

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

BRUNO RODRIGUES FARIA

**AVALIAÇÃO DE PATENTES POR ABORDAGENS FINANCEIRAS BASEADAS EM
OPÇÕES REAIS: ESTUDO DE CASO DE INOVAÇÕES GERADAS NA UFMG**

BELO HORIZONTE
2014

Bruno Rodrigues Faria

AVALIAÇÃO DE PATENTES POR ABORDAGENS FINANCEIRAS BASEADAS EM
OPÇÕES REAIS: ESTUDO DE CASO DE INOVAÇÕES GERADAS NA UFMG

Dissertação apresentada ao Centro de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de Concentração: Administração Financeira

Prof. Orientador: Hudson Fernandes Amaral

Prof. Coorientador: Bruno Pérez Ferreira

Belo Horizonte

2014



Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Ciências Econômicas
Departamento de Ciências Administrativas
Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO do Senhor **BRUNO RODRIGUES FARIA**, REGISTRO Nº 546/2014. No dia 12 de maio de 2014, às 13:00 horas, reuniu-se na Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, a Comissão Examinadora de Dissertação, indicada pelo Colegiado do Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração do CEPEAD, em 25 de abril de 2014, para julgar o trabalho final intitulado "**Avaliação de Patentes por Abordagens Financeiras Baseadas em Opções Reais: Estudo de Caso de Inovações Geradas na UFMG**", requisito para a obtenção do **Grau de Mestre em Administração**, linha de pesquisa: **Finanças**. Abrindo a sessão, o Senhor Presidente da Comissão, Prof. Dr. Hudson Fernandes Amaral, após dar conhecimento aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado final:

APROVAÇÃO;

() APROVAÇÃO CONDICIONADA A SATISFAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS CONSTANTES NO VERSO DESTA FOLHA, NO PRAZO FIXADO PELA BANCA EXAMINADORA (NÃO SUPERIOR A 90 NOVENTA DIAS);

() REPROVAÇÃO.

O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pelo Senhor Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Senhor Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 12 de maio de 2014.

NOMES

ASSINATURAS

Prof. Dr. Hudson Fernandes Amaral.....
ORIENTADOR (CEPEAD/UFMG)

Prof. Dr. Bruno Perez Ferreira
(CEPEAD/UFMG)

Prof. Dr. Pedro Guatimosin Vidigal.....
(PRO/UFMG)

Prof. Dr. Eduardo Kayo
(FEA/USP)

AGRADECIMENTOS

Ao longo do curso de mestrado, vivenciei vários momentos em que precisei do auxílio e da colaboração de outras pessoas para me impulsionar e concluir a elaboração desta dissertação. Em especial, agradeço aos meus pais, por apoiarem minha decisão de trilhar esse caminho e por estarem sempre dispostos a me auxiliar no que fosse necessário.

Aos meus tios Paulo Antônio e Dirley e a meus primos João Victor e Thiago Vinícius, por me acolherem em sua casa. Vocês foram grandes responsáveis pela minha tranquilidade nesses anos.

Aos companheiros de mestrado, por compartilharem momentos de muito trabalho e dificuldades, sempre dispostos a crescer junto a cada dia. Também, aos doutorandos da instituição, por estarem disponíveis e repassarem um pouco de sua experiência.

Aos professores da Pós-Graduação, pelos valiosos ensinamentos, que, mesmo indiretamente, contribuíram para meu amadurecimento e evolução intelectual. Também aos funcionários do CEPEAD/UFG, que tiveram paciência e esclareceram minhas inúmeras dúvidas.

Ao professor Hudson Fernandes Amaral, pela confiança no trabalho, pela dedicação e pelos inúmeros conselhos e contribuições. Ao professor Bruno Pérez Ferreira, por ter sempre excelentes referências e materiais importantes para meu aprendizado.

À equipe e aos gestores da CTIT, bem como a todos os inventores, assistentes, professores e pesquisadores envolvidos, que se mostraram sempre solícitos. Foram várias reuniões, entrevistas e emails trocados, muitas vezes, interrompendo a rotina de trabalho. Mesmo assim, depositaram sua confiança em mim e permitiram a elaboração deste estudo.

Aos meus amigos que acompanharam minha caminhada e, mesmo eu me mantendo distantes, estiveram sempre ali para conversar. Por fim, à minha companheira, Cláudia, pela compreensão nos momentos em que não estive presente, seja pela distância física ou pelo dia a dia atarefado nesses últimos anos.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

RESUMO

O reconhecimento e a correta avaliação de recursos intangíveis baseados em conhecimento ganham cada vez mais relevância no contexto empresarial, pois estão relacionados ao valor para os negócios. As inovações tecnológicas em diversas áreas de estudo contribuem para gerar vantagem competitiva relevante. Nesse contexto, as patentes adquirem destaque por permitirem uma proteção legal sobre os benefícios futuros. Vários estudos acadêmicos se propõem a avaliar tal tipo de inovação, mas a possibilidade de um estudo empírico aplicado ainda é restrita. Em paralelo a isso, o Brasil possui características distintas dos principais países geradores de patentes, concentrando sua maior produção em instituições públicas, principalmente as universidades. Logo, esta dissertação teve por objetivo analisar e comparar as diferenças obtidas por meio da aplicação de diferentes métodos de avaliação utilizando estudos de caso que se enquadram nesse contexto. Esta pesquisa permitiu, ainda, ponderar a aplicabilidade dos métodos para uma instituição de ensino. A amostra foi constituída por quatro inovações desenvolvidas na UFMG e já licenciadas ou com possibilidade de licenciamento futuro. Dois casos são da área farmacêutica e os outros dois ligados ao campo da engenharia e fisioterapia. Os modelos utilizados permitiram a comparação entre métodos estáticos baseados em fluxos de caixa e métodos que se utilizam de opções reais, que consideram a flexibilidade inerente ao processo de licenciamento com base em seus contratos. Baseando-se nos processos e técnicas já utilizadas na CTIT para avaliar essas patentes, aplicou-se um único modelo de fluxo de caixa padronizado para todos os casos. Nos modelos de opções, testou-se um método de programação binomial, dois baseados em equações diferenciais e dois que utilizam simulações. Inicialmente, identificou-se que as inovações em estudo possuíam três flexibilidades estratégicas em comum, as quais originariam opções de abandono do contrato, de expansão para a patente internacional e de prorrogação do contrato ao final do prazo. Em seguida, estimaram-se os valores pelos modelos aplicáveis. Constatou-se que a relação teórica de subestimação do valor pelo fluxo de caixa estático foi verificada para todos os casos. A análise permitiu averiguar também que os efeitos de opções combinadas podem potencializar os ganhos esperados para o futuro e captar com maior precisão a expectativa de benefícios do ativo. Sobre a aplicabilidade desses métodos, observou-se maior dificuldade de utilizar os modelos de equações diferenciais, que pouco agregam à visão estratégica dos gestores. Já o modelo binomial permitiu visualizar melhor as possibilidades de ganho, mas é inferior à abrangência dos modelos de simulação. Tais resultados foram obtidos também por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. Para definir qual o tipo de simulação aplicar, verifica-se que o estágio de desenvolvimento do projeto é determinante. O problema da disponibilidade de dados, comum a esse tipo de estudo, foi minimizado pela grande fonte de informações setoriais e específicas que a CTIT possui. As informações ausentes puderam ser verificadas com alguma confiabilidade a partir de entrevistas com os inventores de cada inovação. As variáveis ligadas à taxa de desconto dos fluxos apresentaram resultados coerentes com as relações teóricas esperadas. A sensibilidade dos modelos à taxa de juros e a volatilidade foram, respectivamente, negativa e positiva. No entanto, a probabilidade de licenciamento da patente teve maior impacto na geração do valor, principalmente nos modelos de simulação. Portanto, o resultado deste estudo permitiu concluir que a aplicação de opções reais em patentes desenvolvidas na instituição pública é possível e gera resultados relevantes.

Palavras-chave: Avaliação, patentes, inovações, opções reais, fluxo de caixa.

ABSTRACT

The recognition and correct evaluation of intangible assets based on knowledge gained increasing relevance in the business context, because it is related to its value. Technological innovations among all fields of study contribute to generate relevant competitive advantage. In this context, patents are highlighted to allow legal protection on future benefits. Several academic studies propose to evaluate these types of innovations, but the possibility of an empirical study is still restricted. Withal, Brazil has distinct characteristics in comparison to the main patents generating countries, focusing most of their production in public institutions, especially universities. Therefore, the purpose of this dissertation was to analyze and compare the differences obtained by applying different evaluation methods using case studies that fit this context. This research also allowed to consider the applicability of the methods for an educational institution. The sample consisted of four innovations developed at UFMG and already licensed or with possibility of future licensing. Two cases belong to the pharmaceutical segment and the other two are connected to the field of engineering and physical therapy. The models used allowed comparison between static methods based on cash flows and methods that use real options, considering the flexibility inherent in the licensing process through their contracts. Based on the processes and techniques already in use to evaluate CTIT's patents, it was applied a single cash flow model standard for all cases. For the option models, it was tested one method of binomial programming, two based on differential equations and two using simulations processes. Initially, the innovations in study had three strategic flexibilities in common, which originate options abandonment of the contract, expansion to international patent and contract extension at the end of the period. Then, the values were estimated by the applying the models and it was found that the theoretical value's underestimation of the static cash flow was observed for all cases. Still, the analysis allowed to determine that the effects of combined options may enhance the future expected earnings and capture more accurately the expected benefits of the asset. About the applicability of these methods, there was a greater difficulty of applying models based on differential equations, which don't improve much to the strategic vision of the managers. The binomial model allows a better visualization of future possibilities, but it is less helpful than the simulation models. These results were also obtained using the Kolmogorov-Smirnov test. To define the type of simulation to be applied, it appears that the development stage of the project is crucial. The problem of data availability, very common to this type of research, was minimized by the major source of industry and specific information that CTIT has. The missing information could be verified with some reliability through interviews with the inventors of each innovation. The variables related to the discount rate showed consistent results with the expected theoretical relation. The sensitivity of the models to interest rate and volatility were, respectively, negative and positive. However, the likelihood of licensing the patent had the greatest impact on value generation, mainly in simulation models. Therefore, the results of this study allows to verify that the application of real options in patents developed in higher education public institutions is viable and generates relevant results.

Keywords: Evaluation, patents, innovation, real options, cash flow.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Exemplo de árvore binomial	51
Figura 02	Relação entre o valor das opções e do fluxo convencional em relação ao tempo de vida de um projeto.....	65
Figura 03	Árvore de decisão das opções reais consideradas	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Variantes dos métodos baseados em rendimentos aplicáveis a inovações.....	36
Quadro 02	Comparativo entre projeto de investimento (patente) e opção de compra	46
Quadro 03	Casos de estudo por área	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Variáveis de entrada para análise do CE01	118
Tabela 02	Resultados do modelo de Fluxo de Caixa Descontado do CE01	118
Tabela 03	Resultados dos modelos para a opção de Expansão do CE01	119
Tabela 04	Resultados dos modelos para a opção de Abandono do CE01	121
Tabela 05	Resultados dos modelos para a opção de Prorrogação do CE01	122
Tabela 06	Resultados dos modelos para as opções combinadas do CE01	124
Tabela 07	Teste de sensibilidade para o CE01	124
Tabela 08	Variáveis de entrada para análise do CE02	127
Tabela 09	Resultados do modelo de Fluxo de Caixa Descontado do CE02	128
Tabela 10	Resultados dos modelos para a opção de Expansão do CE02	129
Tabela 11	Resultados dos modelos para a opção de Abandono do CE02	130
Tabela 12	Resultados dos modelos para a opção de Prorrogação do CE02	131
Tabela 13	Resultados dos modelos para as opções combinadas do CE02	132
Tabela 14	Teste de sensibilidade para o CE02	132
Tabela 15	Variáveis de entrada para análise do CE03	135
Tabela 16	Resultados do modelo de Fluxo de Caixa Descontado do CE03	135
Tabela 17	Resultados dos modelos para a opção de Expansão do CE03	138
Tabela 18	Resultados dos modelos para a opção de Abandono do CE03	138
Tabela 19	Resultados dos modelos para a opção de Prorrogação do CE03	141
Tabela 20	Resultados dos modelos para as opções combinadas do CE03	141
Tabela 21	Teste de sensibilidade para o CE03	143
Tabela 22	Variáveis de entrada para análise do CE04	144
Tabela 23	Resultados do modelo de Fluxo de Caixa Descontado do CE04	144
Tabela 24	Resultados dos modelos para a opção de Expansão do CE04	146
Tabela 25	Resultados dos modelos para a opção de Abandono do CE04	147
Tabela 26	Resultados dos modelos para a opção de Prorrogação do CE04	148
Tabela 27	Resultados dos modelos para as opções combinadas do CE04	150

Tabela 28	Teste de sensibilidade para o CE04	151
Tabela 29	Teste de Kolmogorov-Smirnov para o CE01.....	159
Tabela 30	Teste de Kolmogorov-Smirnov para o CE02.....	160
Tabela 31	Teste de Kolmogorov-Smirnov para o CE03.....	162
Tabela 32	Teste de Kolmogorov-Smirnov para o CE04.....	162

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Intelectual
CTIT	Coordenadoria de Transferência e Inovação Tecnológica
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
FASB	<i>Financial Accounting Standards Board</i>
IASB	<i>International Accounting Standards Board</i>
VPL	Valor Presente Líquido
FC	Fluxo de Caixa
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i>
APT	<i>Arbitrage Pricing Theory</i>
OPM	<i>Option Pricing Model</i>
VPL _e	Valor Presente Líquido Estratégico
VPL _t	Valor Presente Líquido Tradicional
VOR	Valor das Opções Reais
EVA	<i>Economic Value Added</i>
MVA	<i>Market Value Added</i>
PRPq	Pró-Reitoria de Pesquisa
CE01	Caso de Estudo 01
CE02	Caso de Estudo 02
CE03	Caso de Estudo 03
CE04	Caso de Estudo 04
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
CAGR	<i>Compound Annual Growth Rate</i>
Selic	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 JUSTIFICATIVA	15
3 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
4.1 Características da avaliação de patentes	20
4.2 Abordagem contábil para avaliação de patentes.....	27
4.3 Abordagens financeiras para avaliação de patentes.....	28
4.3.1 Abordagem baseada em custo	29
4.3.2 Abordagem baseada em múltiplos	32
4.3.3 Abordagem baseada em rendimentos.....	34
4.4 Considerações sobre o processo de avaliação de patentes.....	64
5 METODOLOGIA.....	70
5.1 Etapas de pesquisa	70
5.2 Amostra.....	71
5.3 Estratégias de pesquisa	77
5.4 Considerações para análise de dados	81
5.5 Modelos	90
5.6 Variáveis	109
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	117
6.1 Caso de Estudo 01.....	117
6.2 Caso de Estudo 02.....	126
6.3 Caso de Estudo 03.....	134
6.4 Caso de Estudo 04.....	143
6.5 Análise dos dados utilizados.....	151
6.6 Análise da aplicabilidade dos modelos	158
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	168
REFERÊNCIAS	175

1 INTRODUÇÃO

A partir das alterações do panorama mundial nos anos 60, alguns autores caracterizam a sociedade atual como um sistema baseado no conhecimento, principalmente agregando o capital intelectual à estrutura econômica dos países da sociedade industrial (ANTUNES, 2000, BANDEIRA, 2010, HONG *et al*, 2010, SCHMIDT; SANTOS, 2009). Nesse período, houve consecutivas mudanças nas perspectivas tecnológicas e sociais, que afetaram a consideração dos fatores de produção tradicionais.

Em Schmidt e Santos (2009) explicam que esse conceito já havia sido empregado anos antes por Peter Drucker (1985)¹, ao introduzir a expressão trabalhador do saber, e por John Galbraith (1986)². Apesar de esse reconhecimento já aparecer nos anos 50, o tema só foi inserido na literatura administrativa de forma mais relevante a partir dos anos 90. Antunes (2000) indica que a primeira publicação a considerar o capital intelectual como um ativo de valor para as empresas foi de Thomas Stewart, em 1994³.

O conhecimento passou a ser tratado como um recurso intangível, assumindo posição chave para o sucesso empresarial, e considerado mais pela sua qualidade do que pela quantidade (BANDEIRA, 2010). A utilização racional desse fator passou a afetar o consumo de todos os demais recursos, pois estava associada ao desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias e ao próprio aprimoramento da mão de obra (ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010). Essa posição é sustentada em Amaral (2012) e Hong *et al* (2010) ao inferirem que o conhecimento é impulsionador do progresso, assumindo o posto de fator crítico nas organizações por proporcionar melhores resultados econômicos futuros.

Damodaran (2002) relata que essa transferência de foco do desenvolvimento econômico refletiu no desempenho financeiro das companhias. Enquanto nos anos 90 boa parte das empresas mais valiosas pertencia ainda ao setor industrial, a partir dos anos 2000 percebe-se uma transferência de valor para empresas de tecnologia, entidades com alto capital intelectual que, por meio deles, mantinham a vantagem competitiva ao longo do tempo. O autor mostra que a participação de empresas de tecnologia no índice da *Standard and Poor's* saltou de aproximadamente 7% para quase 30% no final de 1999 e que as bolsas específicas

¹ DRUCKER, Peter. *Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles*. New York: Harper & Row, 1985

² GALBRAITH, John. *A era da Incerteza*. São Paulo: Pioneira, 1986.

³ STEWART, Thomas. *Your company's most valuable asset: intellectual capital*. *Fortune*, p. 28-33, out. 1994.

para este tipo de ação, como a NASDAQ e as equivalentes da Europa, Japão e Coreia, tiveram desempenho destacado no período.

Dentre as principais atividades responsáveis pela geração de capital intelectual nas empresas e, conseqüentemente, pelo surgimento constante de inovações e tecnologias capazes de trazer benefícios futuros, estão os processos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), acompanhados pela geração de patentes para efeito de proteção legal (TRIEST; VIS, 2007). Para Antunes (2000) e Amaral *et al* (2013) a característica de ser um fator que proporciona vantagem competitiva faz com que essas atividades possam ser tratadas como ativos intangíveis.

Ao mesmo tempo em que sua importância já era reconhecida pelo mercado, Wu (2011) indica que muitas companhias e gestores não fazem a correta avaliação desses ativos, a dificuldade consiste em sua delimitação interna clara e também na escolha de um método coerente para tal.

Dixit e Pindyck (1995) apontam que as características de irreversibilidade do investimento, da incerteza inerente ao futuro e do *timing* do investimento desses ativos os tornam diferentes dos demais, necessitando de um procedimento específico para avaliação.

Mesmo existindo grande número de metodologias e modelos para executar a correta valoração teórica de ativos (DAMODARAN, 2002), para o caso de ativos intangíveis e, em especial das patentes os métodos baseados em opções reais têm assumido maior relevância por considerarem a flexibilidade inerente ao seu desenvolvimento (VAN PUTTEN; MACMILLAN, 2004).

Essa alternativa ganha destaque porque as abordagens contábeis, baseadas em custo, em mercado e em fluxo de caixa tradicionais (pelo valor presente líquido), tendem a não atender de maneira consistente as peculiaridades de uma patente (MARTINS, 1972; TRIEST; VIS; 2007; DAMODARAN, 2002). Além disso, as diferentes formas de considerar uma opção em investimentos reais são mais coerentes com o panorama dos negócios que a utilização de valores estáticos (TRIGEORGIS, 1996).

Conforme Van Putten e MacMillan (2004), ao empregar os métodos mais comuns, corre-se o risco de subvalorizar o ativo de P&D. Uma forma de corrigir essa diferença de valores seria utilizar a abordagem de opções reais. No entanto, Kim *et al* (2012) mostram que, com base nesta abordagem ainda existem métodos distintos, como os modelos binomiais, os modelos baseados em Black e Scholes (1973) e os modelos de simulação.

Ao mesmo tempo em que essa solução parece plausível, sua complexidade é substancialmente mais elevada (COX; ROSS; RUBISTEIN, 1979) principalmente quando existe pouca disponibilidade de dados históricos (TRIEST; VIS, 2007). Porkolab (2002) e Collan e Heikkila (2001) indicam que, apesar de boa parte das avaliações terem que estimar diversos valores, a utilização de dados reais para embasar a avaliação pode diminuir significativamente o problema, tornando o processo mais objetivo, transparente e confiável.

No Brasil, as características de criação das patentes são diferenciadas em relação aos países mais desenvolvidos. Conforme Castro e Souza (2012), boa parte dos gastos e das inovações é gerada por instituições públicas, principalmente universidades federais. Como essas entidades possuem objetivos distintos com relação à inovação (OLIVEIRA; VELHO, 2009), pode-se dizer que a aplicação dos métodos de mensuração não atenderá às mesmas condições que no contexto privado. Surge daí a necessidade de adaptar os modelos já conhecidos para esse padrão de avaliação.

Sendo assim, este estudo pretende contribuir para a problemática da avaliação de patentes no contexto de instituições públicas, adotando um enfoque empírico. Aproveitando-se da disponibilidade de dados obtidos sobre o desenvolvimento e o licenciamento de tecnologias e patentes geradas na Universidade Federal de Minas Gerais, pretende-se avaliar as inovações de duas áreas do conhecimento por meio de diferentes métodos da abordagem de opções reais, e verificar se o valor calculado é significativamente superior ao dos modelos tradicionais diante das diversas maneiras de considerar a flexibilidade de um projeto nesse contexto. Em paralelo, objetiva-se, ainda, apresentar os dados necessários disponíveis para aplicar os modelos e, também, aqueles que precisam ser estimados por outros procedimentos, considerando a realidade dessas instituições.

2 JUSTIFICATIVA

O reconhecimento das atividades de P&D e das patentes como um ativo intangível para a empresa capaz de gerar benefícios futuros e de destacar-se da concorrência faz surgir a necessidade de sua correta avaliação para fins de gerenciamento, de verificação de viabilidade e para precificação de vendas e de licenciamento (ANTUNES, 2000). Essa necessidade vem se intensificando nas últimas décadas devido à grande diferença entre o valor contábil dos negócios e seu valor de mercado (SCHMIDT; SANTOS, 2009).

Esse movimento acompanha o crescimento das atividades de inovação nos países considerados emergentes. Como mostram Castro e Souza (2012), o Brasil obteve um crescimento de 64% na última década, comparado a um declínio de até 30% das economias tradicionais, como alguns dos principais países da Europa e do Japão, no que tange a depósito de patentes. Cavalcanti (2002) aponta que esse perfil tem impacto relevante no desenvolvimento das nações, sendo as inovações responsáveis por 55% da riqueza mundial já em 1999, com perspectiva de crescimento para os anos seguintes.

No Brasil, as características das entidades geradoras de patentes se diferenciam do cenário internacional. Enquanto nos Estados Unidos parte das inovações ocorre em laboratórios de empresas privadas, aqui se tem uma dependência grande do capital e do incentivo do poder público. Castro e Souza (2012) indicam que mais de 60% dos gastos nacionais com pesquisa e desenvolvimento são de responsabilidade direta ou indireta do governo.

Para Amaral (2012), a Lei 10.973 de 2 de dezembro de 2004, chamada comumente de "Lei da Inovação", reflete a necessidade que o país de se apoiar em mecanismos governamentais para aumentar a eficiência do desenvolvimento científico e tecnológico. Existe assim um desafio crescente em estabelecer a cultura da inovação nos moldes verificados internacionalmente.

Essa afirmação se sustenta ainda nos dados divulgados pelo Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI, 2012), pelo fato de que as cinco maiores entidades responsáveis por gerar pedidos de inovação são oriundas do poder público. A única empresa presente nessa lista no último ano foi a Petrobras, que também é ligada ao capital governamental. Os outros integrantes desse *ranking* são compostos por três universidades públicas e uma fundação de pesquisa ligada ao poder público.

Assim, Oliveira e Velho (2009) destacam que as inovações no Brasil estão concentradas em instituições de ensino superior (em especial, as universidades federais), instituições de pesquisa e empresas públicas. Acrescentam, ainda, que quando a iniciativa privada está envolvida no processo é comum que se tenha uma parceria com alguma entidade pública em paralelo. Essas parcerias se desenvolvem na utilização tanto de centros e laboratórios de pesquisa quanto de recursos para financiamento do projeto.

Segundo Castro e Souza (2012), a existência de parques tecnológicos e laboratórios de pesquisa nos centros acadêmicos favorece com que a maioria das patentes seja desenvolvida nas universidades. Amaral *et al* (2013) mostram que as instituições de ensino superior conseguem aliar os fatores geradores do conhecimento ao conjunto de políticas e estímulos a essas atividades advindas do poder governamental. Portanto, ofertam um ambiente único para financiar e desenvolver a P&D.

Desde 2001 a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e a Universidade de São Paulo (USP) são responsáveis por ditar o ritmo de crescimento das inovações, mostrando a relevância da geração de patentes para essas entidades. Esse crescimento foi sustentando principalmente após uma série de leis que favoreceram a implantação de escritórios específicos com essa finalidade nas universidades. A primeira, Lei 9.279/96, possibilitou regular o direito à propriedade intelectual e foi o grande passo do cenário nacional para a geração de novas tecnologias protegidas legalmente. Destaca-se também o pioneirismo da UFMG como a primeira universidade a implantar uma divisão específica com esse fim logo após esse período.

A análise dos dados do INPI, segundo Castro e Souza (2012) indica que 27% das patentes brasileiras são oriundas das universidades, o que pode indicar que existe uma vocação natural das instituições públicas para o desenvolvimento nacional a partir da geração de conhecimento, contando com o apoio do setor privado.

Amaral *et al* (2013) exemplificam essa ponderação mostrando que os resultados podem ser observados tanto na geração de conhecimento aplicável, quanto nos números de registro de patentes. Para os autores, esse perfil gera uma alteração relevante do objetivo das inovações, uma vez que se deve atender, em certa medida, a uma necessidade nata do bem público de difusão de conhecimento. Nas inovações privadas ocorre o oposto, já que o segredo industrial se consolida como uma das principais vantagens competitivas estratégicas. Ainda, existe uma limitação no aspecto da negociação, pois as instituições públicas têm

restrições para vender uma patente, negociando a transferência e o uso da tecnologia mediante pagamento de *royalties*.

Oliveira e Velho (2009) argumentam que cresce a necessidade de realizar adequada avaliação e gestão dessas inovações nas universidades, já que possuem características diferenciadas do mercado internacional e do setor privado. Ao mesmo tempo, reconhecem que a literatura nesse campo é restrita, sendo os estudos voltados principalmente para o mercado corporativo.

Como aponta Damodaran (2002), o problema está no número abundante de modelos de avaliação possíveis, o que acabam gerando dificuldades para a escolha do analista. Além disso, como são projetos muito específicos, deve-se ter em mente que o modelo deve ser adequado ao ativo avaliado. Esse fato gera complicações relevantes nesse processo em entidades públicas.

As abordagens oriundas da contabilidade não contribuem para resolver esse problema (RAPPAPORT, 2001), uma vez que esse fator de produção vai de encontro a uma série de princípios consolidados da área (MARTINS, 1972). Abordagens qualitativas também não contribuem para o avanço desse campo (COLLAN; HEIKKILA, 2001).

Para Damodaran (2002), Porkolab (2002) e Bandeira (2010), entre outros, a perspectiva financeira é a que tem maior chance de contribuir para esse impasse. No entanto, a discussão neste campo ainda é extensa, uma vez que existem muitos métodos diferentes para a execução de um *valuation*.

Van Putten e MacMillan (2004) destacam o aumento da relevância das abordagens baseadas em opções reais para a avaliação de ativos com alta incerteza e flexibilidade estratégica. Para os autores, esta linha de aplicação poderia evitar a subvalorização de ativos com alto potencial de ganhos. Em verdade, mostram que tal abordagem reconsidera a interpretação do risco (entendido aqui como a variação de resultado), deixando de ser exclusivamente um aspecto negativo como nas abordagens tradicionais de valor.

Apesar dessas vantagens, outros autores apontam a complexidade associada a sua aplicação (COX; ROSS; RUBISTEIN, 1979) e a pouca disponibilidade de dados fidedignos para esses modelos (COLLAN; HEIKKILA, 2001). Por isso, em projetos de P&D, Trigeorgis (1996) evidencia que as verificações empíricas são restritas, reforçando a difícil acessibilidade aos dados para avaliação.

A disponibilidade de dados e de projetos distintos para embasar um processo de avaliação de patentes, tal qual será empreendido nesta pesquisa, constitui uma oportunidade de estudo relevante para atender às dificuldades citadas por esses autores. Na literatura da área, muitas validações dos modelos de opções reais são feitas a partir de exercícios simulados, como mostra Monteiro (2003), justamente por não conseguirem aplicar diferentes métodos em diferentes casos.

Espera-se com este estudo contribuir para essa discussão teórica com apoio na análise de casos reais em diferentes setores, ampliando a compreensão dos resultados e da aplicabilidade dos modelos de opções reais diante do modelo tradicional de fluxo de caixa para as patentes geradas na Universidade Federal de Minas Gerais. Eletherios, Pottlesberghe e Navon (2006) mostram que as determinantes de valor são as mesmas utilizadas em patentes desenvolvidas dentro de empresas de mercado, mas indicam que a forma de aplicação deve ser retrabalhada com modelos híbridos nesse contexto.

Sendo assim, espera-se com este estudo contribuir com essa discussão teórica através da análise de casos reais, ampliando a compreensão dos resultados e da aplicabilidade dos modelos de opções reais diante do modelo tradicional de fluxo de caixa em um contexto que se mostra relevante para o cenário atual brasileiro.

3 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A análise da literatura sobre o tema aqui abordado suscita algumas questões que devem ser discutidas. Primeiramente, sabe-se que existe diferença entre valor de mercado e valor contábil dos negócios, sendo que os ativos de inovação evidenciam esse fato. Assim, é válido ponderar se os métodos existentes mensuram de maneira adequada o valor desses ativos, em especial das patentes. Adiante, outra questão passível de discussão é se os modelos desenvolvidos para o setor privado podem ser aplicados sem restrições no contexto das universidades públicas, já que ambos os setores tem diferenças relevantes quanto aos seus objetivos com um projeto.

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar e comparar os resultados da avaliação de patentes por abordagens financeiras baseadas em opções reais com o modelo tradicional de fluxo de caixa, tendo como objeto inovações de duas áreas de pesquisa geradas e patenteadas na UFMG. Logo, adota-se o ponto de vista da universidade e dos inventores para considerar os resultados das avaliações.

Especificamente, busca-se percorrer os seguintes pontos:

- a) Identificar as flexibilidades em comum existentes nos casos de estudo que podem gerar opções reais relevantes;
- b) Caracterizar modelos de fluxo de caixa e de opções reais que podem ser aplicados na avaliação dessas inovações e patentes;
- c) Estimar o valor das inovações geradas e negociadas pela UFMG, por meio dos modelos identificados;
- d) Analisar as diferenças de valor existentes entre os modelos, bem como a aderência com os valores inicialmente calculados pela CTIT;
- e) Realizar a análise de sensibilidade de variáveis empregadas nos modelos utilizados;
- f) Analisar qualitativamente os dados disponíveis para aplicação de modelos de avaliação por opções;
- g) Avaliar a aplicabilidade desses métodos para as inovações licenciadas pela UFMG, observando a diferença nos resultados.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Características da avaliação de patentes

Os elementos intangíveis geradores de valor podem ser provenientes das atividades de P&D, da marca, da participação de mercado, da qualidade da gestão e da expertise das pessoas, dentre outras (BANDEIRA, 2010). No entanto, a autora avalia que, ao utilizar uma perspectiva schumpeteriana do progresso econômico, as melhorias resultantes do processo de P&D ganham destaque para definir a liderança de mercado. São elas as responsáveis por gerar uma vantagem comparativa à firma, pois incorporam, de alguma maneira, todas as demais categorias.

Para Wu (2011), essa visão está ligada à teoria do orçamento de capital, que defende que as empresas precisam alocar constantemente seus recursos para a criação de novos negócios ou no aprimoramento dos negócios atuais para sustentar a geração de valor no longo prazo. Segundo Luehrman (1998), isso implica que as oportunidades geradas pelo investimento em P&D constituem os mais valiosos ativos presentes ou futuros que uma empresa detém.

Schumpeter (1942) destaca que essa dinâmica está intrinsecamente ligada à natureza do capitalismo, pois a inovação disruptiva é uma fonte fundamental de riqueza. Com base nessa visão, o autor estabelece cinco possibilidades que podem proporcionar crescimento econômico capaz de modificar a estrutura competitiva: introdução de um novo bem; descoberta de um novo método de produção; abertura de novos mercados; novos fornecedores de matéria-prima; e criação de monopólios.

Em relação a este ponto, Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) clarificam que, uma vez desenvolvido o conhecimento, quando este se tornar popular toda a sociedade se beneficia de seus ganhos de produtividade. Logo, para que as firmas possam usufruir dos benefícios do capital intelectual gerado é necessário que elas sustentem uma posição única diante das empresas seguidoras.

Triest e Vis (2007) e Wanetick (2010) argumentam que as patentes – licenças legais temporárias que excluem outros agentes de reproduzir determinado efeito por meio de um processo específico – cumprem o papel de executar essa proteção e que estas são boas *proxies* representativas das atividades de P&D bem sucedidas. Portanto, para fins deste estudo, esses conceitos podem ser tratados como sinônimos.

As afirmações anteriores estão diretamente ligadas ao que as normas contábeis do *Financial Accounting Standards Board* (FASB, 1998, §132) definem como ativo: “são prováveis benefícios futuros, obtidos e controlados por uma entidade particular como resultado de transações ou eventos passados”. Dessa maneira, um ativo deve ser capaz de prestar um serviço à entidade que o detém, individualmente ou em conjunto com outros fatores de produção. Sua função é prover fluxos de caixa de entrada líquidos em períodos futuros (IUDÍCIBUS, 2010).

Apesar da evolução desses conceitos e das consecutivas revisões das normas, pode-se perceber, tal qual em Iudícibus (2010) e Lopes e Martins (2007), que pouco alterou na definição de ativo nos dias atuais. As premissas centrais para definir um ativo, segundo esses autores, são a delimitação do controle e da possibilidade de gerar ganhos futuros. Logo, essas premissas são equivalentes aos argumentos de Triest e Vis (2007) e Bandeira (2010). Por atender a esses requisitos, as atividades de inovação bem sucedidas podem ter características de ativos.

É válido, contudo, destacar que a classificação das atividades de pesquisa ou das patentes se encontra em um grupo especial nessa classificação contábil. Para Lev (2001), como esse tipo de ativo não possui materialidade física ou financeira, ou seja, é criado pela inovação, pelas práticas organizacionais ou pelos próprios recursos humanos, ele pode ser definido como intangível. Iudícibus (2004) define o termo intangível como algo além da não existência física, colocando o direito de posse e a limitação de benefícios antecipados de valor para sua existência. Alguns autores detalham mais a taxonomia utilizada para as patentes, como Brooking (1996), incluindo-as nos Ativos de Propriedade Intelectual, e Edvinsson e Malone (1998), no Capital Estrutural. Outras classificações podem ser visualizadas em Amaral (2012).

De forma mais detalhada, é válido destacar que as atividades de pesquisa tratam do processo de descoberta original e planejada, com o objetivo de obter novos conhecimentos científicos ou técnicos sobre determinado assunto, enquanto as atividades de desenvolvimento tratam do planejamento e da concepção de novos produtos e processos decorrentes das

atividades anteriores com algum aspecto de melhoria e em momento anterior ao da sua utilização (IASB, 1998). Por esta razão, quando determinada inovação passa por ambas as etapas pode ser considerada uma inovação bem sucedida, que deve gerar ganhos econômicos (BANDEIRA, 2010).

O conceito de patentes, segundo o Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI, 2012), é definido como um instrumento de incentivo à inovação tecnológica que confere a seu criador o direito de impedir que terceiros desenvolvam, usem, comercializem ou importem produtos ou processos com determinadas características por um prazo preestabelecido. Assim, a patente cria uma proteção legal para os processos de P&D bem-sucedidos, garantindo que o benefício gerado através dessa inovação seja utilizado apenas por aqueles responsáveis pela sua criação ou por eles autorizados.

As atividades de P&D e conseqüentemente a geração de patentes podem criar valor superior para as empresas em relação a seus concorrentes e por isso podem ser caracterizados como ativos intangíveis (ANTUNES, 2000). A ponderação do autor está de acordo com a constatação feita por Damodaran (2002) para o desempenho das organizações que se baseiam em conhecimento tecnológico. O valor diferenciado das empresas analisadas pelo autor não era observado no demonstrativo de resultado geral: o total das receitas dessas empresas não se igualava a receita de uma única indústria tradicional, o período analisado foi marcado por um prejuízo acumulado e apenas 7,5% delas tiveram desempenho operacional positivo. Por outro lado, se o resultado do momento não estava relacionado com o valor criado pela análise do mercado de curto prazo, há estudos que demonstram que esse efeito pode ser identificado na análise de longo prazo.

Bandeira (2010) descreve uma série de pesquisas da literatura internacional que evidenciam essa correlação positiva entre *stock* de patentes e rentabilidade. Acrescenta, contudo, que essa relação está envolta por um contexto de alta incerteza, enfrentando problemas de expectativa do mercado, de empresas imitadoras, do desvio temporal e do alto investimento. Ou seja, mesmo não estando explícitas na composição positiva do lucro ou do caixa gerado na organização, as atividades de P&D e as patentes trazem benefícios futuros, conforme indicado em sua classificação como um tipo de ativo. Para Damodaran (2007), projetos deste tipo fazem parte dos ativos de crescimento de uma empresa.

Bessen (2008) aponta que os ganhos de uma patente são provenientes da habilidade de excluir outros produtos da concorrência por determinado período de tempo, pela elevação dos preços em relação a produtos sem a tecnologia desenvolvida, pelo recebimento dos direitos de

uso da inovação (*royalties*) ou pela própria venda da tecnologia. Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) acrescentam ainda a possibilidade de geração de ganhos internos como a redução de custos de produção, aumento da produtividade e ganhos de eficiência, ou externos na diferenciação diante do mercado. É válido frisar que um mesmo processo de P&D pode contribuir para a obtenção de benefícios em mais de uma dessas possibilidades simultaneamente.

Segundo Amaral (2012), o valor da patente está ligado diretamente a seu futuro e, conseqüentemente, com a incerteza que o abrange. Para o autor, o que torna esses ativos relevantes é o seu potencial de valorização e de exploração econômica que pode ocorrer de três maneiras: pela exploração direta a partir da incorporação no negócio; pela venda de seus direitos; ou pela concessão dos direitos de explorações a terceiros.

Schwartz (2004) argumenta que a característica legal de proteção das patentes durante o período de vigência coloca a entidade detentora de seus direitos em uma posição de monopólio temporário, como se verifica principalmente na indústria farmacêutica. Essa visão, contudo, não é unânime para todos os casos. Para Wright (1999) o monopólio produzido por uma patente depende das características do mercado em que ela se inclui, da dificuldade técnica de seu desenvolvimento, do nível de investimento necessário e da capacidade das possíveis empresas imitadoras.

O estudo de Mansfield, Schwartz e Wagner (1981), por exemplo, indica que a grande dificuldade do avanço da tecnologia é a descoberta do processo de criação. Uma empresa desenvolvedora, que gastou tempo e recursos na pesquisa de determinado efeito, ao lançar seu produto no mercado, fornece informações aos concorrentes utilizando o próprio produto finalizado. A partir daí, empresas imitadoras podem reproduzir o mesmo efeito com base em estudos de engenharia reversa e sem infringir os direitos de proteção legal; ou seja, buscando um processo alternativo. Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) denominam essa forma de abordagem de *design-around*.

Em alguns casos o custo da imitação nem sempre é maior, como defendido por algumas correntes teóricas. Luma nova pesquisa conduzida a partir de resultados consolidados pode gerar uma tecnologia ainda mais eficiente (WRIGHT, 1999). Portanto, uma patente facilita a criação de um mercado exclusivo, mas não garante o monopólio e a eliminação de novos entrantes em todos os mercados (MANSFIELD; SCHWARTZ; WAGNER, 1981).

Apesar disso, os benefícios proporcionados por uma patente não são dependentes da exclusividade dos lucros durante seu período de vigência. Mansfield, Schwartz e Wagner (1981) admitem que existem efeitos limitadores para os concorrentes quando uma nova tecnologia passa a estar protegida por uma patente e por isso as empresas admitem suportar os gastos desse desenvolvimento (BANDEIRA, 2010). Gans, Hsu e Stern (2008) mostram que a patente reduz a incerteza sobre o escopo do projeto, define mais claramente os efeitos que ele proporcionará e facilita a eliminação de imperfeições durante a comercialização.

Para Bessen (2008) mesmo exposta ao risco da imitação, a entidade desenvolvedora ganha o benefício de ser o primeiro *player* a apresentar determinada tecnologia superior, gerando vantagens de tempo até que outros concorrentes tenham uma resposta a essa inovação. Assim, o monopólio temporário defendido por Schwartz (2004) pode ser válido para subperíodos na vigência da patente. Ainda, Bessen (2008) defende que por mais capaz que os concorrentes sejam, uma parte do desenvolvimento constitui um segredo industrial dificilmente imitável.

Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) complementam essa visão ao afirmarem que existe um conhecimento não explícito gerado durante a pesquisa, um *know-how* tácito pertencente ao criador da tecnologia que proporciona estar a frente de seus competidores. Por essa razão, a utilidade e os ganhos do uso de uma inovação dependem também do seu detentor e da forma com que ele utiliza as potencialidades da tecnologia. Gans, Hsu e Stern (2008) ditam que grandes empresas normalmente possuem mais capacidade de proteger, explorar e ampliar o uso de patentes por meio da associação com ativos complementares, contribuindo para ampliar a geração de valor para a empresa. Nascimento (2005) indica que isso está ligado diretamente à capacidade de estruturar e gerir eficientemente os recursos em função do tamanho do projeto. Assim, muitos detalhes operacionais, institucionais e estratégicos também podem impactar o valor da patente para uma entidade.

Damodaran (2002) aponta que o grande valor proporcionado por esses ativos está relacionado também com a alta incerteza inerente a seu processo de criação. Para Santos e Pamplona (2005), o P&D pode ou não gerar resultados satisfatórios. Caso o desenvolvimento tenha sucesso, a inovação gera lucros superiores, mas atrelado ainda à capacidade da empresa de gerar comercialização ou utilização de seu *output*. Caso fracasse, os recursos investidos durante esse período geram prejuízo, que dificilmente incorrem em algum tipo de recuperação.

Herath e Park (1999) complementam o exposto por Damodaran (2002) mostrando que esses ativos não geram *payoffs* imediatos, e sim oportunidades de ganhos maiores no futuro. Como a geração de uma patente é sequencial, ocorrendo por etapas, desde a pesquisa até sua comercialização, durante todo esse período existem diferentes tipos de incertezas que podem afetar o valor gerado. Até que a inovação atinja a maturidade, os benefícios não podem ser dados como garantidos (HO; LIU, 2003) Em consonância com a teoria financeira, esses autores mostram que, diante da exposição maior ao risco, esses projetos devem proporcionar também maiores retornos. Quando essa oportunidade de ganhos é positiva, o efeito de afastamento entre valor patrimonial e valor de mercado das companhias é ampliado (DAMODARAN, 2002).

Como observam Schmidt e Santos (2009), se existe diferença entre o valor de mercado das ações e seu valor contábil, esse *gap* pode ser atribuído ao capital intelectual percebido pelos investidores da mesma forma que a contabilidade atribui ao *goodwill* a diferença do valor econômico dos ativos líquidos para o valor contabilizado. Não só essa diferença acontece, mas também sua magnitude tem se tornado cada vez mais relevantes para as decisões empresariais ao longo do tempo (ANTUNES, 2000, BANDEIRA, 2010, DAMODARAN, 2002, SCHMIDT e SANTOS, 2009).

Mesmo sendo consideradas como um tipo de ativo, as atividades de P&D e as patentes, representativas do capital intelectual, nem sempre podem ser identificadas nas demonstrações patrimoniais (ANTUNES, 2000, IUDÍCIBUS, 2004). Enquanto os fatores de produção tradicionais – capital, terra e trabalho – são objetivos e facilmente mensurados economicamente, “esse novo recurso, por ser um ativo intangível, é extremamente difícil atribuir um valor monetário, o que cria enorme desafio técnico e científico” (SCHMIDT; SANTOS, 2009, p. 182). Além disso, os critérios de contabilização não definem precisamente como proceder nesses casos, deixando uma lacuna para esse tipo de avaliação (BANDEIRA, 2010).

Edvinsson e Malone (1998) relatam que no campo das Ciências Contábeis essa discussão se encontra ligada às próprias dificuldades inerentes à consideração do *goodwill*. Nos últimos anos, porém, as normas internacionais vêm discutindo formas para minimizar as discrepâncias entre os valores, mas ainda encontram barreiras para se operacionalizar (BANDEIRA, 2010). Reconhece-se, portanto, a necessidade de se mensurar corretamente o valor das atividades de P&D, das patentes e de outros itens baseados no conhecimento, mas

não se chegou a um modelo ideal de avaliação (BANDEIRA, 2010, COLLAN e HEIKKILA, 2001, PORKOLAB, 2002, SCHMIDT e SANTOS, 2009, WANETICK, 2010).

Bessen (2008) aponta que essa mensuração precisa ser realizada para atender a diferentes finalidades: avaliar resultados de investimentos; avaliar os incentivos gerados pelo desenvolvimento do projeto; determinar a contribuição da patente para o valor do ativo intangível da empresa; definir direcionamentos de gestão; e apontar o impacto na percepção de mercado dessa oportunidade gerada.

Todavia, boa parte dos métodos existentes falha em estimar o investimento de maneira precisa (WU, 2011) principalmente porque o P&D está sujeito a incertezas técnicas, econômicas, de investimento e de comercialização de maneira diferenciada dos demais ativos (SCHWARTZ, 2004). Além disso, uma tecnologia pode proporcionar outros benefícios indiretos que são ainda mais difíceis de considerar. Ho e Liu (2003) e Bessen (2008) destacam que uma pesquisa com sucesso pode agilizar o ritmo de novas descobertas e mudar sistemas corporativos, dificultando a existência de um método que consiga captar essas flexibilidades.

Para Monteiro (2003), a análise financeira de ativos busca fornecer uma avaliação que represente de maneira apropriada as potencialidades e os custos de cada projeto; ou seja, determinar o seu *fair value*. Contudo, destaca que não existe um único valor correto para isso, pois os agentes possuem diferentes perspectivas - muitas vezes subjetivas - e incertezas sobre um ativo. Logo, essas considerações são críticas na avaliação de patentes, pois são projetos em que o valor está atrelado ao seu detentor (GANS; HSU; STERN, 2008; BESSEN, 2008) e com diferentes formas de incerteza (HERATH; PARK, 1999; DAMODARAN, 2002).

Outro fator complicador para avaliar P&D refere-se às condições futuras que impactam a decisão de investimento. É usual considerar as influências da demanda, da inflação, da tributação, do câmbio e da taxa de juros, dentre outros fatores, por meio de uma projeção de estados futuros (MONTEIRO, 2003). Ao considerar um tempo médio de uma patente em 20 anos e levando em conta que seu desenvolvimento pode não levar a nenhum resultado útil, Schwartz (2004) indica que o método deve possibilitar corrigir eventuais falhas nessa previsão, principalmente quando ela é realizada antes mesmo de se iniciar a fase de pesquisa.

Complementarmente, Damodaran (2002) indica que a maioria dos critérios tenta se basear em algum tipo de fonte de informação, como dados financeiros históricos, informações de mercado e histórico da firma. Mas tratando-se de inovações, essas bases normalmente são escassas (NASCIMENTO, 2005). Acrescenta-se, ainda, a ponderação de Collan e Heikkila (2001) ao indicarem que a correta identificação dos fluxos de entradas e saídas pertinentes ao

processo de P&D e à patente é complexa e muitas vezes compartilhada com outras unidades de produção. Logo, mesmo que existam dados para desenvolver a avaliação financeira, estes podem estar sujeitos a rateios e aproximações incorretas.

4.2 Abordagem contábil para avaliação de patentes

No Brasil, segundo relato de Schmidt e Santos (2009), os critérios contábeis para se poder reconhecer um ativo intangível resultante de desenvolvimento são: existência de viabilidade técnica para uso ou venda; intenção de concluir ou usar o ativo; geração de benefícios econômicos futuros; disponibilidade de recursos para seu desenvolvimento completo; e capacidade de mensurar com segurança os custos e despesas diretamente atribuíveis ao ativo intangível que se quer reconhecer. Mais adiante, destacam que, além de tudo isso um ativo intangível só é reconhecido quando “são prováveis os benefícios econômicos futuros do ativo para a entidade” e quando “o valor do ativo pode ser mensurado confiavelmente” (SCHMIDT; SANTOS, 2009, p. 9).

