cenários, a seleção das variáveis, a aplicação dos modelos são atividades a mais em um trabalho que tradicionalmente já exige grande emprego de recursos. É evidente durante a realização das atividades dentro da empresa que a tentativa de aplicação de qualquer nova metodologia não pode envolver um aumento muito grande na dificuldade do processo de valoração. O processo tradicional de valoração já é uma atividade complexa e isso faz com qualquer aumento na carga de trabalho seja mal vista, por mais importante que seja considerada internamente.

Uma estratégia possível para a simplificação deste processo é a padronização dos cálculos e da forma de entrada dos dados. A dificuldade na avaliação de uma tecnologia diz respeito à obtenção de dados técnicos e investimentos, de um lado, e dados de mercado e custos, de outro. Estes dados são difíceis de se estimar e a necessidade de modelagem tanto na

aplicação de uma metodologia tradicional quanto de uma metodologia mais complexa torna-se um problema considerável. A idéia central é, deste modo, sistematizar a entrada dos dados de modo a facilitar a criação dos cenários mínimo, médio e máximo e assim calcular o valor das opções para projetos genéricos, segundo os dois modelos. Isto não significa que o processo de valoração de tecnologias esteja sendo padronizado, mas que as dificuldades do processo passam a se concentrar na obtenção e validação dos dados de entrada e não na montagem do modelo, seja ele tradicional ou por Opções Reais.

Como um esforço neste sentido, foi realizada a tabulação de todos os dados utilizados no Projeto de Gaseificação de Biomassa. Foram então estendidos os dados de entrada e os cálculos realizados para um projeto genérico. Para tal foi utilizada planilha eletrônica, recurso que atende às necessidades da empresa e para a qual os analistas estão aptos a fazer modificações caso sejam identificadas necessidades específicas de outros projetos, ainda não incorporadas na planilha.

Os dados do projeto são divididos, deste modo, em investimentos, coeficientes de mercado e coeficientes técnicos. Ainda, foram colocados como dados de entrada o tempo de desenvolvimento do projeto em escala laboratorial, planta piloto e planta industrial. Esta planilha é chamada de controle e tem como objetivo manter todos os dados de entrada da análise centralizados e padronizados. Deve-se ressaltar que esta não é uma tentativa de padronizar o processo de valoração de tecnologias, mas sim de sistematizar a entrada de dados de acordo com o método geral de valoração da área, aprendido e desenvolvido durante os dois últimos anos de estágio. Nesta planilha são colocados um a um os dados de entrada da análise apresentados anteriormente. O processo de produção de etanol do Projeto de Gaseificação de Biomassa foi sintetizado em uma só etapa, mas a sistematização dos dados realizada levou em consideração também a possibilidade de diversas etapas, com produção de intermediários e acoplamento de um processo em outro.

A Figura 12-1 apresenta o resultado do trabalho realizado, onde são colocados dados máximos, médios e mínimos, coeficientes de investimento, tempo de desenvolvimento de cada etapa, etc. O resultado deste trabalho, realizado para o projeto de Opções Reais, resultou em considerável avanço na valoração de tecnologias pelos métodos tradicionais, uma vez que permite concentrar os esforços na obtenção e análise de dados e não na modelagem dos dados para a obtenção do valor do projeto.