Na prática, Antunes (2000) e Bandeira (2010) revelam que tais exigências, apesar de necessárias, são muito restritivas e que somente os ativos intangíveis e *goodwill* adquiridos, em processos de compra de empresas, por exemplo, conseguem atender aos requisitos. Nesses casos, o preço de compra do ativo em questão é considerado um reflexo dos benefícios futuros esperados pela companhia o que, de forma indireta, atende aos requisitos de objetividade, sendo provável a mensuração de seu valor (SCHMIDT; SANTOS, 2009). Em consequência disso, os ativos intangíveis gerados internamente acabam não sendo visíveis em nenhum tipo de demonstração patrimonial ou de resultado⁴.

Mais crítico que isso é a observação feita por Antunes (2000) ao mostrar que, mesmo reconhecendo a importância no desempenho futuro do negócio, os gestores só mensuram esses ativos quando a empresa, ou a patente, é vendida. Em decorrência disso, os métodos contábeis pra avaliar os ativos intangíveis nessas condições ainda não são fidedignos (BANDEIRA, 2010).

Martins (1972) acrescenta que a visão tradicional da contabilidade enfrenta conceitos clássicos na avaliação de intangíveis, tais como os princípios do custo como base de valor, da confrontação entre despesas e receitas, das convenções da objetividade e do conservadorismo,

⁴ Com exceção dos casos em que as próprias empresas elaboram demonstrativos específicos para divulgar suas pesquisas, mas são casos restritos e sem algum tipo de padronização, já que não são obrigatórios. Muitas empresas não querem que esse tipo de informação se torne pública (BANDEIRA, 2010).

e por isso as mudanças rumo a flexibilização devem ser lentas. Considerações mais recentes, como as de Bandeira (2010) e Schmidt e Santos (2009), revelam que ainda há muito para avançar. Estes últimos autores evidenciam ainda que as únicas técnicas aceitas no Brasil para o cálculo do valor justo deste tipo de ativos intangíveis são a avaliação relativa (ou múltiplos) e a avaliação do fluxo de caixa líquido descontado, considerando a finalidade contábil.

Martins (1972), Antunes (2000) e Rappaport (2001) concluem que para esse tipo de avaliação, basear-se na Contabilidade gera uma série de falhas, que são indesejadas pelo mercado para analisar seu valor justo. Wanetick (2010) acrescenta que enquanto uma patente adquirida pode ter valor contábil descrito com base no custo de aquisição, dependendo da sua perspectiva e de seu potencial de utilização, ela pode ter valor nulo para o mercado. Relata, com base em informações do *U.S. Patent and Trademark Office*, que algo em torno de 45% a 50% dessas não possui nenhum valor estratégico (monetário).

Sendo assim, urge observar que a avaliação de patentes deve ser feita à luz do mercado, afastando-se das demonstrações contábeis puras. Tampouco a utilização de matrizes bidimensionais, *scoreboards* e outras ferramentas qualitativas na perspectiva gerencial, segundo consistentes revisões feitas por Collan e Heikkila (2001), Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) e Porkolab (2002), avança no cálculo do valor justo de uma patente, mesmo que estas sejam relevantes para a gestão das atividades de P&D. Logo, a solução para esse tipo de problema pode ser mais bem definida adotando-se uma perspectiva econômico-financeira, com maior aproximação da realidade (DAMODARAN, 2002, RAPPAPORT, 2001).

4.3 Abordagens financeiras para avaliação de patentes

Collan e Heikkila (2001) e Porkolab (2002) ressaltam que mesmo que essa visão esteja mais próxima do valor justo, a discussão a respeito dos métodos é extensa, pois cada um possui vantagens e desvantagens singulares. Em particular, Hong *et al* (2010) destacam a dificuldade de realizar de *valuations* para o contexto empresarial comum e que para avaliar patentes – e outros intangíveis – essa discussão é ainda mais relevante.

Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) mostram que nos últimos anos o tema ganhou maior atenção, mas que muitos estudos se mantêm no campo teórico. Amaral (2012) também reafirma essa posição, mostrando uma série de autores que se concentram em discutir ou melhorar métodos e modelos de avaliações de um ativo, seja ele uma empresa, um bem ou um

produto. Em consonância com essa observação serão apresentadas a seguir as possibilidades de avaliação por essa ótica.

Na perspectiva financeira considera-se que o valor da patente representa de maneira adequada o valor do ativo intangível resultante do processo de P&D (ERNST, LEGLER e LICHTENTHALER, 2010). Essa consideração é relevante, uma vez que um único processo de pesquisa pode gerar como *output* mais de um produto patenteável capaz de compor um ativo único ou um conjunto de ativos. Ainda assim, essa condição atende à maioria dos cenários empíricos observados nesse tipo de processo de avaliação⁵.

As metodologias econômico-financeiras para avaliar patentes podem ser agrupadas, segundo Collan e Heikkila (2001) e Hong *et al* (2010), em três formas de abordagens: baseadas em custo; baseadas em múltiplos; e baseada em rendimentos. Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) mostram que estudos mais contemporâneos têm experimentado variantes dessas formas, mas sem muitas novidades quanto aos princípios básicos utilizados.

4.3.1 Abordagem baseada em custo

A avaliação, quando baseada em custo, parte do princípio de que o valor de uma patente corresponde a todos os gastos necessários para desenvolver uma patente equivalente em termos de utilidade e desempenho (HONG *et al*, 2010). Collan e Heikkila (2001) indicam que a justificativa para a adoção dessa metodologia é que nenhum investidor estaria disposto a investir na compra de uma inovação mais do que o necessário para replicar essa tecnologia. Acrescenta que o importante é obter o mesmo efeito de sua utilização. Por isso, depois que os fundamentos de seu funcionamento são conhecidos, é possível ter os mesmos benefícios com desenvolvimento alternativo, sem ser necessário pagar *royalties* ou *fees*.

Esta abordagem está em consonância com o proposto por Wright (1999) a respeito da capacidade das empresas imitadoras. Caso a empresa desenvolvedora consiga proteger adequadamente sua tecnologia, seja pela forma legal da patente ou pela dificuldade técnica do desenvolvimento semelhante, os custos de replicação serão superiores ao do investimento inicial. De outro lado, uma inovação facilmente replicável, ou pouco protegida, teria um custo de imitação baixo, o que implicaria um valor baixo da patente.

⁵Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) citam o caso da Gillete, em que o produto gerado por um único processo de pesquisa resultou em 35 patentes distintas que cumpriam uma função conjunta. Indicam que casos como esse são menos recorrentes e que resultados robustos podem ser obtidos considerando-se uma única patente gerada, seguindo sua finalidade de uso.

O procedimento básico que sustenta tais métodos envolve a estimação de todos os gastos passados envolvidos no processo de P&D diretamente ligados ao produto final gerado, ou ainda, de todos os gastos necessários para desenvolver um efeito final semelhante. Quando existe uma estrutura de custos maior que não só envolve a atividade núcleo da patente, como também compartilha outros fins, é possível se usar técnicas de apropriação ou rateio para encontrar o custo adequado (MARTINS, 1972).

Bandeira (2010) faz uma importante crítica a essa abordagem: se fosse possível replicar os efeitos de uma inovação patenteada sem ter que incorrer a, no mínimo, aos mesmos gastos do P&D original, não haveria sentido para nenhuma firma suportar os custos de seu desenvolvimento. Além disso, a patente garante de maneira legal proteção contra boa parte dos procedimentos que tentam replicar uma inovação, o que impossibilita sua reprodução em praticamente todas as formas no curto prazo. Mesmo ignorando essas condições e assumindo que qualquer equipe de pesquisadores tem capacidade para cumprir com essa tarefa, a diferença temporal da utilização da nova tecnologia entre a empresa lançadora e as empresas seguidoras já garantiria um tempo de benefício exclusivo, modificando o valor justo da patente em relação ao seu custo (BESSEN, 2008).

A abordagem baseada em custos é equivalente, em certo sentido, ao princípio contábil do custo como base de valor descrito por Martins (1972). Por isso compartilha seus problemas conceituais para definir o valor justo (RAPPAPORT, 2001). Outras críticas citam que esta metodologia não considera a possibilidade de uma patente gerar efeitos diferentes nas demandas das organizações e é incorreta porque pode considerar uma inovação que tem pouco impacto de mercado mais valiosa do que outra de caráter revolucionário (HONG *et al*, 2010).

Para Collan e Heikkila (2001), este método tem uma orientação exclusivamente no passado, desconsiderando qualquer tendência econômica do momento atual e do futuro do mercado. Para Wu (2011), captura-se apenas o valor corrente das operações, mas é incapaz de considerar corretamente as oportunidades futuras. Logo, esta abordagem tende a subestimar o valor de uma patente.

Outro erro substancial que se pode notar é a não contemplação do risco inerente ao desenvolvimento do projeto, que Damodaran (2007) define como uma das principais variáveis para qualquer processo de avaliação. Considerando o P&D como um processo cercado por incertezas, este erro pode gerar grandes distorções na avaliação. Dependendo do tempo de

desenvolvimento da patente, Hong *et al* (2010) indicam que é necessário corrigir as influências da obsolescência e da atualização inflacionária, processos que podem resultar em algumas complicações substanciais.

Nascimento (2005) destaca a questão do *know how* para o desenvolvimento. Algumas patentes não estão ligadas diretamente a produtos ou equipamentos, mas a processos de se realizar algo. Uma patente deste tipo pode ter um custo de desenvolvimento extremamente baixo, bastando, por exemplo, o trabalho de um grupo de pesquisadores durante alguns meses. No entanto, o tipo de conhecimento e as ideias desses indivíduos é que possibilitam gerar o resultado final do projeto. Uma abordagem baseada em custos para este tipo de caso não será apropriada para determinar o valor justo.

Conforme Bessen (2008), outra situação que mostra a não adequação da abordagem de custos pode ser observada em dois momentos: primeiro, quando ocorre a decisão de comercializar um produto gerado por P&D, pois ao incorrer em investimentos para transformar a pesquisa em negócio, a empresa já avalia aquela patente, implicitamente, em um valor superior ao que gastou para desenvolvê-la; e, segundo, quando ocorre a venda de uma patente, nesse caso em que a racionalidade econômica em condições de livre negociação indica que o valor de aquisição deve ser superior ao dos custos para que haja interesse da desenvolvedora em repassar a tecnologia.

Em suma, é uma das metodologias mais simples em termos de execução e premissas, mas que tem consequências negativas fortes para a dimensão do mercado. Se por um lado a observação do custo histórico é a base do valor para a contabilidade considerar a aquisição de uma patente (SCHMIDT; SANTOS, 2009), a maioria dos autores que adotam a perspectiva financeira condena sua utilização. Em alguns casos, cita Wanetic (2010), costuma-se dizer que a abordagem pelo custo é um bom indicativo do que seria o valor mínimo de um projeto de P&D, mas essa ponderação pode ser facilmente refutada com a existência de um grande número de patentes sem nenhum valor comercial relevante, conforme apresentado anteriormente.

Triest e Vis (2007) concluem que o *valuation* é um procedimento que objetiva mensurar o valor justo de algo e se basear apenas nos custos de seu desenvolvimento vai contra esse princípio fundamental.

4.3.2 Abordagem baseada em múltiplos

Se o problema da abordagem pelos custos está em não refletir as expectativas de mercado e ter um foco voltado para a análise interna e do passado de uma patente, a abordagem de múltiplos se destaca por ser quase um extremo oposto. Como ressaltado em Bandeira (2010) trata-se de uma adaptação com poucas modificações do que Damodaran (2002, 2007) classifica como abordagem relativa de avaliação, também chamada de abordagem baseada em mercado. Para a autora, esta metodologia se baseia no consenso entre compradores e vendedores que já efetuaram operações semelhantes no mercado e por isso utilizam transações que já ocorreram ou que estão ocorrendo em ativos com características similares para chegar a um valor de referência.

Collan e Heikkila (2001) argumentam que adotar este procedimento permite identificar oportunidades econômicas semelhantes, com potenciais de utilização equivalentes e cenários convergentes. A partir do princípio de que o mercado precifica de maneira justa um ativo e de que não há nenhum tipo de imposição que obrigue os agentes a efetuarem transações, o preço de um ativo semelhante já negociado pode ser uma referência adequada para orientar processos de compra e venda (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2008). Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) concluem que se for possível encontrar um comparativo recente que atenda a essas condições pode-se chegar a uma boa estimativa do valor justo.

Em verdade, esse caminho é apenas uma das possibilidades de se usar o mercado como fundamento para a avaliação de patentes. Para Collan e Heikkila (2001) o uso de informações de resultados das patentes anteriores, como lucros gerados, rentabilidade, e investimento, pode ser utilizado para compor múltiplos, tal qual em avaliações financeiras mais tradicionais.

Damodaran (2002) exemplifica que, apesar de existirem múltiplos tradicionais – como os baseados em lucro – vários analistas desenvolvem seus próprios indicadores com base em receita, número de clientes e informações setoriais e até mesmo múltiplos próprios para casos particulares. É uma solução recorrente principalmente para patentes e empresas de tecnologia que enfrentam períodos de lucratividade baixa ou negativa e necessitam de uma referência de valor.

Sua grande vantagem é ser uma metodologia bastante simples e intuitiva (BANDEIRA, 2010), principalmente por adotar premissas menos rigorosas e poder ser

empregada rapidamente (DAMODARAN, 2002). Em comparação com as avaliações de fluxo de caixa, por exemplo, Damodaran (2002, 2007) argumenta que as informações de mercado e os indicadores já consolidados são mais fáceis de entender, agilizando um processo de negociação. O autor mostra que envolve técnicas dinâmicas, pois considera o estado atual da economia que, conforme vai se alterando, tem reflexos também no valor das patentes. É, portanto, uma medida de valor relativo, e não absoluto, que ganhou bastante notoriedade no mercado financeiro.

Porém, ao mesmo tempo em que resolve grande parte dos problemas da abordagem de custos, a abordagem de múltiplos apresenta problemas conceituais tão graves quanto. Como ressalta Damodaran (2002):

Os pontos fortes da avaliação relativa são, ao mesmo tempo, seus pontos fracos. Primeiro, a facilidade com que se pode compilar uma avaliação relativa [...] também pode resultar em estimativas inconsistentes de valor se forem ignoradas as variáveis fundamentais, como risco, crescimento ou potencial de fluxo de caixa. Em segundo lugar, o reflexo do estado do mercado também implica que o uso da avaliação relativa para estimar o valor de um ativo pode resultar em valores excessivamente elevados, se o mercado estiver superestimando empresas comparáveis [...]. Terceiro, embora haja possibilidade de distorção em qualquer avaliação, a falta de transparência para as premissas fundamentais da avaliação relativa as torna especialmente vulneráveis à manipulação (DAMODARAN, 2002, p. 245).

Como o preço comparativo baseia-se sempre em uma análise pessoal de outro avaliador (COLLAN e HEIKKILA, 2001) é difícil reconhecer se os devidos cuidados foram tomados na referência utilizada. Para que a abordagem funcione corretamente, a transação de referência não só tem que ser semelhante, como deve haver formas de garantir a confiabilidade do mercado/avaliador anterior. Deve-se atentar, segundo Damodaran (2002, 2007) aos aspectos de consistência, uniformidade dos casos, valores discrepantes ou *outliers* de mercado e da relação entre os ativos.

Se as críticas acima já são fortes indicativos da falta de confiabilidade deste tipo de método, o problema da comparabilidade é ainda mais complicado no caso das patentes. Bandeira (2010) sustenta que comparações entre ativos intangíveis não são convenientes. A maioria das inovações traz melhorias em termos de eficiência e utilização que impedem qualquer tipo de relação quantitativa como as suas anteriores.

Ao recorrer-se a aspectos qualitativos, abre-se margem para a subjetividade e para uma grande imprecisão (COLLAN e HEIKKILA, 2001). Dessa forma, é comum verificar o relatado em Gans, Hsu e Stern (2008), que indicam que os empreendedores - geradores das patentes - tendem a supervalorizar a inovação, buscando referências que os favoreceriam no

licenciamento ou venda, mesmo que essa referência tenha baixo nível comparativo com o P&D em questão.

Os critérios de comparação descritos em Damodaran (2002) perdem a validade no contexto de patentes, pois estas não têm porte nem têm informações setoriais amplas. Não há uma base de transações fidedigna disponível e dificilmente pode ser feita com base em procedimentos estatísticos (NASCIMENTO, 2005). Reitzig (2003) e Triest e Vis (2007) complementam essa crítica ao inferirem que requer conhecimentos específicos da tecnologia a ser comparada e corresponder, no caso das patentes, aos critérios de tempo de vida e exclusividade.

Collan e Heikkila (2001) sugerem que a abordagem relativa só continua sendo válida, porque a transação final depende do consenso entre as partes envolvidas. Se optaram por esta metodologia é porque acreditam que todas as condições de confiabilidade e comparabilidade foram respeitadas. Assim, torna-se um referencial, e não um modelo de valoração em si. Nas demais situações, Bandeira (2010) conclui que suas falhas não compensam sua facilidade e não se trata de uma abordagem objetiva confiável para o caso de patentes.

4.3.3 Abordagem baseada em rendimentos

O terceiro pilar dos processos de avaliação é o que possui maior número de diferentes métodos obedecendo a um mesmo princípio. Para este tipo de metodologia, adota-se uma posição que é capaz de capturar as percepções obtidas pelo mercado e de considerar os custos de desenvolvimento e manutenção de projetos de P&D. Ou seja, trata-se de uma abordagem que consegue conciliar e utilizar as vantagens das abordagens anteriores e incorporar outros elementos na análise. O foco deste processo, como o próprio nome infere, está nos benefícios futuros gerados pelo ativo intangível que agregam valor a uma patente, em consonância, portanto, com Wanetick (2010).

Damodaran (2002) reitera que a criação de valor reside na capacidade de geração de fluxo de caixa e na incerteza sobre o futuro. Rappaport (2001) vai mais adiante ao dizer que isso deve ser feito pensando naquele que detém os direitos sobre o ativo. Ambas as afirmações são coerentes com as definições expostas anteriormente da característica fundamental da teoria de orçamento de capital e da classificação de ativo. Dixit e Pindyck (1995), ao definirem investimento, apresentam uma visão que corrobora com esse

pensamento. Os autores dizem que é o ato de se realizar um dispêndio imediato na expectativa de benefícios futuros maiores.

Ao mesmo tempo em que, ao prever os fluxos de caixa, já é possível incorporar a percepção do mercado (no montante de entradas) e os custos associados à produção e à comercialização da inovação (nas suas respectivas saídas), as abordagens baseadas em rendimentos resolvem o problema do valor temporal da moeda e do ajuste pelo risco de cada ativo avaliado (BANDEIRA, 2010).

Collan e Heikkila (2001) mostram que isso pode ser feito descontando-se o fluxo por uma taxa e produzindo-se um único valor presente, o valor justo de uma patente. Hong *et al* (2010, p 112) descrevem que a formulação geral desta abordagem é a do Valor Presente Líquido (VPL) ou do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), conforme a equação 01.

$$\text{Equação [01]} \quad V = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Em que:

V = valor do ativo;

t = período corresponde ao fluxo;

i = taxa de desconto ou atualização dos fluxos; e

FC_t = fluxo de caixa no período t .

Na visão de Damodaran (2002), mesmo para ativos de tecnologia e P&D, cujos fluxos são mais difíceis de estimar por não serem “garantidos” historicamente, este tipo de abordagem é condizente com seus fins. Hong *et al* (2010) condensam as percepções sobre essas modelagens, definindo-as como: simples, objetivas, lógicas e aceitáveis em qualquer contexto. Complementa dizendo que mesmo em casos de novos produtos e patentes, em que pode se perder um pouco de precisão e de objetividade, é o melhor que se pode fazer, pois não há parâmetros no mercado para comparar e o custo não mensura o valor.

Outros autores também defendem esta vertente de análise, como Reitzig (2003) e Wanetick (2010). O primeiro elenca uma série de determinantes do valor de uma patente e aponta que todas elas podem ser incluídas em uma projeção dos rendimentos. O segundo indica que qualquer que seja o efeito proporcionado pela inovação – aumento de vendas, geração de preço-prêmio, inserção em novos mercados, eficiência em custos, etc – esta

abordagem consegue captar com consistência. Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) defendem que o próprio fator tecnológico pode ser incorporado como um limitador dos benefícios máximos a serem obtidos, respeitando assim a característica de cada processo de P&D.

Ross, Westerfield e Jaffe (2008) destacam que esta é a metodologia mais utilizada e mais abrangente em número de casos. Ademais, os métodos baseados em rendimentos oferecem ao avaliador alternativas para incorporar um infinito número de variáveis, que produzem diversas variantes dessa forma básica. Os modelos de fluxo de caixa mais tradicionais aplicados a projetos de investimento em geral, utilizam a geração do fluxo de caixa operacional do ativo para sua mensuração (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2008).

É possível, entretanto, visualizar com base na revisão de literatura realizada, uma série de adaptações que utilizam os princípios supracitados de outras maneiras para se avaliar inovações e patentes. Para demonstrar algumas dessas possibilidades, sem a intenção de esgotar as alternativas possíveis, o Quadro 01 indica algumas formas de considerar os rendimentos utilizadas por autores que aplicam esses conceitos à inovações.

Quadro 01 – Variantes dos métodos baseados em rendimentos aplicáveis a inovações

Autores	Forma de rendimento utilizada
Ross, Westerfield e Jaffe (2008)	FC operacional do ativo
Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010)	<i>Royalties</i> gerados pelo ativo
Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010)	FC adicional gerado pela patente em relação à inovação não protegida
Triest e Vis (2007)	FC proveniente da economia de custos
Triest e Vis (2007)	FC gerado a partir do aumento de eficiência
Rappaport (2001)	FC gerado ao acionista
Bandeira (2010)	FC originado do aumento na qualidade
Wanetick (2010)	FC adicional pelo aumento de vendas

Fonte: Elaborado pelo autor

A correção monetária e o ajuste pelo risco são temas discutidos com bastante abrangência por Damodaran (2002, 2007), Monteiro (2003) e Ross, Westerfield e Jaffe (2008) para os quais todo investimento, não importando sua natureza, está sujeito a uma avaliação de seu retorno e do risco associado a ele. Enquanto o retorno é medido pelos benefícios esperados, o risco é a variabilidade desses valores, que podem ser positivos ou negativos ao longo do tempo, e gera diferenças entre o esperado e o realizado.

A relação entre essas variáveis é quase sempre positiva e quanto mais arriscado um negócio, maior o retorno exigido/esperado por ele (DAMODARAN, 2007). Como Bandeira (2010) e Schmidt e Santos (2009) citam que as atividades de P&D e a geração de patentes são

permeadas por uma grande parcela de incerteza futura, a incorporação do risco é coerente para avaliação.

Damodaran (2002) sugere que a relação risco versus retorno é compensatória para o investidor e se aplica a negócios que envolvem tecnologia e inovação. Ross, Westerfield e Jaffe (2008) indicam que há o risco sistêmico – ao qual todas as empresas e todos os empreendimentos estão sujeitos – e o risco específico, que pertence somente ao ativo que se está avaliando. Assim, propõem que o ajuste do risco seja feito com base em uma taxa de desconto dos fluxos em que uma parte (taxa de juros livre de risco da economia) simbolize a valorização do dinheiro no tempo e outra (taxa de rentabilidade adicional) que define o prêmio pelo risco de cada negócio (MONTEIRO, 2003).

Entre as opções para se chegar à essa taxa final de desconto, Damodaran (2002, p. 53) evidencia “modelos de precificação de bens de capital, [...] o modelo de precificação por arbitragem, [...] modelos multifatoriais, [...] e modelos de regressão”. De maneira mais direta, Monteiro (2003) indica que dentre essas alternativas os modelos de equilíbrio mais utilizados são o CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) e o APT (*Arbitrage Pricing Theory*). Assim como a determinação dos *cash-flows* tem uma gama de possibilidades, a determinação da taxa de desconto também é ampla e não se restringe apenas aos modelos aqui apresentados, podendo ser customizada por cada autor. Por fim, Damodaran (2002) conclui que mesmo para casos específicos, os modelos tradicionais de mensuração de risco são aplicáveis, com algumas ressalvas.

A terceira variável da abordagem de rendimentos, o tempo de benefícios, também apresenta uma discussão particular, como indicam Hong *et al* (2010). Enquanto a teoria tradicional corporativa, normalmente, opta por um intervalo de projeção de 5 a 10 anos, adicionado por um valor perpétuo, para o caso de patentes isso pode ser flexibilizado para um período de proteção e exclusividade e um valor terminal, quando a inovação protegida perde sua vantagem comparativa exclusiva, mas continua agregando valor. Normalmente, esse valor terminal é constituído por um múltiplo do último fluxo projetado (NASCIMENTO, 2005).

Ross, Westerfield e Jaffe (2008) argumentam que em períodos muito longos, como no caso de patentes de vinte anos, uma alta taxa de desconto, que é provável nesse tipo de negócio, pode fazer com que tal decisão seja irrelevante, pois os fluxos além dessa data têm valor presente tendendo a zero. Portanto, os primeiros anos das patentes são aqueles que geram também maior fluxo de caixa ao seu valor e serão os mais relevantes para a avaliação, já que a perpetuidade nem sempre pode ser inserida nessas condições. Essa afirmação está de

acordo com o proposto por Schwartz (2004) ao mostrar que boa parte dos retornos de P&D ocorre durante o período de monopólio ou de proteção legal.

Apesar da abordagem de rendimentos baseada em modelos de fluxo de caixa descontado apresentar-se praticamente como uma unanimidade para o processo de avaliação de empresas, alguns autores criticam suas formas mais tradicionais, alegando que elas não são as mais adequadas para atividades ligadas a P&D e tecnologia (COLLAN; HEIKKILA, 2001, PORKOLAB, 2002, VAN PUTTEN; MACMILLAN, 2004, e outros).

Dixit e Pindyck (1995) apontam que a regra do VPL leva à decisão de aceitar ou rejeitar projetos quando o valor presente dos fluxos futuros superar os investimentos realizados. Em outras palavras, caso uma projeção aponte um VPL positivo, o projeto cria valor para seu detentor, gerando uma decisão do tipo "agora ou nunca". Nascimento (2005) e Mathews (2009) relatam que esse raciocínio surge para a avaliação de títulos do governo e de títulos bancários, que garantem a reversibilidade do investimento. Ainda, nesses casos as aplicações têm *timing* estáveis com horizontes de duração previsíveis e com momentos pré-estabelecidos para tomar decisões.

Na dinâmica dos negócios que envolvem inovação, é importante considerar que uma firma tem a opção de adiar, interromper, reduzir ou alternar investimentos (ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010) ou, ainda, de esperar novas informações antes de aplicar os recursos (NASCIMENTO, 2005). Logo, essa regra ortodoxa leva a uma rigidez na avaliação ao desconsiderar todos esses aspectos. Aponta-se também que investimentos reais possuem uma janela de tempo para serem realizados e que a reversibilidade, quando existente, está sujeita a pelo menos um custo de oportunidade a ser pago.

Para Dixit e Pindyck (1995), investimentos como o de P&D possuem três características distintas dos investimentos tradicionais, que podem distorcer as técnicas de avaliação citadas: o investimento não pode ser desfeito totalmente sem que haja um custo para isso (irreversibilidade); existe a possibilidade de agir sobre ele durante o tempo, principalmente ao receber novas informações (*timing*); e há incerteza sobre os lucros e prejuízos futuros.

Damodaran (2002) também ressalta essa posição em seu trabalho, descrevendo os processos de avaliação para empresas da chamada "nova economia". Nesse contexto, uma das grandes críticas do autor ao FCD é que ele não permite considerar a flexibilidade estratégica das potencialidades de negócios deste tipo e por isso tende a subavaliar ativos que possuem

capacidade de gerar ganhos extraordinários no futuro. Cita, como exemplo, que empresas como Microsoft e Cisco, que operam em licenças e patentes, poderiam ser consideradas menos valiosas do que realmente são.

Segundo Kim *et al* (2012), o planejamento de longo prazo utilizado no VPL é simplificado e não considera que as decisões futuras dos gestores têm influências no valor presente. Essa dificuldade é ainda maior no caso das patentes, que devem ser pensadas em um horizonte incerto com mais de vinte anos de antecedência (MONTEIRO, 2003; HONG *et al*, 2008). Por isso, Schwartz (2004) aponta que ao empregar o FCD tradicional existe grande chance de que os valores estimados estejam errados, prejudicando a eficácia do método. Esse é um risco a que se incorre ao trabalhar com valores esperados ou médios (HERATH; PARK, 1999).

Damodaran (2002) critica, paralelamente, as formas tradicionais, por supor que as perdas de um negócio podem ser uma constante ao longo do tempo e, portanto, não há um mínimo para o potencial de perda ou opção de abandono. Ao realizar a previsão dos fluxos, se a partir de determinado ano, a empresa gerar constantes prejuízos, por exemplo, o período após a expiração da proteção legal de uma patente, os gestores podem optar por interromper a comercialização. Ao realizar uma previsão completa para todos os anos, o FCD desconsidera essa ação e acumula todos os prejuízos consecutivos, reduzindo o valor presente.

Deve-se lembrar ainda que agindo racionalmente os gestores vão buscar evitar perdas e maximizar os ganhos. Logo, quando o cenário real for se delineando a adaptabilidade das decisões diante dos resultados gera uma assimetria dos valores finais (KIM *et al*, 2012). Enquanto a incerteza gerar variabilidade positiva nos lucros, os gestores devem optar por manter a operação. Todavia, se a incerteza acabar desencadeando variabilidade negativa (prejuízos) pode-se optar por interromper ou abandonar um projeto, eliminando a possibilidade de prejuízos ainda maiores.

Em consequência disso, Santos e Pamplona (2005) informam que a distribuição dos valores projetados em um processo de P&D deve ser assimétrica, com um mínimo definido no valor de perdas e com um máximo restrito apenas à capacidade de demanda do produto (ou ao benefício gerado). Os autores também mostram que a técnica do VPL privilegia investimentos de curto prazo, pois se tem maior conhecimento e controle dos fluxos futuros. Em outras palavras, os investimentos de curto prazo têm resultados mais tangíveis que aqueles que se realizam em horizontes médios e longos.

Smith e Parr (2000) consideram que esse efeito é causado também pela dificuldade de estimar uma correta taxa de desconto para investimentos de inovação, uma vez que os principais modelos de precificação citados na literatura dependem de informações mercado. Assim, como o VPL é altamente sensível às variações da taxa de desconto os investimentos que trazem retorno imediato ou mais rápido tendem a ser mais viáveis por essa abordagem (SANTOS; PAMPLONA, 2005).

Outras críticas podem ser encontradas em Van Putten e MacMillan (2004). Esses autores revelam que o FCD funciona bem para ativos com algum histórico de comparação, mas que ainda são superficiais quando dependem de modelos de previsão pouco embasados. Acrescentam que o desconto pelo risco dos fluxos futuros incorpora a possibilidade de os fluxos serem menores que os esperados, mas não recupera o valor quando os fluxos ocasionalmente são superiores às expectativas (a incerteza do futuro pode gerar mais ganhos que o esperado). Portanto, servem como um bom parâmetro inicial, mas não capturam todo o potencial do negócio.

Uma limitação do FCD é de que a avaliação fundamenta-se, basicamente, na produção de fluxos de caixa em determinados momentos de tempo. Contudo, Amaral (2012) destaca que nem sempre essa situação será verdadeira. Alguns ativos de inovação, em especial o caso das patentes, são valiosos pelo simples fato de estarem em posse de determinado indivíduo e geram valor independentemente do fluxo futuro. Na prática, isso pode ser verificado claramente em situações de concorrência em que a posse de determinada tecnologia limita as ações das empresas rivais, mesmo quando ela ainda não está sendo diretamente utilizada.

A respeito do *timing* do investimento, Ho e Liu (2003) apontam que a falha do FCD está em apontar apenas se os recursos devem ou não ser aplicados, mas não contribui em nada para decidir se este é o melhor momento para isso. Uma tecnologia lançada ao mercado pode ter seu valor ampliado se o momento for oportuno. Verificam-se, atualmente, diversos casos em que empresas concorrentes adiam ou adiantam a divulgação de novos produtos para tirar mais vantagens do momento do lançamento. Essa competição ocorre mais frequentemente em mercados de alta tecnologia de amplo consumo como de microcomputadores e telefonia móvel.

As críticas sobre os métodos de FCD tradicionais são apenas no sentido de que os ajustes proporcionados por eles poderiam ser melhorados caso a flexibilidade e o dinamismo empresarial fossem considerados (NASCIMENTO, 2005). Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) indicam que a solução em busca de uma melhor avaliação se encontra ainda na

abordagem pelos rendimentos, apenas inserindo variáveis e condições que permitam retirar o aspecto estático dos FC.

Duas possibilidades mais simples podem ser vistas em Collan e Heikkila (2001) e Bandeira (2010). A primeira considera uma projeção baseada em cenários de rendimentos. A ideia é que diferentes cenários futuros da economia estarão conectados com diferentes FC e, portanto, são possibilidades de ocorrência. As informações não precisam ser extremamente precisas para tanto, pois o importante é perceber a amplitude de valores possíveis e com base no cálculo de probabilidades, chegar a um valor esperado mais coerente. Bandeira (2010) prefere utilizar modelos de aleatoriedade dos FC previstos e, assim, reproduzir a mesma ideia de intervalo de valores.

Monteiro (2003) cita também que a análise de sensibilidade poderia contribuir para amenizar esses efeitos, percebendo as variáveis mais importantes para o modelo e controlando o valor de acordo com o passar do tempo. Contudo, Herath e Park (1999) apontam que apesar de amenizar a consideração da incerteza, essas soluções não resolvem por completo todos os empecilhos para a avaliação. Mathews (2009) argumenta que criar cenários dessa forma tem pouco impacto na correta verificação do valor justo, pois considera apenas mais algumas possibilidades, e não todas as oportunidades envolvidas.

Assim, mesmo que essas práticas já consigam incluir algumas considerações críticas do FCD, nenhuma delas tem ganhado tanta popularidade como a da avaliação de patentes por opções reais, ou *Option Pricing Model* – OPM (VAN PUTTEN; MACMILLAN, 2004). Esta forma de avaliar continua sendo baseada nos rendimentos, mas sua caracterização específica complementa a forma proposta por Hong *et al* (2010). Devido à complexidade mais elevada e às peculiaridades dessas metodologias, é válido colocá-las como um ramo diferenciado nessa abordagem, como propõe Damodaran (2002) ao determinar as abordagens contingenciais.

4.3.3.1 Metodologias baseadas na teoria de opções

Um contrato de opção pode ser entendido como o direito de um indivíduo comprar ou vender um ativo em determinado período a um preço preestabelecido (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2008). Hull (2008) inclui as opções como um tipo de derivativo, que estão atreladas a um ativo que se pretende avaliar (ativo subjacente). O autor defende que as opções podem ser de compra (*call*) ou de venda (*put*). Em relação à data de vencimento, indica que existem as opções do tipo europeia, que podem ser exercidas somente na data final

acordada, ou do tipo americana, que podem ser realizadas em qualquer data até o vencimento. Além disso, diferente do mercado de futuros, as opções requerem um custo inicial de aquisição, chamado de prêmio, e o valor do ativo na data de exercício é chamado de preço de exercício ou *strike price*.

Para Damodaran (2002), é justamente o fato de ser um direito, e não uma obrigação, que torna as modelagens de opções especialmente interessantes, uma vez que a flexibilidade de decisões é incorporada ao modelo de acordo com a ocorrência de determinados eventos externos. Assim, quando se aplica a teoria de opções financeiras para avaliar investimentos reais, que possuem características como tal, tem-se a denominação de opções reais. (HULL, 2008). A diferença é que na teoria original as opções são firmadas através de contratos explícitos bem definidos, enquanto as opções reais aparecem implícitas em oportunidades estratégicas (MONTEIRO, 2003). Logo, os investidores não são agentes estáticos diante de novas informações e a incerteza pode gerar mudanças de decisões ao longo do tempo.

Para Kim *et al* (2012), uma opção é o direito de resposta da empresa às novas situações que afetam o desenvolvimento do projeto. Esses agentes podem e devem administrar ativamente as decisões que direcionam o futuro de um projeto de investimento, criando interações estratégicas diante de novas informações internas e externas. Para Trigeorgis (1996), isso gera uma característica de irreversibilidade dos desdobramentos do projeto, alta incerteza sobre seu estado futuro e possibilidades de ação crítica do gestor em diversos períodos de tempo.

Conforme Santos e Pamplona (2005, p. 236), “o investimento inicial em um projeto de P&D, por exemplo, é visto como o pagamento para obter-se um direito, mas não uma obrigação, de usá-lo”. Isso porque, ao iniciar uma pesquisa a empresa pode ou não gerar resultados satisfatórios e pode ou não utilizar a patente quando finalizada. Analogamente, um investidor que adquire uma opção financeira acredita que ela irá gerar lucros futuros. Mas caso o cenário seja negativo, ele pode optar por não exercê-la e arcar somente com o prêmio inicial investido (HULL, 2008).

São essas características que tais projetos compartilham com as opções financeiras. Trata-se, portanto, de uma avaliação especial, pois, se der certo, pode gerar fluxos pela sua utilidade ou pela venda, mas não se sabe quando isso ocorrerá (SANTOS e PAMPLONA, 2005). Caso contrário, a empresa tem a opção de abandonar um projeto inviável ou não investir mais na consolidação de uma patente, evitando perdas pela continuidade

(DAMODARAN, 2002). Logo, compartilham assim da característica de resultados assimétricos.

Herath e Park (1999) mostram que essas diferenças para os investimentos tradicionais fazem com que tanto a gestão como a avaliação do P&D sejam ditadas por uma lógica diferenciada. Desde a criação do projeto até sua consolidação em um produto, os autores indicam que o P&D assume mais de um tipo de risco diferente ao longo do tempo. Na fase de pesquisa é incerto se é possível gerar o efeito desejado. Na fase de desenvolvimento a incerteza é de como realizar o efeito. Já na fase de utilização ou comercialização o risco é de transformar o efeito em um negócio viável.

Como são problemas diferentes em cada uma das etapas, deve-se adotar um pensamento sequencial da sua evolução (NASCIMENTO, 2005). Kim *et al* (2012) mostram que os principais métodos de avaliação de opções se diferenciam da abordagem tradicional de rendimentos, principalmente, por considerarem, etapas do investimento. Também, a característica da assimetria de resultados faz com que a interpretação das variáveis ganhe um novo contexto (WU, 2011).

Hull (2008) indica que enquanto no raciocínio tradicional pelo VPL a variabilidade do resultado gerada pela incerteza do futuro reduz o valor estimado, no cálculo de opções ela tende a aumentar as oportunidades de ganho. Enquanto a incerteza gerar resultados positivos o detentor do projeto/opção irá continuar empreendendo-o. Ao mesmo tempo pode limitar suas perdas ao investimento inicial ou prêmio da opção. Logo, na avaliação de opções o aumento da incerteza, indicada pelo risco ou volatilidade, é visto como benéfico para o investidor (WU, 2011).

Segundo Bessen (2008), em um primeiro momento é difícil aceitar algumas implicações que esse *mind set* induz no caso das patentes. Cita, a título de exemplo, que com o passar do tempo novos concorrentes podem desenvolver inovações semelhantes, o que indicaria perdas com o risco assumido. Essa ideia é próxima daquilo apontado por Mansfield, Schwartz e Wagner (1981).

Hull (2008) clarifica, todavia, que a incerteza gera valor, mas não elimina a possibilidade de perda. O risco existe e é assumido pelo investidor no momento de empreender o projeto e com base em suas decisões, lhe cabe evitar ou mitigar possíveis prejuízos vindouros. Schwartz (2004) complementa ao afirmar que a opção implícita em um projeto faz com que o próprio processo de pesquisa gere novas informações e conhecimentos

de mercado não disponíveis no momento inicial, o que modifica a consideração do fluxo de caixa do projeto.

Para Santos e Pamplona (2005), isso significa que a avaliação por opções é menos sensível ao risco por ter efeitos que podem ser compensatórios. Primeiramente, destacam que esses métodos são uma forma de considerar a abordagem de rendimentos. Logo, utilizam também o mesmo raciocínio de atualização dos fluxos futuros para a data presente. De outro lado, interpretam a taxa de desconto de maneira diferenciada daquela exposta na teoria tradicional nos modelos de precificação do CAPM, WACC e APT, por exemplo, uma vez que a variabilidade de resultado pode agregar valor ao projeto, e não apenas aumentar a taxa de desconto dos fluxos.

Ao contrário das características de aversão ao risco dos modelos tradicionais (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2008), a avaliação por opções pode assumir um ambiente de neutralidade ao risco. Ao considerar que os *payoffs* de um projeto têm probabilidade de aumentar ou reduzir devido à incerteza, Hull (2008) demonstra que o valor de uma opção hoje é dado pelo valor dos *payoffs* futuros descontados à taxa livre de risco, ou seja, que o preço do ativo cresce, em média, à taxa livre de risco. Assim, ao assumir essas condições para o retorno dos ativos, define-se um cenário de neutralidade, em que não há compensação dos investidores pelo risco assumido.

Esse princípio, segundo o autor, pode ser utilizado sem prejuízo à análise do mundo real, pois os valores das opções calculadas nesse contexto estarão corretos. Nas palavras do autor "*the principle states that we can with complete impunity assume the world is risk neutral when pricing options. The resulting prices are correct not just in a risk-neutral world, but in the other worlds as well*"⁶ (HULL, 2008, p. 241).

Conforme exposto em Monteiro (2003), desconta-se dos fluxos apenas a parcela relativa ao valor do dinheiro no tempo (atualizando os fluxos pela taxa livre de risco), mas não se utiliza a relação risco e retorno na precificação de opções. Ho e Liu (2003) acrescentam que esse princípio é consistente e pode precificar adequadamente um ativo de maneira independente das preferências de risco do investidor e ainda coerente com a valoração feita no mercado de capitais.

⁶ O princípio dita que nós podemos, com completa impunidade, assumir que o mundo é neutro ao risco quando precificamos opções. Os preços resultantes são corretos não só em um mundo de neutralidade do risco, mas também nos outros mundos.

A metodologia por opções mantém-se, portanto, como baseada em rendimentos, mas adota princípios diferentes da abordagem tradicional. Somente essa consideração, para Schwartz (2004) e Van Putten e MacMillan (2004), leva a crer que as opções de um projeto aumentam seu valor em relação ao VPL do projeto estático.

Trigeorgis (1996) e Herath e Park (1999) estendem essa ideia e modificam o critério de decisão dos projetos. A equação 02, apresentada no estudo dos autores⁷, amplia a percepção de valor ao acrescentar definição do VPL estratégico (VPL_e) como o valor total de um projeto, sendo este composto pelo VPL tradicional (VPL_t) e o valor devido à flexibilidade estratégica das opções reais (VOR).

$$\text{Equação [02]} \quad VPL_e = VPL_t + VOR$$

Enquanto um valor de VPL > 0 é suficiente para apontar a viabilidade do negócio, pela avaliação por opções, nesse conceito busca-se maximizar o valor do VPL_e utilizando de maneira eficiente as opções do projeto (HERATH; PARK, 1999). Isso significa incorporar as características de incerteza e *timing* descritas anteriormente. Assim, uma análise ortodoxa que poderia indicar que uma patente não deve ser comercializada (portanto, VPL < 0) pode agora indicar geração de valor do VPL_e pelo valor adicional das opções, VOR.

Trigeorgis (1996) conclui o raciocínio apontando que as opções complementam a teoria do VPL, justamente corrigindo as simplificações causadas pelo fluxo estático no tempo. Em verdade, Schwartz (2004) clarifica que o VPL tradicional é um caso restrito do VPL estratégico, em que existe um cenário de certeza nas projeções, e a volatilidade devido à flexibilidade de ação é nula.

Ao se transferir as propriedades existentes nas opções do mercado financeiro para investimentos reais, elaboram-se modelos de opções reais, que se diferenciam pela sua aplicação prática (ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010). Devido à flexibilidade desse tipo de investimento, a existência de opções cria um valor adicional acima do FC estático projeto que passa a ser relevante diante da possibilidade de novas informações e mudanças econômicas (DIXIT; PINDYCK, 1995).

Santos e Pamplona (2005) consideram projetos de P&D e patentes como opções de compra americanas. A lógica dessa relação está no fato de que o investimento inicial em pesquisa equivale ao prêmio de uma opção para adquirir futuramente os *outputs* da patente. O

⁷ O desenvolvimento econômico do modelo de VPL estratégico a partir do VPL tradicional e da teoria de opções reais, bem como um exemplo de sua aplicação empírica, podem ser visualizados em Herath e Park (1999).

exercício da opção é aplicado quando os fluxos previstos da comercialização da patente finalizada superam o investimento total realizado; ou seja, quando o preço do ativo é superior ao preço de exercício. Em relação ao tempo, determina-se uma opção americana, pois o desenvolvimento pode ocorrer até o prazo de expiração da proteção legal, mas não se sabe quando a opção será exercida.

A equivalência que permite fazer essa relação é descrita em Luehrman (1998) por meio da seguinte comparação:

Quadro 02 – Comparativo entre projeto de investimento (patente) e opção de compra

Projeto de Investimento (patente)	Opção de compra
Valor presente do FC do projeto	Preço do ativo objeto
Valor do investimento realizado	Preço do exercício
Período de espera até a implementação	Período de vencimento
Valor de dinheiro no tempo	Taxa livre de risco
Risco do projeto	Volatilidade do ativo objeto

Fonte: Adaptado de Luehrman (1998)

Merton (1998) indica que os artigos iniciais da teoria de opções já assumiam a possibilidade dessa aplicação. Em Black e Scholes (1973), indica-se que uma das vantagens do método proposto está em não necessitar de históricos de negociação do ativo para precificá-lo. Esta característica abriu portas para que a teoria se adaptasse rapidamente a novos negócios e aos ativos de inovação (HULL, 2008; MONTEIRO, 2003). Ou seja, a decisão de investimento real pode ser encarada como uma análise de portfólio de opções reais (TRIGEORGIS, 1996).

Segundo Monteiro (2003), um projeto de investimento em patentes pode estar sujeito às diversas formas de adotar a perspectiva de opção. Para Schwartz (2004), porém, não é simplesmente o fato de ser um processo de P&D que induz a essa consideração. Para identificar se existe realmente uma flexibilidade estratégica no projeto e de que tipo é, o avaliador deve conhecer a fundo os detalhes da operação.

Hull (2008) descreve os seguintes exemplos:

- Opção de abandono: é consideração de vender ou encerrar um projeto durante o seu desenvolvimento. É uma das mais comuns opções em P&D e agrega valor ao não permitir que um fluxo com prejuízo se mantenha constante. Usualmente, é considerado em investimentos com possibilidade de fracasso grande. Assim, o detentor dos direitos da patente pode liquidar os

investimentos ou negociar o atual estado da pesquisa/comercialização com outro interessado. No caso das patentes, pode ser considerada uma opção de venda americana.

- Opção de adiamento: é uma opção de compra americana e considerada uma das mais importantes para negócios de tecnologia. Refere-se ao gerenciamento da data de início da utilização dos produtos gerados pelo P&D. Considera a possibilidade de adiar o início dos fluxos de recebimento buscando melhores condições de mercado e maximização das entradas.
- Opção de retração: considera a flexibilidade de reduzir a escala de um projeto de investimento e gerar economia de gastos desnecessários para sua conclusão. Por isso, é definida como uma opção americana de venda sobre a capacidade de redução das saídas. É muito comum quando condições externas adversas impactam nos resultados do projeto e fazem com que os gestores tentem reduzir os gastos e manter o núcleo da atividade.
- Opção de expansão: é a possibilidade contrária da opção de retração. Por isso, tem características de uma *call* americana no valor da capacidade adicional de produção adquirida pelo projeto. É interessante destacar que para que essa opção exista, os gestores devem se preparar no início do projeto para essa possibilidade quando o cenário for favorável.
- Opção de prorrogação: opção do tipo europeia de compra para prolongar a vida útil de um investimento. Ao final da data para uma pesquisa se encerrar, dependendo da viabilidade e dos primeiros resultados, pode-se realizar um novo aporte para continuar o desenvolvimento. É comum em projetos sequenciais, mas nem todos os investimentos podem ser postergados.

A opção de abandono é a mais frequente em projetos de desenvolvimento de patentes. Ela pode ser visualizada em Ernst, Leger e Lichtenthaler (2010), Schwartz (2004), Ho e Liu (2003), dentre outros. A opção de expansão é trabalhada de maneira específica por Zhao e Tseng (2003) para um investimento no setor de construção. Os autores admitem também a opção de retração. Já a opção de adiamento é considerada por Santos e Pamplona (2005) e Dixit e Pindyck (1995). Zhao e Tseng (2003) citam estudos que consideram outras formas de opções, como a de mudar os recursos produtivos ou a de variar o mix de venda.

Monteiro (2003) mostra que existem outras formas mais complexas como a de alternância de atividades e a de opções múltiplas. O primeiro caso consiste em uma carteira de

compra e venda americanas, em que é possível escolher quando ou que tipo de operação utilizar em determinado momento. Um exemplo pode ser a exploração de um recurso ou um mercado temporário, que deve ter uma data de início e um intervalo variável de duração a serem definidos. O segundo caso abrange a possibilidade de que um mesmo projeto de investimento inclua mais de um tipo das citadas opções, criando um efeito combinado.

Vale lembrar que o valor total das opções de um projeto não é necessariamente a soma dos valores de cada opção. Trigeorgis (1996) aborda a interação entre opções e verifica como a presença de uma pode afetar o valor das anteriores. Indica-se que pode haver opções conflitantes, tal que para a primeira ser exercida deve-se abrir mão da segunda. É o caso, por exemplo, de uma opção de abandono e uma opção de prorrogação conjugadas. Nesses casos, deve-se verificar como é possível maximizar o VPL balanceando os prêmios pagos pelas opções e seus respectivos valores no exercício.

Wu (2011) faz um alerta a respeito da consideração de mais de um tipo de opção simultânea. Relata que existem casos em que no início do investimento pode ser identificado apenas um tipo de flexibilidade de ação. Todavia, ao adquirir novas informações sobre o negócio durante o desenvolvimento (SCHWARTZ, 2004), um processo de P&D pode deparar-se com desdobramentos estratégicos não previstos inicialmente. Logo, a adaptabilidade do método de opções não exclui a necessidade de periódicas revisões na avaliação.

Kim *et al* (2012) revelam que dentre os métodos da abordagem de opções destacam-se três grupos principais: a) modelos binomiais cuja principal referência é Cox, Ross e Rubinstein (1979); b) modelos baseados na engenharia financeira iniciada por Black e Scholes (1973); e c) modelos que utilizam simulações, citando-se dentre eles a de Monte Carlo como o mais conhecido.

Conforme Nascimento (2005), existem muitas variações em cada um desses grupos. Por isso, dificilmente um estudo será capaz de abranger todas essas possibilidades. Muitos autores fazem pequenas alterações no algoritmo de precificação, mas mantém as ideias centrais dos modelos de referência. Assim, cada analista normalmente utiliza suas próprias adaptações na avaliação, contribuindo para a flexibilidade e evolução dessa abordagem.

Monteiro (2003) indica que, apesar disso, existem variáveis que necessitam ser conhecidas ou estimadas para a maioria desses modelos: o preço do ativo subjacente sob a

qual a opção está baseada; o preço de exercício; o tempo até o vencimento; a taxa de juros; e a volatilidade dos movimentos do preço do ativo ao longo do tempo.

O modelo binomial é mais simples e considera intervalos de tempo sequenciais discretos para avaliar as possibilidades de um ativo ter elevações ou reduções no seu preço (COX; ROSS; RUBISTEIN, 1979). Hull (2008) descreve que o principal pressuposto utilizado neste modelo é que o preço do ativo segue um processo chamado de *random walk*. Assim, para cada momento no tempo existe a probabilidade de que o valor do ativo cresça em determinado percentual e a probabilidade complementar de que o valor decresça na mesma quantidade. Segundo Ho e Liu (2003), essas probabilidades e a volatilidade do ativo são usualmente dadas como constante no tempo, já que estão ligadas às características dos ativos e do negócio em desenvolvimento.

Ou seja, partindo de um valor inicial no momento do pagamento do prêmio pela opção, o preço do ativo se ramifica aleatoriamente ao longo do tempo de maneira que para cada tempo “t” o ativo pode haver duas possibilidades distintas futuras (MONTEIRO, 2003). Segundo Collan e Heikkila (2001), a probabilidade de ocorrência de cada evento pode ter base em dados históricos, se existirem, ou até ser definida de forma mais qualitativa para novos negócios ou ativos de inovação. No entanto, Hull (2008) destaca que a vantagem dos processos binomiais está em não necessitar de qualquer pressuposto sobre essas probabilidades.

Pode-se dizer que essa análise se preocupa com os caminhos possíveis que uma determinada estratégia operacional pode levar, considerando evoluções independentes ao longo do tempo (ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010). O modelo de Cox, Ross e Rubistein (1979) prevê uma solução para a precificação de uma opção em apenas uma etapa binomial. No entanto, a partir da elaboração de cada possibilidade em cada momento, processo semelhante ao descrito em Collan e Heikkila (2001), é possível desenvolver a avaliação binomial em multiperíodos.

Damodaran (2002) indica que o valor de uma opção real que segue um processo binomial será equivalente ao de uma carteira réplica que contemple o ativo avaliado e uma posição de tomada de empréstimo para investimento (à taxa livre de risco) que replique os fluxos de caixa gerados em cada momento que a opção pode ser exercida. Assim, o preço

final do ativo subtraído do valor da dívida necessária para compor essa carteira será o valor da opção real. A fórmula geral desse processo⁸ é descrita nas equações 03 e 04:

$$\text{Equação [03]} \quad \Delta = (C_u - C_d) / (S_u / S_d)$$

$$\text{Equação [04]} \quad V_o = V_A \times \Delta - B$$

Em que:

V_o = valor da opção;

V_a = valor do ativo objeto;

B = empréstimo da carteira equivalente;

Δ = número unidades do ativo na carteira réplica;

S_u = preço do ativo no caminho superior;

S_d = preço do ativo no caminho inferior;

C_u = *payoff* da opção no caminho superior; e

C_d = *payoff* da opção no caminho inferior.

Para solucionar essa equação, Hull (2008) orienta calcular o valor Δ tal que a carteira composta pode ser tratada como livre de risco. Ou seja, isso equivale a igualar o valor da opção no caminho superior com o valor da opção no caminho inferior. Com o valor de Δ equivalente ao número de unidades do ativo necessárias para replicar os fluxos de caixa no momento de exercício, pode-se determinar o valor da posição da carteira, subtraindo o investimento realizado por meio do empréstimo dos ganhos obtidos no preço de Δ ativos. Em outras palavras, o delta de uma opção considera o efeito das mudanças de valor do ativo para as mudanças de valor da sua opção.

A proposta acima, todavia, representa a solução matemática para uma opção financeira. Como se pretende avaliar opções reais, a grande preocupação está em considerar o valor do ativo objeto antes mesmo de se realizar a avaliação. Copeland e Antikarov (2001) deram uma importante contribuição ao descrever que no caso de investimento em que o ativo não é previamente negociado, assim como as patentes e P&D internos, uma solução é utilizar o ativo sem flexibilidade na carteira réplica. Ou seja, comparar o processo binomial com os modelos de FC tradicionais. A diferença decorrente da possibilidade de ocorrência gerará

⁸ Hull (2008) descreve a generalização das equações 03 e 04 para um processo de dois estágios e demonstra como a mesma lógica pode ser aplicada ao processo de multi-estágios com o auxílio de recursos computacionais

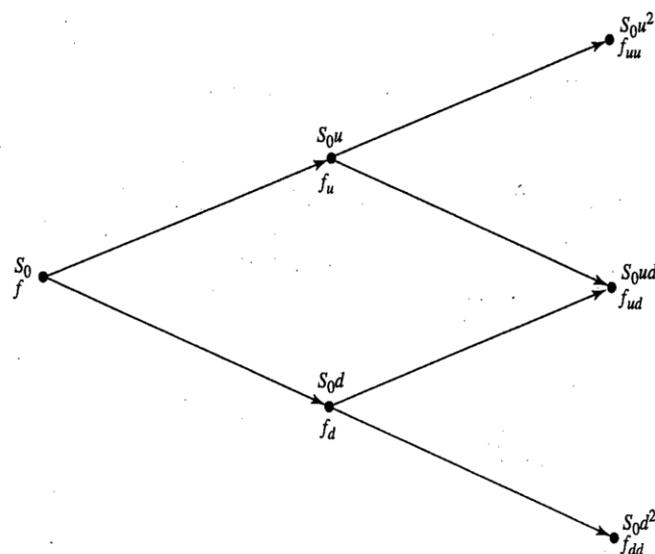
valores diferentes nesses casos e simbolizará o valor da opção real. Esse princípio foi denominado pelos autores de *Market Asset Disclaimer*.

Por esta razão, Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) mostram que no caso de avaliação de patentes as críticas à abordagem de rendimentos tradicionais podem ser solucionadas pela própria abordagem ampliada; ou seja, pela consideração de um processo binomial. Assim, o FC tradicional nada mais é que um modelo binomial em que existe um único caminho, sem a volatilidade ao longo do tempo. Usando a denominação de Herath e Park (1999), o FC tradicional equivale ao caso em que o VOR é igual a zero, igualando o VPLe ao VPLt.

A utilização de árvores de decisão para visualizar as formulações binominais são bastante frequentes e auxiliam a agregar maior entendimento da proposta (DAMODARAN, 2002). Para Monteiro (2003) o aspecto visual desse instrumento auxilia a agregar maior transparência para o processo de precificação de opções reais. A Figura 01, retirada de Hull (2008), exemplifica uma árvore binomial para um processo de duas etapas.

O modelo, com apenas dois períodos de evolução no tempo, é demasiado simples para o caso de investimentos reais. Conforme Hull (2008) é comum que existam um número de passos equivalente ao número de etapas sequenciais que o investimento possui. Por isso, como a vida útil de um investimento como P&D perdura por diversos anos, é comum considerar dezenas ou até mesmo centenas de períodos.

Figura 01 – Exemplo de árvore binomial



Fonte: Hull (2008)

A solução anterior apresentada resolve apenas o cálculo do valor de uma opção para um estágio. Para solucionar a avaliação multiestágios, pode ser montado um conjunto de

sistemas de equações que devem ser resolvidas de forma iterativa do último período até o primeiro, obedecendo ao seguinte procedimento descrito na equação 05 (DAMODARAN, 2002):

$$\begin{aligned} \text{Equação [05]} \quad & (\Delta \times S_u) - (1+i) \times B = K_1 \\ & (\Delta \times S_d) - (1+i) \times B = K_2 \end{aligned}$$

Em que:

i = taxa de juros

K = preço de exercício/investimento;

B = empréstimo da carteira equivalente;

S_u = preço do ativo no caminho superior;

S_d = preço do ativo no caminho inferior; e

Δ = Número unidades do ativo na carteira.

Se o processo binomial de um investimento possui "t" períodos, inicia-se o cálculo do valor das opções no último período. Ao aplicar as fórmulas descritas com os valores estimados, encontra-se o valor provável da opção no período t-1. Com os novos valores calculados, aplica-se novamente esse sistema de equações para retornar ao valor do período t-2 e assim sucessivamente, até o momento presente, atualizando o valor da opção pela taxa livre de risco.

Conforme explica Wu (2011), esse procedimento permite considerar a assimetria dos *payoffs* de um investimento, verificando não só a probabilidade de atingir determinado valor, como também o impacto para cima ou para baixo que o valor pode sofrer para cada período de tempo.

Considera-se que para cada unidade de tempo Δt o valor do ativo pode subir para u vezes o seu valor ou cair para d vezes o seu preço atual, em que $u > 1$ e $d < 1$. Assim, segundo a notação de Hull (2008) na Figura 01, o valor futuro para um único intervalo de tempo será S_u no primeiro caso ou S_d no segundo. Para o passo seguinte, multiplica-se cada um dos novos valores atuais por u e d , até construir a árvore para toda a duração do projeto.

Assumindo-se que existe uma probabilidade p para que esses movimentos u e d ocorram, o valor presente de um ativo pode ser dado descontando suas possibilidades de valores futuros ponderados pela probabilidade de ocorrência dos mesmos. Assim, esse processo nada mais é do que um cálculo semelhante ao de valor esperado para cada etapa.

Logo, Hull (2008) define que os valores f para a opção em cada período podem ser calculados segundo a equação 06.

$$\text{Equação [06]} \quad f = e^{-i\Delta t} [p \times fu + (1 - p) \times fd]$$

Em que:

i = taxa de juros;

fu = valor da opção no caminho superior;

fd = valor da opção no caminho inferior; e

Δt = intervalo de tempo.

A avaliação da probabilidade de cada um desses movimentos ocorrer é originada a partir da análise do avaliador e de suas perspectivas do futuro. Usualmente, considera-se que os dados históricos constituem boa referência para o que deve ocorrer nos próximos períodos, principalmente em intervalos de tempo muito pequenos. No entanto, é livre ao analista considerar outras variáveis nessa probabilidade ou, até mesmo, incluir valores subjetivos.

Para definir na prática os caminhos superiores e inferiores de uma árvore binomial, é comum recorrer às proposições de Cox, Ross e Rubinstein (1979). Os autores indicam uma forma de utilizar a volatilidade do ativo objeto como base para definir de u e d . Essa volatilidade é calculada a partir das variações do retorno desse ativo durante um período determinado de tempo de análise. Segundo eles, sabendo que σ é a volatilidade do ativo, seu desvio padrão correspondente a determinado período de tempo pode ser escrito como $\sigma\sqrt{\Delta t}$, da mesma forma que sua variância é definida por $\sigma^2\Delta t$.

Logo, se S é o valor inicial do ativo, seu valor esperado para o próximo período (S_u ou S_d) será correspondente à mudança prevista pelo desvio padrão relativo ao seu Δt , tanto para cima quanto para baixo, assumindo que o preço segue a hipótese de *random walk* (HULL, 2008). Dessa maneira, vê-se que u pode ser determinado por $e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$ e d por $e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$.

Utilizando esse raciocínio, pode-se determinar que a equação 07 é utilizada para definir a probabilidade de ocorrência dos caminhos da árvore binomial a partir das proposições de Cox, Ross e Rubinstein (1979), denominada de *matching volatility*.

$$\text{Equação [07]} \quad p = (e^{i\Delta t} - d) / (u - d)$$

Outro detalhe importante destacado por Hull (2008) é que esta proposição foi pensada para considerar opções do tipo europeia. Contudo, a solução para opções americanas, tal qual

as patentes normalmente possuem, pode ser realizada da mesma forma, atentando-se apenas que não necessariamente o valor ótimo da opção ocorrerá no último período. Logo, admite-se que o *timing* do exercício pode ocorrer antes do prazo máximo da opção, sendo este o valor que otimiza o VPL estratégico (HERATH; PARK, 1999). Ou seja, uma opção americana valerá pelo menos o valor definido para uma opção europeia (DAMODARAN, 2002).

Zhao e Tseng (2003) mostram que é possível expandir o raciocínio do processo binomial para outras formas de movimentos de variação de preço. As probabilidades complementares podem ser divididas em três alternativas: de aumentar, de cair ou de manter estável. Assim, dá-se origem a um modelo trinomial. Aumentando essa divisão de maneira progressiva, no limite chega-se a processos de difusão estocástica, em que não mais há uma probabilidade fixa para esses movimentos, mas sim uma distribuição de probabilidades em que o comportamento pode ser assumido.

Os modelos baseados nos estudos de Black e Scholes (1973) ou, como Hull (2008) considera, de Black, Scholes e também Merton, surgiram a partir década de 1970 e tiveram grande influência prática no mercado de opções. Essas modelagens se aproveitam de todo um desenvolvimento matemático sofisticado aliado às teorias de finanças para considerar decisões intertemporais e na presença de incerteza. Por isso, é comum verificar que as aplicações de Black e Scholes recorrem a instrumentos de engenharia financeira (NASCIMENTO, 2005).

Apesar de o algoritmo de resolução apresentar substanciais diferenças para o modelo binomial, ele nada mais é do que uma generalização deste, utilizando um tempo contínuo e processos estocásticos, como informam Zhao e Tseng (2003). Sua teoria foi desenvolvida inicialmente para opções do tipo europeia e sem pagamento de dividendos (BLACK; SCHOLE, 1973), mas rapidamente foi adaptada para outras particularidades (DAMODARAN, 2002).

Segundo Hull (2008), o do modelo Black e Scholes (1973) apoia-se no princípio de que os intervalos de tempo entre os períodos do processo binomial são infinitesimais ao ponto que, no limite, o tempo pode ser considerado como uma variável contínua. Assim, as variações dos preços dos ativos nessas condições assumiriam um comportamento semelhante ao de uma distribuição normal durante os períodos analisados. Porém, como a distribuição do preço tem valor mínimo no zero, os autores propõem a utilização de uma distribuição lognormal (entre zero e infinito) para estimar as probabilidades dos movimentos consecutivos de valorização e desvalorização.

É um modelo mais restritivo, possuindo premissas mais rígidas que o binomial, tais como: taxa de juros constante, média e desvios padrão constante, ausência de custos de transação e impostos, ativos perfeitamente divisíveis e livre tomada e concessão de empréstimo à taxa livre de risco. Somente o fato de considerar o tempo contínuo impõe uma característica teórica ao modelo, uma vez que a realidade é marcada por tempos discretos para decisão.

Os modelos baseados em Black e Scholes (1973), normalmente, utilizam determinado tipo de processo estocástico específico, denominado processo de Markov. Nessas condições, o valor presente de uma variável é o único fator relevante para prever o comportamento futuro desta variável, ignorando os valores históricos para verificar alguma tendência. Hull (2008) indica que essa propriedade é consistente com a hipótese de eficiência fraca de mercado descrita em Fama (1970) e que ela é válida para que o próprio mecanismo de mercado elimine imperfeições e oportunidades de arbitragem.

Os processos do tipo estocástico, normalmente, consideram variáveis e intervalos de tempos contínuos. Na prática, as unidades de medida utilizadas no mercado são do tipo discreta, mas isso não impede que esses modelos sejam aplicados de maneira útil (HULL, 2008). Quando se consideram intervalos infinitesimais de variação, tal qual em Black e Scholes (1973), tem-se uma aproximação de um processo contínuo no tempo. Como propriedade, uma variável que segue um processo de Markov tende a manter a média de mudanças ao longo do tempo, ao passo que possui propriedades aditivas de variância devido à independência das probabilidades.

Quando a distribuição utilizada em um processo de Markov possui média zero e incrementos estacionários e independentes, tem-se o caso específico de um processo de Wiener. Monteiro (2003) explica que essa forma estocástica contínua é especialmente importante para a avaliação de opções reais, pois sugere que a variância do preço do ativo cresce em função do tempo, considerando cada vez mais os efeitos da incerteza no desvio-padrão das distribuições de previsões mais distantes. O processo de Wiener é também conhecido como movimento Browniano e quando generalizado dá origem ao chamado processo de Itô, como base no qual foi desenvolvido o modelo de Black e Scholes (1973).

Conforme Hull (2008), se uma variável z segue um processo de Wiener, uma mudança nesta variável pode ser descrita como Δz . Analisando essa variação dentro de um pequeno intervalo de tempo Δt , define-se a seguinte propriedade na equação 08.

$$\text{Equação [08]} \quad \Delta z = \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

Em que, ε é uma variável aleatória que segue uma distribuição normal padrão com média zero e desvio padrão 1, ou seja, $\varepsilon \sim N(0,1)$. Se z segue um processo de Markov, dois valores de Δz são independentes para qualquer intervalo de tempo Δt . Como mostra Monteiro (2003), pelo Teorema do Limite Central, tem-se que o somatório de todos os intervalos Δt indicam que Δz segue uma distribuição normal, com média zero e desvio padrão $\sqrt{\Delta t}$. Aplicando o limite de $\Delta t \rightarrow 0$, pode-se definir que:

$$\text{Equação [09]} \quad dz = \varepsilon \sqrt{dt}$$

$$\text{Equação [10]} \quad E(dz) = 0$$

$$\text{Equação [11]} \quad \text{Var}(dz) = dt$$

As equações 10 e 11 são definidas uma vez que $\varepsilon \sim N(0,1)$. Generalizando para uma variável S , que exprime o preço de uma ação, obtém-se um movimento Browniano com tendência representado por Hull (2008), segundo a equação 12.

$$\text{Equação [12]} \quad dS = \mu S dt + \sigma S dz$$

Nessa equação, μS é o parâmetro de tendência ou *drift rate* e σS é o parâmetro da variância, que indica a incerteza ou o ruído da variável S , sendo ambos constantes. O autor mostra que o lado esquerdo dessa equação representa o retorno de uma ação. Do lado direito, tem-se que o primeiro componente indica o valor esperado desse retorno e o segundo o componente estocástico do retorno. Dixit e Pindyck (1995) indicam que o movimento Browniano é um caso específico do chamado processo de Itô, que trata de um processo estocástico contínuo de S , conforme a equação 13.

$$\text{Equação [13]} \quad dS = a(S, t)dt + b(S, t)dz$$

Essa relação é um processo de Wiener generalizado em dz , no qual os parâmetros a e b são funções do valor do ativo subjacente e do tempo. O primeiro termo representa uma função não aleatória de tendência (anteriormente considerada μS) e o segundo, uma função não aleatória da variância (denominada de σS na equação 12). Para um pequeno intervalo de tempo Δt , isso indica que a *drift rate* e a variância permanecerão constantes e iguais a $a(S, t)$ e $b(S, t)^2$.

Considerando que o preço de um derivativo é uma função do preço do ativo subjacente e do fator tempo, essa relação pode ser utilizada para considerar o preço de uma opção. Assim, define-se uma função $F(S,t)$ diferenciável que demonstra o processo ao qual o valor da opção está sujeito. Essa função $F(S,t)$ segue um processo de Itô conforme descrito na equação 13, e por isso pode ser caracterizada como o Lema de Itô⁹. Aplicando-se as equações 12 e 13 tem-se que $F(S,t)$ segue a equação 14:

$$\text{Equação [14]} \quad dF = \left(\frac{\delta F}{\delta S} \mu S + \frac{\delta F}{\delta t} + \frac{1}{2} \frac{\delta^2 F}{\delta S^2} \sigma^2 S^2 \right) dt + \frac{\delta F}{\delta S} \sigma S dz$$

A análise dos dois termos do lado direito da equação é similar à equação 13, sendo que a única diferença está na aplicação do processo de Itô na função $F(S,t)$. Por essa equação pode-se perceber que o ativo e a opção ligada a esse ativo estão sujeitos à mesma fonte de incerteza sobre o futuro, dada pelo processo de Wiener dz .

A partir desses desenvolvimentos, Black e Scholes (1973) desenvolveram uma formulação genérica do modelo de avaliação de opções aplicando o operador do logaritmo no preço (que não admite valores negativos). Supondo que o valor de uma opção de compra europeia é definida como uma função $C(S,t)$, tem-se que uma aproximação discreta pelo Lema de Itô pode ser dada pela equação 15.

$$\text{Equação [15]} \quad \Delta C = \left(\frac{\delta C}{\delta S} \mu S + \frac{\delta C}{\delta t} + \frac{1}{2} \frac{\delta^2 C}{\delta S^2} (\sigma S)^2 \right) \Delta t + \frac{\delta C}{\delta S} \sigma S \Delta z$$

Como o componente aleatório segue a equação 8, Monteiro (2003, p 111) mostra que uma carteira composta por uma posição vendida em C opções e comprada em $\delta C / \delta S$ ativos pode ser considerada sem risco em um intervalo de tempo suficientemente pequeno. Isso é válido porque a aplicação da equação 15 para o valor V da carteira ($V = -C + (\delta C / \delta S)S$) elimina o componente aleatório Δz . Dessa forma, a carteira terá retorno igual à taxa livre de risco durante esse período.

Nessas condições, para uma opção de compra europeia, busca-se maximizar a diferença entre o valor do ativo S e o preço de exercício K da opção. Tendo em vista este princípio e considerando que os preços seguem uma distribuição lognormal, Black e Scholes

⁹ A demonstração matemática completa do Lema de Itô pode ser verificada no apêndice do capítulo 12 de Hull (2008).

(1973) apresentam que é possível precificar essa opção por meio das seguintes fórmulas descritas nas equações 16 a 18

$$\text{Equação [16]} \quad V_0 = S \times N(d_1) - K \times e^{-rt} \times N(d_2)$$

$$\text{Equação [17]} \quad d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2) \times t}{\sigma \sqrt{t}}$$

$$\text{Equação [18]} \quad d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$$

Em que:

V_0 = valor da opção;

S = valor presente do ativo objeto;

K = preço de exercício/investimento;

r = taxa livre de risco;

σ^2 = volatilidade do valor do ativo;

$N(d_1)$ = unidades do ativo na carteira;

$N(d_2)$ = empréstimo da carteira equivalente; e

t = prazo até o vencimento/finalização do projeto.

Hull (2008) mostra que a mesma lógica pode ser seguida para uma *put* europeia apenas invertendo o sinal dos componentes da equação 16. As funções $N(d_1)$ e $N(d_2)$ representam a função distribuição de probabilidade acumulada para uma normal padrão. Nas palavras do autor (HULL, 2008, p. 291) "*it is the probability that a variable with a standard normal distribution, $\phi(0,1)$, will be less than $[d]$ "¹⁰.*

É possível perceber que as variáveis que impactam a formação do valor de uma opção são as mesmas citadas anteriormente: o valor presente dos fluxos do ativo objeto, a variância desse valor, o investimento para exercício, o prazo de vencimento e a taxa de juros correspondente (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2008). Dessas, a variância – ou volatilidade – merece ser destacada, pois ao contrário dos modelos de FCD tradicionais, em que uma alta variância significava alto risco e reduzia o valor do projeto, para opções uma alta volatilidade indica maior possibilidade de ganhos por flexibilidade estratégica ao longo do prazo de vencimento (DAMODARAN, 2002).

¹⁰ É a probabilidade de que a variável com distribuição normal $\phi(0,1)$, será menor que d .

No modelo de Black e Scholes (1973) o primeiro termo da expressão corresponde ao delta do binominal e o segundo, ao empréstimo. Portanto, a opção valerá o mesmo que uma carteira réplica teórica equivalente às condições determinadas (COPELAND e ANTIKAROV, 2001). Monteiro (2003) mostra que outra diferença sutil está na interpretação da posição considerada sem risco da carteira réplica. Enquanto no modelo binomial esta condição é válida para cada etapa da árvore sequencial, no modelo de Black e Scholes (1973) a validade desta posição é quase instantânea, apenas durante o período infinitesimal que se está avaliando.

Apesar das diferenças conceituais, Damodaran (2002) deixa claro que ambos os modelos partem de uma mesma linha de raciocínio: o valor de uma opção é equivalente ao valor de uma posição em que o investidor detém uma quantidade de ações do ativo em análise e usa recursos de terceiros – empréstimos – para essa aquisição, de forma a replicar o fluxo de caixa futuro gerado.

A incerteza considerada pelo modelo de Black e Scholes (1973) refere-se apenas ao processo estocástico que envolve a variação do preço futuro do ativo em questão. No entanto, como descreve Wu (2011), para investimentos em P&D pode ser interessante incluir outras formas de incerteza, já que a própria característica sequencial desses projetos infere uma mudança no perfil da volatilidade entre as etapas.

Essa alternativa é suportada por Dixit e Pindyck (1995) no contexto de pesquisas com alto nível tecnológico, em que se exige uma análise profunda do tempo de desenvolvimento e da complexidade da finalização da patente. Nesses casos, é igualmente difícil prever o volume total de investimentos com acuidade em momento anterior ao do desenvolvimento e, portanto, justifica-se a inclusão de um segundo processo estocástico na determinação do valor de uma opção real deste tipo. Assim, um modelo proposto por Margrabe (1978) amplia a formulação de Black e Scholes (1973) para suportar também a incerteza sobre os custos do investimento, conforme apresentado nas equações 19 a 22:

$$\text{Equação [19]} \quad V_0 = S \times N(d_1) - K \times N(d_2)$$

$$\text{Equação [20]} \quad d_1 = \frac{\ln(S/K) + (\sigma^2/2) \times t}{\sigma \sqrt{t}}$$

$$\text{Equação [21]} \quad d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$$

$$\text{Equação [22]} \quad \sigma^2 = \sigma_S^2 + \sigma_K^2 - 2\rho_{SK} \sigma_S \sigma_K$$

Em que:

V_0 = valor da opção;

S = valor presente do ativo objeto;

K = preço de exercício/investimento;

r = taxa livre de risco;

σ^2 = volatilidade do valor do ativo;

ρ = coeficiente de correlação;

$N(d_1)$ = unidades do ativo na carteira;

$N(d_2)$ = empréstimo da carteira equivalente; e

t = prazo até o vencimento/finalização do projeto.

Percebe-se que as fórmulas descritas têm muita similaridade com o modelo original. Em verdade, a diferença essencial para se considerar também a volatilidade dos aportes do projeto está na decomposição da volatilidade total nos termos relativos ao valor do projeto (σ_S) e ao custo do investimento (σ_K), considerando, ainda, que pode existir uma correlação (ρ) entre essas variações (equação 22). A adaptação feita por Margrabe (1978) é simples e possibilita incluir novas alternativas para avaliar opções reais.

Wu (2011) conduz um estudo nesse sentido e verifica empiricamente que, apesar de a volatilidade do investimento ser relevante para o valor do projeto, a sensibilidade é superior à volatilidade do preço do ativo (único componente do modelo original). O autor explica que devido à assimetria dos *payoffs*, o potencial de ganhos com a incerteza é sempre maior do que o de perdas, mitigando os efeitos de o investimento atingir proporções que tornem o projeto inviável. Schwartz (2004) complementa ao dizer que normalmente a correlação entre os fluxos de benefícios e os de investimentos tende a ser contrária. Projetos que trazem mais valor são aqueles que intuitivamente têm menor custo de desenvolvimento e maior lucro futuro da comercialização.

Margrabe (1978) apenas iniciou a ampliação do método de avaliação de opções por processos estocásticos, que recentemente tem sofrido constantes adaptações. Apenas para citar algumas, Pakes e Schankerman (1986) utilizam como variável a distribuição inicial dos valores e a volatilidade não constante, Bessen (2008) incorpora a volatilidade de novas informações no tempo, Schwartz (2004) acrescenta a chance de ocorrerem eventos catastróficos que levam imediatamente o valor a zero e a duração do período de fluxos de entrada após a finalização da patente, Santos e Pamplona (2005) citam estudos que variam a

taxa ou velocidade de investimento e Mansfield, Schwartz e Wagner (1981) mostram que existe um *trade off* entre o tempo e custo de desenvolvimento.

Caso um projeto tenha característica de duas ou mais opções simultaneamente, pode-se realizar um estudo conjugado, em que uma das opções é tratada pelo modelo de Black e Scholes (1973) e a outra pela sua forma binomial discreta (SANTOS; PAMPLONA, 2005). A característica da opção e do próprio ativo podem assim direcionar a escolha de qual método utilizar.

A definição de Hull (2008) sobre a neutralidade ao risco no modelo também pode ser interpretada de outras maneiras. Segundo Ho e Liu (2003), as opções reais não seguem adequadamente os modelos tradicionais, como o CAPM, mas a subdivisão do projeto em etapas diferentes permite considerar taxas de atualização diferentes para os fluxos de entradas e saídas.

Os autores sugerem, por exemplo, que o período de investimento seja atualizado pela taxa livre de risco, uma vez que esse fator é controlado pelos gestores do projeto. Em contrapartida, como os ganhos dependem da correta inserção dos produtos no mercado, é justificável considerar esse tipo de risco no fluxo de entradas, descontando, então, pela taxa correspondente ao risco do negócio.

Schwartz (2004) apresenta a mesma ideia ao separar o fluxo do investimento e o fluxo da comercialização de uma tecnologia. Durante o período de utilização da patente, pode-se considerar que as opções já foram exercidas ou abandonadas e que o negócio caminha para a consolidação. Assim, somente a partir de certo momento específico é que se pode aplicar a compensação de risco e retorno tal qual nos modelos tradicionais (HO; LIU, 2003).

Para Nascimento (2005), uma das lacunas apresentadas pelos métodos de avaliação de opções financeiras adaptados a projetos com características reais é que os problemas de orçamento de capital são significativamente mais complexos para se avaliar. Primeiro, a ausência de dados passados dificulta considerar que tipo de processo estocástico os valores devem seguir. É usual utilizar distribuições normais ou lognormais, mas nem todos os ativos seguem essas condições. Segundo, investimentos reais são regidos por movimentos multifatoriais não previstos inicialmente nesses modelos.

Logo, uma alternativa viável e atrativa para analisar processos de P&D baseia-se em modelos que utilizam simulação conjugada com precificações de opções (KIM *et al*, 2012). As simulações fazem uso do artifício computacional para analisar milhares de possibilidades

distintas de maneira eficiente. Além disso, permitem adaptar não só outras formas de volatilidade, mas também as influências de cada aspecto macroeconômico no resultado da avaliação (NASCIMENTO, 2005).

Nesse escopo, a simulação de Monte Carlo se destaca pela flexibilidade, transparência e praticidade. Para Hull (2008) outra vantagem dessa alternativa está em sua adequação para avaliar opções americanas, principal forma segundo a qual as opções de patentes podem ser consideradas. Ainda, as simulações são bastante coerentes com as árvores binomiais, possibilitando fazer o uso desse artifício visual para identificar com maior clareza os efeitos dos multifatores no preço do ativo em análise.

Enquanto o modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979) permite construir uma árvore avaliando o impacto do preço do ativo subjacente no valor da opção, as simulações permitem criar uma árvore para cada variável aleatória considerada. Em seguida, realiza-se a conjugação dos valores calculados em cada ponto para determinar o valor dos efeitos conjuntos na opção (HULL, 2008). Isso facilita desenvolver análises de sensibilidade das variáveis (SANTOS; PAMPLONA, 2005).

Uma diferença destacada para as técnicas originais de avaliação de opções, segundo Nascimento (2005), é que a programação da simulação é aplicada em sentido inverso. Enquanto a resolução do caminho binomial é feita retornando do último valor até o momento presente, as simulações analisam a evolução de uma variável a partir do seu momento inicial.

Entre os autores que se utilizam dessas simulações de maneira combinada, podem-se citar Grant, Vora e Weeks (1996). Eles desenvolveram um método em que utilizam a simulação de Monte Carlo para calcular os preços futuros possíveis e estabelecer um preço crítico ótimo para exercer a opção do tipo americana. Criam assim uma curva de gatilho, em que é indiferente exercer ou não a opção. Quando a trajetória do preço do ativo cruza essa curva de gatilho obtém-se um valor para a opção.

Longstaff e Schwartz (2001) implementaram um processo semelhante ao agregando a ideia de regressões por mínimos quadrados. O chamado LSM (*Least Squares Monte Carlo*) também se baseia no exercício ótimo de uma opção por meio da comparação do exercício imediato e do valor esperado para cada tempo futuro. Utilizaram assim, uma regressão *cross-section* com os dados da simulação para prever o valor do exercício no próximo momento. Se o valor do exercício atual for maior que o da continuidade, a opção é exercida. Caso contrário, verificam-se essas condições no próximo momento de decisão, e assim sucessivamente.

Aplicações e variações desses métodos para o escopo de patentes ou projetos de P&D podem ser visualizadas em Schwartz (2004) e Schwartz e Moon (2000). Neste último consideram-se três tipos de incerteza no projeto – investimento, fluxos de caixa futuros e de eventos catastróficos, permitindo captar os efeitos da evolução tecnológica de diversas maneiras. Logo, é possível identificar no modelo o tempo de investimento/desenvolvimento, a incerteza de custos e a incerteza econômica com base em um processo estocástico de cálculo do valor (NASCIMENTO, 2005).

Em Schwartz (2004), admite-se ainda uma separação temporal desse processo estocástico. Durante o período de desenvolvimento do projeto, os valores estão ligados aos custos esperados e ao nível de investimento. Após o término do projeto, inicia-se a incerteza dos fluxos de benefícios futuros. Com o passar do tempo, a quantidade necessária para concluir o projeto pode aumentar ou diminuir. Para o autor, a duração desses períodos de nível de investimento também é uma variável aleatória do modelo. Essas características podem ser incluídas por uma adaptação do LSM.

Os modelos de simulação permitem, ainda, considerar outras formas de distribuição aleatórias no tempo. Collan e Heikkila (2001) e Mathews (2009) indicam que a distribuição triangular é bastante utilizada quando se tem ideia de valores máximos e mínimos que um projeto pode assumir. No caso de patentes, uma avaliação qualitativa do mercado pode suportar essas definições quando não há dados históricos suficientes para encontrar a distribuição que melhor se enquadra aos fluxos.

Ho e Liu (2003) destacam que a característica da opção e da tecnologia em análise pode fazer com que determinado modelo se ajuste melhor. Os investimentos que possuem opções com características mais clássicas – ou seja, que possuem um pagamento único do prêmio/investimento no momento de iniciar o projeto – usualmente, são mais apropriados para métodos como o de Black e Scholes (1973). Para esses casos é comum considerar que a única ou a mais relevante incerteza está em torno dos benefícios futuros da utilização da tecnologia.

Para casos em que se observa um projeto em multiestágios, em algumas situações o método de Black e Scholes (1973) pode ser restrito demais, necessitando da inclusão de outros fatores, como em Margrabe (1978), ou migrando para os modelos de simulação. Nesses casos, Ho e Liu (2003) indicam que o investimento pode ocorrer em diversas etapas e em ritmos diferentes. A duração da fase de pesquisa e de desenvolvimento está atrelada ao volume financeiro despendido, o que gera incertezas adicionais sobre o futuro.

O perfil do fluxo de caixa também impacta a decisão sobre o tipo de opção e o modelo escolhido. Schwartz (2004) mostra que é de fundamental importância definir como os benefícios futuros serão pagos ao detentor de uma patente. Uma opção de abandono via venda do projeto indica o pagamento de um único fluxo de caixa após a conclusão da pesquisa. Já a conclusão do produto e sua respectiva comercialização projetam fluxos mensais constantes. Opções de adiamento, retração e crescimento também podem ser interpretadas de maneira distinta em relação à duração dos benefícios. Essas diferenças podem inviabilizar a escolha de métodos mais simples e direcionar a utilização de métodos de simulação (SCHWARTZ, 2004).

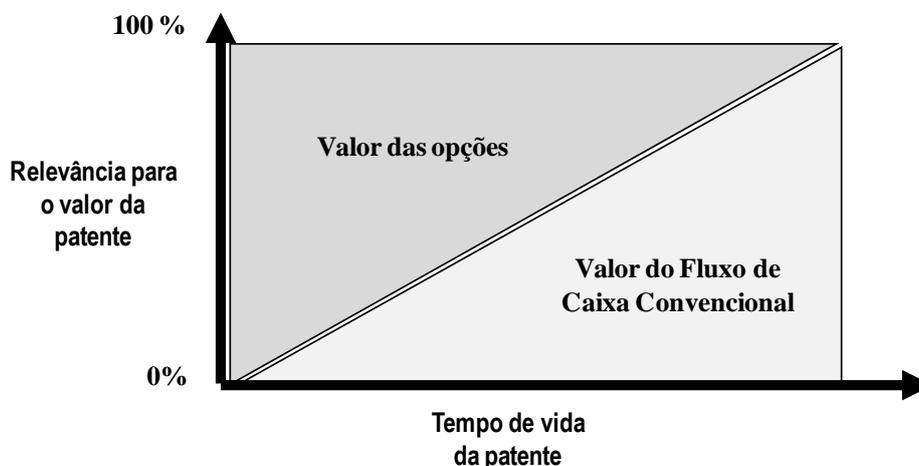
4.4 Considerações sobre o processo de avaliação de patentes

Segundo Rochman (2002), a administração de ativos e de empresas deve considerar a flexibilidade inerente ao sistema, o potencial de exploração de novos mercados, a mudança de capacidade produtiva e as alterações no escopo dos produtos. Em vista dessas necessidades, os modelos de avaliação tradicionais não devem funcionar adequadamente, principalmente porque eles ignoram essas potencialidades estratégicas nos períodos iniciais do projeto

Conforme indicam Van Putten e MacMillan (2004), é importante considerar a conjugação do valor das opções e do fluxo de caixa tradicional. Quando um projeto está no início da fase de desenvolvimento, seu valor é quase todo proveniente das opções embutidas nesse projeto, uma vez que não há garantias de fluxos futuros. Assim, o fluxo projetado pelo VPL tradicional é considerado como uma promessa ou expectativa de futuro. No entanto, com o aumento do tempo de vida da patente, o fluxo convencional passa a ganhar mais relevância no valor, até o momento em que se extinguem as opções e o projeto é finalizado. A figura 02 demonstra graficamente essa relação.

Rochman (2002) dita que em casos onde não se consolidou ainda a etapa comercial de um produto, os modelos de opções reais devem ser utilizados. Dessa maneira, pode-se fazer uma correta valoração e otimizar a decisão de criação de valor ao acionista, independente do modelo específico adotado (NASCIMENTO, 2005). Para Zhao e Tseng (2003), se a flexibilidade puder ser mensurada corretamente, as decisões podem ser tomadas de maneira mais racional e, até mesmo, agressiva.

Figura 02 – Relação entre o valor das opções e do fluxo convencional em relação ao tempo de vida de um projeto



Fonte: Adaptada de Van Putten e MacMillan (2004)

Van Putten e MacMillan (2004) analisam que as empresas que utilizam apenas as modelagens de FCD tendem a subvalorizar investimentos e, muitas vezes, descartam possibilidades vantajosas na busca de retornos elevados que têm características de opções. No entanto, mesmo sendo reconhecidos esses problemas dos modelos mais tradicionais, os autores argumentam que parte dos CFOs e dos CEOs ainda não recorre aos modelos de opções reais. Muito dessa questão se deve ao fato de as modelagens de opções serem bastante complexas e dependentes de uma matemática avançada.

Cox, Ross e Rubinstein (1979) exemplificam adaptações mais simples, mas ainda assim são mais complicadas de se aplicar que as avaliações do FCD. Van Putten e MacMillan (2004) indicam que isso pode ocorrer também pelo fato de as variáveis dos modelos serem mais difíceis de obter e de as *proxies* utilizadas poderem conter diversos tipos de erros. Hull (2008), no entanto discorda dessa ponderação e afirma que com o mínimo de entendimento lógico e teórico dos processos de precificação de opções podem-se aplicar adequadamente as avaliações em projetos reais.

De um lado, utilizar metodologias de opções reais pode gerar um resultado confiável por se adequar melhor à realidade; de outro, as premissas e variáveis explicativas são menos claras, muitas vezes, diminuindo a credibilidade de sua aplicação (DAMODARAN, 2002). Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) mostram que essa relação obedece a um *trade-off*: simplicidade sem flexibilidade e resultados estáticos no FCD ou complexidade, com flexibilidade e dinamismo no OPM.

As opções reais indicam a promessa de considerar melhor as potencialidades de um projeto de investimento (DAMODARAN, 2002). No entanto, suas limitações são diversas e por isso exige-se uma série de cuidados no processo de avaliação, com o risco de comprometer seriamente o objetivo do método. Primeiro, destaca-se a opinião de Cox, Ross e Rubinstein (1979) ao relatarem que, principalmente, as técnicas mais avançadas em termos de resultados, como a de Black e Scholes (1973), que exigem uma simplificação da realidade muito maior que o FCD. Para Van Putten e MacMillan (2004), se as premissas de uma projeção de caixa já dependem de uma realidade alterada, utilizar os OPM acarretam em aceitar condições que, muitas vezes, são irreais.

Além disso, o pressuposto de que uma maior volatilidade e, conseqüentemente, maior risco aumenta o valor de um projeto pode ser contestado, como preveem Herath e Park (1999). Uma variância elevada em função dos custos estimados é potencialmente prejudicial e não condiz com maiores chances de sucesso (VAN PUTTEN; MACMILLAN, 2004). Esse problema pode ser ajustado com uma operação algébrica de inclusão desse valor na variância, como em Margrabe (1978), mas ainda assim consiste em uma limitação que pode alterar a percepção de credibilidade do resultado dos modelos originais de opções.

Algumas técnicas, inclusive, utilizam premissas que vão em direção contrária à incerteza como geradora de valor. Estrada (2002) cita estudos que trabalham o downside-CAPM, ou D-CAPM, que considera a incerteza, ou risco, como um fator apenas negativo. Logo, segundo essa linha de pensamento, as variações positivas não devem ser consideradas como parte integrante da remuneração pelo risco. Assim, as semivariâncias negativas é que seriam componentes para calcular o real risco de um projeto e as taxas de retorno exigidas por meio do D-CAPM seriam superiores ao do modelo tradicional, reduzindo o valor dos ativos.

Talvez o problema mais grave oriundo dos modelos de OPM seja o de contrapor a subvalorização com uma superestimação de avaliações (GANS, HSU e STERN, 2008). Assim, vale ressaltar a postura de Damodaran (2002) e quando afirma que a matemática complexa utilizada pode alterar facilmente os resultados obtidos e forçar gestores a aceitar projetos com alto potencial de falência. Em outras palavras, a utilização irrestrita de OPM pode transformar um critério racional de escolha em um jogo de apostas. Logo, deve-se prezar sempre pela transparência dos procedimentos (NASCIMENTO, 2005).

Monteiro (2003) destaca que a escolha pela abordagem do OPM não deve ser direta, simplesmente pelo fato de que uma patente, normalmente, possui características de opção. O projeto específico deve ser estudado com profundidade para determinar quando é possível

haver uma opção ou quando determinada flexibilidade é mero fruto de casualidades. Uma opção real é aquela que oferece aos gestores da tecnologia a capacidade de agir sobre o desenvolvimento, cuja oportunidade não se extingue até a data de vencimento considerada. Caso a opção real identificada não puder ser exercida, ela deixa de gerar valor e o projeto deve se aproximar do VPL tradicional.

Pode-se destacar que, enquanto modelo complementar ao FCD que promete corrigir algumas das falhas dessa abordagem, avaliar projetos via opções é um processo dependente da orçamentação via fluxo de caixa futuro em si. Portanto, como o preço do ativo a valor presente é uma variável de impacto, um erro no FCD pode comprometer também sua análise complementar. Uma projeção que já é naturalmente errada pode ter resultados mais críticos nos OPM (VAN PUTTEN; MACMILLAN, 2004).

Se o processo de avaliação já é passível de discussão, algumas situações agravam seu desenvolvimento. Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) relatam que existe a predominância clara, tanto em termos de uso quanto de resultados, da abordagem baseada em rendimentos, mas que para qualquer uma de suas formas, seja FCD ou OPM, existe o problema dos dados. Ambos os direcionamentos de benefícios gerados envolvem a previsão de resultados futuros, que se já é um processo complicado em empresas com histórico, torna-se ainda mais difícil no caso das patentes (TRIEST; VIS, 2007).

O ideal, para esses autores, é utilizar o maior número de informações verificáveis no contexto real, tornando a utilização das metodologias mais objetiva. No entanto, em casos em que isso não for possível, o aspecto qualitativo é bem visto, desde que faça sentido lógico no contexto econômico (COLLAN; HEIKKILA, 2001). Porkolab (2002) compartilha essa preocupação, mas indica que quando há um departamento de inovações ou P&D responsável pela patente a utilização desses dados tende a ser confiável.

Após a discussão a respeito dos métodos e abordagens utilizadas para avaliar patentes e atividades de P&D, entendidas aqui como equivalentes, vale ressaltar a posição de alguns autores sobre como optar entre elas. Damodaran (2002) explica que a maior dificuldade está na existência de vários modelos, o que torna o processo confuso. Continua inferindo que o modelo tem que se adequar ao ativo avaliado, e não o contrário, como muito se faz no mercado.

Conforme Kayo (2002), as diferenças de características dos ativos e das empresas entre tangibilidade e intangibilidade geram influência relevante no processo de valoração deles. Os processos de P&D, como ativos intangíveis, são específicos para determinada

estratégia empresarial, e por isso é difícil avaliar adequadamente esse grupo de ativo. As relações de risco e custo de capital tradicionais sofrem relevantes modificações. Por isso, o autor aponta que existem diversos modelos desenvolvidos exclusivamente com base nesse propósito, tal qual o EVA (*Economic Value Added*) ou o MVA (*Market Value Added*).

Outros autores também buscam construir modelos específicos para tecnologias utilizando-se das diversas técnicas da abordagem financeira conjugadas. Hong *et al* (2008) desenvolveram um método para transação de patentes utilizando o FCD a partir do ciclo de vida da inovação. Collan e Heikkila (2001) empregaram o método do *pay-off* com uma distribuição de cenários triangular. Schwartz (2004) e Schwartz e Moon (2000) construíram um modelo para incerteza do investimento e do fluxo de caixa, considerando também a probabilidade de eventos catastróficos.

Existe uma série de outras pesquisas com adaptações únicas nos modelos. As modelagens existentes são muitas e é impossível realizar uma revisão que consiga abranger todas as variantes desenvolvidas. O contexto e o objetivo da avaliação são fatores que direcionam a escolha do método. Para Mathews (2009), essa é a razão que fez com que os OPM fossem deixados de lado por muito tempo no mercado corporativo, já que sua elevada complexidade tornava difícil sua consideração.

Kayo (2002) indica que a existência de modelos teóricos consistentes não soluciona esse problema, uma vez que o modelo operacional empírico está sujeito a dilemas de implementação. Por isso, Eletherios, Pottlesberghe e Navon (2006) recomendam que ao estudarem patentes no contexto industrial e no contexto acadêmico, os autores devem estar cientes de que existem diferenças conceituais no processo de análise.