Relatório Mensal de Produção e Custos									
Período: 01/01/2024 a 31/01/2024		Unidade: kg		Valor: R\$		Custo: R\$		Margem: %	
Insc. Rec. Econômica (R\$) 01		2		Insc. Rec. Econômica		2		Insc. Rec. Econômica	
Insc. Plant. Pálida (R\$) 01		01		Insc. Plant. Pálida		01		Insc. Plant. Pálida	
Insc. Industrial (R\$) 01		000		Insc. Industrial		000		Insc. Industrial	
Métricas de Produção									
Métricas		C/P		Métricas		C/P		Métricas	
Etapa 01		100,00		Etapa 01		100,00		Etapa 01	
Etapa 02		1,00		Etapa 02		1,00		Etapa 02	
Etapa 03		1,00		Etapa 03		1,00		Etapa 03	
Etapa 04		1,00		Etapa 04		1,00		Etapa 04	
Total (R\$) 01		100,00		Total (R\$) 01		100,00		Total (R\$) 01	
Total (R\$) 02		10,00		Total (R\$) 02		10,00		Total (R\$) 02	
Produção (kg)		100,00		Produção (kg)		100,00		Produção (kg)	
Folha seca		70,00		Folha seca		70,00		Folha seca	
BPF (kg)		1,00		BPF (kg)		1,00		BPF (kg)	
VPR (kg)		1,00		VPR (kg)		1,00		VPR (kg)	
Custos e Margens									
Custos		C/P		Custos		C/P		Custos	
Etapa 01		100,00		Etapa 01		100,00		Etapa 01	
Produção (kg)		100,00		Produção (kg)		100,00		Produção (kg)	
Investimentos									
Custos de Investimento		C/P		Custos de Investimento		C/P		Custos de Investimento	
Custo de Investimento (R\$) 01		100,00		Custo de Investimento (R\$) 01		100,00		Custo de Investimento (R\$) 01	
Custo de Investimento (R\$) 02		10,00		Custo de Investimento (R\$) 02		10,00		Custo de Investimento (R\$) 02	
Custo de Investimento (R\$) 03		1,00		Custo de Investimento (R\$) 03		1,00		Custo de Investimento (R\$) 03	
Custo de Investimento (R\$) 04		1,00		Custo de Investimento (R\$) 04		1,00		Custo de Investimento (R\$) 04	
Custo de Investimento (R\$) 05		1,00		Custo de Investimento (R\$) 05		1,00		Custo de Investimento (R\$) 05	
Custo de Investimento (R\$) 06		1,00							

Figura 12-1: Planilha de Entrada de Dados para Modelos Binomial e Black-Scholes.

Os valores de entrada são apresentados na cor amarela e os resultados calculados em outras planilhas apresentados sob a legenda azul escura, na parte superior da tela. Estes valores são transferidos para outra planilha, na qual são calculados os máximos e mínimos dos custos fixos, variáveis, faturamento e investimentos em planta piloto e industrial para cada uma das etapas. A Figura 12-2 apresenta a planilha de cálculo destas variáveis. Como se pode observar, não existe nenhum campo marcado em amarelo, o que significa que se trata apenas de uma planilha de cálculos, a fim de construir os cenários médio, mínimo e máximo de valor presente líquido.