Collan e Heikkila (2001) destacam que não há uma solução única. Boa parte da discussão entre autores está centrada naquele modelo que trará os melhores ajustes ou que contém menor chance de erro, mas dificilmente algum deles poderá trazer o valor justo de uma patente em sua essência. Portanto, a conclusão de Porkolab (2002) parece de encaixar adequadamente nessas abordagens, considerando que todas estão erradas em algum aspecto, cabendo ao analista escolher aquela que será mais útil no processo de negociação e que trará bons argumentos baseados em informações factíveis.

Analisando algumas publicações sobre avaliação de patentes e P&D dos últimos cinco anos (BESSEN, 2008; GANS, HSU e STERN, 2008; BANDEIRA, 2010; ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010; WU, 2011; KIM *et al*, 2012), pode-se perceber claramente que

mesmo sofrendo de problemas e limitações, os modelos de OPM têm-se destacado como a principal solução para a peculiaridade desses projetos. Além disso, como destaca Trigeorgis (1996), a mentalidade de avaliação de projetos já admite que investimentos reais são, em verdade, um portfólio de opções reais.

5 METODOLOGIA

Este estudo tem por objetivo comparar os resultados de abordagens financeiras baseadas em opções reais com os do modelo tradicional de fluxo de caixa para o caso da avaliação de patentes, buscando ainda analisar a aplicabilidade das diferentes formas de se considerar a flexibilidade de projetos no contexto de uma instituição pública.

Utilizou-se um estudo empírico desenvolvido na Universidade Federal de Minas Gerais para verificar a questão teórica da diferença de valores entre esses métodos e aplicabilidade deles com dados reais. O objeto de estudo resumiu-se a quatro casos de inovações que foram ou estavam sendo licenciadas após seu desenvolvimento, sendo duas da área farmacêutica e as outras duas ligadas a engenharia e fisioterapia.

Esta seção apresenta as etapas seguidas pela pesquisa, bem como as estratégias utilizadas em cada fase, para atingir os objetivos descritos. Em seguida, detalham-se os métodos empregados para a avaliação dos casos e das variáveis desses modelos.

5.1 Etapas de pesquisa

A primeira etapa da pesquisa iniciou-se com a abordagem da Coordenadoria de Transferência e Inovação Tecnológica (CTIT/UFMG) e da Pró-Reitoria de Pesquisa (PRPq/UFMG). Realizou-se um estudo inicial dos processos de acompanhamento, avaliação e licenciamento dos projetos, buscando entender o contexto em que eles se encontravam. Nesse momento, o levantamento dos últimos contratos de licenciamento permitiu estudar não só o padrão das negociações, como também a forma com que os pagamentos eram realizados e as possíveis flexibilidades de gestão garantidas pelas cláusulas definidas em contrato.

De maneira complementar, deu-se ênfase aos métodos com que esses projetos eram avaliados pela equipe da CTIT, já que esse é o foco maior deste estudo. Foram realizadas reuniões com os responsáveis pelo projeto, para entender e discutir os modelos de avaliação que estão sendo aplicados e o que poderia ser implementado de opções reais, de acordo com as limitações e características apresentadas. Esta etapa contribuiu para que, em seguida, fossem definidos os modelos de opções que seriam utilizados para comparar com a avaliação tradicional.

Paralelamente, a análise dos contratos, em conjunto com as reuniões, foi necessária para definir a amostra de aplicação. Dessa maneira, foi possível especificar uma amostra de quatro casos, que se constitui relevante para a comparação dos modelos e de alto interesse pelos atores envolvidos com a pesquisa.

Com o processo de avaliação da CTIT analisado, os modelos de aplicação definidos e a amostra determinada, foi possível iniciar a coleta de dados para a operacionalização da pesquisa. Nessa etapa, realizou-se, inicialmente, uma entrevista semiestruturada com os pesquisadores de cada uma das patentes. Em seguida, retornou-se aa CTIT para coletar os dados de entradas e saídas, consolidados e projetados, de cada um dos casos escolhidos.

A análise inicial contemplou o cruzamento das informações obtidas das entrevistas com os dados financeiros de avaliação. Isso permitiu realizar ajustes nas projeções e recalculou o valor dos projetos, seguindo uma mesma metodologia, para permitir a correta comparação dos resultados entre os casos. Aplicou-se, então a avaliação dos modelos de opções, bem como os testes de sensibilidade das variáveis e de aderência de distribuição entre os modelos.

Por fim, com os valores calculados e os testes realizados, foi possível avaliar se os dados disponíveis na CTIT ou junto aos inventores são suficientes para aplicar os modelos de opções sem comprometer os prazos e os processos de avaliação da Coordenadoria. Ao mesmo tempo, avaliou-se qualitativamente se esses modelos geram diferenças relevantes para a negociação do licenciamento dos projetos.

5.2 Amostra

Segundo a Coordenadoria de Transferência e Inovação Tecnológica (CTIT/UFMG)¹¹, durante os quinze anos de sua existência, a universidade protocolou no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) mais de 450 pedidos de patentes de inovação e outras 170 em institutos de proteção internacional. Alguns desses pedidos são relativos a marcas ou ao desenvolvimento de *know-how*, mas a maioria se caracteriza por produtos ou processos patenteados.

O universo de análise deste estudo envolve apenas as inovações já finalizadas que foram negociadas ou que estão em processo de licenciamento, totalizando 39 casos até o

¹¹ <http://www.ctit.ufmg.br/>

momento. Assim, processos de P&D e patentes serão tratados neste estudo como semelhantes para desenvolver o modelo de avaliação. Essa definição permite incluir na amostra inovações diversas, como *know-how* e tecnologias que ainda não foram patenteadas.

Esses casos foram divididos entre setores genéricos, buscando criar grupos de proximidade entre patentes com características semelhantes para possibilitar melhor consideração a respeito da aplicabilidade dos métodos em cada caso e em cada grupo. Assim, segregaram-se as inovações nas áreas de engenharia, meio ambiente, veterinária, biotecnologia/bioquímica, farmacêutica, além de um grupo com áreas diversas. Cada grupo continha mínimo três casos possíveis de análise. A maioria das inovações teve seu licenciamento concluído nos últimos cinco anos (cerca de 75% dos casos consultados estão dentro deste período), o que favorece a análise de patentes mais recentes.

Dos 39 casos possíveis, apenas 29 estavam disponíveis para consulta de documentos e relatórios. No momento em que foi realizada a análise dos contratos e processos (março a junho de 2013), devido ao processo burocrático de licenciamento, 10 inovações estavam aguardando revisão, atualização ou conferência da procuradoria da universidade, não sendo possível ter acesso às pastas de processos. Portanto, os 29 casos verificados foram segmentados por área, como mostra o Quadro 03.

Quadro 03 – Casos de estudo por área

Área	Amostra
Engenharias	7
Meio Ambiente	3
Veterinária	5
Biotecnologia/Bioquímica	5
Farmacêutica	5
Outras áreas	4

Fonte: CTIT

Desses casos, apenas 4 licenciamentos não sucederam mediante o pagamento de *royalties*, sendo dessas apenas uma ocorrência de licenciamento não oneroso devido ao interesse público no resultado do projeto. Outros 4 casos foram negociados mediante um valor inicial para acesso à pesquisa e pagamentos posteriores da taxa de *royalties* e os demais apenas com pagamentos de *royalties*. Considerando todos os casos, a taxa estipulada em contrato variou entre 0,55% a 8,50%, todos sobre o valor de receita obtida. Em 80% da amostra a taxa possui um valor fixo durante todo o tempo de contrato e nos outros 20% adotou-se um escalonamento de acordo com a faixa de receita.

O tempo de validade do licenciamento varia conforme o tipo de inovação. O valor mais comum descrito nos contratos (moda do universo) é de 10 anos, mas esse tempo variou de 4 a 30 anos. Vale destacar que os contratos são quase todos padronizados no modelo proposto pela CTIT, por isso é comum que a maioria deles esteja concentrada na validade de 10 anos.

A validade total do tempo de contrato está sujeita ao atendimento de algumas cláusulas específicas para utilização das inovações. A entidade que obtém o direito de uso da tecnologia, normalmente, possui um prazo máximo para testes, outro para certificação e outro para colocar o produto no mercado, totalizando de 12 a 36 meses após o acesso à tecnologia. Assim, em algumas patentes ocorreram quebras contratuais em decorrência do não atendimento dos devidos prazos pela empresa.

A amostra final foi definida de maneira intencional (GONÇALVES; MEIRELLES, 2004), configurando uma amostra não probabilística. O critério de seleção foi definido a partir do interesse da CTIT no segmento da inovação, da relevância de cada projeto, do potencial de comercialização do produto gerado, da disponibilidade de dados e informações, da situação contratual do licenciamento, da adequação das flexibilidades da inovação a teoria de opções e do interesse dos inventores em colaborar com o projeto, dando preferência ainda a projetos dos últimos cinco anos.

Ao final dessa análise, 5 inovações foram selecionadas como integrantes iniciais da amostra por atenderem aos critérios expostos. Dessas, 3 foram da área farmacêutica e 2 da área de engenharia. O projeto desta pesquisa recebeu o apoio dos responsáveis da instituição e por isso teve acesso facilitado a todo o processo da propriedade intelectual, inclusive aos inventores.

Sabendo que há, naturalmente, grande dificuldade inerente ao processo de coleta de informações, uma vez que muitas patentes estão ligadas a segredos de competitividade industrial (BANDEIRA, 2010), foi assinado um termo de sigilo das informações, dados e contratos, somente sendo possível divulgar aquilo que for autorizado pelos responsáveis da instituição. Por essa razão, algumas informações sobre os responsáveis pelas pesquisas e da própria inovação serão ocultadas.

No entanto, mesmo com tais medidas para agilizar o processo de coleta, em um dos casos escolhidos houve grande dificuldade para acessar os dados e o inventor não se mostrou interessado em colaborar com o estudo. Por essa razão, definiu-se com a CTIT que tal caso

seria retirado da amostra, totalizando 2 inovações em cada área de interesse. Uma breve descrição da inovação e do contexto do licenciamento de cada caso será apresentada a seguir.

5.2.1 Caso de estudo 01 (CE01)

O primeiro caso de estudo refere-se a uma inovação da área de fisioterapia, conjugada com um suporte desenvolvido por professores da área de engenharia da UFMG. Trata-se de uma veste biomecânica utilizada para melhorar a postura e o movimento corporal por meio de materiais que promovem tração elástica. Essa tecnologia pode ser utilizada para auxiliar movimentos de pessoas com algum tipo de disfunção motora ou, ainda, para melhorar o desempenho físico em alguma atividade esportiva. Sua principal vantagem, além da própria função, está na praticidade de colocar e retirar a veste, característica que alguns concorrentes ainda não conseguiram evoluir.

A inovação licenciada engloba duas patentes em conjunto: o produto final, que se refere à patente da veste que promove a correção postural ou a melhoria do desempenho motor dos usuários; e o tipo de cabo elástico utilizado na roupa para promover a correta distribuição das forças de tração.

O projeto foi desenvolvido dentro da UFMG com cotitularidade de um inventor externo e as patentes depositadas em 2011. A tecnologia do produto já se encontra em estágio acabado, com protótipo desenvolvido e funcionalidade testada pelos pesquisadores. Os processos de produção em larga escala do produto final são considerados simples pelos técnicos envolvidos no processo e com todos os materiais encontram-se disponíveis no mercado (com exceção do próprio cabo elástico desenvolvido especificamente para a veste). Já existe o contrato de licenciamento com a empresa interessada em produzir a veste.

Os mercados no qual a tecnologia pode ser negociada são correspondentes a suas funcionalidades. Para o segmento focado em reabilitação motora, verifica-se crescimento relevante em termos de tecnologia e de interesse de empresas e órgãos governamentais nos últimos anos. O envelhecimento da população e a preocupação com a qualidade de vida como tendências atuais impulsionam o potencial de uso do produto. No entanto, o acesso a este tipo de tecnologia para o consumidor final ainda tem um custo alto, principalmente porque os atuais concorrentes são de produtos importados.

Para o mercado esportivo, espera-se maior risco do negócio, pois o número potencial de atletas de alto nível (focado em desempenho nas suas atividades) é expressivamente

menor. Além disso, esse setor é dominado por grandes empresas de materiais esportivos, que detêm forte barreira de entrada de concorrentes.

5.2.2 Caso de estudo 02 (CE02)

O segundo caso da área de fisioterapia, aliada à da engenharia, trata-se de uma órtese funcional para mãos que opera por meio de sinais elétricos permitindo o controle voluntário do membro. O design do produto é semelhante a uma luva e pode ser utilizado por pessoas que têm algum tipo de dificuldade de movimentação da mão, seja por motivos de doença (como acidentes vasculares) ou acidentes. A tecnologia envolvida que permite calibrar a sensibilidade do movimento de abrir e fechar, chamado pelos inventores de movimento de pinça. Com isso, os usuários podem restabelecer a função de pegar ou segurar objetos, melhorando sua qualidade de vida em atividades simples.

O estudo que originou esta inovação é fruto da série de pesquisas de pós-graduação da escola de engenharia da UFMG e tem como referências alguns resultados de estudos semelhantes desenvolvidos na Alemanha. A patente foi depositada em 2005 e a avaliação para negociação foi conduzida a partir do ano de 2010.

O produto final já possui um protótipo de aplicação testado em usuários apenas para fins de pesquisa. Para ser colocado no mercado, será necessário obter investimentos para gerar praticidade de uso e um design comercial. Pode ser adaptado também para outros movimentos de membros superiores, conjugando o controle da mão, pulso e, até, cotovelo. Dessa forma, o produto não se encontra totalmente acabado.

O mercado de órteses também vem crescendo com o advento das novas tecnologias ao redor do mundo. Todavia, este tipo de produto é bastante específico e não possui um mercado consumidor tão grande. Constata-se, também, que o custo de aquisição para o consumidor final é alto e que sua aplicação e o monitoramento de resultados dependem de acompanhamento médico especializado. Esses fatores constituem algumas barreiras identificadas para a comercialização do produto.

5.2.3 Caso de estudo 03 (CE03)

O primeiro caso escolhido da área farmacêutica refere-se a um medicamento para tratamento e prevenção da alopecia (calvície) para casos de manifestação fisiológica em

indivíduos com predisposição genética. Trata-se de uma formulação tópica, que atua de maneira eficaz no controle do crescimento de pelos na região aplicada, atuando para combater o processo de miniaturização dos fios. Em outras palavras, reduz o ciclo de crescimento do pelo, evitando que se produzam fios mais finos, curtos ou despigmentados.

A patente, desenvolvida na escola de biologia da UFMG foi depositada em 2012 e a pesquisa atualmente está em fase de desenvolvimento. O produto já foi testado com sucesso em animais de controle, mas necessita de maiores investimentos para realizar testes em humanos e completar o produto em sua forma comercial, sendo essa a fase atuação de evolução. Além disso, deve-se registrar a formulação final para os órgãos de controle: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e *Food and Drug Administration* (FDA), o que também envolve custos para aprovação.

O mercado consumidor deste tipo de produto é amplo, mas o maior potencial ainda está nos países desenvolvidos, principalmente os Estados Unidos. Existem diversos tipos de tratamento contra a calvície, desde medicamentos preventivos até procedimentos cirúrgicos corretivos. Enquanto o tratamento por medicação é longo e não pode ser interrompido, a intervenção cirúrgica costuma resolver o problema com apenas um único procedimento. Em contrapartida, o custo é elevado, ficando restrito a consumidores com maior poder aquisitivo.

Existem diversos medicamentos concorrentes com a inovação em estudo, alguns deles produzidos por grandes companhias farmacêuticas. O tratamento não é recente, sendo que algumas das patentes concorrentes têm data de expiração já nos próximos cinco anos. Assim, espera-se que novas tecnologias substituam os medicamentos mais tradicionais, gerando oportunidades relevantes para o mercado. Existem também novos produtos a serem lançados para esse nicho, com data prevista para comercialização a partir de 2016.

O preço do produto para o consumidor final é acessível. A principal ameaça nesse sentido é o lançamento de produtos genéricos a partir dos próximos anos, com custo de aquisição inferior. A maioria dos consumidores ainda corresponde ao público masculino, principalmente acima dos 40 anos.

5.2.4 Caso de estudo 04 (CE04)

Este caso envolve uma patente depositada em 2005, mas que até hoje ainda se encontra em fase de desenvolvimento e testes. Assim como relata Wanetick (2010), este é um

exemplo de que uma pesquisa promissora pode gerar um produto viável, mas ter baixo potencial de ganho financeiro por causa do prazo de expiração da proteção legal.

Sua tecnologia constitui-se de um fármaco que atua na prevenção e controle de doenças degenerativas. Atualmente, os testes realizados para distrofias musculares têm-se mostrado positivos, havendo redução significativa da apoptose (processo de morte celular de um tecido). A proteção desta patente já prevê outros tipos de aplicações, como nas doenças de Parkinson, Alzheimer e Huntington, que causam a destruição de determinado tipo de tecido celular. Não se exclui também a utilização em outras doenças semelhantes, mas para isso deve-se executar um número maior de testes, o que poderia retardar ainda mais sua inserção no mercado.

O público consumidor deste medicamento é grande, constituído principalmente pela população idosa de qualquer parte do mundo. Por isso, espera-se que haja um potencial grande na comercialização no exterior. O tipo de doença ao qual se destina o fármaco não possui cura, e por isso qualquer avanço que promova eficientemente melhor prevenção ou controle da enfermidade e de seus sintomas tende a ser bastante utilizado pelos especialistas da área. Além disso, são tratamentos de longo prazo (praticamente contínuos) e com um custo elevado para o paciente.

O projeto necessitará de mais investimentos para concluir as pesquisas e obter as licenças de comercialização. Existe, ainda, grande incerteza se seu produto comercial poderá ter ação efetiva em outras patologias e enfermidades. Logo, quanto maior a abrangência que se quiser avaliar, maiores serão os investimentos e o período de teste. Para o estudo empreendido aqui, considerar-se-ão apenas as aplicações principais da inovação.

Vale destacar que ainda não há contrato de licenciamento para esta patente. Todavia, existe uma empresa interessada em adquirir os direitos de produção e que deverá concretizar o contrato após as aprovações nos testes clínicos e nos órgãos cabíveis.

5.3 Estratégias de pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa descritiva quanto a seus fins, ao apresentar as práticas e resultados e comparar com outras formulações a serem testadas. Como prescreve Gonçalves e Meirelles (2004), o foco não está em explicar a razão ou causa de uma determinada situação, mas em apresentar as características ou diferenças e estabelecer

relações entre variáveis e modelos. Apesar disso, os autores mostram que suas descrições podem servir como base para um futuro processo explicativo.

Este trabalho se aproveita dos desenvolvimentos teóricos para iniciar um processo de avaliação de patentes reais. Para isso, optou-se pelo estudo de multicasos, que, como indicado por Yin (2005), é utilizado quando o foco temporal está em aspectos contemporâneos no contexto da vida real. Recorrendo-se a Gonçalves e Meirelles (2004), esse caráter ajuda a buscar maior profundidade e detalhamento de uma pesquisa, mantendo também a unidade de análise da pesquisa de maneira ampla.

Entre as classificações propostas por Miles e Huberman (1994)¹² *apud* Yin (2005), este estudo se insere na estratégia de examinar os dados existentes, suas complexidades e seus relacionamentos, utilizando para isso medidas de comparação, como média e desvios, por exemplo. Ainda na definição dos autores, pode-se dizer que se utilizou de explicações concorrentes para desenvolver a organização e a comparação dos casos.

Apesar de o objetivo central não envolver a generalização de um método único para realizar *valuations*, os resultados obtidos servem como indicativos de boas práticas a serem utilizadas no contexto da instituição de análise, podendo, portanto, atuar como um tipo de generalização analítica. Para Alencar (2000), esse tipo de contribuição é diferente da generalização estatística de um método, pois, mesmo que a amostra de casos não permita tornar o estudo um conhecimento consolidado, contribui de maneira relevante com o avanço de conclusões futuras.

A amostra é relevante para o contexto de análise, mesmo não sendo estatisticamente calculada. Essa afirmação pode ser confirmada pelos dados divulgados pelo INPI (2012): a UFMG é uma das três universidades e uma das cinco entidades que mais depositaram patentes e pedidos de patentes nos últimos anos; e o estado de Minas Gerais foi o terceiro com maior número de patentes em 2011 (último dado divulgado).

É necessário destacar, ainda, como meio de investigação a utilização da pesquisa bibliográfica para realizar a revisão das metodologias teóricas existentes no processo de avaliação de ativos intangíveis ou, mais especificamente, de patentes. Buscou-se abranger com isso os autores clássicos responsáveis pelas primeiras abordagens ao tema e as últimas pesquisas realizadas no campo, tanto na literatura internacional quanto nacional. Buscaram-se também publicações que analisam patentes no contexto das instituições públicas.

¹²MILES, Matthew HUBERMAN, A. Michael. *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook* California: Sage, 1994.

Durante a pesquisa, os instrumentos de coleta de dados utilizados foram, basicamente, a pesquisa documental e entrevistas. Esse procedimento está de acordo com o proposto por Yin (2005) quando se opta pela estratégia de estudo de caso.

A pesquisa documental teve como foco a consulta a documentos, contratos, relatórios, planejamentos, projeções, orçamentos, atas de reunião e propostas de negociação desde o início do processo de pesquisa até a consolidação e comercialização da patente. Buscaram-se com isso informações técnicas, jurídicas e econômico-financeiras para cada um dos casos, embasando as futuras análises dos modelos. Essas consultas foram realizadas na Coordenadoria de Transferência e Inovação Tecnológica (CTIT/UFMG) e na Pró-Reitoria de Pesquisa (PRPq/UFMG).

Conforme indica Saint-Georges (2005), vale destacar que em meio a essas fontes existem escritas oficiais e não oficiais. Enquanto os relatórios de negociação, as atas de reunião e os contratos são oficiais e retratam de maneira precisa o ocorrido, as projeções e os orçamentos realizados pela equipe da CTIT não são necessariamente um retrato fiel da realidade. Esses estudos estão focados na análise do futuro das patentes geradas, abordando aspectos como comportamento esperado de mercado, concorrência e vendas futuras, dentre outros aspectos.

Outras informações podem ser obtidas por meio de uma análise mais profunda do caso, a partir de fontes não escritas. Seguindo essas observações, este estudo utilizou também de entrevistas semiestruturadas, no formato de conversas guiadas e espontâneas (YIN, 2005) com os responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos de P&D.

As entrevistas são fontes primárias para a obtenção de informações que auxiliam a recuperar informações não documentadas e eventos ocorridos (FLICK, 2002). Além disso, elas foram fundamentais para avaliar outros fatores, como: potencial mercadológico das patentes, grau de desenvolvimento, barreiras de entrada, nível de proteção e saturação tecnológica. Tal processo é inerente às metodologias baseadas em rendimentos (AMARAL, *et al*, 2013).

A abordagem foi feita inicialmente com os responsáveis originais pelo projeto, ou seja, pesquisadores e empreendedores alocados na UFMG. Em ambos os casos, o contato inicial foi feito via telefone ou meio eletrônico, seguido de uma reunião para apresentação dos objetivos do estudo e a marcação de consecutivos encontros para a coleta de dados e a realização de entrevistas.

As entrevistas foram conduzidas com um dos inventores de cada caso. O conteúdo abrangeu os seguintes pontos: origem da ideia inovadora; data de início e tempo de desenvolvimento; estudos e produtos anteriores relacionados; dificuldades de desenvolvimento; disponibilidade de equipamentos e laboratórios; perspectivas futuras de uso; risco de não finalizar a pesquisa; alterações no escopo de desenvolvimento; usos alternativos e pesquisas futuras; perfil do grupo de pesquisa; tempo de dedicação; diferenciais do projeto; impacto no mercado; potencial de patente internacional; processo de licenciamento; empresas ou indivíduos interessados; e atuação da CTIT.

As entrevistas semiestruturadas foram executadas em paralelo à requisição dos documentos escritos. Dessa forma, foi possível complementar a interpretação dos dados para o desenvolvimento dos modelos, seja conferindo se as análises estavam condizentes com a perspectiva do inventor, seja buscando informações não disponíveis inicialmente. Este tipo de contribuição segue o descrito por Collan e Heikkila (2001) como procedimento para ampliar o entendimento do contexto da inovação.

Para Yin (2005), a triangulação de informações de diferentes fontes, sejam elas objetivas ou subjetivas, constitui um artifício relevante para o desenvolvimento de estudos de caso. Segundo o autor, isso gera maior confiabilidade da análise realizada, ao mesmo tempo em que aproxima o contexto da pesquisa à realidade dos projetos.

Saint-Georges (2005) aponta ainda para a utilização de dados estatísticos. Neste estudo, foi realizada a incorporação dessas fontes, principalmente para a aplicação de modelos que incluem a projeção de resultados ou de estimação de probabilidades. Esses dados são provenientes dos Relatórios de Inteligência de Mercado, gerados pela própria CTIT, ao analisar uma inovação. Esses relatórios contêm pesquisas setoriais de órgãos nacionais e internacionais, além de uma análise do perfil de mercado, concorrentes e perfil de consumidor final (tais como dados demográficos e geográficos).

Críticas já citadas por Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010), Triest e Vis (2007) e outros, todavia, apontam que a pesquisa no campo das patentes normalmente peca no que tange a disponibilidade de informações históricas e estatísticas. Logo, a utilização de dados desse tipo foi restrita ao acesso da CTIT e à divulgação de órgãos relacionados com a área das inovações.

5.4 Considerações para análise de dados

Conforme Yin (2005, p. 137), “a análise de dados consiste em examinar, categorizar, classificar em tabelas, testar ou, do contrário, recombinar as evidências quantitativas e qualitativas para tratar as proposições iniciais do estudo”. A característica de análise financeira dos modelos direciona o estudo para procedimentos quantitativos, mas o objetivo da pesquisa constitui um trabalho qualitativo (SAINT-GEORGES, 2005). Portanto, em relação ao estudo comparativo dos modelos e a sua aplicabilidade na instituição, e não a seus valores calculados em si, utiliza-se de uma análise de cunho qualitativo.

Devido ao fato de o enfoque corresponder a uma patente já desenvolvida e negociada, segundo a classificação de Gonçalves e Meirelles (2004), o caráter da análise de dados é *ex post* para os investimentos, mas também *ex ante* para as projeções de fluxos futuros de *royalties*. Esse fato gera a grande distinção dessa pesquisa em relação às demais, uma vez que possibilita trabalhar também com uma base de dados reais e consolidados.

Inicialmente, realizou-se o trabalho de tabulação e organização dos dados disponíveis, buscando definir o orçamento de capital de cada processo de pesquisa e desenvolvimento. A partir das entrevistas e dos relatórios de mercado, procedeu-se à revisão do potencial de mercado de cada uma das inovações. Optou-se por uma revisão, e não por realizar novos estudos individuais, visto que o objetivo deste estudo é utilizar as informações que a CTIT já possui para aplicar modelos de opções. Assim, foram realizados apenas alguns ajustes em relação ao fluxo previsto para entradas e na taxa de crescimento de vendas.

O mesmo procedimento foi aplicado aos dados de investimento. No entanto, como a CTIT não detém um controle preciso dos gastos durante as etapas de desenvolvimento, a base para a revisão dos investimentos foi feita a partir dos relatos dos inventores responsáveis por cada um dos projetos. A partir disso, foi feito o diagnóstico dos modelos aplicáveis utilizando as informações disponíveis.

Para identificar o modelo de fluxo de caixa a ser empregado, foram realizadas diversas reuniões com a equipe de avaliação da CTIT, visando padronizar as variáveis inseridas no modelo. Devido a peculiaridade de negociação dos licenciamentos feitos pela UFMG, o modelo procurou adaptar um modelo teórico genérico, como em Hong *et al* (2010) e Ross, Westerfield e Jaffe (2008), para a consideração de pagamento de *royalties*. O *royalty* é equivalente ao fluxo de caixa futuro da patente para a universidade.

Já para os modelos de opções, buscou-se considerar apenas as flexibilidades em comum a todos os casos estudados. Como alertam Rochman (2002) e Monteiro (2003), não se pode escolher de maneira arbitrária que tipo de opção deve ser utilizada, mas sim identificar nas características e no contexto de cada investimento as flexibilidades que geram naturalmente essa opção.

A proposta de incorporação para esse contexto consistiu em utilizar as cláusulas contratuais (dos períodos de teste, certificação, comercialização e renovação) como momentos de decisão. Assim, foi possível identificar várias opções nesses momentos que impactam a expectativa futura do fluxo de caixa. Essa foi a primeira forma de adequar os desenvolvimentos do setor privado para a universidade.

A segunda proposta, de considerar a flexibilidade, partiu da análise do processo de depósito da patente. A CTIT não atua diretamente na decisão sobre em que data iniciar ou finalizar a pesquisa, mas auxilia nas etapas de proteção intelectual e de futura comercialização. Logo, no momento de solicitar a proteção existe uma atuação gerencial efetiva desse agente, gerando uma flexibilidade relevante. A análise do processo de licenciamento permitiu identificar três possibilidades presentes nas quatro inovações da amostra: abandono; expansão; e prorrogação.

A opção de abandono, usualmente, refere-se a possibilidade de vender a patente, ao invés de executar a comercialização por conta própria, ou de encerrar e liquidar um projeto antes do prazo previsto. Como verificado em Schwartz (2004) e Ho e Liu (2003), é o procedimento mais comum existente nesse tipo de ativo. A geração de valor da opção ocorre mediante a redução ou eliminação de prejuízos em cenários negativos ou então da própria arrecadação com a venda da tecnologia. Considera-se, então, que é uma opção de venda americana.

As patentes geradas na UFMG, todavia, não possuem a capacidade de se realizar comercialmente dentro da instituição, e por isso devem ser necessariamente repassadas a uma empresa ou órgão público para operacionalização. Além disso, não se pode fazer a venda dessas patentes, mas apenas a cessão dos direitos de produção. Logo, a opção de abandono não evita prejuízos – já que os custos e as despesas de produção são de responsabilidade do licenciado – e não permite a liquidação do projeto por completo.

A possibilidade de encerrar um contrato de licenciamento está prevista nas cláusulas que regem a relação entre universidade e empresa. Caso a atividade comercial derivada da

inovação não seja iniciada após 36 meses, em média, da data de acesso a tecnologia, a universidade pode rescindir unilateralmente o contrato. Esse prazo pode ser estendido se devidamente justificado por meio de termo aditivo de contrato, mas a decisão de encerrar o contrato cabe somente à universidade, em conjunto ao inventor.

O prazo para a rescisão contratual é dividido em três etapas. A primeira parte da data de acesso à tecnologia e concede a empresa de 6 a 12 meses para gerar um protótipo ou produto comercializável utilizando a inovação. Na segunda, caso o produto necessite de alguma regulamentação específica, determina-se um prazo de 6 a 18 meses para a obtenção das licenças de venda, após o primeiro protótipo. A terceira é de inserção do mercado, que vai de 6 a 12 meses após as etapas anteriores. Qualquer descumprimento desses prazos pode gerar a rescisão unilateral. Para abranger todos os casos, foi definido um prazo de 12 meses para cada etapa.

Para determinar o valor da opção de abandono, considera-se que cada inovação só é licenciada para uma empresa ao mesmo tempo. Nem todos os contratos incluem essa cláusula de exclusividade, mas, uma vez que uma patente foi licenciada, é comum que somente aquela entidade tenha os direitos de produção. Segundo os contratos da CTIT, apenas 1 dos 29 consultados foi licenciado para mais de um agente simultaneamente, comprovando que esse é o padrão atual existente.

A opção de abandono geraria valor, pois ao exercer a quebra unilateral do contrato, a CTIT e a UFMG devem buscar um novo parceiro para comercializar a inovação, proporcionando a geração de *royalties*. Mesmo não tendo prejuízo com um licenciamento sem receitas, ela incorre em um custo de oportunidade relevante, pois o valor dessas tecnologias está diretamente relacionado com o prazo de expiração das patentes (ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010).

A opção de abandono, na ótica da UFMG, é determinada como a possibilidade de escolha de realizar um termo aditivo caso a empresa não consiga viabilizar a etapa mercadológica ou cancelar o contrato e buscar um novo licenciado (o que seria análogo a abrir mão da produção própria para vender a patente nos casos descritos na literatura). Destaca-se que encontrar uma nova empresa para viabilizar um produto de inovação não é uma tarefa trivial. Por isso, mesmo que a empresa não gere resultados no prazo estipulado, pode ser mais interessante estender o contrato atual. Um novo licenciado pode sofrer os mesmos problemas do atual e irá incorrer em mais tempo para iniciar a etapa comercial, sem nenhuma garantia de que irá consegui-lo.

A opção de expansão, como especificada por Zhao e Tseng (2003), considera a possibilidade de o investidor inicial aportar uma quantidade de recursos maior do que aquele previsto para completar o projeto, buscando também ampliar os ganhos futuros gerados pela sua comercialização. Em outras palavras, considera a flexibilidade dos gestores investirem mais em determinado projeto caso exista a perspectiva de expandir sua operação. Essa opção tem características de uma *call* americana no valor do fluxo adicional que pode ser gerado e só existe caso se gestores tiverem previsto tal aumento de capacidade.

No caso da UFMG, uma inovação só é licenciada após seu pedido de patente ter sido aprovado (nos casos em que a tecnologia pode ser protegida). O processo padrão para isso ocorrer envolve investimento para o registro do pedido de patente que é até baixo se comparado aos valores aportados no desenvolvimento. Isso garante que qualquer empresa que tentar utilizar a tecnologia seja obrigada a pagar à universidade e ao inventor o valor dos *royalties*. Basicamente, é isso que permite o sucesso dessas inovações, como demonstra Bandeira (2010).

Esse investimento, todavia, protege a tecnologia apenas em território nacional. Para efetuar a proteção em outros países, deve-se incorrer em gastos consideravelmente maiores, pois para cada país adicional deve-se pagar um novo pedido de patente. Não só o gasto financeiro é ampliado, mas também o tempo e a dificuldade de aprovação são consideravelmente maiores, exigindo maior esforço burocrático.

Para o caso das patentes geradas na UFMG, principalmente pela característica *ex post* de coleta dos dados de investimento, o montante aportado para o processo de P&D é determinado ou já consolidado. Isso já inclui também o pedido inicial de proteção da propriedade intelectual. Em contrapartida, tanto a CTIT quanto a universidade não preveem gastos para os registros internacionais.

Caso a empresa que obteve a licença da inovação tenha interesse em atuar no exterior, deve então arcar com esses gastos por conta própria. Uma vez licenciada, a UFMG não incorre em investimentos adicionais para proteger a tecnologia gerada, passando essa responsabilidade, contratualmente, para a empresa ou entidade que se comprometeu a desenvolvê-la. Esse fato pode parecer uma vantagem para redução dos investimentos da universidade, mas nas situações em que há uma real potencialidade de comercialização no exterior isso pode retardar bastante os fluxos de *royalties* futuros e, até, desestimular a empresa em fazê-lo.

Assim, a opção de expansão considerada aqui parte do princípio de que a UFMG e o inventor da pesquisa têm a chance de custear os pedidos de patente internacionais em momento anterior ao licenciamento. Se o projeto for comercializado e tiver potencial de venda no exterior, espera-se que os fluxos de *royalties* ocorram em momento anterior do caso em que a própria empresa faria esses pedidos. Não só espera-se recebê-los antecipadamente, mas a perspectiva é que eles tenham maior duração dentro do prazo de dez anos do licenciamento. O período médio para exercer essa opção é de até 30 meses após o pedido da patente nacional.

A opção de prorrogação só pode ser exercida no final da vida útil do ativo negociado e por isso tem a natureza de uma opção europeia de compra. Como descrevem Santos e Pamplona (2005), dependendo dos resultados obtidos até aquele momento, os proprietários do ativo podem realizar um novo investimento para estender a duração do projeto.

No caso da UFMG, isso pode ser feito de maneira simples, prorrogando o contrato de licenciamento por meio de um termo aditivo. Neste caso, pode haver, ou não, renegociação a respeito das contrapartidas financeiras. Analisando mercados com funcionamento semelhante a este, como o segmento de franquias que opera por meio de contratos com duração definida, é comum haver pagamento equivalente ou proporcional ao valor de acesso no momento da renovação (BRANDÃO, 2014). Como não há nenhum padrão atual definido pela CTIT para esse procedimento, define-se que haverá novo pagamento para a renovação proporcional atualizado ao valor de acesso, mantendo o valor de *royalty*.

Para que a renovação ocorra, pode-se dizer que é necessário haver um cenário favorável para ambas as partes contratuais. Primeiro, para que a empresa tenha interesse em renovar, os resultados comerciais da tecnologia devem ser suficientes para gerar retorno sobre o investimento feito e, ainda, ter perspectivas de manter ou ampliar a lucratividade. Pelo lado da universidade, o volume de *royalties* até o momento tem que ser suficiente para atender às expectativas de ganho da inovação.

A opção é considerada de compra, pois a universidade define se deseja ou não renovar o contrato. Não existe nenhum investimento real para que isso ocorra, ou seja, o preço de exercício seria teoricamente igual a zero. Todavia, adota-se a mesma lógica utilizada na opção de abandono, pois existe um custo de oportunidade relevante ao escolher manter a empresa parceira atual ou buscar outro que possa gerar maiores resultados. Dessa maneira a universidade "compra" os direitos ao fluxo de caixa de *royalties* futuros da renovação, "pagando" esse custo de oportunidade.

É válido destacar para esta opção que o prazo de renovação pode ser pequeno capaz até mesmo de inviabilizar a extensão do vínculo por parte da empresa. Considere que a vida útil de uma patente seja em média de vinte anos e que, após realizar o depósito da patente, o inventor tenha levado mais "x" anos para completar a tecnologia e licenciá-la. Neste caso, como um contrato inicial é de dez anos, o novo vínculo terá a duração máxima de $[20 - 10 - x]$ anos. Sabe-se também que existe um tempo de desenvolvimento final após o depósito da patente, o que reduziria ainda mais o período para prorrogação.

Após a expiração da patente, seu valor tende a cair drasticamente até zero (ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010), já que qualquer agente poderá ter acesso à tecnologia sem efetuar qualquer pagamento ao seu inventor. Levando em conta dados mostrados por Wanetick (2010), principalmente para o segmento farmacêutico, pode-se verificar que alguns produtos levam mais de cinco anos para completar todo seu desenvolvimento e processo de teste. Assim, a variável tempo de desenvolvimento e a data do pedido de patente tornam-se muito relevantes para o valor dessa opção.

Ao mesmo tempo, se o prazo de expiração é uma ameaça a geração de valor da opção de prorrogação, pode-se dizer que os maiores fluxos de caixa são esperados para os períodos finais do contrato inicial. Como esse tipo de inovação atinge sua maturidade comercial anos após sua introdução no mercado, os fluxos que geram um elevado retorno podem estar localizados justamente no período após a renovação. Dito isso, esta opção pode ter bastante valor caso o tempo de renovação seja razoável e o desempenho no mercado seja positivo.

Para calcular o valor dessas opções, novamente, realizou-se uma discussão com a equipe da CTIT para definir os modelos a serem testado. Foram identificadas tentativas anteriores de incorporar modelos baseados em simulação, utilizando o suporte computacional do *software* @Risk para empreender os cálculos.

Dessa maneira, identificaram-se na literatura da área dois modelos de simulações que poderiam ser aplicados com os dados disponíveis e com o recurso escolhido. Além disso, para testar outras possibilidades de aplicação de modelos, utilizaram-se modelos mais tradicionais da teoria de opções como forma de comparar os resultados obtidos: o binomial, o de Black e Scholes (1973) e o de Margrabe (1978).

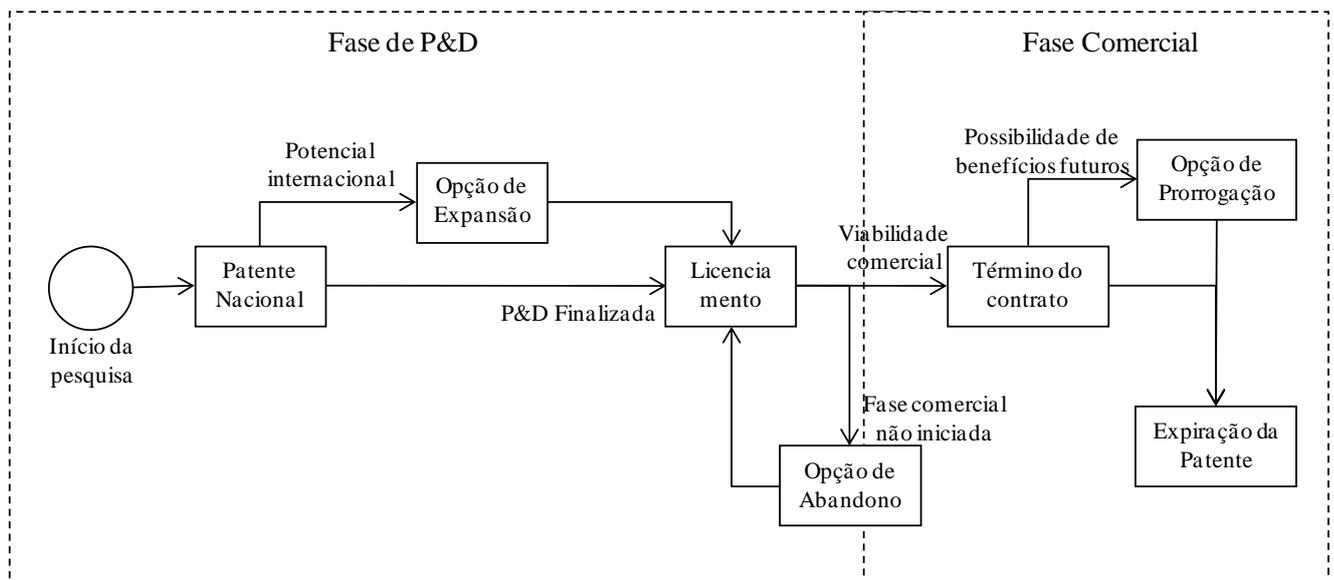
Destaca-se que, com exceção dos modelos de Black e Scholes (1973) e Margrabe (1978), esses modelos foram aplicados para as opções separadamente e para uma opção composta, que engloba as três flexibilidades. Como descrevem Santos e Pamplona (2005), o

encadeamento das flexibilidades pode gerar novas perspectivas de valor, ou seja, o valor das opções somadas separadamente pode ser diferente do valor conjunto.

Nas opções consideradas neste estudo, percebe-se que pode haver a adição ou subtração, dependendo da interação entre elas. Exercer a opção de expansão e, em cenário positivo, a função de prorrogação mais à frente, irá potencializar o valor do projeto, por exemplo. Já exercer a opção de abandono em determinado momento pode impactar negativamente o valor da opção de prorrogação, pois o novo parceiro comercial terá menos tempo para uma possível renovação.

A análise conjunta dessas opções pode ser representada na árvore de decisão da Figura 03.

Figura 03 – Árvore de decisão das opções reais consideradas



Fonte: Elaborado pelo autor

O início da pesquisa é determinado pelo inventor, a partir do momento em que surge a ideia da inovação. Normalmente, a pesquisa se estende por algum tempo até o inventor perceber o real potencial dos seus resultados. Uma vez percebido que a pesquisa pode ter resultados comerciais no futuro, realiza-se o pedido de proteção intelectual da patente, inicialmente no mercado nacional. Nesse momento, inicia-se a prazo para que a opção de expansão seja exercida. O que irá determinar essa decisão é o potencial de comercialização internacional e a abrangência do desenvolvimento da pesquisa, quanto maior o fator inovação, maior a probabilidade de exercer a expansão.

Após esse período, o inventor irá buscar finalizar o processo de P&D e chegar até um produto ou protótipo pré-comercial. Se não for possível, o projeto será finalizado; caso contrário, inicia-se a busca de um parceiro para viabilizar essa operação. Juntamente aa CTIT, o projeto é licenciado a uma entidade externa que tem prazo determinado em contrato para iniciar a venda. Se não o fizer, pode-se exercer a opção de abandono e cancelar o contrato atual. Mantendo o contrato, espera-se que o produto seja introduzido no mercado e que os benefícios da inovação sejam gerados por meio dos *royalties*.

Ao final do prazo de dez anos do licenciamento, entra em vigor a decisão sobre a opção de prorrogação. Nessa data, se a atividade comercial estiver gerando lucros suficientes para proporcionar um retorno justo dos investimentos no desenvolvimento da tecnologia, o contrato poderá ser estendido até a data de expiração da patente, quando o inventor perde os direitos sobre sua propriedade. Caso contrário, podem-se buscar outros parceiros comerciais para os anos restantes.

Uma vez que as opções não se sobrepõem no tempo, o modelo binomial pode ser aplicado considerando os três momentos. Os modelos de simulação são menos restritivos, e considerar uma opção composta para todas as possibilidades é mais simples nesse contexto. Para os modelos Black e Scholes (1973) e Margrabe (1978), que possuem premissas mais rígidas, essa consideração não foi aplicada.

Em consonância com Smith e Parr (2000) e Razgaitis (2003), verifica-se que há a dificuldade inerente à estimação da correta taxa de desconto para investimentos em inovação, já que as principais técnicas utilizadas pecam por depender de dados normalmente ausentes nesse tipo de projeto. Buscando mitigar essa questão, empreendeu-se a análise de sensibilidade das variáveis ligadas a essa taxa. Conforme Monteiro (2003) e Herath e Park (1999), essa é a maneira de compreender os principais impactos das mudanças nessa variável no valor dos investimentos. A sensibilidade foi testada também para a probabilidade de negociação ou renegociação do contrato, que é um fator importante para determinar os benefícios futuros do projeto.

Para a análise das diferenças de valor adotou-se o teste Kolmogorov-Smirnov, como forma de dar robustez às conclusões qualitativas. Assim, pôde-se verificar não só se os diferentes valores de VPL estratégicos calculados têm relevância gerencial para a decisão dos agentes envolvidos, mas também se a escolha do método pode gerar diferenças relevantes nesta análise de maneira quantitativa.

O teste Kolmogorov-Smirnov permite a comparação estatística de duas amostras independentes para dados sequenciais (como uma série de fluxo de caixas). Ozçomak *et al* (2013) descrevem que este procedimento é considerado não paramétrico, sendo bastante utilizado no campo das ciências sociais quando ocorre a quebra das premissas de normalidade e de variância homogênea das distribuições. Assim, seu principal objetivo é testar se duas populações são aderentes (SIEGEL, 1956).

A prova do teste utiliza as distribuições acumuladas e compara o desvio máximo entre elas. O ponto de maior diferença em valor entre as duas distribuições é considerado para avaliar o quão aderente elas são uma à outra. Se as duas amostras são equivalentes, espera-se encontrar uma diferença pequena entre elas; caso contrário, o teste indica a rejeição de igualdade.

Neste estudo, buscou-se avaliar pelo teste se os valores de fluxo de caixa estimados por diferentes modelos podem ser considerados estatisticamente semelhantes. Caso os resultados sejam considerados equivalentes, a decisão de aplicação entre um método e outro pode ser feita exclusivamente pela facilidade de aplicação ou por decisões subjetivas do avaliador.

O teste Kolmogorov-Smirnov pode ser aplicado para amostras pequenas e grandes, comparando-as entre si pela seguinte regra:

$$\text{Equação [23]} \quad D = \text{MAX} |S_1(x) - S_2(x)|$$

Em que:

D = desvio máximo absoluto;

$S_1(x)$ = função acumulada observada na amostra 1; e

$S_2(x)$ = função acumulada observada na amostra 2.

A hipótese nula indica que não existe diferença relevante entre as duas distribuições. A hipótese alternativa de teste indica que existe diferença para, pelo menos, um valor de x , de tal maneira que $S_1(x) \neq S_2(x)$. Logo, definido um nível de significância para o teste (α), a hipótese nula será rejeitada se o valor observado para D for igual ou superior ao valor crítico D^* . Se isso ocorrer, pode-se concluir que o teste indica diferença entre as duas populações ou amostras. Para este estudo, adotou-se o nível de significância de 0,05, assim como os valores críticos tabelados a partir de Siegel (1956).

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado com uma distribuição de mil valores para cada modelo utilizado, distribuídos em percentis de 5% cada um. Os modelos de simulação já geram automaticamente esses cenários. Para o modelo binomial, ao final do décimo ano a divisão dos caminhos gera apenas dez cenários de valor para análise. Assim, por meio do *software @Risk* utilizaram-se esses valores e as probabilidades acumuladas de u e d para simular a mesma quantidade de valores finais. O mesmo procedimento foi aplicado no Black e Scholes (1973) e Margrabe (1978), com a facilidade de que, nesses casos, já se define uma distribuição lognormal.

Por fim, empreendeu-se a análise dos dados reais e estimados. Verificaram-se nos modelos de opção todos os dados presentes nas análises e relatórios da CTIT e para qual variável foi necessário consultar os inventores (ou estimar, de outra maneira) para empreender a avaliação. Essa consideração foi feita principalmente visando auxiliar a orientação de quais modelos são mais facilmente aplicados no contexto da UFMG e se eles geram resultados práticos relevantes.

5.5 Modelos

Segundo os objetivos desse estudo, descritos de maneira detalhada anteriormente, busca-se comparar os resultados obtidos com a avaliação pelo modelo tradicional de fluxo de caixa com diferentes modelos que incorporam a teoria de opções aplicadas a patentes. Assim, essa seção apresenta cada um dos modelos utilizados.

5.5.1 Modelo de Fluxo de Caixa Descontado

Como o objeto de estudo consiste em casos dentro de uma mesma instituição, buscou-se, inicialmente, definir um modelo padrão de avaliação por fluxo de caixa que poderia abranger todos os casos estudados, além de ser útil também na maioria dos outros casos não definidos como amostra nesta pesquisa.

Cada projeto tem determinada peculiaridade, que pode modificar a aplicação do método de avaliação (DAMODARAN, 2002). No entanto, juntamente com os responsáveis pelas avaliações da CTIT, foi possível identificar algumas características comuns entre esses projetos analisados e chegar a uma mesma forma de aplicação, permitindo assim a comparação entre eles.

O método tradicional de avaliação por fluxo de caixa utiliza-se das informações geradas nos relatórios de análise mercadológica e de viabilidade técnica emitidos pela própria CTIT enquanto é feito o acompanhamento do desenvolvimento da inovação, denominados como Relatórios de Inteligência de Mercado na instituição. Assim, o modelo final de FCD obtido conjuga dados estatísticos e setoriais para realizar as projeções de resultado com informações internas de custos e investimentos para se calcular o VPL.

Como demonstrado por Hong *et al* (2010), praticamente todos os modelos de FCD utilizam a mesma estrutura fundamental (vide Equação 01). Aqui, foi utilizada essa forma básica de cálculo do VPL, adotando a geração de *royalties* como o principal fluxo de entradas futuras geradas pela inovação. Esse processo é semelhante ao descrito por Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) e Ross, Westerfield e Jaffe (2008).

Para obter o valor estimado dos *royalties* de cada caso, utilizou-se como referência inicial o *market share*, ou participação de mercado, que tal produto teria potencial de atingir a partir do momento do lançamento comercial. Esse dado é obtido diretamente dos relatórios mercadológicos da CTIT que consideram não só as informações divulgadas pelos principais órgãos de cada setor, como também as opiniões de especialistas (inclusive dos próprios pesquisadores) e a análise de produtos e companhias concorrentes.

O preço de venda é definido em comum acordo com os pesquisadores do projeto, a partir da comparação do produto desenvolvido com seus principais concorrentes atuais. Essa decisão é, muitas vezes, arbitrária por parte do pesquisador ou até da empresa responsável pela comercialização. Para fins de projeção, define-se o preço de venda a partir dos critérios: custo de produção; margem líquida; além de um comparativo entre custo-benefício de cada inovação em relação a seus competidores.

Apesar de as informações de custo de produção e margem não impactarem diretamente no fluxo de *royalties* estimados, uma vez que eles são calculados a partir da receita operacional bruta, elas são relevantes para a definição do preço de venda, que é uma das variáveis que geram a receita. Caso o processo produtivo da inovação se diferencie de maneira significativa do processo atual dos concorrentes, avalia-se a diferença de custo dos materiais e equipamentos e determina-se um *mark-up* semelhante ao de mercado, mantendo aproximadamente, a mesma margem.

Em seguida, a partir da relação custo-benefício da inovação para seu usuário final, determina-se o preço final projetado para o mercado. Para a comparação de desempenho,

inicialmente, buscou-se referenciais objetivos, tais como indicadores de eficiência e eficácia dos produtos por meio de testes em laboratório, por exemplo. Na ausência destes, definiram-se juntamente com os pesquisadores, de maneira subjetiva, os principais diferenciais da inovação que poderiam impactar o preço final do produto.

Com isso, obteve-se uma projeção inicial da quantidade potencial de venda de cada produto na data de lançamento. Para projetar a receita bruta da inovação em cada ano de vigência do contrato definiu-se uma taxa composta de crescimento anual – CAGR, ou *compound annual growth rate*, como é comumente referido na literatura - a partir do crescimento médio do segmento nos últimos anos, perspectivas futuras de mercado e índices correntes de inflação de preços.

Utilizando os dados descritos acima foi possível estimar a receita bruta de cada inovação durante o período de vigência do contrato de licenciamento. Como a taxa de *royalties* é definida previamente pelo contrato, o valor final do fluxo de entradas de cada patente pode ser facilmente determinado.

Além dos *royalties*, a empresa licenciadora paga um valor de acesso a tecnologia, estipulado previamente pela CTIT, em conjunto com os pesquisadores. Essa definição é feita de maneira arbitrária, tendo em vista os investimentos realizados durante a pesquisa, o potencial do produto desenvolvido e o porte da empresa interessada no licenciamento.

Para determinar o fluxo de saídas, consultaram-se os relatórios de desenvolvimento, as atas de acompanhamento e os próprios pesquisadores. A CTIT não possui controle financeiro direto de todas as pesquisas realizadas na UFMG e, conseqüentemente, não tem conhecimento de maneira precisa do montante despendido durante as fases de pesquisa e desenvolvimento. As variáveis consideradas nesses investimentos podem ser resumidas a três tipos:

a) Pessoas – inclui diretamente a mão de obra de pesquisadores, professores, alunos, bolsistas, profissionais e consultores envolvidos. Foi calculado a partir da remuneração individual mensal de cada indivíduo, já acrescidas dos encargos, proporcionais ao tempo em que cada um participou do desenvolvimento da pesquisa.

b) Equipamentos e materiais – referem-se tanto à aquisição de máquinas, aparelhos e ferramentas diretamente ligadas àquela pesquisa em específico, quanto à utilização de equipamentos já existentes em laboratórios e unidades da instituição. Neste

último caso, considerou-se o valor proporcional de uso em relação à vida útil total do equipamento utilizado.

c) Administrativos – abrange todos os investimentos em aspectos burocráticos, como a obtenção de licenças e pedidos de patenteamento nacional ou internacional. Esses gastos, custeados pela instituição ou pelo pesquisador, são necessários para concretizar o processo de licenciamento.

A avaliação ocorre somente no momento em que há o interesse no licenciamento da inovação. Nesse momento, ela já se encontra plenamente desenvolvida ou em processo de testes e finalização do projeto. Isso faz com que o fluxo de saídas seja, no mínimo, parcialmente conhecido ou, pelo menos, apurável com os responsáveis pela pesquisa.

A única peculiaridade para determinar o fluxo de caixa de cada período que se difere um pouco da definição da equação 01 é observada no caso das patentes da área de fármacos. Para os dois casos na amostra deste segmento, após a finalização da pesquisa e antes do início de sua produção em escala comercial, foi necessário realizar uma série de testes clínicos para comprovar a eficácia e a segurança do produto perante os órgãos competentes, como a ANVISA e a FDA. Esses testes requerem investimentos adicionais, e o licenciamento só ocorre após a aprovação de todo esse processo.

De maneira sucinta, conforme a CTIT, as fases usuais desse processo são: (I) estudo de toxicidade em indivíduos saudáveis; (II) estudo de eficácia e segurança em número reduzido de pacientes; (III) estudo de eficácia, segurança, absorção, distribuição, metabolismo e excreção em número elevado de pacientes; (IV) requisição do novo fármaco à agência regulatória; e (V) farmacovigilância.

Como os resultados dos testes são cruciais para o sucesso comercial da inovação, a CTIT considera que eles devem ser, de alguma maneira, incluídos na avaliação financeira do fluxo de caixa. Assim, mediante consulta ao banco de dados contendo informações de milhares de outras pesquisas nos diversos segmentos da indústria farmacêutica no mundo, definiu-se uma probabilidade de ocorrência de cada fase e aplicou-se um operador de valor esperado nos investimentos para cada etapa desse processo até a aprovação.

No caso da etapa pré-clínica (testes em animais), considerou-se uma probabilidade de 100%, já que ambos os casos já haviam ultrapassado esse momento quando realizada a avaliação. Ressalta-se que a fase V refere-se ao acompanhamento dos efeitos do fármaco já em uso pelo cliente final, e algumas irregularidades podem ser detectadas somente quando ele

já estiver sendo comercializado. Portanto, é válido considerar também a probabilidade de isso ocorrer já no período de existência de fluxos de entrada.

Em suma, o modelo para projeção do fluxo de caixa utilizado nesta pesquisa é definido na equação 24.

Equação [24]

$$FC_t = [(C \times CAGR_t \times MS \times P \times TR) + VA - I] \times AR$$

Em que:

FC_t = valor do fluxo de caixa no período t ;

C = consumo esperado total para o segmento de mercado;

$CAGR_t$ = taxa composta de crescimento anual acumulada no período t ;

MS = *market share* esperado para o produto;

P = preço unitário do produto;

TR = taxa de royalties;

VA = parcela do valor de acesso à tecnologia;

I = investimentos e gastos realizados;

AR = ajuste de risco; e

t = período de tempo em anos.

A fórmula acima refere-se ao numerador da equação 01. Para o correto cálculo do VPL da inovação, deve-se definir ainda um método para definir a taxa de desconto a ser utilizada. Optou-se por utilizar o mesmo método já empregado atualmente nas avaliações da CTIT, que se baseia na aplicação CAPM para definir o custo de capital próprio de cada um dos projetos, mas com algumas adaptações.

O modelo do *Capital Asset Pricing Model* tem seu desenvolvimento atribuído a Sharpe (1964), mas também foi estudado em situações paralelas por Lintner (1965) e Mossin (1966). Estipula que o investidor racional, em uma situação de equilíbrio, irá buscar retorno de seus investimentos que compense o risco assumido. Assim, baseando-se na correlação entre o retorno esperado para o ativo e o retorno do mercado como um todo, o modelo relaciona o custo de capital do projeto ao risco não diversificável (MONTEIRO, 2003).

Sharpe (1964) considera que existem dois fatores principais que compõem o preço de um ativo: *price of time*, que é relativo à taxa de juros básica de uma economia (um paralelo da chamada taxa livre de risco); e *price of risk*, que representa o retorno esperado adicional por

unidade de risco incorrida. O primeiro dá origem à remuneração do risco sistemático, que atinge de maneira igual a todas as empresas. Já o segundo refere-se ao retorno relativo ao risco específico do comportamento daquela empresa ou ativo analisado.

Ross, Westerfield e Jaffe (2008) mostram que é esse o raciocínio que fundamenta o modelo e sua aplicação prática. A existência de um risco que envolve todas as empresas faz com que os investidores exijam como retorno mínimo de seus ativos o equivalente à taxa de juros considerada sem risco. Ao mesmo tempo, identificar se determinado ativo apresenta mais ou menos riscos que o mercado como um todo faz com que o investidor exija uma compensação de ganhos para cada unidade de risco adicional (DAMODARAN, 2007).

O risco é entendido inicialmente como a variabilidade do retorno esperado, seja utilizando o histórico como referência ou as diferentes perspectivas futuras de retorno. No entanto, o modelo CAPM pondera que o risco é relativo ao mercado e não simplesmente a sua variabilidade individual. Portanto, Sharpe (1964) prevê a utilização da correlação entre a variabilidade dos retornos dos ativos e do mercado para captar a associação entre eles.

Monteiro (2003) mostra que, por causa dos benefícios da diversificação de carteiras previstos por Markowitz (1952), todo ativo que não for perfeitamente correlacionado com os demais - índice de correlação menor que 1 - irá gerar volatilidade menor na carteira do que se analisado o título individualmente. Isso ocorre porque um mercado de ações eficiente faz com que os movimentos dos preços ocorram em direções contrárias (correlação negativa) ou com intensidades diferentes (correlação entre 0 e 1). Logo, o efeito conjunto das variabilidades é reduzido quando o ativo é introduzido em uma carteira.

Assim, a volatilidade de mercado neste modelo oferece um referencial comum para avaliar o nível do risco de cada ativo ou projeto de investimento. Dessa maneira, como cabe ao investidor escolher qual tipo de projeto ele quer aportar seus recursos, apenas o risco não diversificável gera um prêmio pela contribuição marginal de seu risco na carteira total de investimentos (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2008). No CAPM, esse prêmio depende da correlação entre o retorno do ativo e o da carteira de mercado (MONTEIRO, 2003).

A denominada carteira de mercado engloba todos os ativos possíveis para serem investidos. Com ela, os investidores podem combinar um número muito grande de investimentos com características distintas, buscando minimizar o risco e maximizar o retorno em função de sua utilidade ou aversão ao risco. Cria-se, então, um conjunto eficiente que irá

retornar a maior remuneração possível em cada nível de risco. A esse conjunto dá-se o nome de fronteira eficiente (SHARPE, 1964).

Utilizando um modelo de regressão que considera os dois tipos de prêmios, em que a taxa livre de risco é dada como uma constante do valor mínimo desse retorno e que a fronteira eficiente exprime o comportamento das carteiras que geram maximização dessa relação, os autores obtiveram a equação que determina a sensibilidade de cada ativo em relação as variações do mercado, denominada de β (beta). Em suma, para cada variação ocorrida no mercado esse coeficiente β deve ser o efeito esperado no retorno do ativo/carteira.

Cada ativo/carteira tem seu próprio valor de beta. Se o valor do coeficiente for igual a 1, esse investimento representa exatamente o comportamento do mercado. Um valor superior a 1 indica um título que reage com maior intensidade (positiva ou negativa). Um valor entre 0 e 1 infere um impacto menor no título que o ocorrido para o conjunto dos demais. O ativo livre de risco é representado por um β igual a 0, pois não sofre qualquer alteração pelo que ocorre com os demais ativos. Por fim, um valor negativo indica um efeito contrário, muitas vezes, utilizado para criar mecanismos de proteção: enquanto o mercado sobe, o título cai, e vice-versa.

Se existe uma compensação de retorno por cada unidade de risco (DAMODARAN, 2007) e apenas o risco sistemático é relevante para o investidor (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2008), então o β representa uma medida apropriada para o risco dos investimentos. Os autores demonstram que um investidor diversificado consegue eliminar o risco específico e, como a variabilidade do ativo livre de risco é nula, a fórmula para se poder calcular o β é dada pela covariância dos retornos do ativo e do mercado, divididos pela variância do mercado. Essa fórmula, bastante semelhante ao do cálculo da correlação, é empregada para associar toda a carteira de mercado.

Conhecendo-se o valor de beta para cada investimento, é possível estimar o prêmio pelo risco ou retorno esperado justo de acordo com seu risco. A relação prevista por Sharpe (1964) é que o retorno seja proporcional a esse coeficiente, seguindo a equação:

$$\text{Equação [25]} \quad R_j = R_f + \beta \times (R_m - R_f) + \varepsilon_j$$

Em que:

R_j = retorno esperado ou justo para o ativo j;

R_f = taxa considerada livre de risco;

β = sensibilidade do retorno de um ativo;

R_m = retorno da carteira de mercado; e

E_j = erro de estimação do modelo teórico.

Essa é a chamada a equação básica do CAPM, utilizada frequentemente para determinar o correto custo de capital dos investimentos financeiros ou reais. O componente de erro do modelo teórico é eliminado pelos efeitos da diversificação. Dos componentes restantes, a taxa livre de risco é utilizada como a taxa básica da economia de cada país, enquanto o retorno da carteira é considerado o retorno de todos os ativos disponíveis ou do segmento que se quer avaliar.

Segundo Monteiro (2003), o modelo do CAPM possui algumas premissas rígidas, sendo criticado por alguns autores pela a fraca correlação entre os retornos esperados e os índices de mercado. No entanto, Trigeorgis (1996) indica que mesmo com algumas premissas não verificáveis na realidade, o modelo é útil por estimar uma medida plausível, de fácil cálculo e amplamente aceita pelos profissionais da área.

Bandeira (2010) reforça que as atividades de P&D possuem um alto risco associado ao seu desempenho futuro, principalmente porque o grau de incerteza sobre sua viabilidade no início do projeto é alto. Assim, argumenta que aplicar modelos que mensurem essa compensação financeira é uma prática necessária para definir o valor dessas inovações.

Por se tratar de projetos de inovação, que têm características diferentes dos investimentos tradicionais e em mercados financeiros aos quais o modelo CAPM foi idealizado (DAMODARAN, 2007), utilizou-se aqui uma variação dessa forma teórica. O cálculo final da taxa de desconto utilizada na CTIT é baseado na proposta de Razgaitis (2003), cuja publicação é focada diretamente na avaliação de propriedades intelectuais em diferentes estágios de desenvolvimento da tecnologia.

O autor aponta que todo projeto de inovação não deve estar sujeito ao mesmo custo de capital dos produtos já comercializados, uma vez que não possui a garantia e a estabilidade de receitas destes. Ainda, considera que, justamente por estarem caracterizados como uma nova tecnologia, os produtos frutos de uma patente podem até mesmo alterar a relação de risco-retorno definida no CAPM.

Van Putten e MacMillan (2004) apresentam a mesma ideia, mostrando que a incerteza técnica que gera risco ao projeto é maior no início do desenvolvimento e tende a reduzir quanto mais próximo da maturidade e da consolidação comercial do produto.

A primeira modificação do modelo CAPM consiste em determinar o beta. Como citam Smith e Parr (2000), o cálculo desta variável depende diretamente das informações de mercado. Uma vez que uma inovação tem por característica diferenciar-se dos produtos e das tecnologias atuais, utilizar dados na forma tradicional pode levar ao cálculo incorreto do valor do beta. Buscando contornar esse eventual problema, definiu-se que o coeficiente seria determinado a partir do banco de dados de propriedade intelectual da CTIT, avaliando a relação risco-retorno apenas no segmento do produto em questão.

A segunda mudança baseia-se nos estudos de Razgaitis (2003) e Timmons (1994). No momento do licenciamento e da avaliação da patente, considera-se que seu atual estágio de desenvolvimento e seu potencial de impacto no mercado devem levar a um ajuste da taxa de desconto do capital. Assim, utilizando os dados apresentados pelos autores e com base na análise mercadológica dos relatórios, define-se um ajuste segundo as seguintes regras:

- Novo negócio, ainda em fase de P&D: 50% a 70%.
- Novo negócio, com produto finalizado: 40% a 50%.
- Novo produto ou tecnologia dentro de negócio existente: 30% a 40%.
- Novo produto com tecnologia ou processo produtivo conhecido: 20% a 30%.
- Produto relacionado a uma linha de mercado já existente: 0% a 20%.

Por fim, destaca-se que na taxa de desconto não se considera, para os fins desta análise, a utilização de capital de terceiros. Como a avaliação ocorre na perspectiva da instituição (no caso, a UFMG), os recursos aportados no desenvolvimento da propriedade intelectual são exclusivamente próprios, seja na forma de financiamento direto ou de utilização de equipamentos e laboratórios já existentes.

Portanto, a forma de cálculo que define a taxa do denominador da equação 01 aplicada nesse estudo é dado por:

$$\text{Equação [26]} \quad R_j = [R_f + \beta_s \times (R_m - R_f)] \times AED$$

Em que:

R_j = retorno esperado ou justo para o ativo j ;

R_f = taxa considerada livre de risco;

β_s = sensibilidade do retorno de um ativo em relação ao segmento;

R_m = retorno da carteira de mercado; e

AED = ajuste pelo estágio de desenvolvimento.

O modelo final adotado para o FCD segue a estrutura padrão proposta por Hong *et al* (2010), mas adaptada ao contexto em que os casos se encontram. As principais peculiaridades se referem à forma de projeção dos *royalties* pela participação de mercado e da definição de taxa de desconto do custo de capital próprio, conforme Razgaitis (2003).

5.5.1.1 Cálculo de cenários

Ainda seguindo as práticas utilizadas pela CTIT para projetar os valores das inovações, empreendeu-se a análise de cenários dos fluxos de caixa. Bandeira (2010) aponta que essa é um procedimento comum de mercado para buscar minimizar os efeitos de um fluxo estático do VPL tradicional único. É uma forma mais simples de considerar o dinamismo dos mercados (NASCIMENTO, 2005), mas sem ter ainda o potencial de considerar todas as flexibilidades como no modelo de opções (MATHEWS, 2009)

Apesar do cálculo de cenários não resolver por completo os problemas do FCD, ele serve para ampliar o panorama de análise dos avaliadores (HERATH; PARK, 1999). Assim, pode-se melhorar a capacidade de decisão gerencial sobre o projeto com pouco esforço operacional.

Atualmente, não existe um padrão para a definição dos cenários na avaliação da CTIT. Portanto, definiu-se uma análise semelhante à descrita em Collan e Heikkila (2001) e Mathews (2009) considerando que diferentes expectativas de futuro da economia geram variações no FC esperado. As informações não são precisas, com probabilidades de ocorrência definidas, mas sim baseadas na opinião de *experts* (MATHEWS, 2009), no caso os próprios inventores.

O valor inicial calculado para o FCD é considerado como sendo a perspectiva realista. Ele descreve uma situação em que o comportamento de mercado e da comercialização da inovação ocorre conforme o esperado por seus inventores. Nesses cenários não considera

nenhuma alteração relevante no cenário atual de mercado e, portanto, corresponde a perspectiva com maior possibilidade de ocorrência.

Além do cenário realista, foram definidos outros dois: pessimista e otimista. O primeiro considera principalmente a alteração no tempo de desenvolvimento e início da operação comercial. A transformação de uma pesquisa em um produto final de mercado é uma tarefa complexa e como os contratos de licenciamento têm prazos bem delimitados para o início das vendas e para a expiração da patente, essa variável torna-se relevante para controle. Além disso, foram realizados ajustes menores no *market share* inicial e no crescimento das vendas.

Para o cenário otimista, mantém-se ou adianta-se o prazo previsto para iniciação comercial e modifica-se as variáveis de vendas iniciais e crescimento de vendas. Supõe-se que esse cenário possibilite atingir um número maior de consumidores finais no mesmo prazo que o cenário realista. Ainda, a taxa de crescimento ano a ano é maior, baseadas nas perspectivas setoriais mais relevantes descritas nos relatórios de inteligência.

5.5.2 Modelos de opções

5.5.2.1 Modelo Binomial

O modelo binomial aplicado neste estudo seguiu as principais características descritas na seção 4.3.3.1. Trata-se de um modelo simples, com intervalos de tempos discretos que avaliam as possibilidades de elevação e de redução nos preços do ativo com base no tipo de flexibilidade considerada.

Pelo o proposto por Copeland e Antikarov (2001), adotou-se o princípio do *Market Asset Disclaimer*, em função de os investimentos terem características não financeiras. Assim, o valor do ativo sem nenhuma flexibilidade é o próprio valor do ativo objeto utilizado no modelo.

Utilizou-se a regra de que para cada intervalo de tempo de 1 ano o fluxo de caixa da inovação possui uma probabilidade constante de apenas dois movimentos ocorrerem: no caminho superior espera-se aumento do VPL do projeto e no caminho inferior redução do mesmo. Logo, com base em Wu (2011) considerou-se a assimetria dos *payoffs* do investimento. Para definir as probabilidades dos caminhos, utilizaram-se as preposições de Cox, Ross e Rubistein (1979) para considerar a volatilidade do ativo objeto como base para

definir os impactos dos movimentos de preço. O procedimento *matching volatility* seguiu o descrito na equação 07.

Como as opções podem ser exercidas em mais de um período, utilizou-se da avaliação multi estágios, calculadas do último período para o primeiro, seguindo a forma descrita por Hull (2008). Portanto o valor das opções foi calculado conforme a equação 06 com base em um processo retroativo até a data presente da avaliação.

5.5.2.2 Modelo Black e Scholes

A aplicação do modelo de Black e Scholes (1973) ocorreu a partir do mesmo delineamento previsto para o modelo binomial, considerando que ele nada mais é do que um processo de generalização para tempos contínuos e processos estocásticos (ZHAO; TSENG, 2003) e que suas variáveis são basicamente as mesmas (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2008). As fórmulas de cálculo foram apresentadas da equação 16 à equação 18.

Foi considerado o modelo fundamental proposto pelos autores. Todavia, como existem duas opções americanas no escopo de análise deste estudo, adotou-se o procedimento de Damodaran (2002) para avaliá-las em períodos anteriores ao do término da opção. Assim, para cada período de decisão definido no modelo binomial recalculou-se o modelo de Black e Scholes para verificar se o exercício antecipado teria maior valor.

A distribuição adotada para as probabilidades dos movimentos em cada etapa de análise é lognormal, seguindo os autores originais. A volatilidade do projeto foi estimada da mesma forma descrita para o fluxo de caixa convencional e considerada constante durante todos os tempos da opção. O parâmetro do *drift rate* é definido pela economia, representando os aumentos no preço de venda do produto para compensar os efeitos inflacionários e outras influências (ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010).

Vale ressaltar que para este tipo de modelo assume-se um ambiente de neutralidade de risco. Os argumentos teóricos para realizar essa distinção são descritos por Hull (2008). Assim, no âmbito das flexibilidades da opção, os fluxos foram atualizados pela taxa livre de risco, independente das preferências do investidor. Isso pôde ser feito porque a relação do risco com o retorno já foi utilizada para estabelecer o VPL tradicional do ativo objeto e para definir a volatilidade.

5.5.2.3 Modelo de Margrabe

Buscando incluir algumas ponderações realizadas por Dixit e Pindyck (1995), utilizou-se o modelo de Margrabe (1978), que consiste em uma variante do modelo de Black e Scholes (1973) para buscar incluir a volatilidade dos investimentos na avaliação. A inclusão deste modelo foi testada uma vez que existe projeto que ainda não se encontra totalmente finalizado, necessitando de um investimento adicional ainda incerto. Além disso, o controle deficiente da CTIT sobre os gastos do projeto pode gerar distorções na hora de considerar o volume total investido. Assim, essa variante busca mitigar esses problemas do modelo anterior.

O procedimento de cálculo é praticamente idêntico, assim como as premissas consideradas. A única alteração se refere à forma de consideração da volatilidade do projeto. Enquanto no modelo de Black e Scholes (1973) essa variável foi adotada com relação ao fluxo de retorno do ativo, aqui ela incluiu também um componente de variação do investimento. As equações 19 a 22 apresentam o modelo.

Nesse caso, a volatilidade do investimento foi considerada tendo em vista os diferentes valores calculados inicialmente pela CTIT e os revisados nesse estudo. Teoricamente, se a diferença desses valores for muito pequena, o modelo de Margrabe (1978) deve retornar um valor muito próximo ao de Black e Scholes (1973). O coeficiente de correlação foi obtido pelas variações do VPL tradicional a partir da consideração de diferentes valores de investimento.

5.5.2.4 Modelo de Datar-Mathews

O primeiro modelo de simulação foi definido com a CTIT em função de sua forma de aplicação se basear praticamente nas mesmas informações utilizadas para estimar o FCD tradicional aqui escolhido. O estudo de Mathews (2009), que descreve e exemplifica o método de aplicação, relata a dificuldade de empreender uma avaliação pelos métodos sofisticados de opções financeiras no contexto empresarial, e por isso propõe introduzir a abordagem de opções por meio de simulações de fácil operacionalização.

O autor utiliza como caso de estudo um projeto de P&D no segmento de aeronaves. O processo de obtenção dos dados de investimento e de previsão do fluxo de caixa é muito semelhante aos descritos nesse capítulo. O estudo também considera o fato de que o processo de desenvolvimento do produto é longo, sujeito, ainda, a investimentos adicionais para

certificações. Possibilita trabalhar de maneira simples casos em que o VPL tradicional de uma tecnologia é negativo, o que geraria algumas complicações nos modelos anteriores.

Outra semelhança identificada é que modelo de Datar-Mathews parte da abordagem de multi cenários do FCD. O autor define inicialmente um VPL único e, depois, com o auxílio de informações de mercado e opinião de especialistas setoriais, acrescenta ao cálculo mais duas possibilidades plausíveis de ocorrência, uma pessimista e outra otimista. Assim, o cenário original é tratado como mais provável e comparado aos outros dois. A valoração desses cenários é realizada pela mesma metodologia que o VPL inicial.

O modelo de simulação é então utilizado sobre a análise de multi cenários, a partir de uma simulação de Monte Carlo. O autor propõe considerar uma distribuição triangular, em que os parâmetros são definidos pelos valores mínimos, mais prováveis e máximos gerados pelas alterações das variáveis preço, quantidade, custos ou qualquer outra que se mostrar relevante para o caso de aplicação. Assim, a distribuição é baseada nos valores do fluxo de caixa operacionais anuais para todo o tempo de vida do projeto, subtraídos dos investimentos consolidados; ou seja, dos fluxos de caixa líquidos.

A simulação de Monte Carlo calcula, então, uma série de valores aleatórios nos limites mínimo e máximo que revelam tanto as maiores probabilidades de ocorrência, como os cenários que têm baixa possibilidade, mas geram alto impacto na avaliação se ocorrerem. Mathews (2009) sugere uma série mínima de 500 sorteios aleatórios para esta etapa. Neste estudo, foi realizado uma simulação com mil cenários.

O modelo para o cálculo de opções de Datar-Mathews utiliza os resultados obtidos com a simulação multi cenários, ano a ano, e ajusta os fluxos calculados por duas taxas de desconto: a taxa de atratividade do negócio para os fluxos suscetíveis ao mercado; e a taxa livre de risco para fluxos com forte controle do detentor do projeto. Assim, essa ideia é semelhante à proposto por Schwartz (2004) e Ho e Liu (2003). Durante o período comercial da patente, o risco de mercado é mais relevante para os fluxos. Já no momento de investimento e desenvolvimento da pesquisa a taxa livre de risco pode ser aplicada.

O fundamento por trás deste modelo é que os investidores são racionais e, portanto, buscarão evitar que valores negativos do VPL ocorram com base nas decisões gerenciais dos projetos. Logo, o valor de determinada opção é definido a partir da probabilidade de que essa flexibilidade gere um VPL positivo maior que o esperado inicialmente. Segundo o autor, isso, na verdade, é um procedimento adotado para maximizar a geração de valor, exercendo as

opções somente se elas contribuírem para aumentar a média dos valores positivos ou para reduzir a chance de cenários negativos.

Para incluir cada tipo de opção, considera-se o preço de exercício como um investimento adicional (seja ele real ou estimado através de custo de oportunidade) no momento em que essa decisão poderá ser tomada. Caso exercida, os valores de fluxo de caixa esperados para os próximos períodos serão afetados, gerando valores e cenários diferentes dos baseados apenas no FC estático.

O autor testa no artigo a opção de abandono do projeto, com a liquidação dos investimentos possíveis caso a opção seja exercida. Nesse exemplo, se a venda dos ativos adquiridos na P&D ou dos protótipos desenvolvidos gerar um fluxo de caixa esperado maior que os fluxos de comercialização do produto, a opção de abandono será exercida. Logo, para cada cenário que isso ocorrer o VPL tende a ser mais positivo, ou a chance de ele ser negativo será reduzida. Considerando a média entre os multi cenários simulados, exercer esta opção aumentaria o valor do VPL esperado. Logo, o valor do projeto com a opção será maior que o do projeto sem a consideração dessa flexibilidade e o valor da opção correspondente à diferença entre o VPL estratégico e o tradicional.

A adaptação para os outros tipos de opções desse estudo é simples. Para a opção de expansão, considera-se o custo de obter as patentes internacionais como um investimento adicional. Se esse investimento é feito, espera-se que o fluxo de caixa da comercialização internacional seja antecipado e, conseqüentemente, tenha maior duração. Para que a opção seja exercida, a previsão desses fluxos deve ser capaz de aumentar a probabilidade de que VPLs positivos ocorram ou de gerar diferenças relevantes nos valores após descontados. Analogamente, para a opção de prorrogação considera-se o custo de oportunidade de buscar outro parceiro comercial diante ao potencial de ganhos da renovação de contrato.

Assim, o modelo de Datar-Mathews pode ser descrito da seguinte maneira:

Equação [27]

$$V_o = Média \left[MAX \left(\sum_{t=0}^n \left(\frac{FC_c + FC_o}{(1 + R_j)^t} + \frac{FC_i + K}{(1 + R_f)^t}, 0 \right) \right) \right]$$

Em que:

FCc = valor do fluxo de caixa da atividade comercial;

FCo = valor do fluxo de caixa adicional gerado pela opção;

FCi = valor do fluxo de caixa da atividade de investimento;

Rj = taxa de atratividade;

Rf = taxa livre de risco;

t = período de tempo em anos;

Vo = valor da opção; e

K = preço de exercício/investimento adicional.

Todas as variáveis utilizadas nesse cálculo já foram utilizadas para os modelos de FCD ou definidos para aplicação dos modelos binomiais e de Black e Scholes (1973). As taxas de desconto são as mesmas correspondentes ao modelo CAPM, atentando-se para a separação entre o período comercial e de investimento. O fluxo de caixa comercial é o valor esperado para a venda dos produtos e o fluxo adicional é a diferença gerada ao exercer a opção (para cima ou para baixo) no valor de comercialização. Ao valor dos investimentos acrescenta-se o preço de exercício como um investimento adicional.

Diferentemente do modelo binomial, a simulação é realizada da data presente até a data prevista para o término do projeto. Assim, considera a diferença entre opções americanas e europeias como relevantes no valor do VPL estratégico, já que o *timing* da decisão impacta no valor final calculado.

Para Mathews (2009), mesmo utilizando grande número de fatores variáveis para realizar a simulação de cenários, é muito difícil abranger todas as possibilidades reais de mercado. No entanto, ao seguir o procedimento de análise descrito, é provável que a tomada de decisão dos investidores e gestores seja mais racional, conhecendo melhor as potencialidades e os riscos da inovação. O autor alega que o modelo não só gera resultados consistentes para o cálculo de opções como também proporciona o pensamento estratégico sobre o investimento de maneira similar à montagem da árvore binomial.

5.5.2.5 Modelo de Schwartz

O último modelo utilizado neste estudo foi originado do artigo de Schwartz (2004) e depois replicado com algumas adaptações práticas por Ernst, Legler e Lichtentaler (2010). No entanto, os fundamentos deste já haviam sido testados por Schwartz e Moon (2000) e Berk,

Green e Naik (2003)¹³. A escolha foi feita em função de a publicação original aborda a problemática da avaliação da indústria farmacêutica de maneira semelhante a dois casos da amostra deste estudo. Basicamente, o modelo permite considerar a incerteza no processo de desenvolvimento, licenciamento e expectativa de vendas futuras.

Conforme discutido no capítulo 4, o valor das patentes está diretamente ligado à consideração dos efeitos da proteção legal em relação às empresas concorrentes. Assim, o fator regulação gerado pela propriedade intelectual fornece condições para que investimento de alto risco seja realizado e possa gerar retorno para seus detentores. Independente da discussão se a patente gera uma posição monopolista de mercado (MANSFIELD; SCHWARTZ; WAGNER, 1981; BESSON, 2008, WRIGHT, 1999) o modelo considera que seu valor tem relação estrita com o período de proteção legal. Essa característica aproxima o modelo teórico de Schwartz (2004) das características das inovações da amostra.

A formulação original pode ser separada em dois componentes principais que impactam o valor do projeto: a incerteza do investimento; e a incerteza do fluxo de caixa. Para o primeiro termo, considera-se que o investimento total para completar a inovação e colocá-la no mercado é igual a K . Se analisado no início da pesquisa, K pode ser visto como uma variável aleatória, já que não se conhece o montante total de investimento. Da mesma maneira, I pode ser interpretado como a taxa de investimento por período até que K seja conhecido e finalizado. Assim, segundo o autor, o valor final de K só pode ser conhecido executando a pesquisa até a data de sua completude.

Schwartz (2004) considera, ainda, que durante o desenvolvimento existe a probabilidade λ , que segue a distribuição de Poisson, de que o projeto não consolide uma patente comercial. Esse fator aumenta a incerteza sobre os futuros fluxos de caixa, que é reduzida à medida que o investimento está perto de ser concluído. Portanto, o modelo considera que todo o período de P&D é uma incógnita.

Como a geração do fluxo de caixa está intimamente ligada ao período entre o término do desenvolvimento e a expiração da patente, chamado de T , verifica-se que não só a ocorrência das vendas é incerta, mas a duração do período comercial também é uma variável aleatória. Isso significa que o valor dos fluxos de caixa previstos (FC) só irá ocorrer quando a tecnologia estiver finalizada e devidamente protegida. Assim, se o valor do projeto V é

¹³ BERK, J. GREEN, R. NAIK, V. Valuation and Return Dynamics of New Ventures, *Review of Financial Studies*, (2003).

determinado pelo total dos fluxos de caixa descontados subtraídos do investimento (K) ele pode ser expressado como uma função de K, I, FC e T.

A formulação matemática do modelo de simulação, como descrito pelo próprio Schwartz (2004), apresenta uma evolução em relação a seus predecessores ao considerar os fluxos exatamente da maneira como eles ocorrem num processo de P&D da indústria farmacêutica. Contudo, sua operacionalização depende de uma série de restrições teóricas e de condições não verificadas na realidade. Dessa forma, para empreender a aplicação do modelo, utilizou-se a variante de Ernst, Legler e Lichtentaler (2010), que se aproveita das mesmas variáveis transpostas para os dados usualmente disponíveis na realidade. Assim, o modelo para o cálculo do valor pode ser definido como:

$$\text{Equação [28]} \quad V = \int_{t^*}^{\infty} FC_t \times e^{-rt} - \int_0^{t^*} I_t \times e^{-rt}$$

Em que:

V = valor do projeto;

FCt = valor do fluxo de caixa no tempo t ;

r = taxa de desconto utilizada;

t = período de tempo;

t^* = período de tempo de conclusão do desenvolvimento; e

It = valor do investimento no tempo t .

A diferença mais evidente para o modelo original é que a variável K é omitida no cálculo do valor do projeto. Todavia, os autores mostram que ela se encontra implícita na variável I, já que, considerando a integral durante todo o tempo, tem-se que a soma de I em cada período será igual ao custo total para completar o P&D.

A incerteza no termo relativo aos investimentos é considerada a partir da incerteza técnica de desenvolvimento do projeto. O valor de I é modelado como um processo estocástico, em que o valor de cada período será igual à média do período anterior, adicionado de um movimento browniano, também chamado de *drift factor*. Assim, o valor futuro da variável não depende do valor atual, mas, sim, do valor atual corrigido por esse fator (ERNST; LEGLER; LICHTENTALER, 2010).

A incerteza no termo do fluxo de caixa refere-se à ocorrência dos *payoffs* previstos para a venda dos produtos com a inovação. O valor para o FC é modelado da seguinte maneira: para cada período consideram-se um *drift factor* relativo ao reajuste de preços dos produtos (ocasionado por efeitos inflacionários ou influências diversas na economia) e um segundo termo com um movimento browniano ponderando pela volatilidade dos fluxos de caixa.

Pode-se perceber que a formulação da incerteza do fluxo de caixa segue uma lógica muito semelhante ao do modelo binomial. Em verdade, o modelo de Schwartz (2004) segue a mesma linha do de Mathews (2009), utilizando um processo de simulação sobre as mesmas variáveis dos modelos tradicionais de opções. O *drift factor* definido é análogo ao termo $e^{i\Delta t}$ da equação 07, enquanto o termo que considera a volatilidade é o responsável pelos movimentos u e d previstos por Cox, Ross e Rubinstein (1979)

No modelo de Schwartz (2004), após a expiração da patente o valor do fluxo de caixa cai drasticamente. No entanto, como o produto ainda se mantém no mercado, existe um fluxo residual sem os efeitos da proteção legal, determinado por um múltiplo M do último fluxo de caixa sob proteção. Como pela ótica da universidade a expiração da patente não gera *royalties* adicionais, o valor deste termo foi retirado do modelo. Além disso, para os dois casos em que a tecnologia já se encontra acabada o valor final de K é conhecido. Portanto, o termo em função de I é substituído pelo valor consolidado de K , deixando de ser uma variável aleatória.

Para incluir o valor da opção no modelo, considera-se que o preço de exercício é um valor adicional de investimento. Nesse caso, o modelo inicial prevê que todos os investimentos estão localizados entre o período inicial ($t = 0$) e a data em que a patente é depositada ($t = t^*$). Assim, é necessário expandir o período da integral para toda a duração do projeto, até a expiração da patente. Caso a opção não seja exercida o valor de K original será o resultado da integral de I .

O exercício da opção no fluxo de caixa é considerado pela mesma lógica que o modelo de Datar-Mathews. O valor previsto para o FC no período seguinte será afetada, ou seja, a média do valor presente irá se alterar. O componente do *drift factor* se mantém, mas o movimento estocástico gerado pela volatilidade irá considerar também os efeitos da opção. Assim, a volatilidade não mais será considerada como o risco da maneira tradicional como no CAPM, mas, sim, considerando a nova variação de retorno nos cenários da possíveis na

simulação. O valor da opção será a diferença de médias do valor da simulação para o valor esperado do FCD.

Portanto, o modelo adaptado por Ernst, Legler e Lichtentaler (2010) nesse estudo será.

$$\text{Equação [29]} \quad V = \int_{t^*}^{\infty} (FC_t + FCo_t) \times e^{-rt} - \int_0^{\infty} I_t \times e^{-rt}$$

Em que:

V = valor do projeto;

FC_t = valor do fluxo de caixa no tempo t ;

FCo_t = valor do fluxo de caixa adicional gerado pela opção;

r = taxa de desconto utilizada;

t = período de tempo;

t^* = período de tempo de conclusão do desenvolvimento; e

I_t = valor do investimento no tempo t ;

Para a aplicação da simulação, o modelo de Schwartz prevê que os movimentos brownianos são considerados para tempo contínuo. Todavia, para os pressupostos do mundo real, Ernst, Legler e Lichtentaler (2010) consideram que os momentos de decisão são tomados em momentos críticos, principalmente para exercer as opções. Assim, neste estudo utiliza-se essa forma de aplicação, pois suas características são mais coerentes com o contexto da amostra. A simulação de Monte Carlo realiza então uma análise de mil cenários possíveis para calcular os valores totais das inovações e de cada opção.

5.6 Variáveis

As variáveis utilizadas neste trabalho são necessárias para empreender os modelos descritos na seção 5.3. As informações apresentadas na seção 5.2 já indicaram a origem e a forma de utilização dos dados, mas revisa-se aqui a descrição geral de cada variável.

- Investimentos

Esta variável mensura o total de investimento necessário para completar as tecnologias e patenteá-las, tornando possível o processo de licenciamento. Envolve os gastos previstos com mão de obra da equipe de pesquisa (professores, auxiliares e bolsistas) acrescidos dos

encargos, equipamentos e materiais adquiridos para testes ou consumidos na elaboração de protótipos, bem como gastos administrativos para registrar as licenças de comercialização e o depósito de patente.

Os valores previstos para os investimentos não são precisamente avaliados pelo processo da CTIT, pois o controle sobre os gastos do período de desenvolvimento é ineficiente. Assim, foi necessário revisar esses valores diretamente com os inventores. As entrevistas realizadas permitiram apurar cada uma dessas variáveis, e realizou-se uma atualização dos valores descritos inicialmente.

Para os projetos que ainda se encontram em fase de P&D, estimou-se um valor total para completar a inovação a partir do tempo previsto até a conclusão. Como a evolução do projeto segue uma taxa de investimento aproximadamente constante ao longo do tempo, realizou-se um cálculo proporcional em função do tempo total e do tempo restante.

- Preços

O preço de comercialização do produto é estimado pela CTIT e está descrito nos relatórios de inteligência de mercado. Considera os valores dos produtos concorrentes que se encontram no mercado como a principal referência para a definir um preço médio de venda. Se a inovação tiver uma relação de custo-benefício superior aos concorrentes, utiliza-se esse coeficiente para ajustar preço. Porém, como as patentes não possuíam nenhuma pesquisa definitiva que comprovasse uma eficiência maior, a média de mercado foi o principal referencial para a definição do preço.

- Quantidade

Esta variável considera a projeção inicial de venda do produto de inovação quando inserido no mercado. Tal dado foi obtido dos relatórios de análise da CTIT. O procedimento de estimação parte da análise setorial, buscando informações sobre o consumo total de produtos daquele segmento específico. Apesar de as informações de órgãos ou entidades de área não fornecerem uma quantidade relevante de dados, a CTIT possui uma base com informações de milhares de patentes ao redor do mundo. Assim, tem-se uma boa ferramenta de análise comparativa para identificar o consumo dos principais segmentos de inovação.

Em seguida, analisa-se o *market share* dos principais concorrentes, para avaliar a posição de consolidação no mercado. Para estimar a quantidade inicial de venda, utiliza-se como referência a média de produtos concorrentes com menor participação e adota-se esse referencial como ponto de entrada.

Para estimar o crescimento de venda, recorre-se a índices de mercado de cada setor. O crescimento é considerado constante ano a ano, baseado nas perspectivas nos últimos cinco ou dez anos, dependendo da disponibilidade dos dados e do tipo de inovação. Em todos os projetos, foi possível encontrar informações estatísticas suficientes para avaliar o crescimento médio do consumo nos últimos anos.

- Taxa de royalties

Os *royalties* representam a principal remuneração da universidade e do inventor pela utilização da inovação. São calculados considerando uma taxa percentual sobre a receita operacional de cada produto que possui a tecnologia aplicada, a qual é definida no contrato de licenciamento e é escalonada a partir da quantidade de venda pela empresa. À medida que se verifica um aumento de unidades de venda, a taxa de *royalties* aumenta até atingir o seu valor máximo, normalmente entre 6% e 8%.

Para as duas inovações ainda sem contrato de licenciamento, a CTIT já definiu de antemão quais taxas serão cobradas quando isso ocorrer. O valor é calculado mediante a análise do banco de dados de inovações daquele segmento, buscando principalmente projetos com características semelhantes. Esta variável é considerada constante após atingir o limite e não se altera caso ocorra a renovação de contrato ou uma nova empresa licencie a tecnologia.

- Valor de acesso à tecnologia

Além do pagamento de *royalties*, as empresas interessadas em adquirir os direitos de uso da tecnologia se comprometem a pagar um valor inicial para ter acesso ao conhecimento desenvolvido. Este valor garante uma remuneração mínima aos detentores da inovação e ajuda também a evitar que entidades absorvam a tecnologia sem gerar nenhum benefício.

Por mais que exista a proteção legal sobre seu uso, aqueles que tiverem acesso à inovação podem buscar alguma forma de *design around*, pois, em consonância com Mansfield, Schwartz e Wagner (1981), a descoberta da tecnologia não pode ser imitada, mas seus efeitos e seu processo podem ser adaptados em alguns casos. Logo, funciona como um tipo de garantia para a instituição.

Os valores de acesso estão descritos em contrato e são pagos logo após a efetivação do licenciamento. No entanto, é prática da CTIT parcelar esse pagamento durante os períodos não comerciais do licenciamento, buscando facilitar a entrega do produto final ao mercado. Neste estudo, esta variável foi considerada com pagamento integral no primeiro ano de licenciamento.

- Taxa de juros

A definição da taxa de juros refere-se a variável da taxa livre de risco utilizada no modelo de FCD e nos modelos de OPM. Ela representa a remuneração básica da economia atual. O referencial utilizado para esta taxa foi o mesmo adotado para o processo de avaliação da CTIT. Assim, aplicou-se a mesma taxa para todos os projetos, baseando-se na Selic do Banco Central¹⁴.

- Beta

O procedimento para o cálculo do beta, medida de risco do fluxo de caixa dos projetos, foi feito seguindo os procedimentos descritos no modelo CAPM. No entanto, por se tratar de projetos com características diferentes da economia geral, utilizou-se como carteira de mercado o conjunto de retorno específico dos segmentos da amostra. Esses dados são calculados pela CTIT, com base no banco de dados que possuem. Em seguida, aplica-se o ajuste sugerido por Razgaitis (2003) em função do estágio de desenvolvimento da inovação.

- Inflação

A taxa de inflação é utilizada para corrigir os preços dos produtos ao longo do tempo, considerada com *drift factor* em alguns modelos de opções utilizados. Na ausência de índices setoriais, foi utilizado o Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M) divulgado pela Fundação Getúlio Vargas. Considerou-se um valor único, anual e constante para todo o período do projeto.

- Taxa de atratividade do investimento

A taxa de atratividade, a taxa de desconto ou também custo de capital dos projetos, foi calculada a partir do modelo CAPM ajustado para as inovações. Considera-se para o caso da universidade que ocorre a utilização apenas de capital próprio no investimento durante a P&D. Esta taxa é composta do beta, da taxa livre de risco, do retorno médio do mercado (no caso, do segmento) e do ajuste de estágio de desenvolvimento. Foi utilizada para descontar os valores até a data presente no modelo de FCD e também incorporada nos modelos de opções que recomendam sua aplicação.

- Ajuste de risco

Utilizaram-se dois tipos de ajuste de risco no projeto. O primeiro foi aplicado no cálculo do beta a partir de Razgaitis (2003), cujos valores foram descritos anteriormente. O

¹⁴ Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/?SELICTAXA>

segundo foi calculado apenas para a amostra da indústria farmacêutica, considerando a probabilidade de viabilidade técnica em cada etapa do teste clínico.