INVESTIMENTOS MEDIO (US\$ MM)		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
INVESTIMENTO MINIMO(US\$ MM)		1,00	1,00	15,55	15,55	193,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
INVESTIMENTO MAXIMO(US\$ MM)		1,00	1,00	15,55	15,55	193,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CF MEDIO (US\$ MM)		0,00	0,00	15,03	15,03	2,09	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	
CF MINIMO (US\$ MM)		0,00	0,00	15,03	15,03	2,09	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	
CF MAXIMO (US\$ MM)		0,00	0,00	15,03	15,03	2,09	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	
CV MEDIO (US\$ MM)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	19,22	
CV MINIMO (US\$ MM)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	
CV MAXIMO (US\$ MM)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	27,65	
FATURAMENTO MEDIO (US\$ MM)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	76,00	
FATURAMENTO MINIMO (US\$ MM)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	65,40	
FATURAMENTO MAXIMO (US\$ MM)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	
PRODUÇÃO (kta)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Custos Fixos e Investimentos																						
Orçamento de Investimento (US\$ MM)																						
Laboratório		100%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pilota		100%	0%	0%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		21	0,00	0,00	15,55	15,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Industrial		100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		192	0,00	0,00	0,00	0,00	193,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Prêmio		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nº Etapas:		1,00																				
Etapas 01:		Produção Etanol																				
Custos Fixos		Escala Industrial																				
Componente		Base		Custo (US\$ MM)																		
Operacional		(Operacional/turno*(turno))		600.000																		
Manutenção		(1,60/ano Capital Fixo Total)		2.019.902																		
Laboratório		(20% Operacional)		120.000																		
Material de Manutenção		(2,40/ano Capital Fixo Total)		4.624.853																		
Suprimento		(10% Operacional)		60.000																		
Overhead		(20% Operacional)		120.000																		
Taxes e Seguros		(2,00/ano Capital Fixo Total)		3.042.370																		
G&S, Saldo		(15% Overhead Componentes)		1.480.456																		
Total				15,49																		
Total Média				15,49																		
Total Máxima				15,49																		
Operacional por turno				6																		
Custo Médio Operador (US\$/ano)				25.000																		
Custos Variáveis																						
Nº Etapas:		1																				
Etapas 01:		Produção Etanol																				
CF Produção		Quantidade	Preço Médio	Total	Quantidade	Preço Mínimo	CF Mínimo	Quantidade	Preço Máximo	CF Máximo	Quantidade	Preço Mínimo	CF Mínimo	Quantidade	Preço Máximo	CF Máximo	Quantidade	Preço Mínimo	CF Mínimo	Quantidade	Preço Máximo	CF Máximo
Biomassa		5,00	35,00	175,00	4,00	25,00	100,00	5,00	45,00	225,00	5,00	35,00	175,00	5,00	45,00	225,00	5,00	35,00	175,00	5,00	45,00	225,00
H2O		0,00	400,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	400,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	400,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	400,00
Alimento Catalyst		0,00	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,00
Cooling Water		180,00	0,04	6,00	120,00	0,03	3,00	180,00	0,05	6,00	180,00	0,05	6,00	180,00	0,05	6,00	180,00	0,05	6,00	180,00	0,05	6,00
Process Water		1,50	0,40	0,60	1,20	0,32	0,30	1,50	0,45	0,60	1,50	0,45	0,60	1,50	0,45	0,60	1,50	0,45	0,60	1,50	0,45	0,60
Electricity		0,00	60,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	72,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Electricity		0,05	60,00	3,00	0,12	45,00	0,75	0,15	72,00	0,90	0,15	72,00	0,90	0,15	72,00	0,90	0,15	72,00	0,90	0,15	72,00	0,90
Total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total				152,63			124,45															

Figura 12-2: Planilha de Cálculos dos Cenários.

Os resultados calculados e apresentados na Figura 12-2 são utilizados para a construção do resultado esperado atual e da melhor e pior expectativa de resultado do projeto. O resultado esperado atual exerce o papel de estimativa do valor atual do ativo, enquanto a melhor e pior expectativa de resultado do projeto exercem o papel dos extremos da árvore de possibilidades do ativo na árvore binomial e no cálculo do desvio-padrão do valor do ativo no Modelo Black-Scholes.

Estes resultados são utilizados no cálculo do valor presente líquido médio, mínimo e máximo do projeto, para o posterior cálculo do valor das opções, através dos dois modelos utilizados. A Figura 12-3 apresenta a planilha de cálculo destes valores. Novamente ressalta-se que não há qualquer célula pintada em amarelo, o que significa que não é necessário entrar com qualquer valor nesta planilha.