Este ajuste é correspondente ao ajuste λ sugerido por Schwartz (2004), mas sua forma de impacto nos fluxos é diferente. Enquanto o autor considera essa probabilidade como uma falha catastrófica, reduzindo os fluxos futuros a zero na simulação, as probabilidades são consideradas como um operador de valor esperado do fluxo de caixa tradicional, reduzindo a média dos valores futuros.

Tendo em vista os objetivos deste estudo, optou-se por manter o padrão utilizado pela CTIT para estimar o VPL estático, pois as informações de ajuste técnico de cada fase são mais precisas na realidade que as do modelo teórico de Schwartz (2004). Essas probabilidades são calculadas a partir de dados históricos de outras inovações, por isso são mais coerentes com sua aplicação.

- Volatilidade

A volatilidade dos projetos é definida pelo desvio padrão dos resultados futuros possíveis, seguindo o procedimento descrito por Hull (2008). Este valor é utilizado diretamente nos modelos de simulação de Black e Scholes (1973) e Margrabe (1978). Essa variável também é usada no modelo binomial para definir os caminhos superiores e inferiores da árvore de decisão, conforme Cox, Ross e Rubinstein (1979).

Optou-se por não adotar a volatilidade implícita, como em Nascimento (2005) e Monteiro (2003), uma vez que os referenciais de mercado consideram um produto já consolidado, principalmente em grandes companhias da indústria. Pelo fato de as inovações estudadas ainda não terem atingido sua maturidade comercial, essa referência para o cálculo da volatilidade pode gerar distorções relevantes.

Como as inovações não possuem dados históricos de retorno, a solução recorrente na literatura para estimar a volatilidade dos fluxos foi considerar o desvio padrão dos possíveis cenários de desempenho do fluxo de caixa, tendo a média como FCD estático. Esse VPL é calculado para um contrato de dez anos, portanto deve-se calcular o valor anual equivalente de cada projeto.

O mesmo procedimento foi utilizado para estimar a volatilidade do investimento, com a ressalva de que os projetos já licenciados possuem um gasto de desenvolvimento conhecido. Porém, como os investimentos revisados com os inventores são estimados em parte de maneira subjetiva, considera-se que por mais detalhada que seja a coleta, algum nível de

imprecisão ainda existirá. Logo, a diferença entre o investimento calculado pela CTIT e o revisado neste estudo foi comparada para definir um desvio total para o período de P&D. Tendo conhecimento do tempo total da pesquisa, pôde-se, então, verificar a taxa equivalente anual que gera esse desvio.

Por fim, o modelo de Margrabe (1978) requer que seja definido um índice de correlação entre essas duas volatilidades. Segundo Bessen (2008), Mathews (2009) e Bandeira (2010), espera-se que projetos de inovação protegidos por patentes com menor tempo de investimento gerem maiores fluxos futuros, pois aproveitam melhor o período de proteção legal. Portanto, essa correlação tem valor teórico esperado negativo. Para calculá-la, utilizou-se uma análise de cenários. Conforme as mudanças de valores de investimento, apuraram-se os fluxos de caixa esperados correspondentes, e com tais dados definiu-se a correlação entre as volatilidades.

- Tempo

Com exceção dos modelos de tempo contínuo de Black e Scholes (1973) e Margrabe (1978), a característica dos projetos no mundo real define um período de análise discreto, com periodicidade anual. Todos os dados foram tabulados segundo esse padrão, para permitir a aplicação dos modelos de análise.

O tempo de desenvolvimento de cada pesquisa é variável, sendo apurado com os inventores a partir da data de início indicada. A data de término do P&D é considerada no momento da obtenção da licença de comercialização (no caso da amostra de fármacos) ou da finalização do protótipo (no caso da amostra de engenharia). As patentes foram consideradas com período de vinte anos de proteção legal.

De posse dessas informações, o período de benefícios do fluxo de caixa corresponde ao período de proteção, subtraído do período de desenvolvimento após o depósito da patente. Como esse intervalo é superior a dez anos (duração dos contratos de licenciamento), o tempo remanescente é considerado o período de renovação para a opção de prorrogação.

A opção de expansão pode ser exercida trinta meses após o depósito de patente no mercado nacional. Assim, como é uma opção americana, foram definidos três momentos de decisão para exercer ou não essa flexibilidade, uma em cada ano. Na opção de abandono, considera-se um prazo total de três anos para exercício contado a partir do início do licenciamento.

- Valor do ativo objeto

Para determinar o valor do ativo objeto de cada opção a ser testada, recorre-se ao proposto por Copeland e Antikarov (2001). Utilizando o princípio do *Market Asset Disclaimer*, pode-se adotar o valor do FCD estático como o componente para a carteira réplica teórica dos modelos de opção. Neste estudo, adotou-se o VPL revisado e modelado segundo o padrão descrito na seção 5.3.1.

Os argumentos para utilizar tal procedimento podem ser verificados em Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010) e Hearth e Park (1999). Tais autores mostram que o modelo tradicional de FCD nada mais é que um modelo binomial em que existe um único caminho de evolução, ou seja, sem considerar a volatilidade dos fluxos ano a ano. É o caso específico em que o VPL estratégico se igual ao VPL estático.

- Preço de exercício

O preço de exercício é considerado pelos modelos como o investimento adicional a ser realizado para garantir o direito aos benefícios da flexibilidade gerencial de uma opção. Logo, ele se diferencia do valor total para completar a tecnologia e torná-la um produto comercial. A forma de consideração para cada opção é descrita a seguir:

– Expansão: a decisão de expandir o escopo de proteção legal do projeto, buscando acelerar o processo de venda no exterior, caso ocorra, é tomada em momento anterior ao do licenciamento. Assim, o custo total de obter a patente internacional ou outros certificados relevantes é equivalente ao investimento realizado para exercer essa opção. Esse investimento é estimado a partir das informações do processo de depósito de patentes fornecias pela CTIT.

– Abandono: caso a empresa que obteve o licenciamento não cumpra os prazos estipulados no contrato, a universidade ou o inventor podem exigir o cancelamento de todo o contrato sem nenhum custo real relevante para isso. Todavia, ao tomar essa decisão, deve-se buscar um novo parceiro comercial para empreender o projeto comercial. Se isso não for realizado, o fluxo de caixa futuro será igual a zero e a inovação gerará um déficit para seus investidores. Logo, existe um custo de oportunidade de cancelar o contrato atual correspondente à possibilidade de haver um novo licenciamento para a mesma tecnologia. Com base nos dados históricos da CTIT, essa estatística é de aproximadamente 5% dos casos, sendo este o valor considerado para definir o preço de exercício da opção;

– Prorrogação: esta é a única opção europeia neste estudo. Só pode ser exercida caso haja um cenário positivo para a empresa que vende os produtos com a inovação no final do décimo ano de contrato. Novamente, renovar ou não o contrato não gera nenhum custo real relevante para o inventor ou a universidade. Porém, adota-se a mesma lógica da opção de abandono, uma vez que existe o custo de oportunidade de manter o parceiro atual ou buscar um novo que possa potencializar ainda mais o retorno futuro. Esse custo de oportunidade é também equivalente à chance de obter um novo licenciamento (5%), mas com o valor corrigido para o décimo ano de contrato.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 Caso de Estudo 01

Para a inovação do CE01, que engloba uma tecnologia conjugada por duas patentes das áreas de fisioterapia e engenharia, os relatórios de inteligência de mercado apontam que existem poucos *players* comercializando produtos semelhantes ao desenvolvido, tanto no Brasil quanto no exterior. Por isso, a inserção dessa inovação no Brasil pode ganhar uma expressiva fatia de mercado já no início de sua comercialização. Ao final do primeiro ano de operação, espera-se obter 5% do *market share*.

Os materiais utilizados no protótipo atual são de fácil obtenção por intermédio de fornecedores comuns, com exceção do cabo elástico específico da patente conjugada. Todavia, o processo de fabricação deste também não é complexo. Assim, o custo esperado para a veste é bastante inferior ao dos produtos concorrentes. Esse reflexo pode ser observado no preço unitário previsto: enquanto os concorrentes chegam ao consumidor final por aproximadamente R\$5.000,00, o produto em análise deve iniciar no patamar de R\$3.500,00, mantendo margem de lucro semelhante. O crescimento médio esperado para as vendas é de 16,48% ao ano, acompanhado de reajuste de preço dos materiais de 5,67%.

O processo de P&D já se encontra totalmente acabado, ficando a cargo da empresa o desenvolvimento restante para transformar o protótipo em produto acabado. No total, os investimentos realizados na ótica da universidade foram de R\$526.857,14. Esse valor apresenta uma diferença de 5,33% em relação ao investimento orçado pela CTIT. É válido frisar que nos períodos finais de desenvolvimento parte dos custos com materiais e protótipos foi financiado por um investidor externo interessado na pesquisa. Esse valor não foi considerado no investimento total, visto que esse estudo focaliza a avaliação dos fluxos para a universidade.

A empresa parceira pagou R\$40.000,00 para ter acesso à tecnologia no momento do licenciamento da patente. A proteção legal foi iniciada após o pedido em 2011. Assim, espera-se que ao final do contrato vigente o projeto ainda tenha um potencial de renovação por mais oito anos. As informações para o cálculo do modelo de FCD, baseadas nas análises de mercado da CTIT, estão expostas na Tabela 01.

Tabela 01 – Variáveis de entrada para análise do CE01

Variáveis	Valores
Preço unitário	R\$3500,00
Market share inicial	5,00%
Taxa de crescimento	16,48% a.a.
Taxa de royalties	8,00%
Valor de acesso a tecnologia	R\$40.000,00
Investimento total	R\$526.857,14
Índice de inflação	5,67% a.a.
Taxa de juros	10,65% a.a.
Coeficiente beta (β)	1,3
Taxa de atratividade	34,00% a.a.

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 02 – Resultados do modelo de Fluxo de Caixa Descontado do CE01

Cenário	Valor	Variação
VPL calculado pela CTIT		
Valor do projeto	R\$2.240.517,82	
VPL recalculado		
Cenário mais provável	R\$2.092.538,15	-6,60% *
Cenário otimista	R\$2.554.893,13	22,10% **
Cenário pessimista	R\$1.324.898,03	-36,68% **

* Variação calculada sobre o valor da CTIT

** Variação calculada sobre o valor do cenário mais provável

Fonte: Elaborada pelo autor

O valor inicial estimado para o projeto pela CTIT foi de R\$2.240.517,82 para os dez anos de contrato de licenciamento. Esse valor reflete um potencial relevante de mercado acompanhado de um crescimento expressivo desde os primeiros anos de venda. Como a inovação tem utilidade no segmento fisioterápico e também no segmento esportivo, é possível perceber que existe potencial de retorno significativo em relação aos custos despendidos na pesquisa em ambas as atividades.

Após aplicar o modelo de FCD proposto neste estudo, considerando ainda os efeitos da revisão do investimento, o valor do projeto foi reduzido em 6,6%, mas ainda assim demonstra a possibilidade de retorno relevante para o investimento da universidade. A análise dos dois cenários alternativos (otimista e pessimista, respectivamente) prevê um potencial de valorização de 22,10% caso o mercado se mostre favorável à aceitação do produto ou uma queda de 36,68% durante os dez anos iniciais se as expectativas de venda não forem atingidas desde os primeiros anos ou se o desenvolvimento do produto final for retardado.

A consideração dessas possibilidades demonstra que, mesmo utilizando variáveis abaixo do esperado pelas análises de mercado, o VPL do projeto ainda é positivo e com um valor de pelo menos 2,5 vezes o total de investimento realizado. Assim, pela análise dos modelos de FCD, espera-se que a inovação seja um projeto rentável para seus detentores dentro do período do contrato de licenciamento, conseguindo gerar ganhos superiores aos gastos para a conclusão do processo de P&D.

Após a análise do VPL estático, empreenderam-se as avaliações utilizando os modelos de opções reais. Os resultados para cada tipo de flexibilidade são exibidos nas tabelas 03, 04 e 05. A análise conjunta das opções, avaliadas como uma opção composta sem sobreposição, é exibida na Tabela 06.

Tabela 03 – Resultados dos modelos para a opção de expansão do CE01

Preço de exercício				R\$61.567,02
Volatilidade do FC				56,41%
Volatilidade do investimento				13,57%
Correlação entre volatilidades				-0,2273
Prazo para exercício				3 anos
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação	
Binomial	R\$116.449,48	R\$2.208.987,64	5,56%	
Black e Scholes	R\$326.393,35	R\$2.418.931,51	15,60%	
Margrabe	R\$319.252,31	R\$2.411.790,46	15,26%	
Datar-Mathews	R\$96.275,08	R\$2.188.813,23	4,60%	
Schwartz	R\$40.450,68	R\$2.132.988,83	1,93%	

Fonte: Elaborada pelo autor

Para a opção de expansão, considera-se o potencial de mercado existente nos principais países em que os produtos concorrentes também são comercializados. O produto do CE01 tem característica de inovação que lhe permitem ser vendidos nesses mercados, mantendo um preço final ao consumidor inferior ao das outras empresas. Assim, espera-se obter resultados positivos se a empresa tiver interesse na venda no exterior.

O custo previsto para a universidade viabilizar essa operação de maneira antecipada, ou seja, sem depender de que a empresa solicite a proteção legal nos mercados internacionais é de R\$61.567,02, tratado como o preço de exercício desta opção. Como o depósito da patente foi realizado em 2011 e o prazo de exercício é de três anos, a universidade pode realizar a opção até o ano vigente.

A análise dos cenários considerando o potencial de venda no exterior indica que a volatilidade dos fluxos de caixa é de 56,41%, enquanto a volatilidade do investimento (que inclui também uma margem de imprecisão na estimação do investimento total) é de 13,57%.

Utilizando o modelo binomial, percebe-se que exercer a opção geraria um VPL adicional de R\$116.449,48, aumentando o valor estratégico do projeto em 5,56%. A opção seria exercida em 87% dos caminhos ao final do terceiro ano, sendo que não deve ser realizado o exercício antecipado em nenhum dos caminhos.

Já pelo modelo de Black e Scholes, o valor da opção seria de R\$326.393,35, potencializando o VPL total em 15,60%. De maneira semelhante, o modelo de Margrabe gera um aumento de 15,26% para a inovação. Percebe-se que os valores absolutos de ambos modelos estão muito próximos, o que indica que o investimento adicional para o exercício da opção torna-se praticamente irrelevante diante do potencial de ganhos com a venda do produto no mercado externo.

O modelo de simulação de Datar-Mathews proporciona um aumento médio de 4,60% no valor mais provável da tecnologia. Diferentemente da análise pelo método binomial, este modelo aponta para um exercício da opção em apenas 12,5% dos cenários. No entanto, o valor adicionado ao projeto com os fluxos de caixa podem ser bem maiores, ou seja o valor dos cenários simulados mais otimistas é superior ao dos caminhos superiores do binomial. Isso faz com que, em média, o valor estimado para a opção por ambos os modelos seja diferente em apenas R\$10.000,00, apesar da diferença na análise da origem do valor adicionado.

Por fim, o modelo de Schwartz estimou um menor VPL para a opção, representando um acréscimo de apenas 1,93% no resultado do projeto. A probabilidade dos cenários em que a opção é exercida foi de apenas 3,60% dos casos, o que, em média, reduz o valor da flexibilidade. Os resultados dessa simulação mostram-se semelhantes ao do modelo de Datar-Mathews, com poucos cenários muito rentáveis e a maioria deles não indicando o exercício da expansão.

Em suma, todos os modelos apontam que a opção acrescenta valor esperado ao projeto. No entanto, observa-se que os modelos de simulação preveem um comportamento diferente dos modelos binomiais de Black e Scholes e de Margrabe, mesmo que todos os valores sejam positivos. Nesses, a maioria dos resultados indica que a opção não será

exercida, mas se o cenário real até o momento da decisão for positivo, o valor adicionado seria maior que o previsto nos demais modelos.

Essa análise indica que o valor da opção não é gerado apenas pelo benefício financeiro do fluxo de caixa. O fato de possuir o direito de exercer ou não aumenta consideravelmente o VPL do projeto, uma vez que seus gestores tomarão a decisão de acordo com o delineamento do cenário real.

Tabela 04 – Resultados dos modelos para a opção de abandono do CE01

Preço de exercício			R\$104.626,91
Volatilidade do FC			74,82%
Volatilidade do investimento			6,38%
Correlação entre volatilidades			-0,2273
Prazo para exercício			3 anos
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$7.237,10	R\$2.099.775,26	0,35%
Black e Scholes	R\$0,00	R\$2.092.538,15	0,00%
Margrabe	R\$0,00	R\$2.092.538,15	0,00%
Datar-Mathews	R\$24.441,23	R\$2.116.797,38	1,17%
Schwartz	R\$48.469,31	R\$2.141.007,47	2,32%

Fonte: Elaborado pelo autor

A opção de abandono foi estimada com um preço de exercício de R\$104.626,91, relativo à chance de um novo licenciamento ocorrer caso o contrato seja rompido dentro dos três primeiros anos de vigência. É, portanto, um custo de oportunidade incorrido e não um investimento real. Esse valor pondera uma possibilidade aproximada de 5% de uma nova negociação ocorrer e considera o valor do fluxo de caixa estático dos anos restantes para licenciamento. A volatilidade do fluxo desta opção é maior que o da expansão, pois os cenários de abandono podem também gerar um valor nulo para os *royalties* futuros.

O modelo binomial aplicado a esta opção indica que em 82% dos caminhos previstos o contrato não será rompido e o projeto iniciará a fase comercial no prazo esperado. Essa alta probabilidade é reflexo direto dos VPL positivos em todos os cenários, significativamente superiores aos investimentos. É também reflexo da baixa complexidade de fabricação do produto em escala, possibilitando chegar facilmente ao produto acabado em curto tempo, e da menor burocracia de certificações e licenças para venda. Dessa forma, o modelo binomial prevê a possibilidade de um aumento pequeno no valor do projeto, representando um VPL adicional de apenas 0,35%.

De maneira semelhante, os modelos de Black e Scholes e Margrabe apontam que a opção não acrescenta nenhum valor ao projeto. Analisando tais resultados com mais detalhes, percebe-se que eles preveem que o valor esperado para os fluxos futuros do contrato atual são superiores aos ganhos de um possível novo contrato, mesmo em cenários mais pessimistas. Como a probabilidade de renegociação é baixa, um projeto com boa perspectiva de aceitação no mercado deve ser continuado mesmo se sua operação for iniciada após os três anos iniciais do contrato.

O modelo de Datar-Mathews indica que a opção de abandono será exercida em 18,30% dos casos. De maneira similar, o modelo de Schwartz aponta o exercício em 20,40%. Apesar de ser uma probabilidade relevante para um projeto que inicialmente prevê resultados positivos, o valor adicionado pela opção é muito baixo em ambas as simulações adicionando, respectivamente, 1,17% e 2,32% ao projeto. Assim, mesmo nas situações em que o contrato é rompido, o valor esperado de uma nova negociação pouco acrescenta para a análise de valor da inovação.

Tabela 05 – Resultados dos modelos para a opção de prorrogação do CE01

Preço de exercício			R\$1.529.366,12
Volatilidade do FC			31,21%
Volatilidade do investimento			3,87%
Correlação entre volatilidades			-0,2273
Prazo para exercício			10 anos
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$295.109,31	R\$2.387.647,46	14,10%
Black e Scholes	R\$301.409,65	R\$2.393.947,81	14,40%
Margrabe	R\$301.299,94	R\$2.191.838,09	14,39%
Datar-Mathews	R\$575.731,72	R\$2.668.269,88	27,51%
Schwartz	R\$745.840,01	R\$2.838.378,56	35,64%

Fonte: Elaborado pelo autor

A última opção considerada para o CE01 refere-se a possibilidade de prorrogar o contrato atual até a data de expiração da patente. Como o depósito é recente e o desenvolvimento já está finalizado, o contrato pode ser renovado em até oito anos após seu término. Nesse momento, espera-se que a atuação comercial já esteja estabilizada, o que acarreta redução na volatilidade dos fluxos em relação às demais opções. Assim, essa variável na opção de prorrogação é de 31,21%. Ao mesmo tempo, não haverá a necessidade de novos investimentos. Sua volatilidade será de 3,87%.

O preço de exercício dessa opção é de R\$1.526.366,12. Comparativamente, esse valor é muito superior ao das demais opções. Contudo, deve-se lembrar que esse investimento refere-se ao custo de oportunidade incorrido pelos detentores do projeto durante todos o desenvolvimento e os dez anos de contrato. Ainda, conforme indicam Van Putten e MacMillan (2004), neste estágio o projeto já tem suas características em relação ao mercado conhecidas o que aumenta o valor esperado dos fluxos anuais.

Verifica-se que para todos os modelos espera-se uma contribuição positiva da opção de prorrogação. O menor valor adicionado é o do modelo binomial de 14,10%, muito próximo aos valores de Black e Scholes (14,40%) e Margrabe (14,39%). Tais modelos estimam uma probabilidade de 97% de exercício. O modelo de Schwartz é o que indica maior acréscimo de valor ao previsto pelo FCD, com uma média R\$745.840,01 entre os cenários. Esse valor é mais de um terço do VPL estático calculado. O modelo de Datar-Mathews também aponta um resultado bastante favorável para exercer a opção, aumentando em 27,51% o VPL total e com uma probabilidade superior a 90% de fazê-lo.

O valor desta opção para o CE01 é uma consequência do FCD positivo esperado na maioria das projeções. Nota-se pela análise simples de três cenários que o VPL positivo apontaria que o contrato seria renovado em 100% os casos, já que mesmo na condição pessimista o valor ainda indica um retorno do investimento no primeiro contrato. Incluindo essa possibilidade como uma opção real, os modelos reafirmam que o valor esperado para a prorrogação deve ser no mínimo 14% do VPL inicial, mas admitem uma possibilidade de isso não ocorrer. Mesmo que na prática isso não modifique a decisão dos gestores, os modelos de opção são mais abrangentes que os de FCD, avaliando, até mesmo, pequenas probabilidades de ocorrência.

Vale destacar, ainda, que a prorrogação do contrato não interrompe a comercialização do produto. Assim, o nível atual de vendas no ano dez é tomado como base para os períodos posteriores. Portanto, os fluxos de entrada de *royalties* no tempo adicional são maiores que no primeiro contrato em valor absoluto. Porém, devido ao efeito da taxa de desconto, o valor presente dos fluxos mais distantes adiciona cada vez menos ao cálculo do VPL, visto que a taxa é considerada composta ano a ano. A contraposição desses dois efeitos, nesse caso, gerou um resultado relevante, principalmente, porque o tempo de renovação adicionado faz que quase a totalidade do tempo de vida da patente esteja na fase de comercialização.

Em suma, verifica-se que das três opções testadas a flexibilidade de prorrogar o contrato é que se espera adicionar maior valor ao projeto, mesmo podendo ser exercida

somente no final do prazo do contrato. A opção de expansão também se mostrou relevante nos dois modelos de tempo contínuo, adicionando cerca de 15% ao VPL. Os demais modelos indicaram um resultado médio positivo, mas com um impacto muito pequeno em relação aos demais. Já a opção de abandono mostrou-se muito pouco significativa, pois mesmo onde se identificou um valor adicional, o percentual foi sempre inferior a 2,5%.

Para considerar corretamente os efeitos conjuntos das opções, deve-se levar em conta as sobreposições ou os efeitos em cadeia gerados por seus exercícios. A Tabela 06 apresenta a avaliação dos projetos considerando uma única opção composta. Em seguida, a Tabela 07 mostra a sensibilidade do resultado das variáveis ligadas a taxa de desconto e à probabilidade de venda, que foram indicadas pela literatura como de difícil determinação e sujeitas a imprecisões.

Tabela 06 – Resultados dos modelos para as opções combinadas do CE01

	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$511.612,95	R\$2.604.151,10	24,45%
Black e Scholes	R\$627.803,01	R\$2.720.341,16	30,00%
Margrabe	R\$620.552,25	R\$2.713.090,40	29,66%
Datar-Mathews	R\$674.080,10	R\$2.766.618,26	32,21%
Schwartz	R\$579.646,48	R\$2.672.184,62	27,70%

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 07 – Teste de sensibilidade para o CE01

	Taxa de juros	Volatilidade	Prob. Venda
Binomial	-3,97%	1,62%	4,24%
Black e Scholes	-3,35%	0,71%	1,88%
Margrabe	-3,62%	0,59%	1,93%
Datar-Mathews	-3,60%	8,38%	10,72%
Schwartz	-9,69%	3,72%	18,30%

Fonte: Elaborada pelo autor

Os valores obtidos com a análise da opção composta são divergentes das opções individuais. O modelo binomial foi o que previu o menor valor adicionado, R\$511.612,95, aumentando em 24,45% o valor do VPL inicial. Já o modelo de Datar-Mathews foi o que gerou maior VPL estratégico, totalizando R\$2.766.618,26, ou 32,21% a mais que o previsto no cenário mais provável. Em média, os resultados dos modelos de opções indicaram que possuir o direito de agir estrategicamente sobre o projeto à medida que ele vai se delineando no tempo gera uma avaliação superior ao do modelo de FCD, conforme previsto pela teoria de OPM.

Porém, vale observar algumas diferenças relevantes na análise conjunta. O modelo binomial, por exemplo, foi o que apurou o menor resultado da opção de prorrogação, ao passo que apresentou o maior acréscimo na opção de expansão. De maneira contrária, o modelo de Schwartz prevê uma valorização maior oriunda dos fluxos de longo prazo do que da atividade de comercialização no mercado externo. Essas diferenças se dão, basicamente, na forma de distribuição do crescimento dos fluxos ao longo do tempo e do potencial máximo que cada um permite considerar.

Os modelos de simulação, para este caso, abrangem um número maior de cenários finais que o modelo binomial. Enquanto geram-se mil cenários possíveis nos modelos de Schwartz e Datar-Mathews, o binomial supõe apenas dois movimentos (um de elevação e outro de queda) por período. Logo, é de se esperar que o modelo de simulação capte valores mais extremos que impactam o VPL. No CE01, isso indica maior impacto de a expansão se mostrar mal-sucedida e de a operação atingir patamares de venda maiores nos anos finais do projeto.

É válido notar, ainda, como ocorrem efeitos diversos nas opções combinadas. Observando o modelo de Schwartz, vê-se que o resultado final é inferior ao resultado da opção de prorrogação isolada. A explicação para isso é que este modelo foi o que previu maior valor na opção de abandono, o que tem grandes chances de reduzir o tempo possível de renovação do contrato. Exercer a quebra contratual inicia um novo processo de licenciamento, que envolve desde a negociação de valores de acesso e *royalties*, até a avaliação da empresa sobre a tecnologia. Esse processo demanda um tempo considerável, às vezes levando anos para se concretizar. Logo, impacta negativamente o valor da opção de prorrogação.

De maneira análoga, pode-se verificar o efeito da opção de expansão diretamente na opção de prorrogação. Neste caso, ocorre a potencialização do valor adicionado: optar por agilizar a venda no mercado externo antecipa os fluxos previstos para as datas futuras. Logo, o primeiro fluxo da renovação de contrato será maior que o da opção isolada, pois o produto está no mercado há mais tempo e acumula maior crescimento com o tempo. Esse efeito pode ser identificado nos resultados do modelo de Datar-Mathews, apesar de sofrer também efeito contrário da opção de abandono.

Em relação à análise de sensibilidade, uma variação positiva na taxa de juros tem impacto negativo no valor da opção em todos os casos. Para uma mudança de 1% para cima, os quatro primeiros modelos sofreram uma redução entre 3% e 4%, enquanto o modelo de Schwartz apontou maior sensibilidade, reduzindo em quase 10% o valor da opção.

Para a sensibilidade à volatilidade dos fluxos, o modelo de Datar-Mathews foi o que mostrou maior impacto, de 8,38%. Como esperado pela teoria, a volatilidade é uma variável de geração de valor no modelo de opções, uma vez que a ação estratégica dos gestores permite eliminar ou reduzir os cenários negativos no mundo real, principalmente pela opção de abandono. Todavia, como essa opção teve pouco impacto na análise conjunta dos valores para o CE01, a sensibilidade à volatilidade pode ter sido menor que a encontrada para as demais inovações.

Por fim, uma variável bastante relevante para a CTIT e a universidade é a probabilidade de venda ou negociação dos projetos. Diferentemente de um produto "comum", negociar um contrato de licenciamento de uma tecnologia permeada com alta incerteza sobre sua viabilidade técnica e comercial é uma tarefa complexa. Assim, foi verificado que a chance de uma patente ser negociada (ou renegociada em alguns casos) é baixa, de aproximadamente 5%. Isso impacta diretamente o custo de oportunidade do licenciamento e as decisões tomadas pelos gestores, pois estima-se que apenas um em cada vinte projetos terá a chance de reiniciar a fase comercial.

Logo, como esperado, esta variável foi a que mostrou maior impacto no valor das opções, com uma variação máxima de 18,3% no modelo de Schwartz para cada 1% a mais de chance de venda. Como essa variável impacta mais diretamente as opções de abandono e de prorrogação, é possível chegar a algumas considerações importantes para o CE01. Primeiro, como o valor da opção de abandono em Black e Scholes e Margrabe é nula, uma variação de 1% não foi suficiente para gerar valor com essa flexibilidade, afetando somente a opção de prorrogação. Para os demais modelos, com valores positivos em ambas as opções, a sensibilidade foi maior, potencializando principalmente os resultados obtidos através de simulações

6.2 Caso de Estudo 02

O CE02 aborda a tecnologia referente a uma órtese que proporciona a reabilitação do movimento de pinça das mãos. Segundo os relatórios da CTIT, apesar de o protótipo gerado apresentar resultados positivos nos testes com usuários, o produto final ainda não está desenvolvido. Com isso, espera-se que a tecnologia esteja acessível para o mercado em até dois anos após o início do contrato de licenciamento. Os materiais para a produção não são de alta complexidade, mas o processo de montagem em larga escala ainda deve ser avaliado.

O mercado consumidor desse tipo de tecnologia está em crescimento, com índices otimistas, segundo as principais entidades do segmento, em média 15% ao ano. Contudo, devido ao alto custo de aquisição para o consumidor final (o preço estimado é de R\$5.100,00 e deve-se considerar ainda o gasto com acompanhamento de médico especialista durante o uso), o potencial de vendas não é elevado, prevendo um *market share* de 1%.

A pesquisa dessa inovação é antiga, fruto de uma série de estudos teórico-empíricos da pós-graduação do curso de engenharia. Todavia, o projeto só se consolidou como uma inovação a partir de sua aplicação em usuários de reabilitação. Com isso, o investimento total direto no processo de desenvolvimento foi de R\$311.200,00, uma diferença quase 29% menor do orçado inicialmente. Essa variação relevante é decorrência da imprecisão da apuração dos gastos de desenvolvimento.

O licenciamento ocorreu no ano de 2010, cinco anos depois do depósito da patente, com um pagamento de R\$14.000,00 para acesso a tecnologia e *royalties* de 3% sobre a receita. O período de expiração da patente ocorrerá cinco anos após o encerramento desse contrato inicial. A taxa de atratividade do projeto foi estimada em 21% ao ano. Os demais valores para o cálculo do FCD estão descritos na Tabela 08 e os resultados na Tabela 09.

Tabela 08 – Variáveis de entrada para análise do CE02

Variáveis	Valores
Preço unitário	R\$5.100,00
Market share inicial	1,00% .
Taxa de crescimento	15,00% a.a.
Taxa de royalties	3,00%.
Valor de acesso a tecnologia	R\$14.000,00
Investimento total	R\$311.200,00
Índice de inflação	5,67% a.a.
Taxa de juros	10,65% a.a.
Coeficiente beta (β)	1,15
Taxa de atratividade	21,00% a.a.

Fonte: Elaborada pelo autor

O CE02 apresentou um valor negativo nas projeções do VPL realizada pela CTIT, em um total de - R\$364.289,01. É válido destacar que a análise com foco na universidade é diferenciada da análise empresarial comum do VPL e até mesmo da viabilidade da tecnologia para a entidade que fizer a sua comercialização. Assim, o valor negativo calculado indica apenas que a pesquisa não deve gerar retorno suficiente durante os dez anos de licenciamento para compensar o investimento realizado, a um custo de atratividade determinado.

Tabela 09 – Resultados do modelo de Fluxo de Caixa Descontado do CE02

Cenário	Valor	Variação
VPL calculado pela CTIT		
Valor do projeto	- R\$364.289,01	
VPL recalculado		
Cenário mais provável	- R\$245.491,58	-32,61% *
Cenário otimista	- R\$217.632,88	-11,35% **
Cenário pessimista	- R\$268.703,54	9,45% **

* Variação calculada sobre o valor da CTIT

** Variação calculada sobre o valor do cenário mais provável

Fonte: Elaborada pelo autor

A decisão do VPL de aceitar ou rejeitar o projeto não é válida para este caso. A universidade incorre em investimentos indiretos nesses projetos, como o uso de laboratórios, mão de obra dos professores e aquisição de equipamentos compartilhados. Tais investimentos não dependem da análise do VPL da tecnologia, mas sim de outros fatores, como pregam Eletherios, Pottlesberghe e Navon (2006). A decisão de equipar um laboratório, por exemplo, passa por contextos políticos, que reforçam o papel da universidade de incentivar a atividade intelectual. Além disso, firmar um contrato possibilita a atividade comercial e mesmo não recuperando o investimento realizado, auxilia a reduzir

Após a revisão dos investimentos e das projeções, o novo valor calculado para o VPL foi de - R\$245.491,58 ainda insuficiente para gerar retorno. Porém, esse valor já é superior ao estimado pela CTIT, com uma variação de 32,61% (o valor negativo da Tabela 09 é apresentado, pois o valor original é negativo). A principal diferença entre o cenário otimista e pessimista é relativa ao prazo de inserção da inovação no mercado. O cenário otimista leva em conta que a adaptação do protótipo ao produto final ocorrerá no primeiro ano possível, enquanto o cenário mais negativo prevê um retardo adicional de um ano do início das vendas.

Mesmo com essas possibilidades em análise, o projeto não apresentou perspectiva de retorno positiva, com uma variação média de 10% entre os cenários. A comercialização do produto só será capaz de gerar uma redução de, aproximadamente, R\$100.000,00 até a data final do contrato. A explicação para o baixo retorno da patente é que o segmento de mercado do CE02 é muito restrito e já conta com outras pesquisas similares concorrentes. Isso faz com que a projeção de vendas seja insuficiente para gerar retorno, mesmo com uma taxa prevista de crescimento razoável.

Esse resultado é refletido também no valor da opção de expansão, exibida na Tabela 10. O preço de exercício, que mostra o gasto adicional com o depósito de patentes internacionais é de R\$31.120,00 e a volatilidade dos fluxos de 64,40%. Nesse caso, foi simulado o valor que a opção teria até a data de três anos após o depósito nacional da patente, já que esse prazo já se expirou na realidade.

O valor estimado reflete a decisão já tomada pelos gestores da patente e está em consonância com as análises de mercado. O baixo potencial de vendas ao consumidor final e a existência de pesquisas semelhantes, principalmente no exterior, fazem com que o mercado externo seja muito pouco atrativo para essa inovação. Logo, nenhum dos modelos apontou que a opção de expansão agregaria valor ao projeto.

Mesmo os modelos de simulação que captam pequenas probabilidades de ocorrência (de até 0,1% de chance com 1000 sementes aleatórias) não identificaram nenhuma probabilidade para que a opção fosse exercida. Assim, devido às características de mercado do produto, possuir o direito de adquirir as patentes internacionais não geraria benefícios para seus detentores. Se na realidade a venda no mercado externa ocorrer, a universidade deve deixar a responsabilidade dessas licenças para a empresa licenciada.

Tabela 10 – Resultados dos modelos para a opção de expansão do CE02

Preço de exercício			R\$31.120,00
Volatilidade do FC			64,40%
Volatilidade do investimento			13,70%
Correlação entre volatilidades			-0,0473
Prazo para exercício			3 anos
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$0,00	- R\$245.496.58	0,00%
Black e Scholes	R\$0,00	- R\$245.496.58	0,00%
Margrabe	R\$0,00	- R\$245.496.58	0,00%
Datar-Mathews	R\$0,00	- R\$245.496.58	0,00%
Schwartz	R\$0,00	- R\$245.496.58	0,00%

Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 11, mostra que o custo de oportunidade da negociação do CE02 é de R\$6.570,34 até o terceiro ano de contrato. Diferentemente do CE01, a volatilidade dos fluxos de caixa pouco se alterou em relação à opção de expansão, uma vez que ambas preveem uma grande quantidade de fluxos futuros iguais a zero.

Tabela 11 – Resultados dos modelos para a opção de abandono do CE02

Preço de exercício			R\$6.570,34
Volatilidade do FC			67,64%
Volatilidade do investimento			8,74%
Correlação entre volatilidades			-0,0473
Prazo para exercício			3 anos
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$350,58	- R\$245.146,00	-0,14%
Black e Scholes	R\$0,00	- R\$245.496.58	0,00%
Margrabe	R\$0,00	- R\$245.496.58	0,00%
Datar-Mathews	R\$1.904,87	- R\$243.891,71	-0,78%
Schwartz	R\$1.929,95	- R\$243.566,63	- 0,79%

Fonte: Elaborada pelo autor

Novamente, o baixo potencial de mercado é um fator relevante para que a opção de abandono pouco acrescente à análise do VPL estratégico. A análise da inteligência de mercado mostra que mesmo nos cenários mais otimistas de crescimento dificilmente será possível reverter a rentabilidade nos primeiros dez anos. Alinhando esse contexto com uma baixa probabilidade de renegociação e um taxa de *royalties* de somente 3%, vê-se que o modelo de Schwartz foi o que apresentou a maior variação do VPL, com 0,79% de mudança e um valor bruto de apenas R\$1.929,95, o que é pouco se comparado ao investimento realizado.

No modelo binomial, a opção seria exercida em 16% dos caminhos, mas essa decisão é praticamente indiferente em termos estratégicos do projeto (variação de 0,14% no valor total). Isso mostra que a dificuldade de iniciar de maneira viável a operação comercial, não necessariamente fará com que o contrato seja rompido após os três primeiros anos. Assim, em 84% dos casos (pelo modelo binomial) é preferível manter o desenvolvimento final da inovação com a mesma empresa licenciada, pois um novo parceiro, na maioria dos caminhos previstos, só iria retardar ainda mais o início das vendas. Nesse caso, exercer a opção de abandono prejudicaria mais o retorno financeiro.

A opção de prorrogação, cujos resultados estão descritos na Tabela 12, aponta um preço de exercício de R\$45.301,31 como custo de oportunidade para a renovação no décimo ano do contrato. A volatilidade dos fluxos, assim como ocorreu no CE01, é bem menor que nas demais opções, pois já é conhecido o potencial real de mercado do produto. A volatilidade do investimento ainda é alta, devido à incerteza existente no processo de produção, que podia adiar e até inviabilizar a venda em larga escala.

Os resultados para os modelos clássicos de opções e para a variante de Margrabe apontam um resultado muito semelhante entre si. Em média, prorrogar o contrato até a expiração da patente geraria um valor presente adicional aproximado de R\$15.700,00 com uma variação total de próxima a 6,4%. Apesar de não ser um acréscimo de valor muito alto, ele já significativamente superior às demais opções analisadas. Esses modelos indicam que a renovação ocorria em cerca de 93% dos caminhos possíveis.

Os modelos de Schwartz e Datar-Mathews já consideram que a prorrogação do contrato ocorrerá, respectivamente, em 98,6% e 99% dos cenários. Com isso, o valor médio adicionado ao projeto pode chegar a 28,37%, reduzindo em quase um terço o déficit gerado pelo investimento nos dez primeiros anos.

Tabela 12 – Resultados dos modelos para a opção de prorrogação do CE02

Preço de exercício			R\$45.301,31
Volatilidade do FC			33,16%
Volatilidade do investimento			17,65%
Correlação entre volatilidades			-0,0473
Prazo para exercício			10 anos
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$15.810,24	- R\$229.686,34	-6,44%
Black e Scholes	R\$15.789,95	- R\$229.706,62	- 6,43%
Margrabe	R\$15.665,24	- R\$229.831,33	-6,38%
Datar-Mathews	R\$69.656,07	- R\$175.840,50	-28,37%
Schwartz	R\$42.757,09	- R\$202.739,49	-17,42%

Fonte: Elaborada pelo autor

Mesmo com uma análise de mercado desfavorável, a opção de prorrogação considera dois pontos principais para adicionar valor pela flexibilidade no CE02. Primeiro, no momento do exercício, o produto pode estar estabilizado no mercado e com um nível de vendas satisfatório para a empresa. Isso faria com que seja interessante para esse parceiro prosseguir com o contrato até a expiração da patente. Como não são necessários investimentos adicionais nesse período, o fluxo de caixa após a renovação pode ser lucrativo ao seu detentor naquela data. O efeito da taxa de desconto reduz o seu valor presente, mas não impede que gere benefícios futuros.

Segundo, se a possibilidade de encontrar um novo licenciado nos primeiros anos da patente já é baixa, essa probabilidade é quase inexistente faltando apenas cinco anos para a proteção legal expirar. Não só esse novo parceiro teria que viabilizar um produto com baixa perspectiva de vendas (o que a empresa anterior não conseguiu de maneira eficiente), mas

também teria um tempo muito menor para fazê-lo. Considera-se, ainda, que até esse tempo, a própria tecnologia pode estar defasada e não ser mais interessante para outras empresas iniciarem um investimento.

A Tabela 13 avalia os efeitos combinados das opções. Como nos três primeiros modelos as opções de abandono e expansão tiveram valores nulos ou muito próximos de zero, a opção composta retorna um valor praticamente idêntico ao da opção de prorrogação. A causa desse resultado é óbvia: como as opções são sequenciais, mas não sobrepostas para o CE02, a opção de prorrogação só será potencializada se suas anteriores agregarem positivamente para o fluxo ao longo do contrato. Uma vez que isso não ocorre, o valor combinado será quase em sua totalidade proveniente dessa última flexibilidade.

Tabela 13 – Resultados dos modelos para as opções combinadas do CE02

	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$16.048,79	- R\$229.447,79	-6,54%
Black e Scholes	R\$15.789,95	- R\$229.706,62	-6,43%
Margrabe	R\$15.665,25	- R\$229.831,33	-6,38%
Datar-Mathews	R\$138.800,02	- R\$106.696,56	-56,54%
Schwartz	R\$70.683,96	- R\$174.812,62	-28,79%

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 14 – Teste de sensibilidade para o CE02

	Taxa de juros	Volatilidade	Prob. Venda
Binomial	-0,46%	0,38%	21,35%
Black e Scholes	-0,58%	0,18%	1,39%
Margrabe	-0,62%	0,13%	1,48%
Datar-Mathews	-0,03%	8,77%	19,81%
Schwartz	-5,58%	7,04%	21,24%

Fonte: Elaborada pelo autor

Para o modelo de Datar-Mathews, houve um considerável aumento de valor em relação as opções individuais. A peculiaridade deste caso é que seu valor mais provável para o VPL é negativo, fazendo com que a opção de abandono, por menor probabilidade que seja exercida, contribua para elevar o fluxo de caixa em alguns cenários possíveis. Uma vez que o valor da opção vem do direito de exercer somente se a situação se apresentar favorável, a opção de abandono gera um número menor de fluxos de caixa próximos a zero, potencializando a opção de prorrogação.

Esses efeitos combinados no modelo de Datar-Mathews poderiam contribuir para um VPL adicional de R\$138.800,02, mas ainda insuficiente para fazer com que o projeto seja

rentável à universidade (considerando o nível de taxa de atratividade definido). O mesmo efeito ocorre no modelo de Schwartz, mas em menor escala em função de sua distribuição de probabilidades. Ainda assim, adicionam-se R\$70.683,96 ao VPL estático, gerando uma variação de 28,79%.

Como exemplificado para o CE01, deve-se atentar para o fato de que os modelos de simulação tem maior abrangência de cenários, e por isso captam com maior impacto valores extremos. No caso das opções, os valores extremos com baixa probabilidade de ocorrência, quando positivos, são capazes de contribuir para elevar a média do valor das opções. De outro lado, quando negativos, a opção não é exercida e não impactam no VPL adicionado.

A análise de sensibilidade da Tabela 14 teve um comportamento semelhante ao CE01. A variação em função da taxa de juros manteve o sinal esperado negativo, pois é uma variável que desconta os valores futuros de fluxo de caixa. A intensidade da variação foi menor que 1 para os quatro primeiros modelos, muito em função do baixo valor obtido nas opções de abandono e expansão. Apenas o modelo de Schwartz teve uma sensibilidade maior, repetindo o comportamento do CE01.

Em relação à volatilidade, percebe-se que os modelos de simulação tiveram maiores alterações de valor que os demais, variando entre 7% e 9%. O sinal positivo em todos os modelos confirma mais uma vez o aspecto teórico das opções, apontando que elas geram maior valor em cenários em que existe também maior incerteza do futuro.

No CE01, a variável relativa à probabilidade de venda das patentes foi a que gerou maior sensibilidade nos resultados dos modelos. Novamente, a média do impacto dessa variável foi de, aproximadamente 20%, para o binomial, Datar-Mathews e Schwartz. Aqui, uma probabilidade de negociação passa a ser ainda mais relevante, pois valoriza a opção de abandono e permite gerar um efeito combinado com a opção de prorrogação.

É válido ressaltar que existe uma diferença notável entre a sensibilidade dos modelos de simulação em relação aos demais. A explicação que se pode efetuar sobre isso é que as simulações possibilitam extrair as melhores condições de exercício das opções em um número maior de cenários considerados. Logo, a média esperada para uma análise de 1000 cenários deve ser maior que uma análise de 10 caminhos, como no binomial. Assim, uma alteração pequena que pode passar despercebida na maioria dos modelos clássicos de opções tem maior chance de ser incorporada na simulação.

6.3 Caso de Estudo 03

O caso de estudo 03 avalia um medicamento para prevenção e tratamento da alopecia, desenvolvido por um grupo de professores da UFMG que realizou o depósito da patente no em 2012. Apesar de haver apenas dois anos decorridos da proteção legal, a pesquisa desse fármaco já vem sendo empreendida há mais tempo, fruto de uma equipe de professores e bolsistas da escola de biologia. Como informado, atualmente encontra-se em estágio de testes clínicos e não possui as aprovações necessárias para venda.

O relatório da CTIT avalia positivamente o mercado potencial de consumo do medicamento, tanto no cenário brasileiro quanto no internacional. Este tipo de inovação tem um apelo forte principalmente em países mais desenvolvidos, atingindo um público com renda compatível com o preço estipulado, de R\$50,00 por unidade (caixa) do produto. O valor é compatível até com a expiração de patentes concorrentes, que deve gerar uma queda nos preços e na margem de lucro.

O *market share* inicial é de apenas 0,03% para o mercado nacional, mas devido ao grande público consumidor, esse percentual já representa uma quantidade suficiente para a viabilidade comercial. A taxa de crescimento prevista no modelo de FCD é alta, atrelada à aceitação do produto pelos usuários..

Os investimentos totais da universidade são estimados em R\$1.490.240,00 relativos ao uso de laboratórios e equipe de desenvolvimento. O valor é 26% maior que o definido inicialmente pela CTIT. O projeto não possui contrato de licenciamento, pois se encontra em período de testes, mas já possui uma empresa interessada nos direitos. O valor de *royalties* definido foi de 8% com um valor de acesso de R\$85.000,00.

Destaca-se que a inovação no mercado farmacêutico está na composição química do medicamento ou em seu processo de síntese. Uma vez descoberto, sua replicação em larga escala nas companhias do segmento é simples, o que possibilita rápido início da fase comercial. O risco, medido pelo coeficiente beta, é de 1,24 e a taxa de atratividade do negócio é de 28% ao ano.

Tabela 15 – Variáveis de entrada para análise do CE03

Variáveis	Valores
Preço unitário	R\$50,00
Market share inicial	0,03%.
Taxa de crescimento	61,45% a.a.
Taxa de royalties	8,00%.
Valor de acesso a tecnologia	R\$85.000,00
Investimento total	R\$1.490.240,00
Índice de inflação	5,67% a.a.
Taxa de juros	10,65% a.a.
Coefficiente beta (β)	1,24
Taxa de atratividade	28,00% a.a.

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 16 – Resultados do modelo de Fluxo de Caixa Descontado do CE03

Cenário	Valor	Variação
VPL calculado pela CTIT		
Valor do projeto	R\$2.804.535,66	
VPL recalculado		
Cenário mais provável	R\$1.636.737,80	-41,64% *
Cenário otimista	R\$4.304.025,71	162,96% **
Cenário pessimista	- R\$493.362,95	-130,14% **

* Variação calculada sobre o valor da CTIT

** Variação calculada sobre o valor do cenário mais provável

Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 15 exibe os dados de *input* para a avaliação pelo FCD. Os respectivos resultados estão dispostos na Tabela 16. A avaliação realizada pela equipe da CTIT aponta que a inovação gera um VPL positivo de R\$2.804.535,66 comprovando financeiramente o potencial de retorno esperado pelas análises mercadológicas. Esse valor é quase duas vezes o total de investimentos, mostrando que, inicialmente, há boa expectativa de geração de resultados.