PLANO DE CENÁRIOS - 2016-2030	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Investimento (US\$ MM)	1,00	1,00	15,55	15,55	155,42	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88
Capital de Giro (US\$ MM)															
Valor de Venda (US\$)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88
Valor de Venda (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88
Costo Variável Produção (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79
Costo Fixo (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33
Operação (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Recursos Operacionais (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45
Imposto de Renda (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82
Lucro (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48
Operação (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Fluxo de Caixa Geral (US\$ MM)	-1,00	-1,00	-15,55	-15,55	-155,42	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88
WPI PROJETO (US\$ MM)	-2,94														
WPI	187														
WPI INVESTIMENTOS (US\$ MM)	-149,35														
PLANO DE CENÁRIOS - 2016-2030	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Investimento (US\$ MM)	1,00	1,00	15,55	15,55	155,42	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88
Capital de Giro (US\$ MM)															
Valor de Venda (US\$)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88
Valor de Venda (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88
Costo Variável Produção (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79
Costo Fixo (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33
Operação (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Recursos Operacionais (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45
Imposto de Renda (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82
Lucro (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48
Operação (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Fluxo de Caixa Geral (US\$ MM)	-1,00	-1,00	-15,55	-15,55	-155,42	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88
WPI PROJETO (US\$ MM)	-2,94														
WPI	187														
WPI INVESTIMENTOS (US\$ MM)	-149,35														
PLANO DE CENÁRIOS - 2016-2030	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Investimento (US\$ MM)	1,00	1,00	15,55	15,55	155,42	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88
Capital de Giro (US\$ MM)															
Valor de Venda (US\$)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88	100,88
Valor de Venda (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88	73,88
Costo Variável Produção (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79
Costo Fixo (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33
Operação (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Recursos Operacionais (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45	-2,45
Imposto de Renda (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82	-8,82
Lucro (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48	-1,48
Operação (US\$ MM)	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42
Fluxo de Caixa Geral (US\$ MM)	-1,00	-1,00	-15,55	-15,55	-155,42	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88
WPI PROJETO (US\$ MM)	-2,94														
WPI	187														
WPI INVESTIMENTOS (US\$ MM)	-149,35														

Figura 12-3: Planilha de Construção de Cenários para utilização nos Modelos Binomial e Black-Scholes.

A partir destes valores calcula-se o valor da opção em cada um dos modelos. Para o Modelo Binomial são apresentados os dados de entrada, calculados conforme apresentado no item 9.2 – Valoração das Opções em Projetos de Tecnologia. A Figura 12-4 apresenta a planilha na qual é realizado o cálculo do valor das opções segundo o Modelo Binomial. Novamente não são apresentadas células em amarelo, o que significa que todos os dados são resultado de entradas e cálculos e de outras planilhas.