Com a revisão de investimento e considerando que existem gastos a se realizar para completar o processo de P&D, estimou-se que o VPL do cenário mais provável sofra uma redução de 41,64%, com valor total de R\$1.636.737,80. O fato de existir investimentos pendentes na realização do teste clínico impacta também a incerteza da data de início do licenciamento e, conseqüentemente, da venda dos produtos.

O cenário otimista gera um VPL 162,96% superior ao do mais provável, totalizando R\$4.304.025,71. Nesse contexto, avalia-se que o produto final será completado no prazo de

um ano e que o *market share* inicial seja 0,07% ao final do primeiro período. Como a taxa de crescimento esperada para as vendas é alta (61,45% ao ano), iniciar a operação comercial antecipada e com um nível de vendas superior fará que a participação total no consumo supere 2,5% no final do contrato de licenciamento (em comparação com um valor de 1% no cenário mais provável).

Em contrapartida, o cenário pessimista estima que a tecnologia ainda levará pelo menos mais dois anos para concluir os testes, obter os certificados necessários e iniciar as vendas. O potencial de *market share* previsto foi mantido, mas a taxa de crescimento dos fluxos foi reduzida. Devido ao elevado investimento para uma tecnologia recente e à necessidade de continuar aportando recursos por mais dois anos, o cenário pessimista retorna um valor negativo para o VPL, com uma queda de 130,14% em relação ao mais provável.

Pode-se dizer que esse é um exemplo em que a análise de cenários cumpre a função de captar um número maior de possibilidades futuras. Assim, por mais que a perspectiva de mercado para a inovação seja inicialmente positiva, o controle do investimento e o prazo para início da atividade são variáveis relevantes que podem ocasionar um déficit na análise de retorno. A informação estratégica gerada por essa análise funciona de maneira semelhante à das opções.

Da perspectiva da universidade, não se tem uma política forte de controle sobre os investimentos limites, seja na utilização de laboratórios ou do tempo de dedicação dos professores. Logo, a eficiência do inventor na fase de P&D é essencial para determinar o prazo em que será obtido o licenciamento. Para o CE03, a dificuldade de se controlar esse fator é determinante para seu valor, uma vez que o cenário positivo é altamente rentável e o cenário negativo gera déficits de quase 30% do valor aportado.

Para o prazo de início da atividade comercial existe uma dependência da capacidade de produção da empresa. O licenciamento para uma multinacional, por exemplo, favoreceria a geração de valor à universidade, pois a adaptação do processo produtivo é facilitada nesse contexto. A empresa atualmente interessada na tecnologia já possui expertise nesse tipo de produto, mas não é um grande *player* de mercado. Logo, se o contrato de licenciamento for consolidado com esse interessado pode-se esperar uma incerteza relevante sobre a data da primeira venda e até sobre a capacidade de atingir o *market share* previsto.

Por essas conclusões, a análise de cenários está coerente com o contexto do investimento. O VPL mais provável reflete a boa potencialidade do produto diante de um

mercado de grande consumo. O cenário otimista reforça o crescimento acelerado e privilegia a rápida finalização do P&D. Por fim, o cenário pessimista revela que o potencial de perdas é relevante, principalmente com fatores que dificilmente podem ser controlados.

A primeira opção avaliada, de expansão para a proteção internacional, possui um preço de exercício elevado, de R\$513.811,89. Considerou-se para esse cálculo a aquisição das patentes nos mercados em que é provável que o produto seja vendido. Além disso, o segmento farmacêutico possui certificações de qualidade rígidas e esse critério é ainda mais alto em regiões com alto controle das condições sanitárias (principalmente países mais desenvolvidos, como é o caso do público consumidor da inovação). Isso exigiria também um esforço maior de P&D para garantir que todas as licenças de venda sejam obtidas, voltadas para melhorar a confiabilidade do medicamento.

A volatilidade do fluxo de caixa foi estimada em 53,36%, e a do investimento em 16,31%. A correlação entre as volatilidade é um reflexo dos resultados da análise de cenários e da própria diferença de estimação dos investimentos totais. A possível necessidade de mais investimentos geraria um grande impacto nos VPL calculados, como se vê na Tabela 16.

Mesmo não havendo um critério objetivo para definir a força da correlação, um valor de -0,7584 é considerado alto. No CE03 nota-se como a variação do tempo do investimento – que também está ligado ao valor investido – pode potencializar o valor em cenários positivos ou gerar desempenho negativo. Quanto maior a correlação negativa entre essas volatilidades, mais provável a alternância de VPL positivos e negativos.

Com exceção do modelo de Datar-Mathews, o valor da opção de expansão foi superior à R\$1.000.000,00, sendo o valor máximo obtido no modelo de Black e Scholes. Isso indicaria uma variação de pelo menos 75,10% do VPL estático, que possibilitaria até mesmo reverter o resultado negativo do cenário pessimista. Nesses modelos, a opção seria exercida de 22% a 26,80% dos caminhos possíveis simulados, como apresenta a Tabela 17.

O alto valor médio desta opção é causado pelo grande potencial de consumo do produto no exterior. O segmento de fármacos para tratamento de alopecia é mais representativo internacionalmente que no Brasil, ou seja, há uma grande oportunidade de se vender o produto nessas regiões. Logo, a opção capta os cenários em que essa oportunidade é relevante e indica que o VPL estratégico do projeto pode chegar a R\$3.128.047,30.

O modelo de Datar-Mathews foi o único que destoou dos demais, mantendo, porém, a perspectiva de geração de valor adicional. Nessa análise, pelo fato de a distribuição triangular

utilizada considerar a distância entre os cenários, existe maior concentração de dados abaixo do cenário mais provável do que acima dele. Isso reduz a probabilidade exercício da opção para aproximadamente 14,10%, impactando também o valor presente médio dos 1.000 cenários simulados. Ainda assim, a opção mantém-se relevante para a decisão estratégica do projeto, pois o valor mínimo adicionado seria de 21,52%.

Tabela 17 – Resultados dos modelos para a opção de expansão do CE03

Preço de exercício	R\$513.811,89		
Volatilidade do FC	53,36%		
Volatilidade do investimento	16,31%		
Correlação entre volatilidades	-0,7584		
Prazo para exercício	3 anos		
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$1.229.231,51	R\$2.865.969,32	75,10%
Black e Scholes	R\$1.491.309,50	R\$3.128.047,30	91,11%
Margrabe	R\$1.414.544,94	R\$3.051.282,74	86,42%
Datar-Mathews	R\$352.203,54	R\$1.988.941,34	21,52%
Schwartz	R\$1.356.092,74	R\$2.992.830,54	82,85%

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 18 – Resultados dos modelos para a opção de abandono do CE03

Preço de exercício	R\$338.742,83		
Volatilidade do FC	132,38%		
Volatilidade do investimento	59,39%		
Correlação entre volatilidades	-0,7584		
Prazo para exercício	3 anos		
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$174.175,81	R\$1.810.913,61	10,64%
Black e Scholes	R\$0,00	R\$1.636.737,80	0,00%
Margrabe	R\$0,00	R\$1.636.737,80	0,00%
Datar-Mathews	R\$86.413,30	R\$1.726.151,10	5,28%
Schwartz	R\$133.774,41	R\$1.770.512,20	8,17%

Fonte: Elaborada pelo autor

Assim como no CE02, a opção de abandono considerou uma volatilidade elevada para os fluxos de caixa, uma vez que a diferença entre o cenário mais positivo e o mais negativo é bastante expressiva. O preço de exercício considerado foi de R\$338.742,83, sendo este o custo de oportunidade incorrido até o terceiro ano de contrato. Os resultados estão exibidos na Tabela 18.

Nesse tempo, devido à baixa complexidade do processo produtivo do medicamento e da expectativa de duração dos testes clínicos, espera-se que o produto já esteja disponível no mercado, mesmo no cenário pessimista. Logo, desfavorece o exercício da opção de abandono no último ano, pois se a empresa viabilizar a atividade a universidade não poderá exercer a quebra contratual prevista. Ao mesmo tempo, possibilita o exercício antecipado no primeiro ou no segundo ano de licenciamento. No entanto, essa expectativa só será válida se a flexibilidade de rescindir o contrato possibilitar um maior ganho futuro.

Pelo modelo binomial, o VPL estratégico no cenário mais provável foi estimado em R\$1.810.913,61, com uma variação de 10,64% sobre o VPL estático. O exercício do abandono ocorreria em apenas 16% dos caminhos no terceiro ano, 6% no segundo ano e 0% no primeiro. Foi identificada neste caso uma chance relevante de exercício antecipado da opção. Todavia, como o valor esperado para VPL do projeto tem forte relação com a data de início das vendas, a opção de abandono não acrescenta tanto resultado quanto a opção de expansão.

O modelo de Black e Scholes, em contrapartida, não identificou possibilidades de exercício do abandono, gerando um valor nulo para a opção. De maneira semelhante, o modelo de Margrabe retornou um VPL estratégico igual ao VPL tradicional, mostrando que com a probabilidade de renegociação em 5% o cenário mais favorável para o projeto é permanecer a operação com a primeira empresa licenciada.

O modelo de Datar-Mathews apresentou um resultado mais baixo que o binomial e o de Schwartz em função da distribuição de probabilidades triangular. Nessa análise, indica-se uma possibilidade de quebra contratual de 36,40%. Esse valor é maior que a chance verificada no binomial, por exemplo, mas, devido a uma média dos fluxos de caixa mais baixa gerada pela distribuição, o valor adicionado foi reduzido.

Por fim, o modelo de Schwartz indica que o exercício do abandono ocorrerá em 17,70% dos cenários no último, 7,2% no segundo e 6,8%, no primeiro. Tais probabilidades foram próximas a chance estimada pelo modelo de Datar-Mathews. Como a distribuição considerada tem maior média dos fluxos futuros, o valor adicionado pela opção foi superior ao da outra simulação, totalizando um VPL estratégico de R\$1.770.512,20.

É válido recordar que a opção de abandono no contexto considerado não permite a liquidação completa do projeto, mas apenas a renegociação com outro parceiro comercial. Como o processo de produção não é complexo para empresas com expertise na área, o

exercício antecipado do abandono é mais provável no CE03 que no CE01 e no CE02, pois existe boa chance de recuperar o tempo perdido com o primeiro contrato. Essa posição é sustentada pelo modelo binomial e pelos modelos de simulação, bem como pela análise de cenários do VPL tradicional.

A opção de prorrogação do contrato é avaliada na Tabela 19. O preço de exercício corresponde ao custo de oportunidade no décimo ano, quando se espera que os fluxos de caixa já estejam estabilizados e o crescimento das vendas seja menos acelerado. Por essa razão, a volatilidade do FC foi de 13,38%, bem inferior ao das demais opções.

Em todos os modelos, a renovação do contrato foi considerada vantajosa para a universidade, gerando, no mínimo, um valor adicional de R\$729.729,77 no método de Datar-Mathews e no máximo R\$1.646.796,20 no método de Schwartz. Isso indica um acréscimo de, pelo menos, 44,58% no valor do projeto, podendo, até mesmo, dobrar o VPL estratégico no modelo mais positivo. A probabilidade mínima estimada para o exercício é de 99,00%, considerando todos os modelos, ou seja, existe uma chance quase absoluta de ocorrer um novo contrato de licenciamento ao final de dez anos.

A análise do contexto da inovação permite identificar as causas dos valores elevados da opção. Primeiro, como se espera um crescimento acelerado desde o início das vendas, o valor do fluxo de caixa no ano 10 de contrato é suficiente grande para viabilizar a operação para a empresa e para gerar retorno aos investidores. Mesmo considerando um crescimento menor no longo prazo, o *market share* previsto entre 1% e 2,5% do consumo total é suficiente para agregar valor ao projeto ao estender sua fase comercial.

Uma vez consolidada a venda do medicamento, é improvável que outra companhia consiga iniciar sua venda anos depois e obter um resultado superior que uma empresa que já vende há pelo menos sete anos. Esse fato contribui também para que seja mantida a parceria atual, impulsionando a renovação do contrato.

Apesar de os valores previstos para o fluxo após essa data serem mais elevados, o fator de desconto composto da taxa reduz sua importância relativa quando considerado a valor presente. Assim, o lucro nos últimos períodos da patente mantém uma perspectiva crescente, mas sua contribuição para determinar o retorno tende cada vez mais a zero.

Tabela 19 – Resultados dos modelos para a opção de prorrogação do CE03

Preço de exercício			R\$7.717.231,49
Volatilidade do FC			13,38%
Volatilidade do investimento			16,31%
Correlação entre volatilidades			-0,7584
Prazo para exercício			10 anos
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$937.403,84	R\$2.574.141,64	57,27%
Black e Scholes	R\$1.101.964,20	R\$2.738.702,00	67,33%
Margrabe	R\$1.094.099,57	R\$2.730.837,37	66,85%
Datar-Mathews	R\$729.728,77	R\$2.366.466,57	44,58%
Schwartz	R\$1.646.796,20	R\$3.283.534,00	100,61%

Fonte: Elaborada pelo autor

A Tabela 20 apresenta os valores da opção composta pelas três anteriores para o CE03. Em primeira instância, verifica-se que os resultados sofreram o efeito de potencialização do VPL estratégico ao considerar a perspectiva de aumento do fluxo de caixa da opção de expansão na opção de prorrogação. A descrição dessa relação já foi realizada para os casos anteriores. Assim, o valor total da opção composta é, em média, superior ao valor somados das opções individuais.

Tabela 20 – Resultados dos modelos para as opções combinadas do CE03

	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$2.946.158,94	R\$4.582.896,74	180,00%
Black e Scholes	R\$2.593.273,71	R\$4.230.011,51	158,44%
Margrabe	R\$2.508.644,51	R\$4.145.382,31	153,27%
Datar-Mathews	R\$1.238.561,19	R\$2.875.298,99	75,67%
Schwartz	R\$2.660.481,34	R\$4.297.219,14	162,55%

Fonte: Elaborada pelo autor

Seguindo a lógica exposta anteriormente, a distribuição triangular do modelo de Datar-Mathews teve menor valor estimado, mas ainda assim bastante relevante para a inovação. O VPL calculado por esse modelo foi de R\$2.875.298,99 representando um valor adicional de 75,67%. Mesmo em cenários mais pessimistas, o modelo aponta para a expansão do projeto para o mercado externo, seguida da renovação do contrato posteriormente.

O modelo binomial apresentou o valor máximo das opções, com uma variação positiva de 180% do VPL no cenário mais provável. Destaca-se que este modelo foi o mais sensível ao efeito da opção composta, mesmo possuindo o maior valor para a opção individual de abandono. Essa conclusão pode parecer não se adequar à consideração teórica, mas pode ser explicada pela análise de probabilidades de exercício. Enquanto a probabilidade de abandono

em outros modelos superava os 30%, no modelo binomial a chance era de apenas 22% dos caminhos terem essa opção exercida. Logo, mesmo prevendo um valor de abandono que pode ser contraditório com o de prorrogação, a menor probabilidade do cancelamento prematuro de contrato aumenta o valor final do projeto.

Os modelos de Black e Scholes, Margrabe e Schwartz tiveram resultados finais próximos uns dos outros, agregando 157% ao VPL estratégico. Entretanto, a causa dessa aproximação não é a mesma, pois os valores individuais foram significativamente diferentes. Os dois primeiros adicionam valor principalmente por indicar a expansão internacional e, ao mesmo tempo, refutar a possibilidade de abandono nos três anos para exercício. Em contrapartida, a opção de prorrogação teve um menor valor calculado.

Para o modelo de Schwartz, que considera uma probabilidade de quase um terço de abandono, o maior valor está situado nos anos finais do contrato e em sua posterior renovação. Nesse contexto, o modelo de simulação admite que alguns cenários demonstrem os reflexos da dificuldade de viabilização comercial, mas ao final do primeiro contrato a opção de abandono irá gerar, em média, um *market share* superior.

Em suma, pode-se dizer que o potencial de mercado positivo previsto pela análise da CTIT faz com que as opções de expansão e de prorrogação, principalmente, possam mais do que duplicar o valor do projeto no cenário mais provável. A principal condicionante para que isso ocorra é o prazo de inserção do produto no mercado. Uma operação comercial adiantada aumentaria a previsão da participação de mercado, traria mais chances de o produto ser vendido no exterior e reduziria as chances de abandono. Mesmo utilizando um modelo mais pessimista (para o CE03 apenas), o projeto ganharia 75,67% de valor esperado.

A análise de sensibilidade da Tabela 21 tem concordância com os valores teóricos esperados e também obtidos no CE01 e CE02. Considerando que as opções no CE02 não tiveram tanta relevância para o VPL estratégico e algumas delas tiveram valores completamente nulos, é de se esperar que a sensibilidade às mudanças nas variáveis seja menor. Assim, utilizando o CE01 como comparativo, percebe-se que a média das variações para a taxa de juros foram muito próximas, apenas alternando o modelo de Datar-Mathews com uma sensibilidade maior, devido à forma da distribuição dos dados.

De maneira semelhante, os modelos de simulações se mostraram mais suscetíveis a mudanças de valor com a alteração da volatilidade dos fluxos de caixa. A explicação, novamente, é que tais modelos conseguem captar valores extremos com maior facilidade, e

por isso o efeito da volatilidade acumulado ao longo dos dez anos de contrato e do período de renovação é maior.

A variável de probabilidade de venda também teve um comportamento semelhante ao do CE01. Os modelos de simulação tiveram maior impacto com uma alteração de apenas 1% na chance de negociação, elevando o valor da opção de abandono, principalmente. Os demais modelos também se mostraram positivamente relacionados com a variação nesse fator, mas com impacto de aproximadamente 3,5% no VPL.

Tabela 21 – Teste de sensibilidade para o CE03

	Taxa de juros	Volatilidade	Prob. Venda
Binomial	-4,29%	3,71%	2,95%
Black e Scholes	-3,54%	0,33%	3,69%
Margrabe	-3,37%	0,12%	3,86%
Datar-Mathews	-13,63%	12,58%	36,36%
Schwartz	-2,76%	5,25%	13,70%

Fonte: Elaborada pelo autor

6.4 Caso de Estudo 04

O CE04 refere-se a uma patente depositada em 2005 que pode gerar um medicamento de prevenção e controle de algumas doenças degenerativas. Atualmente, a pesquisa já está próxima de completar dez anos e ainda se encontra na fase de testes, com previsão de conclusão em um ou dois anos. Portanto não existe o contrato de licenciamento, mas o valor de *royalties* está previsto para 7% da receita bruta e o valor de acesso à tecnologia está fixada em R\$85.000,00. Assim como no CE03, já existe uma empresa interessada em adquirir os direitos de produção.

O mercado para esse fármaco é grande, abrangendo principalmente idosos e pessoas com alguma deficiência. O segmento cresce com relação direta à expectativa de vida por região. Para a fase comercial, espera-se uma taxa média de 13,57% ao ano de crescimento das vendas. Existem produtos semelhantes disponíveis, mas como nenhum dos concorrentes tem destaque em eficácia para essas doenças avalia-se que há espaço para novas soluções. Assim, estima-se uma participação de 0,04% do consumo total quando iniciada a venda. O preço arbitrado é referente à média do mercado, de R\$405,00 por unidade.

O investimento desde 2005 foi apurado em R\$870.120,00, valor 153% superior ao definido pela CTIT. Ressalta-se que, devido à data de início da pesquisa, uma quantidade relevante de informação se perdeu sobre os investimentos para este caso e algumas delas

foram verificadas por meio de entrevistas, mas ainda com uma provável imprecisão elevada. O risco desse segmento foi calculado em 1,19 e a taxa de atratividade em 22% ao ano. A Tabela 22 mostra os dados que fundamentam o modelo de avaliação.

Tabela 22 – Variáveis de entrada para análise do CE04

Variáveis	Valores
Preço unitário	R\$405,00
Market share inicial	0,04%
Taxa de crescimento	13,57% a.a.
Taxa de royalties	7,00%.
Valor de acesso a tecnologia	R\$85.000,00
Investimento total	R\$870.120,00
Índice de inflação	5,67% a.a.
Taxa de juros	10,65% a.a.
Coefficiente beta (β)	1,19
Taxa de atratividade	22,00% a.a.

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 23 – Resultados do modelo de Fluxo de Caixa Descontado do CE04

Cenário	Valor	Variação
VPL calculado pela CTIT		
Valor do projeto	R\$270.522,40	
VPL recalculado		
Cenário mais provável	R\$89.750,53	-66,82% *
Cenário otimista	R\$323.646,69	260,61% **
Cenário pessimista	- R\$494.042,22	-650,46% **

* Variação calculada sobre o valor da CTIT

** Variação calculada sobre o valor do cenário mais provável

Fonte: Elaborada pelo autor

A inovação do CE04 foi avaliada pela CTIT no valor de R\$270.522,40. No entanto, considerou-se um investimento muito menor que o apurado por este estudo, o que, logicamente, afetará o VPL calculado para baixo. Assim, o cenário mais provável, incluindo os gastos revisados reduziu em 66,82% o valor da inovação para a universidade, totalizando R\$89.750,53. O valor positivo indica que espera-se retorno para o total de recursos aportados nos dez anos de contrato de licenciamento (a previsão é que o projeto esteja finalizado em até mais um ano, possibilitando um contrato no tempo padrão da CTIT).

O cenário positivo foi considerado de maneira semelhante ao do CE03, aumentando o *market share* inicial do produto. De maneira análoga, o cenário pessimista não alterou a

participação de mercado, mas considerou que o produto levará de um ano a dois anos a mais que o previsto para estar finalizado. Para esta inovação, isso significa que o período máximo de comercialização seria de 09 anos, impossibilitando a opção de prorrogação de ser exercida. Os valores, respectivamente, foram estimados em R\$323.646,69 e - R\$494.042,22.

Assim como no CE02, houve alternância entre valores positivos e negativos, gerando uma correlação entre investimento e fluxo de caixa negativa e próxima a -1. A patente irá criar um produto com potencial relevante de venda, para um público em crescimento. No entanto, a dificuldade técnica de completar o processo de P&D para permitir o licenciamento pode ser um fator determinante no retorno do investimento. Isso é mostrado pela análise do cenário pessimista, uma vez que a diferença de um ano de atraso é suficiente para gerar um VPL negativo para o projeto.

A tabela 24 apresenta os valores calculados para a opção de expansão. O preço de exercício refere-se ao pedido de patente dos principais mercados internacionais com potencial de venda do produto. Devido ao fato de o tipo de tratamento abordar doenças complexas e com um custo elevado de tratamento, restringiu-se à incorporação de países com maior renda e com população idosa em crescimento. Assim, o investimento adicional seria de R\$241.188,48 já incluindo os mesmos gastos adicionais com licenças e certificações descritas para o CE03.

A volatilidade dos fluxos foi determinada em 50,21% e a do investimento em 9,15%. Nesse ponto, destaca-se que o projeto ainda não está acabado, mas na entrevista com o inventor constatou-se que apenas os testes finais estão pendentes. Logo, o valor investido no P&D deve estar próximo do total a ser realizado, reduzindo a volatilidade desta variável.

Os resultados do modelo binomial e dos modelos de simulação aponta que devido ao grande mercado internacional disponível, o projeto deveria ser protegido legalmente para essas regiões. Com isso, o processo de exportação do produto seria adiantado, aumentando a média dos fluxos de caixa esperados. O tempo é uma variável de extremo cuidado nesse projeto, pois encontra-se no limite para concretizar o licenciamento por dez anos. Logo, o efeito de adiantamento dos fluxos no mercado externo foi identificado como relevante nessas avaliações.

Os valores adicionais vão de R\$160.618,36 até o máximo de R\$284.747,78, podendo triplicar o VPL estático. A geração desse resultado extra ocorre mais pelo tamanho do fluxo de caixa do que pela probabilidade de exercício. No modelo binomial, apenas 9% dos

caminhos a opção será exercida; no modelo de Datar-Mathews, 8,8%; e no de Schwartz, 10,9%.

Para Black e Scholes, todos os cenários apontam que a proteção internacional não geraria valor adicional ao projeto. Logo, o valor estimado para esse exercício é zero. O mesmo é válido para o modelo de Margrabe, que consiste apenas em uma variação para incorporar a volatilidade do investimento. Como o valor calculado por esse modelo é teoricamente menor que o de Black e Scholes, a opção também não teria valor estratégico.

Destaca-se que a patente foi depositada em 2005 e que, portanto, o prazo real para exercer a opção já se expirou. A decisão dos gestores foi de não realizar a expansão, confirmando a probabilidade estimada por todos os modelos. Assim, esse resultado é interessante para mostrar que apenas o direito de possuir a flexibilidade gerencial já agrega valor estimado ao projeto como um todo, não necessariamente tendo que exercê-la.

Tabela 24 – Resultados dos modelos para a opção de expansão do CE04

Preço de exercício			R\$241.188,48
Volatilidade do FC			50,21%
Volatilidade do investimento			9,15%
Correlação entre volatilidades			-0,964
Prazo para exercício			3 anos
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$160.618,36	R\$250.368,89	178,96%
Black e Scholes	R\$0,00	R\$89.750,53	0,00%
Margrabe	R\$0,00	R\$89.750,53	0,00%
Datar-Mathews	R\$207.765,65	R\$297.516,19	231,49%
Schwartz	R\$284.747,78	R\$374.498,32	317,27%

Fonte: Elaborada pelo autor

A opção de abandono teve um custo de oportunidade elevado em relação ao valor do projeto: R\$125.081,76. Devido ao fato de o prazo até a expiração da patente ser pequeno, de no máximo onze anos a partir de 2014, espera-se que exercer a opção de abandono tenha muito pouca influência para o VPL estratégico do projeto. Caso o contrato seja que rompido no terceiro ano o prazo para renegociação e para o início de uma nova tentativa de inserir o produto no mercado reduziria o período de benefícios da patente para algo torno de cinco anos, o que seria insuficiente para gerar retorno diante do ao investimento realizado.

No entanto, a contrapartida que pode apontar algum valor para esta opção é de que o processo de fabricação do medicamento não é complexo. Logo, se o novo licenciamento for destinado a uma empresa com boa capacidade produtiva e experiência no segmento, ainda

pode haver um aumento da média dos valores futuros da inovação. A Tabela 25 exibe os valores calculados.

Tabela 25 – Resultados dos modelos para a opção de abandono do CE04

Preço de exercício			R\$125.081,76
Volatilidade do FC			67,11%
Volatilidade do investimento			5,82%
Correlação entre volatilidades			-0,9641
Prazo para exercício			3 anos
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$3.633,73	R\$93.384,26	4,05%
Black e Scholes	R\$0,00	R\$89.750,53	0,00%
Margrabe	R\$0,00	R\$89.750,53	0,00%
Datar-Mathews	R\$6.744,67	R\$96.495,21	7,51%
Schwartz	R\$35.181,57	R\$124.932,10	39,20%

Fonte: Elaborada pelo autor

Nessa avaliação, nota-se que, novamente, os modelos de Margrabe e Black e Scholes não apontaram geração de valor. Assim, a opção de abandono nunca seria exercida e o projeto ficaria dependente do sucesso do primeiro e único contrato de licenciamento efetuado. O modelo binomial, por sua vez, apresentou um VPL da opção de R\$3.633,73. Mesmo esse valor sendo positivo, pouco agrega em relação ao FCD estimado (variação de apenas 4,05%), com valores absolutos igualmente baixos. A opção seria exercida em apenas 7% dos caminhos avaliados e somente no último período possível.

O modelo de Datar-Mathews aponta que o encerramento contratual seria realizado em 18,1% dos cenários, que representariam as situações em que o produto não seria finalizado até o terceiro ano. Logo, a renegociação, mesmo que com uma probabilidade de apenas 5%, ocasionaria uma elevação dos fluxos de caixa médios esperados para os próximos anos. De maneira detalhada, o modelo mostra que nos cenários mais negativos compensar-se-ia o risco de buscar uma nova empresa e iniciar a venda do produto de maneira tardia, diante da decisão de manter o contrato e não gerar resultados expressivos.

Por fim, o modelo de Schwartz teve maior relevância para o valor do projeto, aumentando o VPL estratégico em 39,20%. Somente a opção de abandono geraria um resultado adicional de R\$35.181,57, pouco menos da metade estimada pelo FCD. A probabilidade de exercício é até menor que no modelo de Datar-Mathews, mas os fluxos de caixa gerados quando isso ocorre são significativamente superiores.

Conclui-se que a opção de abandono somente traz resultados expressivos se for avaliada pelo modelo de Schwartz no CE04. Mesmo havendo outros resultados positivos para o valor da opção, o acréscimo em valor absoluto ao projeto é baixo, pouco contribuindo para a tomada de decisão dos gestores. Obviamente, não se pode desconsiderar totalmente o valor desta opção, mas é possível concluir que ela não alteraria o panorama de retorno futuro.

A opção apresentada na Tabela 26 refere-se à renovação do contrato para o CE04. Foi descrito que esse processo de P&D já se estendeu por quase metade da vida útil do projeto e com possibilidade de demorar ainda mais dois anos para a conclusão. Assim, espera-se que o valor da opção de prorrogação seja reduzido, pois ele incorporaria apenas um ou dois anos adicionais de fluxos de caixa na análise.

O preço de exercício determinado pelo custo de oportunidade da renovação é de R\$187.394,50. A volatilidade do fluxo de caixa nesse momento é bastante reduzida, assim como nos outros casos de estudo. O mesmo é válido para o investimento total realizado, que já será conhecido nessa data, restando apenas alguma variação não conhecida até a completude do P&D.

Tabela 26 – Resultados dos modelos para a opção de prorrogação do CE04

Preço de exercício			R\$187.394,50
Volatilidade do FC			17,78%
Volatilidade do investimento			6,91%
Correlação entre volatilidades			-0,9641
Prazo para exercício			10 anos
	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$28.706,51	R\$118.457,04	31,98%
Black e Scholes	R\$67.477,26	R\$157.277,79	75,18%
Margrabe	R\$64.491,57	R\$154.242,11	71,86%
Datar-Mathews	R\$58.966,15	R\$148.716,69	65,70%
Schwartz	R\$11.862,46	R\$101.612,99	13,22%

Fonte: Elaborada pelo autor

Diferentemente do previsto pela dificuldade técnica de conclusão do projeto, o valor da opção de prorrogação foi positivo em todos os modelos utilizados, com uma variação mínima de 13,22% para o modelo de Schwartz e máxima de 75,18% para o modelo de Black e Scholes. A perspectiva técnica nesse caso foi compensada pelo fator financeiro de longo prazo do produto. Os modelos indicam que mesmo se a renovação ocorrer por apenas dois anos o valor de retorno devido ao potencial de mercado e ao *market share* definido deverá ser suficiente para compensar o preço de exercício da opção.

Outro fato determinante para isso ocorrer é que, provavelmente, nenhuma outra empresa estaria interessada nos direitos de venda de tão pouco tempo, direcionando os gestores à prorrogação do contrato. Uma terceira variável que passa a ser relevante para a renovação é o novo pagamento do valor de acesso. Se se considerar o mesmo valor inicial de R\$85.000,00 ajustado pela inflação ano a ano, somente esse fluxo de entrada já seria suficiente para elevar a perspectiva de retorno do prazo adicional. Essa variável só é relevante no CE04, pois o VPL no cenário mais provável é muito baixo, praticamente equivalente a esse pagamento.

De maneira específica, o modelo binomial prevê uma renovação em 60% dos caminhos. Em termos práticos, ela só não ocorreria se o cenário de vendas no final de dez anos for suficientemente negativo para não gerar retorno nem mesmo para a empresa que realiza a produção. Isso seria suficiente para elevar o VPL em 31,98% e auxiliando no processo de decisão estratégica.

Essa possibilidade é semelhante nos modelos de simulações, porém, há que se diferenciar os efeitos de geração de valor entre eles, visto que houve diferenças significantes nos resultados calculados. Para o modelo de Datar-Mathews, a probabilidade de renovação é cerca de 90% dos casos e, uma vez que a distribuição triangular de valor concentra os dados no menor intervalo (entre o mais provável e o otimista, nesse caso), a opção geraria um fluxo presente adicional de 65,7%. Já para o modelo de Schwartz a probabilidade de renovação é de 63,9%, mais próxima do binomial. Contudo, os fluxos de caixa estimados são inferiores também em média, reduzindo o valor estimado para a opção.

Os maiores valores obtidos foram do modelo de Black e Scholes. Nota-se que a participação de mercado prevista nos relatórios de inteligência para o final do contrato geram um lucro anual de *royalties* elevado. Em verdade, o VPL estático só foi baixo porque o prazo de atividade comercial máxima do CE04 é bastante inferior aos demais e a taxa de crescimento está atrelada ao de envelhecimento da população, conforme descrito pela CTIT. O modelo de Margrabe também teve uma variação acima de 70%, diferenciando-se apenas pelo efeito da incerteza no investimento inicial.

Avaliando as opções de maneira combinada, o CE04 tem uma previsão de acréscimo relevante em seu VPL estratégico. O aumento mínimo foi dos modelos de Margrabe e de Black e Scholes, em que apenas a opção de prorrogação se mostrou relevante. Nesse caso, a renovação do contrato geraria um VPL extra de aproximadamente R\$65.000,00, conforme a Tabela 27.

No modelo binomial, nota-se que o valor da opção composta é superior ao das análises individuais somadas. Esse resultado é derivado, principalmente do efeito da opção de expansão conjugada com a de prorrogação. A opção de abandono teve alguma influência, mas como sua probabilidade de exercício foi baixa, o impacto maior foi causado pelas outras duas opções. A análise pelo modelo binomial não foi a de maior valor em nenhuma das flexibilidades isoladas, mas teve o maior efeito conjunto no VPL da inovação.

Ambos os modelos de simulação geraram um adicional de valor superior a 200%, mas, como exemplificado anteriormente, não representam um mesmo cenário. O modelo de Datar-Mathews teve um efeito de redução dos valores individuais, pois a opção de prorrogação teve seu efeito reduzido por uma maior probabilidade de abandono do contrato. Já para o modelo de Schwartz, o valor das opções é proveniente, em maior proporção, da opção de expansão. Logo, mesmo que o licenciamento seja interrompido, o baixo valor da opção de prorrogação será menos afetado. Em contrapartida, isso eleva também o risco de exercer a proteção internacional, que é a única opção com investimentos reais como *strike price*.

Tabela 27 – Resultados dos modelos para as opções combinadas do CE04

	Valor da opção	VPL estratégico	Variação
Binomial	R\$261.002,73	R\$350.753,27	290,81%
Black e Scholes	R\$67.477,26	R\$157.227,79	75,18%
Margrabe	R\$64.491,57	R\$154.242,11	71,86%
Datar-Mathews	R\$194.940,51	R\$284.691,05	217,20%
Schwartz	R\$213.662,78	R\$303.413,31	238,06%

Fonte: Elaborada pelo autor

A análise de sensibilidade (Tabela 28), novamente apresentou os valores previstos pelas relações teóricas. Em relação à taxa de juros, os modelos de engenharia financeira de Black e Scholes e sua variante proposta por Margrabe foram os que mais sofreram impacto. Como o valor combinado dessas opções nesses modelos somente foi oriundo da flexibilidade de prorrogar o contrato, que ocorre ao final de dez anos, o valor mais alto dessa variação é justificável. Quando mais distante o FC estiver do presente, maior será o efeito da taxa de juros sobre ele. Como os outros modelos tiveram valores gerados pelas demais opções, o impacto desta variável foi menos relevante.

A volatilidade manteve o sinal positivo esperado pela teoria de OPM. Um cenário de maiores incertezas é interpretado pelos modelos como maior possibilidade de ganhos. Caso ocorram cenários pessimistas, as opções de abandono, por exemplo, são exercidas para mitigar os déficits gerados. Assim como nos casos anteriores, os modelos de simulação foram

os mais sensíveis aos efeitos da volatilidade, todos com uma mudança de aproximadamente 8% no valor total.

A variável de probabilidade de venda foi, proporcionalmente, menos impactante no CE04. Nos outros casos, a sensibilidade a essa variável atingiu valores superiores a 30% do valor total devido ao forte impacto do tempo total do projeto. Aqui, apenas o modelo binomial sofreu um impacto menor, de 1,22%. Todos os demais apresentaram uma variação de pelo menos 4,6% para a opção composta.

Tabela 28 – Teste de sensibilidade para o CE04

	Taxa de juros	Volatilidade	Prob. Venda
Binomial	-1,30%	2,59%	1,22%
Black e Scholes	-5,59%	1,47%	7,42%
Margrabe	- 4,09%	2,26%	4,69%
Datar-Mathews	-1,34%	8,66%	5,88%
Schwartz	-3,94%	7,98%	5,07%

Fonte: Elaborada pelo autor

6.5 Análise dos dados utilizados

Como apresentado nos capítulos anteriores, a avaliação de patentes e processos de P&D consiste em um processo complexo de análise. Dixit e Pindyck (1995), assim como Van Putten e MacMillan (2004) e Bandeira (2010) alertam para o fato de que a incerteza existente sobre esses métodos é significativamente maior que a de investimentos tradicionais, sejam eles reais ou financeiros.

Como a abordagem baseada em rendimentos utiliza-se dos benefícios esperados para o futuro como *input* para mensurar o valor de um projeto, é provável que a falta de histórico de dados (COLLAN; HEIKKILA, 2001) e a dificuldade de comparabilidade das inovações (ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010) possam comprometer a aplicação de determinados métodos. Segundo Hull (2008), foi em função de não necessitar de um maior número de informações sobre o passado do ativo que o modelo de Black e Scholes (1973) ganhou popularidade para mensurar o valor de investimentos não financeiros, por exemplo.

Esta seção busca considerar os dados disponíveis nos relatórios e avaliações iniciais da CTIT, e aqueles extraídos das entrevistas com os inventores, para apontar a dificuldade de aplicação dos métodos de avaliação escolhidos. Ainda, busca-se problematizar o impacto que as imprecisões desses dados poderiam causar nos valores obtidos.

A primeira variável analisada foi o valor dos investimentos totais. Diferente de inovações oriundas de empresas privadas, institutos de pesquisa e, até mesmo de empreendedores individuais, as patentes em análise foram desenvolvidas dentro da UFMG, mas em diferentes escolas. Isso faz com que haja descentralização durante o desenvolvimento e uma dificuldade inerente para acompanhar os gastos durante a fase de pesquisa.

Destaca-se que muitos processos de P&D só chegam ao conhecimento da CTIT quando está próxima à data de finalização, apresentando um resultado empírico já consolidado e pronto para solicitar a proteção intelectual. Logo, no momento em que são realizadas as avaliações financeiras dessas pesquisas, inicia-se um trabalho de recuperação de informações com os investidores.

Algumas pesquisas são fruto de estudos de pós-graduação ou derivados de projetos de pesquisas em outras instituições. Assim, é consideravelmente difícil para a CTIT mensurar a data de início da pesquisa (focada em desenvolver um produto comercializável) e todos os gastos durante os últimos anos. Além disso, pesquisas absolutamente teóricas, focadas na produção de artigos e no conhecimento, podem gerar futuramente um produto. Nesse caso, o tempo de estudo inicial dificilmente será considerado, pois não é hábito reconhecer esse período como gasto de desenvolvimento do produto.

Os inventores quase não mantêm registros de todos os equipamentos e laboratórios utilizados, e tampouco do percentual de dedicação do seu dia de trabalho. As únicas variáveis de investimento de fácil mensuração são o número de pessoas participantes da equipe (bolsistas, pós-graduandos e professores) e equipamentos adquiridos exclusivamente com essa finalidade.

Nesse caso, a possibilidade de registro histórico objetivo para calcular o investimento total da universidade é baixa, ficando dependente das informações retiradas das entrevistas para estimar um valor plausível. Com esse procedimento, espera-se que algum nível de informações útil seja perdido. Logo, os investimentos considerados na seção anterior não correspondem exatamente à realidade, servindo apenas como uma aproximação desse valor. Destaca-se nesse ponto que a profundidade das entrevistas no entendimento do processo de P&D é crucial e, conforme Flick (2002), trata-se de uma forma de obter informações valiosas na ausência de dados concretos.

Outro ponto de alta relevância citado por Collan e Heikkila (2001) é em relação ao compartilhamento de gastos neste tipo de pesquisa. Os autores citam que em empresas

privadas esse problema já é de difícil controle, pois um espaço em comum é compartilhado por diversos projetos paralelos. Para a universidade isso pode ser ainda mais grave, já que o uso de laboratórios e equipamentos das escolas não é controlado de maneira precisa. Nos casos da indústria farmacêutica abordados nesta amostra, tal situação é minimizada, pois os professores pesquisadores têm os seus próprios laboratórios para pesquisas na universidade.

Portanto, conclui-se que a definição dos investimentos totais em cada inovação é realizada com algumas estimativas subjetivas, baseadas nas entrevistas realizadas. Um melhor acompanhamento das pesquisas em desenvolvimento da universidade pela CTIT poderia melhorar a correta estimação desta variável. No entanto, dificilmente será possível ter um nível de precisão tal qual em instituições privadas ou específicas para pesquisa.

Essa incerteza no investimento decorrente da forma de apuração dos dados pode impactar de maneira relevante a análise dos valores calculados pelos modelos. O impacto disso no modelo de FCD é mais crítico justamente pela característica de avaliar somente um caminho futuro para os valores de entrada. Logo, uma subestimação do investimento pode apontar um VPL positivo enquanto, na realidade, o retorno dos recursos aportados pode não ocorrer.

Nos modelos de OPM a importância relativa da variável investimento é reduzida, principalmente nos modelos de simulação. Como verificado, a partir da consideração de diferentes estados futuros, seja pelos caminhos do binomial, pelo intervalo contínuo de Black e Scholes ou por um número muito grande de cenários simulados, esses modelos conseguem captar melhor as potencialidades do projeto, apontando, até mesmo, cenários com baixa probabilidade de ocorrência. Logo, as opções permitem mitigar os efeitos de um investimento total estimado com algumas imprecisões.

Em contrapartida, os modelos de opções reais dependem da informação sobre o preço de exercício de cada flexibilidade gerencial. Essa informação não está disponível claramente nos relatórios da CTIT e não pode ser obtida por meio das entrevistas com os inventores. Primeiro, para a opção de expansão, o preço de exercício corresponde ao custo do depósito da patente internacional. Contudo, não existe um valor fixo para essa proteção, pois ela depende da complexidade da inovação, da proximidade com patentes concorrentes (diferenças e similaridades técnicas com outras patentes), das regiões em que ocorrerá a proteção e do próprio custo de delimitar com detalhes o escopo de abrangência.

Para as opções de abandono e prorrogação do contrato, a definição do investimento adicional é ainda mais complexa. Na prática, a quebra contratual ou a realização de um termo aditivo não geram gastos relevantes; apenas um mínimo investimento para os processos burocráticos. No entanto, este estudo considerou que ao tomar determinada decisão, os gestores da patente incorrem em um custo de oportunidade relevante, pois o exercício da opção limita as possibilidades futuras de fluxo de caixa.

A definição desse custo de oportunidade se pauta em dois referenciais: a probabilidade de venda ou de renegociação de um licenciamento e no valor esperado de fluxo de caixa para o período. A primeira variável é obtida por meio de dados reais de negociação da CTIT e, portanto, é bastante confiável. Nesse caso, esse percentual pode não refletir exatamente a possibilidade de venda daquela patente de modo específico, devido a suas características de potencial de mercado, mas é um bom referencial para o conjunto de inovações que passam pela instituição. Destaca-se que a análise de sensibilidade mostrou que a probabilidade de venda tem grande efeito no valor das opções. Logo, acredita-se que o valor adotado representa bem o contexto real, mas um pequeno erro nessa variável pode modificar de maneira relevante a análise do VPL estratégico.

A segunda variável é obtida pela própria projeção do FCD. Como é característica desses modelos, os fluxos futuros estão sujeitos a adversidades e riscos, mas se o modelo for aplicado corretamente, esse valor consiste em uma boa aproximação da realidade. A definição do custo de oportunidade como preço de exercício está sujeita a incertezas, mas pode ser estimada com certo grau de confiabilidade em função de dados disponíveis para isso.

De maneira semelhante, os modelos de OPM dependem da estimação do fluxo de caixa para avaliar o preço do ativo objeto. Pelo princípio do *Market Asset Disclaimer*, de Copeland e Antikarov (2002), esse procedimento é válido para investimentos reais, em que não se pode verificar o preço de negociação atual do ativo. Novamente, não se pode ter certeza de que o modelo de FCD irá corresponder à realidade (VAN PUTTEN; MACMILLAN, 2004), mas, devido à difícil comparação com outras patentes (BANDEIRA, 2010), pode-se dizer que é o melhor procedimento possível nesse contexto.

Conforme exposto pela literatura de OPM aplicados em investimentos reais, o preço de exercício e o valor do ativo objeto da opção serão sempre de difícil mensuração. Pelos procedimentos adotados neste estudo, verifica-se que essa proposição teórica reflete a realidade da avaliação das patentes, mas não foi possível desenvolver uma solução alternativa. Dessa maneira, as opções dependem diretamente do modelo de FCD, e os dados para

adaptação dos modelos não estão disponíveis, mas podem ser estimados de maneira razoavelmente consistente.

O contrato de licenciamento é uma fonte confiável de dados que embasam boa parte dos modelos de FCD e opções. Primeiro, eles determinam as características da flexibilidade em comum aos projetos. Além disso, definem os parâmetros para a previsão dos fluxos de *royalties* e do valor de acesso à tecnologia. Este último, por exemplo, mostrou-se bastante relevante para o CE04. Por fim, o contrato estipula o tempo de benefícios futuros e, juntamente com a informação da própria patente, tem relevantes impactos nas opções de abandono e prorrogação.

De maneira contrária ao exposto pela literatura, os relatórios de inteligência de mercado apresentam uma quantidade expressiva de dados setoriais e informações de cada um dos produtos da inovação. Nesse ponto, cabe dar mérito à equipe da CTIT que consegue buscar de maneira eficiente informações sobre os principais mercados que desenvolvem patentes. Não apenas isso, mas também a CTIT possui um banco de dados relevantes com informações de milhares de licenciamentos e venda de patentes ao redor do mundo, facilitando a utilização desses dados para embasar as projeções de FC.

É possível dizer que informações estatísticas nem sempre estarão disponíveis, mas isso não constituiu uma dificuldade para este estudo. Quanto mais inovadora e diferenciada a inovação, mais complexa será a obtenção de dados deste tipo. Como as inovações da amostra já possuem produtos concorrentes com as mesmas utilidades, pode-se dizer que isso colaborou para as análises descritas anteriormente. Variáveis como preço dos produtos, *market share*, consumo total e crescimento setorial foram obtidas em função dessas características.

Dados econômicos para mensurar o *drift factor* e a taxa de juros livre de risco estão disponíveis. Nesse caso, utilizaram-se informações diretamente da Fundação Getúlio Vargas e do Banco Central, respectivamente, ambas as fontes consideradas confiáveis. Essas definições foram feitas em conjunto com a CTIT, basicamente, mantendo o padrão de avaliação realizadas na instituição.

A melhor forma de estimar a volatilidade dos fluxos de caixa na prática, segundo Hull (2008), consiste em utilizar os dados históricos dos últimos períodos para calcular a variância ou o desvio padrão dos retornos dos preços do ativo. Contudo, essa definição não pode ser aplicada a ativos de inovação, primeiro porque seu preço não é conhecido, como o de títulos

financeiros; e segundo porque não existe um histórico dessa informação (TRIEST; VIS, 2007). Logo, a volatilidade estimada foi em relação a variação dos retornos esperados para o futuro.

De maneira análoga à definição do preço do exercício, a volatilidade depende diretamente do modelo inicial de FCD como instrumento de previsão de retornos futuros. Porém, esta variável necessita ainda da análise de vários cenários para captar a variação esperada para um período de dez anos. Após calculado o desvio padrão de todo esse prazo, utilizou-se a fórmula descrita em Hull (2008) para se chegar ao valor da variável anual.

Como citado na definição do investimento total, o modelo de opção compensaria os efeitos de uma possível imprecisão no modelo com base na consideração de vários caminhos ou cenários de valor. A volatilidade dos fluxos é a variável que proporciona aos modelos de opção captar esse espectro de valores e gerar informação estratégica para a decisão. Em função disso, avalia-se que a forma de definição adotada para a volatilidade foi a melhor possível para o contexto da análise, mas que está sujeita ainda a ruídos provenientes do próprio modelo de FCD.

Os impactos de uma estimativa incorreta desta variável são grandes, principalmente para os modelos de simulação. A análise de sensibilidade dos quatro casos mostra que, em média, os modelos de Schwartz e Datar-Mathews têm uma variação de valor maior diante das pequenas mudanças da volatilidade. Essa variável, portanto, é uma das mais relevantes para o estudo. Os dados disponíveis são suficientes para estimar seu valor apenas por via do FCD e com isso pode-se esperar certo distanciamento dos dados estimados para o valor real, não conhecido.