Modelo Binomial

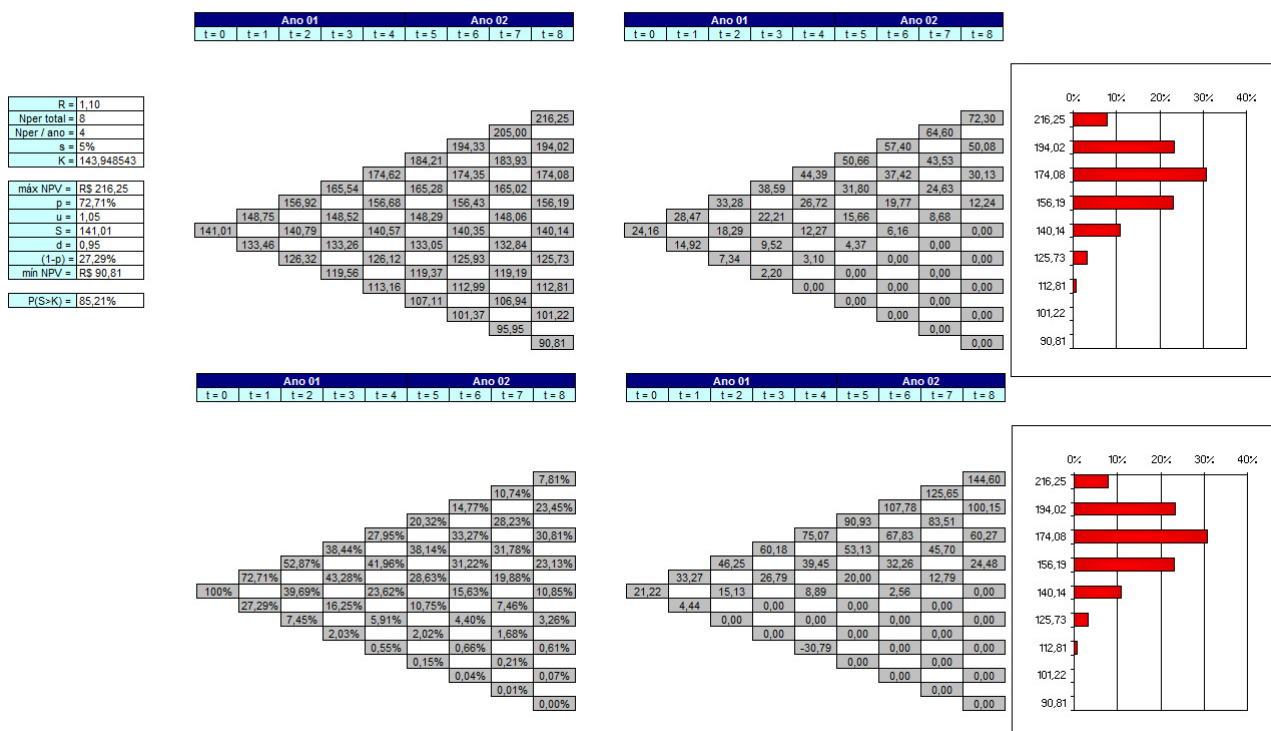


Figura 12-4: Planilha de Cálculo de Valor das Opções segundo o Modelo Binomial.

Na planilha apresentada são calculados os valores possíveis que o ativo pode assumir, a probabilidade de que o ativo assuma qualquer dos valores, o ganho para cada caso e o valor da opção em cada ramo da árvore. Por último, a Figura 12-5 apresenta a planilha na qual é realizado o cálculo do valor das opções segundo o Modelo Black-Scholes. Novamente não são apresentadas células em amarelo, o que significa que todos os dados são resultado de entradas e cálculos e de outras planilhas.

Modelo Black-Scholes

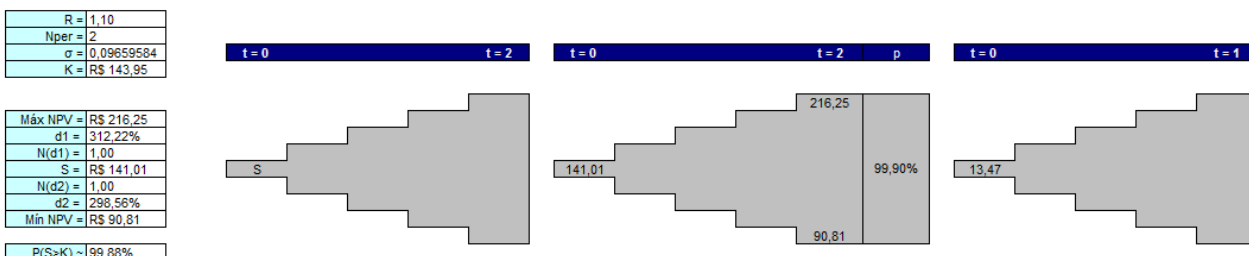


Figura 12-5: Planilha de Cálculo de Valor das Opções segundo o Modelo Black-Scholes.

Na planilha apresentada é calculado tanto o valor da opção quanto a probabilidade de que o valor do ativo esteja entre os extremos de valor do ativo calculados. Como pode ser observado, o resultado é muito menos visual que para o Modelo Binomial, o que torna sua

comunicação mais difícil, apesar da maior precisão. Ainda, o valor da opção poderia ter sido calculado para cada um dos pontos da árvore, aplicando-se diversas vezes a metodologia apresentada. No entanto, isto levaria a pensar que há uma divisão discreta nos valores possíveis do ativo, o que não é real.

A partir dessas planilhas de cálculo é valorado o projeto segundo a metodologia de Opções Reais. Como pôde ser observado, apenas a primeira planilha contém dados de entrada, o que torna o processo de valoração mais sistematizado. A partir desta iniciativa de tabulação dos dados e cálculos e da entrega de uma metodologia genérica para a empresa, tem-se uma facilitação da utilização do Modelo de Opções Reais, restringindo as dificuldades apenas à obtenção de dados e comunicação interna do método. Espera-se, com isso, que a empresa possa realizar a valoração de seus principais projetos com o uso de Opções Reais e que a metodologia desenvolvida seja um apoio aos gestores para a tomada de decisão e comunicação dos projetos da área.

13 Conclusão

Conforme apresentado, os resultados do trabalho realizado não se restringiram somente à análise de viabilidade de um projeto, mas também ao entendimento e adaptação às necessidades da empresa de um método de valoração pouco difundido, complexo, e que envolve decisões importantes da empresa. A conclusão do trabalho realizado foi dividida em duas partes. Na primeira parte são discutidas as dificuldades encontradas no desenvolvimento do projeto, os desafios para a utilização do método proposto e o resultado obtido até o ponto alcançado. Na segunda parte são discutidas a viabilidade do projeto e de que modo os resultados podem ser utilizados pelos gestores.

13.1 Dificuldades e Desafios

A metodologia de valoração de tecnologias dentro de uma empresa geralmente é bem estabelecida, o que se por um lado pode facilitar o processo de comunicação interna, pode também dificultar seu processo de renovação e evolução ao longo do tempo. Conforme ratificado ao longo do desenvolvimento do trabalho, o contexto da empresa analisada e o momento vivido pela área de Inovação e Tecnologia Corporativa indicam a necessidade de evolução desta metodologia, o que é extensamente reconhecido pelos gestores da área.

Como pôde ser observado, a implementação de uma nova metodologia ultrapassa as dificuldades de entendimento de um novo modelo de valoração de projetos. Grandes dificuldades são encontradas na comunicação da metodologia, o que se agrava nas atividades externas à área. O entendimento do processo descrito exige um grande esforço do leitor ou do ouvinte, sobre o qual a afinidade com a matemática e valoração de tecnologias é essencial. Contribui ainda a falta de material didático sobre o tema, que torna necessária a construção de um raciocínio próprio de explicação do modelo e da nova metodologia. O desenvolvimento do projeto foi um grande esforço contra esta inércia existente dentro da empresa. A dificuldade na divulgação dos resultados alcançados exigiu dos gestores um esforço de entendimento e reflexão sobre a importância da utilização da nova metodologia e dos benefícios alcançados. Obteve-se, assim, um aumento do entendimento das Opções Reais por parte dos gestores. Mesmo assim o resultado pode ser considerado muito distante do ideal. A situação se agrava, ainda, ao considerarmos que uma das principais vantagens do método é a comunicação da viabilidade do projeto e que serão os gestores os responsáveis pela divulgação da metodologia para outras áreas. É um desafio, com isso, divulgar e consolidar a utilização da metodologia de Opções Reais para a empresa como um todo, dando-se ênfase principalmente às áreas correlatas à área de Inovação e Tecnologia Corporativa. O trabalho realizado foi um grande avanço neste sentido, mas o sucesso da implantação da metodologia exige que esforços continuem sendo feitos para o aperfeiçoamento do entendimento e da aplicação do modelo.

Soma-se a isso, ainda, a dificuldade já existente na valoração de tecnologias através das metodologias já existentes. A quantidade de dados necessária e a complexidade na tabulação destes dados para cada caso é um obstáculo a ser enfrentado na operacionalização da valoração das tecnologias. Este problema, no entanto, foi muito bem contornado com a tabulação das entradas e cálculos necessários (ver item 12 – Ferramenta de Aplicação do Modelo). Com a utilização da planilha eletrônica entregue à empresa os dados necessários para a valoração por Opções Reais podem ser considerados bastante reduzidos e considerados como uma extensão dos dados necessário para os métodos de valoração tradicionais. Como produto desta frente de trabalho, a ferramenta desenvolvida tem sido utilizada não somente na valoração por Opções Reais, mas também na valoração tradicional. É um desafio ainda tornar a valoração por Opções Reais uma etapa para os projetos da área, não considerando-se os projetos valorados pela nova metodologia especiais de alguma forma.

Por último, há ainda uma série de entendimentos que podem ser feitos em relação à aplicação de novas metodologias de valoração de projetos de tecnologia. É necessário verificar de que modo o Modelo de Opções Reais muda o resultado de viabilidade do projeto ou não. A aplicação do método de Opções Reais foi realizada apenas para o projeto de Gaseificação de Biomassa, no entanto a utilização da metodologia para outros projetos pode não significar grande uma mudança significativa na viabilidade do projeto. Na metodologia proposta dois modelos são utilizados simultaneamente para a valoração dos projetos, cabendo verificar de que modo outros modelos e ferramentas complementares podem apoiar a utilização de Opções Reais. Também, apenas a utilização extensiva da metodologia pode levantar pontos a serem melhorados e desenvolvidos para a adequação aos novos projetos. Ao longo do trabalho o modelo foi revisto diversas vezes, sendo feitas adaptações que permitissem chegar a um resultado padronizado para os projetos da área e balanceando quantidade de dados necessária e precisão nos resultados. Este processo precisa ser continuado, ganhando-se confiança na metodologia e aperfeiçoando a utilização do modelo.

13.2 Viabilidade do Projeto

Como pôde ser observado no item 09 – Análise de Caso - Tecnologia de Gaseificação de Biomassa – o projeto de gaseificação de biomassa é inviável segundo uma avaliação tradicional, utilizando o valor presente líquido. O valor presente líquido do projeto analisado é negativo em aproximadamente R\$ -3.000.000 e este projeto não deveria ser continuado. Como já discutido no item 2.2 – Problemas na Valoração de Tecnologias – o resultado desta análise tem implicações mais profundas que somente a indicação de que o projeto é inviável. Para o caso analisado, a tecnologia de gaseificação de biomassa deveria ser abandonada e nenhum investimento neste projeto deveria mais ser feito. Desconsideram-se, entretanto, os diferentes resultados possíveis que um projeto dessa natureza pode resultar, nos quais há a possibilidade de ganhos extraordinários, os quais com certeza não serão alcançados se a tecnologia for abandonada. Isto faz com que a competitividade da empresa seja deteriorada ao longo do tempo, com as novas tecnologias sendo abandonadas por, na média, apresentarem um resultado pouco favorável. O problema é produto de uma análise superficial, realizada a partir de metodologias que desconsideram o valor agregado na incerteza.

Para o caso do projeto de Gaseificação de Biomassa, a utilização do Método das Opções Reais para a valoração do projeto leva a outro resultado. As opções existentes no projeto valem R\$ 24.160.000 e com isso o valor do projeto passa a ser R\$ 21.220.000.

Segundo esta abordagem o projeto deve ser realizado, com a decisão de continuidade ou não do projeto sendo novamente tomada após 02 anos, caso as pesquisas realizadas indiquem que o projeto seja viável. Este resultado não somente indica que é viável realizar investimentos nesta tecnologia, como ainda permite a obtenção de um valor concreto associado ao projeto que justifique tal decisão.

Com isso, as implicações da utilização do Método das Opções Reais se referem não somente à viabilidade de um projeto isoladamente, mas de iniciativas de inovação para o longo prazo. Ao associar aspectos tangíveis dos projetos à incerteza inerente de projetos de tecnologia pode-se resolver um problema de fundamental importância para as empresas: como justificar através de métodos financeiros projetos inovadores e de alto risco. Ao utilizar a abordagem de Opções Reais para a valoração do projeto de Gaseificação de Biomassa há a possibilidade de justificar e difundir internamente um projeto que vise ganhar competências em uma tecnologia emergente e que vem sendo estudada por diversas empresas em diferentes países. Sem uma justificativa financeira, no entanto, essa argumentação não seria forte o suficiente e a empresa poderia ser obrigada a desistir do projeto por este se apresentar inviável segundo as abordagens tradicionais.

Do mesmo modo que para outros projetos da área de Inovação e Tecnologia Corporativa existem projetos para os quais análises financeiras tradicionais indicam sua não viabilidade, mas que podem ser viáveis através da valoração de suas opções. O objetivo deste processo não é tornar todos os projetos viáveis, mas permitir uma avaliação mais correta, capaz de apoiar a decisão dos gestores no que se refere a projetos com alto grau de incerteza, característicos de inovação.

Por último, a solução apresentada não é específica da área de Inovação e Tecnologia Corporativa, nem da Braskem. A valoração e aprovação de projetos com alto grau de incerteza e relacionados a tecnologia é um problema enfrentado até pelas empresas mais conhecidas como inovadoras. Algumas dessas empresas mantêm um fundo para inovação ou se comprometem a gastar uma determinada parte de seu faturamento em pesquisa e desenvolvimento, mas a utilização de recursos como a metodologia apresentada pode ser uma ferramenta a mais na gestão de seus projetos, justificando novos investimentos neste campo.

14 Reuniões com Orientador

As reuniões com o orientador se dão semanalmente através do Grupo de Estudos em Inovação e Desenvolvimento (GEID), no qual são discutidos temas referentes à economia evolucionária e no qual são apresentados quinzenalmente os resultados de pesquisa dos integrantes. A realização do trabalho de orientação não é isolada, portanto, ao Trabalho de Formatura, sendo esta a continuidade da orientação do estágio e de atividade de Iniciação Científica.

15 Bibliografia

Brasil, H. G.; Freitas, J. M.; Martins, V. I. O.; Gonçalves, D. S.; Ribeiro, E. Opções Reais: Conceitos e Aplicações a Empresas e Negócios. Editora Saraiva. 1ª Edição. 2001.

Christensen, C. M.; Kaufman, S. P.; Shih, W. C. Innovation Killers: How Financial Tools Destroy Your Capacity to Do New Things. Harvard Business Review. January 2008.

Damodaran, A. The Promise and Peril of Real Options. 2005.

Dias, M. A. G. Investimento sob incerteza em exploração & produção de petróleo. 1996. Dissertação (Mestrado em Administração) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

Nason, H. Distinctions between Basic and Applied in Industrial Research. Research Management (May 1981) 24.

Lintz, A. O Modelo de Opções Reais para Avaliação de Projetos de Investimento de Capital. 2001.

Pavitt, K. (1984). "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory". Revista Brasileira de Inovação, v. 02, p. 343-373.

Rosenberg, N. 1990. Why do firms do basic research (with their own money)? Research Policy 19(2), 168-74.

Santiago. L.P.; Pirooz, V. On the Value of the Flexibility in R&D Projects. 2003.

Santos, D. T. E.; Santiago, L. P. Métodos de Valoração de Tecnologias. 2008.

APÊNDICE A

FLUXO DE CAIXA MÉDIO (US\$ MM)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Investimento	1,00	1,00	15,55	15,55	193,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Volume de Vendas (kta)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Faturamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00	73,00
Custo Variável Produção	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79	22,79
Custo Fixo	0,00	0,00	0,00	0,00	2,43	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99	13,99
Depreciação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Receita Operacional	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,43	13,80	13,80	13,80	13,80	13,80	13,80	13,80	13,80	13,80	13,80	36,23	36,23	36,23	36,23	36,23
Imposto de Renda	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,82	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	12,32	12,32	12,32	12,32	12,32
Lucro	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,60	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	9,11	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91
Depreciação	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	22,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fluxo de Caixa Gerado	-1,0	-1,0	-15,6	-15,6	-194	31,53	31,53	31,53	31,53	31,53	31,53	31,53	31,53	31,53	31,53	23,91	23,91	23,91	23,91	23,91