Para o modelo de FCD, a variabilidade dos retornos é dada pelo CAPM. Como a taxa livre de risco se baseia na taxa de juros da economia, esta variável foi obtida com precisão. Para o retorno de mercado, a base de dados da CTIT foi considerada como a provável carteira de mercado de inovações daquele segmento. Apesar de muitas patentes não apresentarem dados precisos da informação de retorno, o grande número de dados mitiga o efeito desses casos na consideração do retorno de mercado.

O beta é calculado por meio da relação entre o retorno do ativo e o do mercado. Portanto, a definição deste coeficiente passa pelas mesmas dificuldades da volatilidade dos fluxos, pois depende de uma projeção inicial de valor futuro na ausência de histórico de

dados. Assim, o custo de capital próprio ou da taxa de atratividade definido para os projetos também está sujeito a ruídos provenientes da projeção de desempenho.

O impacto dessa taxa é bastante relevante no VPL estático (SANTOS; PAMPLONA, 2005) e pode desencadear ruídos nas variáveis que dependem disso, como o valor do ativo objeto das opções. Conforme Hull (2008), parte desses efeitos nos modelos de opções é reduzida pela consideração da neutralidade ao risco, utilizando a taxa de juros considerada livre de risco no período de exercício. Porém, não se pode negar que o procedimento adotado possui essa fragilidade inerente a sua forma de cálculo.

O cálculo da volatilidade do investimento, utilizado no modelo de Margrabe, é mais simples que o dos fluxos de caixa. Primeiro, existe uma base real de dados sobre os investimentos realizados que sustenta uma definição inicial desse valor. Segundo, o acesso aos inventores e a realização de entrevistas possibilitam coletar dados complementares sobre essa variável (FLICK, 2002).

Logicamente, se houvesse maior controle sobre o processo de P&D, a volatilidade do investimento em momento posterior ao da sua conclusão seria plenamente conhecida. Mesmo para o CE03 e o CE04, que necessitam de mais investimentos para completar o desenvolvimento, a definição de uma taxa de investimento constante, tal qual o modelo teórico de Schwartz (2004), seria facilmente estipulada.

É possível apurar de maneira aproximada a volatilidade do investimento. Contudo, como apresenta a análise dos casos na seção anterior, as diferenças observadas entre a estimação pelo modelo de Black e Scholes e pelo modelo de Margrabe foram muito pequenas em entre eles. Logo, um possível erro na mensuração dessa volatilidade não deve surtir tantos efeitos na avaliação das opções. Ressalta-se o fato de que este estudo contemplou apenas projetos concluídos ou em fase de finalização, o que reduz significativamente a volatilidade do investimento. Ao considerar projetos no início do P&D, essa variável deve ter maior relevância para a avaliação.

Em suma, ao contrário do que a teoria costuma indicar, a ausência de dados históricos e estatísticos sobre as inovações não foi um fator tão característico para os modelos desse estudo. O fato de a CTIT ser uma instituição focada nesse tipo de projeto favoreceu a coleta de informações relevantes sobre as variáveis necessárias para os modelos de opções. A existência de banco de dados e de relatórios de mercado, além do próprio acesso aos inventores constitui um conjunto de fontes suficientes para aplicação das avaliações.

Todavia, percebe-se que as técnicas de OPM são realmente mais complexas no que tange à obtenção desses dados (COX; ROSS; RUBISTEIN, 1979). A análise das variáveis permite concluir que enquanto no VPL estático espera-se verificar ruídos na definição do investimento total e no cálculo da taxa de atratividade, para definir o VPL estratégico as variáveis de volatilidade dos fluxos, preço do ativo objeto e preço do exercício são as mais críticas. Primeiro, os modelos de opções reais dependem do FCD o que gera, naturalmente, distorção nos valores. Segundo, necessitam de uma apuração mais subjetiva para obter informações complementares.

Conclui-se, que o contexto da UFMG e da CTIT permite determinar de maneira consistente as variáveis necessárias para avaliação e que na ausência de dados precisos é possível definir *proxies*, ou aproximações, suficientemente confiáveis, como indicam Van Putten e MacMillan (2004) para empreender as avaliações. Em consonância também com Hull (2008), para aplicar os modelos de opções em investimentos reais, faz-se necessário realizar um aprofundamento maior para entender o processo lógico de desenvolvimento das inovações e das flexibilidades inerentes ao processo. Essa apuração não é rápida, principalmente, em função da dificuldade de acesso aos inventores, o que é um fator limitante para a realidade da CTIT. Logo, sugere-se que um acompanhamento mais próximo, desde o início do P&D, facilitaria o aprofundamento e a obtenção dessas variáveis de maneira mais precisa.

6.6 Análise da aplicabilidade dos modelos

Na seção 6.4 foi possível verificar a diferença de valor obtido com a inclusão das opções reais e seus respectivos modelos de avaliação. Na seção 6.5 procedeu-se à revisão das variáveis dos modelos para apurar quais dados estavam à disposição junto aa CTIT e aos inventores. Buscou-se, assim, considerar quais seriam as possíveis dificuldades de aplicação dos dados nos modelos e se isso poderia gerar impactos nos valores obtidos.

É justo ponderar também duas questões sobre os modelos propostos: se são aplicáveis ao contexto da universidade; e se existe diferenças relevantes de valor entre eles. Para responder a primeira questão, nesta seção avaliaram-se as principais dificuldades técnicas associadas a cada um dos modelos, buscando apontar se a maior complexidade de aplicação prevista na literatura (VAN PUTTEN; MACMILLAN, 2004; NASCIMENTO, 2005; HULL, 2008) realmente constitui uma barreira para os OPM. Para a segunda questão, aplicou-se o

teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a diferenças na distribuição dos VPL estratégicos calculados.

Este teste utiliza as distribuições acumuladas dos dados e analisa, com base no desvio máximo entre elas, se o ponto de maior diferença é suficientemente grande para apontar que ambas não são aderentes. Assim, a hipótese nula é: não existe diferença relevante entre as distribuições dos valores. Portanto, os modelos geram um mesmo conjunto de resultados para os VPL. Nesse caso, a escolha do método pode ser feita pela facilidade de aplicação ou menor número de restrições. A hipótese alternativa é: os modelos em teste geram distribuições de resultados distintos e a decisão entre eles é relevante em termos de valor para o projeto.

O valor crítico para a amostra de 1.000 dados agrupados em vinte classes, segundo a tabela de Siegel (1956), é de 0,301. As tabelas 29 a 32 exibem os valores da estatística de teste para os modelos utilizados em cada caso de estudo. Vale lembrar que o VPL testado foi o VPL estratégico calculado pela opção composta, ou seja, o valor total do projeto, incluindo todas as flexibilidades.

Tabela 29 – Teste de Kolmogorov-Smirnov para o CE01

	Schwartz	Datar- Mathews	Margrabe	Black e Scholes
Binomial	0,4620	0,4521	0,1305	0,1490
Black e Scholes	0,6110	0,5944	0,0186	
Margrabe	0,5924	,05759		
Datar-Mathews	0,0996			

Fonte: Elaborada pelo autor

O teste para o CE01 aponta que os modelos binomiais, de Black e Scholes e de Margrabe não identificaram diferenças significantes entre eles. A estatística do desvio máximo foi inferior ao valor crítico apresentado. Analisando o resultado desses modelos para o CE01, verifica-se que o modelo binomial apresentou um valor adicionado pela expansão menor que os demais. Ao mesmo tempo, identificou um pequeno valor na opção de abandono, que foi igual a zero para os outros.

Porém, como se está avaliando o VPL estratégico das opções combinadas, a diferença do valor total para o projeto foi muito pequena e por isso o teste de Kolmogorov-Smirnov

apontou a aceitação da hipótese nula. Vale destacar também que o modelo de Black e Scholes é um caso específico do binomial quando o intervalo de tempo tende a zero, e que o de Margrabe é também uma derivação de seu predecessor. Portanto, o resultado de igualdade entre esses valores não é anormal e deve ocorrer se os valores de u e d não ocasionarem uma distribuição muito assimétrica.

Outro caso em que se aceita a hipótese nula é na comparação entre os modelos de Datar-Mathews e Schwartz. O primeiro define uma distribuição triangular entre os cenários pessimista, mais provável e otimista. O segundo considera um processo estocástico em que os componentes aleatórios seguem distribuições normais ou lognormais, mas devido a interação entre os termos, não estipula uma distribuição final para os valores. Os valores das opções entre esses dois modelos diferem-se muito dos demais e, apesar de estarem não tão próximos individualmente, o valor da opção combinada apontou uma diferença menor que 5,00% entre os valores esperados.

É válido destacar que para o CE01, o VPL estratégico calculado para os cinco modelos foram, de maneira geral, bastante similares, com um mínimo de R\$2.604,151,10 no binomial e um máximo de R\$2.766.618,26 no Datar-Mathews. Contudo, o teste realizado apontou diferenças relevantes entre esses dois grupos. Assim, pode-se concluir que a diferença das distribuições de VPL são relevantes, mas a média (ou valor esperado) de todos foi coincidentemente próxima.

No CE02, os valores da estatística de teste descritos na Tabela 30 também não observaram diferenças para os modelos de simulação. Ainda, os modelos de Black e Scholes e de Margrabe foram novamente aderentes entre si e com o modelo binomial. Dessa forma, a mesma análise que foi realizada no CE01 é válida também aqui.

Tabela 30 – Teste de Kolmogorov-Smirnov para o CE02

	Schwartz	Datar-Mathews	Margrabe	Black e Scholes
Binomial	0,3709	0,3429	0,2601	0,2118
Black e Scholes	0,3118	0,3969	0,2861	
Margrabe	0,3262	0,3503		
Datar-Mathews	0,0903			

Fonte: Elaborada pelo autor

O VPL estático calculado para o CE02 foi negativo tanto pelo modelo original da CTIT quanto pelo padrão proposto neste estudo. Em todos os modelos, incluir as flexibilidades não gerou potencial de retorno suficiente para fazer o VPL estratégico tornar-se positivo. Os três primeiros modelos, inclusive, tiveram valores muito semelhantes entre si, aproximadamente - R\$229.600,00. Para os modelos de simulação isso representa uma diferença relevante, pois todos retornam um resultado maior que - R\$200.000,00.

A aderência entre os modelos de simulação do CE02 pelo teste não é identificada claramente na média de todos os cenários calculados. Enquanto o modelo de Datar-Mathews retornou um valor de R\$106.696,56 o modelo de Schwartz estimou o VPL da inovação em R\$174.812,62. Na prática, ambos os resultados apontam um retorno negativo em relação ao investimento, mas a diferença absoluta entre os valores é razoável. Assim, o teste indicou que toda a distribuição dos cenários, divididas em percentis, é aderente, mas o valor esperado para o projeto não é empiricamente tão próximo.

Para o CE03 e CE04 percebe-se uma alteração na aderência entre os modelos de simulação. Ambos os resultados, nesses testes, rejeitam a hipótese de equivalência dos modelos e, portanto, torna relevante a decisão entre eles também pela diferença de valores. Uma possível explicação está na diferença de contexto entre os CE01 e CE02 para estes. Os primeiros referem-se a tecnologias já acabadas e licenciadas, ambas da área de engenharia aliada à da saúde. Os últimos abordam o segmento farmacêutico, com patentes ainda em fase de teste e não licenciadas. Dessa forma, a mudança de padrão dos modelos não pode ser considerada anormal, já que a perspectiva, principalmente ligada à incerteza futura dos casos é diferente.

No entanto, o padrão observado entre o modelo de Black e Scholes e o modelo de Margrabe foi novamente repetido. Assim, mesmo que não se possa generalizar estatisticamente a amostra, o teste aponta que a diferença desses modelos não se mostra relevante para a análise de projetos com investimentos totais totalmente realizados ou próximos da sua completude. Como apontando pela teoria exposta, recomenda-se a aplicação da variante de Margrabe para avaliar projetos no início do processo de pesquisa, em que a incerteza sobre o investimento total é tão grande quanto a dos fluxos de caixa.

Especificamente para o CE03, conforme a Tabela 31, verifica-se que a aderência das distribuições só não foi verificada entre o modelo de Datar-Mathews e os demais. Consultando os valores da Tabela 20, constata-se que esse resultado reflete com clareza a diferença de valores empíricos obtidos pelas avaliações. O valor médio encontrado foi de

R\$2.875.298,99 enquanto o dos outros quatro foi de R\$4.313.877,43. Ambos apresentam uma perspectiva positiva de retorno, mas os valores absolutos são bastante diferentes.

Tabela 31 – Teste de Kolmogorov-Smirnov para o CE03

	Schwartz	Datar-Mathews	Margrabe	Black e Scholes
Binomial	0,2430	0,3383	0,1435	0,0953
Black e Scholes	0,2383	0,5440	0,2388	
Margrabe	0,0995	0,3052		
Datar-Mathews	0,3057			

Fonte: Elaborada pelo autor

Para o CE04 em particular, além dos resultados já citados, nota-se que o modelo binomial não apresentou nenhuma aderência com os quatro outros métodos utilizados. O teste de Kolmogorov-Smirnov reflete novamente os valores de VPL estratégicos empíricos observados. Segundo a Tabela 27, o modelo binomial calculou um valor total para a inovação em R\$350.753,27. O modelo de Datar-Mathews obteve uma média de R\$284.691,05 para os cenários e o de Schwartz, R\$303.413,31, muitos próximos em números absolutos. Já os demais modelos (Black e Scholes e a variante Margrabe) ficaram em aproximadamente R\$155.000,00. Portanto, a estatística de teste foi bastante coerente com o apresentado pelas avaliações.

Tabela 32 – Teste de Kolmogorov-Smirnov para o CE04

	Schwartz	Datar-Mathews	Margrabe	Black e Scholes
Binomial	0,7086	0,7281	0,7376	0,7490
Black e Scholes	0,4215	0,4068	0,2412	
Margrabe	0,3894	0,3156		
Datar-Mathews	0,3879			

Fonte: Elaborada pelo autor

De maneira geral, o teste de Kolmogorov-Smirnov ressalta que o modelo de Black e Scholes e o modelo de Margrabe são empiricamente iguais para todos os casos avaliados. Os

resultados calculados para as opções e para os VPL estratégicos apresentaram muito poucas diferenças e, diferentemente do previsto na literatura, a consideração da incerteza do investimento não se mostrou suficientemente relevante para distanciar os dois modelos.

O modelo binomial também teve bastante aderência aos modelos supracitados. Somente no CE04 eles se mostraram significativamente distantes. Essa conclusão pode ser proveniente do próprio fato de que o modelo de Black e Scholes é um caso específico do binomial aproximando, portanto, as distribuições calculadas. Como se utilizou do princípio de *matching volatility* ao invés de definir por outras maneiras os caminhos previstos para o valor das opções, a distribuição dos cenários finais pode ter ficado com características semelhantes. Somente no último caso o efeito conjunto das diferentes opções em sequência distanciou tais modelos.

Outro resultado que é válido analisar se refere à integração entre os dois modelos de simulação, Datar-Mathews e Schwartz. Nos casos em que a volatilidade do investimento é mais relevante, ou seja, nos projetos que não se encontram totalmente desenvolvidos, percebe-se o descolamento das distribuições. Como o modelo de Schwartz explicita esse fator como um dos componentes para o cálculo do valor da inovação, pode-se dizer que a característica do projeto influencia diretamente esse resultado dos modelos. No CE01 e no CE02, em que essa volatilidade é proveniente de alguma imprecisão no processo de coleta dos dados, os modelos geram um resultado aproximadamente equivalente.

Conforme esperado pela relação teórica, a aplicação dos OPM em investimentos reais possibilitou considerar uma geração de valor adicional para o projeto. Logo, as flexibilidades descritas impactam de maneira relevante o processo de decisão estratégica sobre a inovação, bem como o valor esperado para retorno do investimento feito pela universidade. É válido salientar, contudo, que a incerteza é o principal fator que ocasiona a geração de valor das opções, enquanto no modelo de FCD ela reduz o valor pela taxa de desconto.

Destaca-se, assim, que os CE01 e CE02, cujas tecnologias já estavam acabadas e licenciadas, possuem menor incerteza sobre a viabilidade técnica e comercial. Nestes, o valor potencial adicionado pelas opções foi de, no máximo, 56%. Já para os casos do segmento farmacêutico, que possuem também incerteza maior quanto a seu estado de desenvolvimento, o valor combinado das flexibilidades superou em vários modelos 100% do seu valor original, chegando a uma variação próxima de 300% em algumas análises. Portanto, os resultados obtidos neste estudo reforçam a teoria de que os modelos de opções captam melhor as

possibilidades futuras do projeto e, por meio de um mecanismo de decisão de exercer ou não determinada ação, conseguem maximizar o seu valor.

Em relação à aplicabilidade dos modelos de avaliação, considera-se que o modelo de Black e Scholes foi o que necessitou de menor número de informações para o *set-up* dos cálculos. Todavia, nesse modelo uma série de premissas que embasam sua construção é quebrada na prática, como a de ativos divisíveis, a de ausência de custos de transação e a de impostos ou tempo contínuo.

Apesar de não ser um impedimento para sua aplicação (HULL, 2008), o que o torna uma alternativa pouco atrativa aa CTIT é que sua adaptabilidade é mais complexa (KIM *et al*, 2012) principalmente pela sua forma de cálculo por meio das equações predeterminadas que impedem a visualização precisa dos caminhos e das possibilidades futuras do projeto. Assim, segundo Monteiro (2003), o modelo de Black e Scholes funciona como uma "caixa preta", em que o resultado é obtido pelo método de maneira semelhante aos demais, mas a informação gerencial por meio dele é bastante restrita.

O modelo de Margrabe compartilha dos mesmos problemas citados para o de Black e Scholes, mas possui ainda críticas agravantes para sua aplicação. Primeira, a definição da correlação entre as volatilidades não é direta e depende de um processo de análise de cenários de FCD para ser calculada. Assim, já tem a desvantagem de ser mais trabalhoso e menos direto. Segunda, a promessa teórica de considerar a volatilidade do investimento não surtiu efeitos relevantes para os casos analisados, conforme o teste Kolmogorov-Smirnov. É válido testá-lo futuramente em projetos no início do P&D, mas como isso não retrata o contexto da universidade, provavelmente, irá preferir-se o modelo de Black e Scholes em seu lugar.

De maneira semelhante, os resultados indicam que a distribuição de valores do modelo binomial é aderente aos dois anteriores para três dos quatro casos. Damodaran (2002) cita que as variáveis necessárias para aplicação desses modelos são as mesmas e que, portanto não existe vantagem em termos de facilidade para a obtenção de dados entre eles. O modelo binomial tem a característica de ser mais visual (MONTEIRO, 2003), o que se torna uma vantagem relevante para o entendimento do processo de decisão estratégica a ser tomado sobre o projeto (WU, 2011). Em contrapartida, a montagem da árvore de decisão é mais trabalhosa que a aplicação do cálculo de Black e Scholes, requerendo maior tempo para sua execução.

Em função dessas ponderações, avalia-se que o modelo binomial é preferível aos anteriores para a aplicação pela CTIT. Primeiro, o tempo adicional necessário para avaliar os caminhos projetados de valor não é suficientemente grande para atrapalhar o processo e os prazos definidos pela instituição; segundo, o ganho informacional ao visualizar claramente as possibilidades de futuro (bem como suas probabilidades de ocorrência) é relevante para a tomada de decisão sobre os contratos de licenciamento, principalmente para identificar qual dos caminhos se aproxima mais da realidade com o passar do tempo; e terceiro, a similaridade dos dados de *input* possibilitam sua aplicação em todos os casos testados e provavelmente às outras pesquisas das universidades.

Apesar de o modelo binomial se mostrar uma alternativa viável para o contexto, os motivos para aplicar os modelos de simulação têm características ainda mais notáveis. O modelo de Datar-Mathews destaca-se pela simplicidade e praticidade. É padrão nos relatórios de avaliação desenvolver o modelo de FCD acompanhado de dois outros cálculos de cenários mais otimistas e mais pessimistas. Portanto, como este modelo utiliza essas informações e simula uma distribuição triangular sobre eles para calcular os cenários futuros, sua aplicação consiste apenas em uma continuação do processo de avaliação atual.

Independente da metodologia de FCD que a equipe da CTIT adotar, pode-se adaptá-lo rapidamente para o modelo de opções de Datar-Mathews. Dessa maneira, a vantagem deste método é ser bastante genérico e permitir a inclusão de variáveis conforme o modelo básico do FCD. Sua análise é um pouco mais trabalhosa que a do modelo binomial, pois depende da elaboração de pelo menos dois cenários adicionais, mas como isso já é normalmente realizado, recomenda-se esse método em relação ao binomial.

O modelo de simulação aliado a um *software* computacional gera uma visualização de possibilidades ainda mais acurada, podendo-se calcular diversas estatísticas complementares como médias, medianas, percentis e testes de hipótese. A construção gráfica desses cenários é gerencialmente interessante e pode contribuir estrategicamente para a CTIT.

Como desvantagem, o modelo de Datar-Mathews fixa a distribuição triangular para a aplicação do cálculo da opção real. Assim, a distância entre os valores dos cenários de FCD estimados tem alto impacto no formato da distribuição, que pode acarretar também distorções da análise, devido à consideração incorreta do que seria o cenário otimista ou pessimista. O CE03 é um exemplo em que o formato da assimetria da distribuição gera um afastamento desse modelo em relação aos demais. Mathews (2009) cita que o modelo pode ser adaptado

para outras distribuições, mas isso exigira um esforço de adaptação maior, que, provavelmente, não seria aplicável ao contexto da instituição em estudo.

Já o modelo de simulação de Schwartz possui algumas premissas um pouco mais rígidas, tal qual processos estocásticos de tempo contínuo. Essa característica é citada pelo próprio autor do método durante seu desenvolvimento. Pelo estudo de Ernst, Legler e Lichtenthaler (2010), essa dificuldade foi superada, mas o modelo teórico ainda é mais complexo para se compreender e aplicar. Todavia, suas condições e variáveis são mais bem delimitadas, esperando-se que seja mais coerente com a realidade de alguns casos, como do segmento de medicamentos.

A lógica do modelo é bastante similar à construção do modelo binomial, porém agrega algumas modificações pensadas para projetos de inovação. Assim, a construção do *set-up* não deve ser um problema diante dos dados disponíveis na CTIT. Em outras condições, como em institutos de pesquisa ou empresas privadas, algumas variáveis podem ser mais difíceis de estimar. A simulação de Monte Carlo é facilmente aplicada com recursos computacionais e os resultados permitem o cálculo de estatísticas de teste e a elaboração de análises gráficas.

A diferença básica para o modelo de Datar-Mathews é a consideração do investimento por meio de uma taxa constante, do risco de falha técnica e da incerteza sobre o tempo de duração dos benefícios. Como se verifica no teste de Kolmogorov-Smirnov, essas diferenças se fazem relevantes para os CE03 e CE04, justamente aqueles que não se encontram totalmente concluídos. Portanto, é válido observar que para projetos com uma incerteza maior sobre seus investimentos, o modelo de Schwartz deve ser o preferido, pois consegue captar com melhor precisão as flexibilidades em todo o processo de avaliação. No entanto, se a inovação não apresentar claramente essa característica, o modelo de Datar-Mathews pode ser aplicado sem restrições, sendo mais prático e, geralmente, apresenta aproximadamente o mesmo resultado.

Essa conclusão reforça o pensamento de Damodaran (2002), de que a escolha do modelo deve ser realizada caso a caso. Ambos os métodos de simulação podem ser aplicados em todos os casos, mas se isso for feito sem observar o contexto do desenvolvimento é de se esperar que o método tenha influência no valor observado. Assim, esse estudo serve para apontar aa CTIT que dificilmente um modelo único poderá ser aplicado para todas as inovações disponíveis. No entanto, é possível definir algumas características chaves que direcionam e facilitam essa decisão.

Destaca-se, ainda, que os modelos de simulação têm também desvantagens em relação ao modelo binomial e de Black e Scholes. Como analisado pela sensibilidade as variações da taxa de juros, volatilidade e probabilidade de venda, os modelos de simulação podem ser mais afetados por uma definição incorreta dessas variáveis. Na seção 6.5 descreve-se que preço de exercício, valor do ativo objeto e volatilidade são as variáveis mais difíceis de definir. Portanto, um erro na apuração desses valores resulta em maior distanciamento da realidade nos modelos de simulação.

Em suma, a decisão entre modelos de simulação e modelos mais clássicos de opções é relevante em termos de valores empíricos. As tabelas 29 a 32 evidenciam que a escolha do método impacta no VPL estratégico calculado para as inovações. Devido às características de aproximação com o contexto da CTIT, seja pelas variáveis mais próximas aos projetos ou seja pela similaridade com o processo de avaliação atual, espera-se que os modelos de simulação sejam mais eficazes, mas o número pequeno da amostra deste estudo não permite generalizar essa relação.

A escolha entre os modelos de simulação atenderá, basicamente, a dois critérios: caso exista alguma variável com forte ligação com as características da inovação avaliada, a decisão deverá ser feita considerando a diferença de valor obtida entre os métodos (como nos CE03 e CE04). Caso contrário, assumindo que suas distribuições são equivalentes, pode-se escolher o modelo exclusivamente por critérios subjetivos, principalmente pela praticidade de aplicação e fácil adaptabilidade a diferentes situações.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve por objeto de análise quatro casos de inovações desenvolvidas na Universidade Federal de Minas Gerais, patenteadas e encaminhadas para licenciamento junto à Coordenadoria de Transferência e Inovação Tecnológica da instituição. Empreendeu-se uma análise empírica para verificar a diferença de valores estimados para esses processos de P&D entre as abordagens financeiras baseadas em opções reais e o modelo tradicional de fluxo de caixa.

Verificou-se na literatura que existe uma preocupação crescente com o reconhecimento de recursos intangíveis baseados em conhecimento na estrutura de geração de valor nas empresas (BANDEIRA, 2010). Para Triest e Vis (2007), o desenvolvimento de inovações permite gerar vantagem competitiva relevante por meio do mecanismo de proteção legal, ou seja, do depósito de patentes. Com isso, Dixit e Pindyck (1995) mostram que existem características substancialmente diferentes nesses ativos que geram maior complexidade ao considerar seu valor econômico.

Uma série de estudos permite identificar fatores que modificam a relação esperada pelas variáveis dos modelos tradicionais para o caso das patentes. Apenas para citar alguns, Wanetick (2010) aponta que a propriedade intelectual tem um tempo de benefícios determinado pela sua data de expiração, e que tais benefícios, muitas vezes, só atingem a maturidade no longo prazo (HO; LIU, 2003). Gans, Hsu e Stern (2008) alegam que existe uma dependência grande do projeto em função da capacidade de operacionalização da entidade que possui os direitos da patente. Ou seja, seu valor é relativo ao seu detentor. Ross, Westerfield e Jaffe (2008) argumentam que esse tipo de ativo gera fluxos de caixa maiores em períodos próximos à sua expiração e, portanto, sofre mais perdas de valor devido à taxa de desconto.

Logo, os valores do FCD tradicional são considerados como estáticos (TRIGEORGIS, 1996) e tendem a subvalorizar esse tipo de ativo por não considerar todo o potencial de ganho futuro. Assim, segundo Van Putten e MacMillan (2004), os modelos baseados em opções reais tem ganhado espaço na literatura por considerarem as flexibilidades em ambientes de alta incerteza, diante da ineficiência de outras abordagens em lidar com essa dificuldade (RAPPAPORT, 2001). Todavia, o problema maior derivado disso é que existem muitos

modelos possíveis para se aplicar (DAMODARAN, 2002), problematizando a escolha do analista.

Dessa maneira, se é difícil considerar o *fair value* de projetos de inovação pelo FCD, os modelos de opções surgem como uma alternativa atrativa para avaliar diferentes perspectivas e possibilidades subjetivas de futuro (MONTEIRO, 2003). Por definição, são métodos que avaliam o impacto de determinada ação estratégica (KIM *et al.*, 2012), que corrigem o valor segundo diferentes estados de futuro (SCHWARTZ, 2004) e que consideram a irreversibilidade, o *timing* e a incerteza do investimento (DIXIT; PINDYCK, 1995). Além disso, Herath e Park (1999) mostram que o próprio critério de análise é modificado, passando de uma decisão entre investir ou não investir para uma lógica de maximizar o valor do investimento agindo sobre ele.

Luehrman (1998) indica como é possível traçar um paralelo entre as duas abordagens, mas Cox, Ross e Rubinstein (1979) destacam que os modelos de opções ainda não são amplamente utilizados por causa de a sua elevada complexidade. Pela literatura da área, percebe-se que é recorrente o problema de dados de mercado ou comparativos (TRIEST; VIS, 2007), da existência de modelos teóricos com pouca aplicação prática (KAYO, 2002), da apuração dos investimentos durante da fase de P&D (COLLAN; HEIKKILA, 2001) e da forma de remuneração dos benefícios (HO; LIU, 2003), dentre outras dificuldades.

Além dessas características, o Brasil possui um perfil de geração de inovações diferente do verificado em outras regiões. Segundo Castro e Souza (2012) grande parte das patentes nacionais é gerada em instituições públicas, que têm procedimentos peculiares para utilizar as tecnologias criadas. Logo, conforme demonstram Eletherios, Pottlesberghe e Navon (2006), a aplicação de modelos de avaliação no setor público pode até utilizar as mesmas determinantes de valor, mas a aplicação do método deverá ser adaptada para o seu fim.

Assim, surge a necessidade de estabelecer uma correta avaliação de novas tecnologias e aprimoramentos (ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010), considerando suas características específicas de risco e incerteza (HULL, 2008), seus efeitos assimétricos de valor (WU, 2011) e a entidade que detém seus direitos (GANS; HSU; STERN, 2008). Monteiro (2003) descreve que isso deve ser feito a partir de uma profunda análise caso a caso, para captar apenas as flexibilidades naturais do desenvolvimento daquele ativo.

Em consonância com essas considerações, este estudo utilizou uma amostra de dois casos da área farmacêutica e outros dois da área da engenharia e da fisioterapia para comparar

a diferença de valores obtidas com essas abordagens e avaliar a aplicabilidade dos modelos no contexto da UFMG, atentando-se ainda para o problema dos dados disponíveis.

Inicialmente, identificaram-se as principais flexibilidades estratégicas comuns a esses projetos que poderiam gerar opções relevantes para se avaliar. Foi considerado que o ambiente da instituição e o contrato de licenciamento geravam oportunidades de exercer as opções de abandono do contrato, a expansão para patentes internacionais e prorrogação do licenciamento ao final de dez anos.

Em seguida, após estudo dos modelos aplicáveis ao contexto da CTIT, estimaram-se os valores de cada inovação na ótica da universidade, buscando verificar se a subestimação esperada pela literatura ao aplicar o fluxo de caixa descontado em patentes (VAN PUTTEN; MACMILLAN, 2004) poderia ser constatada também na adaptação a uma instituição pública, que possui objetivos diferentes para o uso da tecnologia em relação às empresas privadas (OLIVEIRA; VELHO, 2009).

Constatou-se que essa relação teórica é válida neste estudo para todos os casos. A aplicação dos modelos permitiu calcular um VPL estratégico significativamente superior ao estimado inicialmente pela CTIT e ao revisado pelo padrão descrito nesta pesquisa. Destaca-se, ainda, que o efeito combinado de opções sequenciais pode, inclusive, potencializar os ganhos futuros e captar com maior precisão a expectativa sobre os benefícios do ativo. Assim, levando em consideração a premissa de que o risco pode gerar valor, os modelos de opções testados podem amenizar a subestimação esperada dos modelos mais tradicionais.

Verificou-se que os modelos de opções, principalmente o binomial e os modelos de simulação de Monte Carlo, permitem ter uma melhor visão estratégica sobre o investimento realizado. Com esses métodos, é possível definir as ações que tem maior impacto no valor (KIM *et al*, 2012), gerir empiricamente sua evolução (NASCIMENTO, 2005) e criar um valor adicional à inovação (DIXIT, PINDYCK, 1995).

De maneira semelhante às observações de Amaral (2012), o conhecimento adequado e a confiabilidade razoável do valor de uma patente é fundamental para a tomada de decisão racional dos seus gestores. Utilizar a abordagem de opções, em especial pelos modelos binomiais e de simulação, permite fazer julgamentos sobre o futuro que irão gerar maior valorização para o ativo pela ação estratégica. Basicamente, a abordagem de opções considera as reais potencialidades e chances de falha da tecnologia em análise.

Em relação aos dados disponíveis para adaptar os modelos, verifica-se que a CTIT possui uma fonte consistente de informações setoriais e de estatísticas sobre as patentes. Isso permite mitigar os efeitos da ausência de dados históricos, como previsto na literatura. O processo de entrevista com os inventores das inovações foi considerado crucial para obter dados complementares aos da CTIT e permitir a aplicação de todos os cinco modelos sem maiores dificuldades.

Apurou-se que os dados para aplicar os modelos de opção não estão todos disponíveis para coleta e que alguns precisam ser estimados de maneiras alternativas. As principais variáveis que geram esse problema são: preço de exercício das opções, volatilidade dos fluxos de caixa e valor do ativo objeto. Este último pode ser contornado pela proposta de Copeland e Antikarov (2002), mas isso gera uma dependência dos modelos de opção com a abordagem tradicional de fluxo de caixa. Portanto, os ruídos e as distorções esperados no VPL estático podem acabar sendo transmitidos também para os OPM.

Ainda na análise sobre os dados, as variáveis ligadas à taxa de desconto, citadas por Ross, Westerfield e Jaffe (2008) e Santos e Pamplona (2005) como críticas para os resultados dessa abordagem mostraram-se coerentes com as relações teóricas esperadas. Uma variação positiva na taxa de juros tem um impacto negativo no valor da opção, já que é utilizada como correção dos fluxos na hipótese de neutralidade de risco (HULL, 2008). A volatilidade dos fluxos apontou uma sensibilidade positiva nos resultados, confirmando sua hipótese de geração de valor adicional ao ativo (AMARAL, 2012).

A probabilidade de negociação da patente se mostrou como a variável de maior impacto médio no valor dos projetos. Ela está ligada diretamente ao preço do exercício de duas opções e às expectativas de licenciamento e de início da atividade comercial. Destaca-se, ainda, que os modelos baseados em simulações foram os mais sensíveis a essas variáveis, pois captam de maneira mais completa todas as possibilidades de cenários gerados.

O teste de Kolgomorov-Smirnov permitiu avaliar as diferenças de resultados obtidos entre os cinco modelos descritos. A partir disso, pondera-se que o modelo de Black e Scholes foi superior ao de Margrabe, pois consegue obter o mesmo resultado com menor número de informações. Sugere-se reconsiderar o modelo de Margrabe em casos em estágio inicial de desenvolvimento, para que o efeito da volatilidade do investimento seja captado por esse procedimento.

O modelo binomial apresentou uma distribuição de valores semelhante ao de Black e Scholes para 75% da amostra. Apesar de não ser possível generalizar, isso indica que os resultados do binomial são igualmente válidos para a maioria dos casos e ainda possuem a vantagem de exibir visualmente os caminhos estratégicos futuros da tecnologia. Assim, como ambos os modelos exigem a mesma base de dados, sugere-se aplicar o modelo binomial na CTIT.

Todavia, ao incluir nessa análise os modelos de simulação, percebe-se que os resultados em relação aos anteriores foram significativamente diferentes. Logo, em função dos valores obtidos, percebe-se que existe maior viabilidade de aplicação dos processos de simulação do que do procedimento binomial para o cálculo das opções. Primeiro, a praticidade e adaptabilidade dos modelos propostos em Schwartz (2004) e Mathews (2009) permitem aproximar a realidade da UFMG dos pressupostos de cada modelo. Segundo, a informação gerencial obtida pela simulação de um *software* é superior à da árvore binomial.

Para decidir entre os métodos de simulação, constata-se que deve-se considerar o contexto do ativo avaliado. Como nos casos de estudo 03 e 04, se o projeto estiver incompleto, necessitando de mais tempo e investimentos para completar o P&D, o modelo de Schwartz (2004) apresenta melhor adequação teórica e empírica, devendo ser utilizado em detrimento dos demais. As variáveis incluídas pelo autor no modelo são muito próximas, por exemplo, à realidade do segmento farmacêutico. De outro lado, se a inovação já estiver finalizada e licenciada, o valor esperado para os dois modelos é equivalente. Nessa situação, como o modelo de Datar-Mathews é mais prático e utiliza-se de um processo semelhante ao adotado na CTIT, ele deve ser a alternativa mais viável para a avaliação das opções.

Sobre o contexto da universidade, destaca-se que o contrato de licenciamento se mostrou uma importante ferramenta gerencial para garantir a flexibilidade de ação estratégica ao mesmo tempo em que assegura os direitos dos inventores e detentores da patente. Ele é uma fonte de informação relevante para realizar as avaliações, da mesma maneira que os dados setoriais e as entrevistas com os inventores. A respeito das entrevistas, vale frisar que mesmo com o apoio institucional o acesso aos professores pesquisadores ainda é difícil, o que inviabiliza estudos desse tipo com maior abrangência. Ao mesmo tempo, não se pode excluí-los do processo de análise, pois somente por intermédio dessas pessoas é possível ter uma real dimensão das inovações desenvolvidas.

Sugere-se que a instituição tente implementar melhores formas de controle dos projetos em estágio inicial de P&D. Normalmente, o acompanhamento só é realizado no

momento necessário de patentear a tecnologia. Com isso, por mais que se execute uma coleta com os inventores com bastante profundidade, parte dos dados acaba se perdendo em decorrência da falta um mecanismo consistente de acompanhamento.

A variável de probabilidade de venda, atualmente estimada em 5% para os projetos da CTIT, foi um fator muito relevante na análise de valor. Logo, a universidade deve buscar formas de estimular internamente (com os pesquisadores) e externamente (com as empresas) essas relações comerciais, não só buscando aumentar o valor gerado pelas opções citadas, como também desencadeando um número maior de licenciamentos superavitários.

Os resultados deste estudo servem a diferentes propósitos. Primeiramente, é uma verificação consistente da valorização de patentes adotando modelos de opções reais. Em paralelo, devido às especificidades do cenário nacional, os dados para aplicação desses métodos não foram um problema tão crítico quanto o esperado. Outras instituições com características semelhantes à UFMG, podem utilizar-se de *benchmarks* e modelos semelhantes de processos para possibilitar uma avaliação mais correta de suas inovações.

A amostra considerada não permite extrapolar os resultados de maneira estatística, mas, conforme Alencar (2000), existem bons indicativos nas análises de que as características presentes nesses casos sejam as mesmas de outros ativos. Se isso ocorrer, a aplicação dos modelos de opções deve ser possível sem maiores dificuldades. Ao mesmo tempo, para casos com características distintas, o estudo pode servir como referência para a escolha, mostrando os cuidados que se deve ter para adaptar um desenvolvimento teórico à realidade das instituições. Por isso, pode-se dizer que a amostra tem boa similaridade com os casos recorrentes, pelo menos na CTIT.

A incorporação dos modelos utilizados para a universidade pode ser realizada, já que existem dados suficientes para aplicação e os modelos, principalmente de simulação, são coerentes com o ambiente em questão. Incluir as opções descritas pode não só modificar a forma de interpretar as decisões estratégicas como também produzir reflexos diretos nos valores financeiros (AMARAL, *et al.* 2013). Em função dos novos VPL calculados, a instituição pode adequar os valores de acesso à tecnologia e, até mesmo, à taxa de *royalties* em cada caso. Logicamente, isso não poderá ser feito nos contratos já em vigor, mas pode embasar futuras negociações de maneira mais consistente.

Uma possível continuação deste estudo contemplaria a avaliação de inovações não patenteáveis. Algumas tecnologias não se enquadram nas regras de proteção intelectual, e por

isso diferenciam-se em função do tempo de contrato, do formato dos benefícios futuros e do processo de licenciamento, mantendo ainda a alta incerteza sobre os fluxos e as características de opções reais.

Como restrições das análises, o exercício das opções pode ocorrer por outros motivos que não sejam exclusivamente econômico-financeiros. Essas possibilidades não estão contempladas nas avaliações. Cita-se, por exemplo, que a patente internacional pode ser solicitada como forma de garantir a exclusividade de uma pesquisa ou de proteger a tecnologia de possíveis imitadores, sem que, necessariamente, isso tenha impactos no valor do projeto.

Esse tipo de ativo tem merecido atenção crescente das empresas e das políticas governamentais. Schwartz (2004) relata que é comum verificar mudanças em leis e decretos que alteram a forma de realizar os registros e negociações de patentes. Logo, se isso ocorrer, deve-se ter atenção às implicações práticas dos modelos considerados. Uma mudança no aspecto legal pode extinguir os efeitos de determinada opção ou fazer com que se tornem ainda mais relevantes.

Utilizaram-se aqui algumas informações de cunho subjetivo, provenientes dos inventores ou da equipe da CTIT. Essa inclusão foi essencial para mitigar as dificuldades dos dados disponíveis, porém estão sujeitas a vieses pessoais e a aproximações, muitas vezes, imprecisas da realidade (ERNST; LEGLER; LICHTENTHALER, 2010). É importante deixar claro que isso gera impactos em variáveis críticas dos modelos, tais como a volatilidade e o *market share* dos produtos. Se houver discordância sobre determinada informação, os VPLs estimados podem ser alterados, bem como os valores de testes e análises finais.

Logicamente, existem outros modelos apresentados na literatura que incluem também novas variáveis de análise. Assim, não se pode dizer que as alternativas consideradas são as melhores disponíveis, nem mesmo que devem ser incorporadas na entidade em estudo. Os resultados só devem ser avaliados entre os modelos aqui descritos. A área de avaliações financeiras evolui constantemente e é impossível abranger todas as variantes desenvolvidas. Portanto, este estudo consiste em um recorte tanto da realidade quanto das possibilidades de avaliações de opções reais.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Edgar. *Introdução à metodologia de pesquisa social*. UFLA, 2000
- AMARAL, Hudson Fernandes. *Proposta teórico-empírica para identificação e avaliação de ativos*. Tese apresentada ao Departamento de Ciências Administrativas da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial do Processo de Seleção para Professor Titular. CDD: 658.15 - 202 f, 2012.
- AMARAL, Hudson Fernandes. *et al.* Avaliação de ativos intangíveis: modelos alternativos para determinação do valor de patentes. *Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade*, v. 4, n. 1, p. 123-143, jan./abr., 2014.
- ANTUNES, Maria Thereza Pompa. *Capital Intelectual*. São Paulo: Atlas, 2000.
- BANDEIRA, Ana Maria Alves. *Activos intangíveis e actividades de I&D*. Porto: Vida Económica, 2010.
- BRANDÃO, Sandra. Os termos mais utilizados no Franchising. Disponível em: <http://www.portaldofranchising.com.br/artigos-sobre-franchising/os-termos-mais-utilizados-no-franchising>. Acesso em 10 fev. 2014.
- BRASIL. Presidência da República. Lei n. 9.279 de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19279.htm. Acesso em: 15 mar. 2013.
- BESSEN, James. The value of U.S. patents by owner and patent characteristics. *Research Policy*, v. 37, p. 932–945, 2008.
- BLACK, Fischer. SCHOLLES, Myron. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, v. 3, p. 637-654, 1973.
- BROOKING, Annie. *Intellectual capital: core asset for the third millennium enterprise*. Boston: Thomson Publishing Inc, 1996.
- CASTRO, Bianca. SOUZA, Gustavo. O papel dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs) nas universidades brasileiras. *Liinc em Revista*, v.8, n.1, p 125-140, mar, 2012.
- CAVALCANTI, Marcos. Conhecimento e desigualdade. *Instituto de estudos do trabalho e sociedade*, v.2, dez, 2002.
- COLLAN, Mikael. HEIKKILA, Marku. Enhancing Patent Valuation with the Pay-off Method. *Journal of Intellectual Property Rights*, v. 16, p. 377-384, set, 2001.
- COPELAND, Tom. ANTIKAROV, Vladimir. *Real Options: a practitioner's guide*. New York: Texere, 2001.
- COX, John. ROSS, Stephen. RUBISTEIN, Mark. Option Pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics*, v. 7, p. 229-263, 1979.

DAMODARAN, Aswath. *A face oculta da avaliação*. São Paulo: Makron Books, 2002.

_____. *Avaliação de Empresas*. São Paulo: Prentice-Hall, 2007.

DIXIT, Avinash. PINDYCK, Robert. The options approach to capital investment. *Harvard Business Review*, p. 105-118, dez, 1995.

EDVINSON, Leif. MALONE, Michael. *Capital Intellectual*. São Paulo: Makron Books, 1998.

ELETHERIOS, Sapsalis. POTTLESBERGHE, Bruno Van. NAVON, Ran. Academic versus industry patenting: An in-depth analysis of what determines patent value. *Research Policy*, v. 35, p. 1631–1645, 2006.

ERNST, Holger. LEGLER, Sebastian. LICHTENTHALER, Ulrich. Determinants of patent value: insights from a simulation analysis. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 77, p. 1-19, 2010.

ESTRADA, J. *Systematic risk in emerging markets: the D-CAPM*. *Emerging Markets Review*, v. 3, p. 365–379, 2002.

FAMA, E. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance*, v. 25, n. 2, p. 383-417, 1970.

FINANCIAL ACCOUNTING STANDARDS BOARD (FASB). *Statements of financial accounting concepts*. New York: John Wiley & Sons, 1998.

FLICK, Uwe. *An Introduction to Qualitative Research*. Thousand Oaks: Sage Publications, 2002.

GANS, Joshua. HSU, David. STERN, Scott. The Impact of Uncertain Intellectual Property Rights on the Market for Ideas: Evidence from Patent Grant Delays. *Management Science*, v. 54, n. 5, p. 982–997, mai. 2008.

GONÇALVES, Carlos. MEIRELLES, Anthero. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. São Paulo: Atlas, 2004.

GRANT, Dwight. VORA, Gautam. WEEKS, David. Path-Dependent Options: Extending the Monte Carlo Simulation Approach. *Management Science*, v. 43, n. 11, p. 1589-1602, 1997.

HERATH, Hemantha. PARK, Chan. Economic analysis of R&D projects: an options approach. *Engineering Economist*, v. 44, n. 1, p. 1-15, 1999

HO, S. Ping. LIU, Liang. How to Evaluate and Invest in Emerging A/E/C Technologies under Uncertainty. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 129, p. 16-24, jan-fev. 2003.

HONG, Se Joon. *et al.* Construction Technology Valuation for Patent Transaction. *KSCE Journal of Civil Engineering*, v. 14, n. 2, p. 111-122, 2010.

HULL, John. *Options, Futures, and Other Derivatives*. 7^a e. London: Prentice Hall, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL, INPI. *Estatísticas*. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <<http://www.inpi.gov.br/portal/artigo/estatisticas>>. Acesso em 10 de março de 2013.

INTERNATIONAL ACCOUNTING STANDARDS BOARD, IASB. *International Accounting Standards – Intangible Assets*, n.38. Londres, 1998.

IUDÍCIBUS, Sérgio de. *Teoria da contabilidade*. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.

_____. *Manual de contabilidade societária: aplicável a todas as sociedades: de acordo com as normas internacionais e do CPC*. São Paulo: Atlas, 2010.

KAYO, Eduardo. *A estrutura de capital e o risco das empresas tangível e intangível-intensivas; uma contribuição ao estudo de valoração das empresas*. São Paulo: USP, 2002, Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

KIM, Byungil. *et al.* Determining the Value of Governmental Subsidies for the Installation of Clean Energy Systems Using Real Options. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 138, n. 3, p. 422-430, mar. 2012

LEV, Baruch. *Intangibles: management, measurement, and reporting*. Washington: Brookings Institution Press, 2001.

LINTNER, J. *The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets*. *Review of Economics and Statistics*, v. 47, n. 1, p. 221-245. 1965.

LOPES, Alexsandro; MARTINS, Eliseu. *Teoria da Contabilidade: Uma Nova Abordagem*. São Paulo: Atlas, 2007.

LONGSTAFF, Francis. SCHWARTZ, Eduardo. Valuing Options by Simulation: a simple least-square approach. *Review of Financial Studies*, v. 14, p. 113-118, 2001.

LUEHRMAN, Timothy. Investment opportunities as real options: getting started on the numbers. *Harvard Business Review*, p. 51-66, jul-ago.1998.

MANSFIELD, Edwin; SCHWARTZ, Mark; WAGNER, Samuel. Imitation Costs and Patents: An Empirical Study. *The Economic Journal*, v. 91, n. 364, p. 907-918, dez. 1981.

MARGRABE, William. The value of an option to exchange one asset for another. *Journal of Finance*, v. 33, p. 177-86, 1978.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952

MARTINS, Eliseu. *Contribuição à avaliação do Ativo Intangível*. São Paulo: USP, 1972, Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Contabilidade e Controladoria, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1972.

MATHEWS, Scott. Valuating Risk Projects With Real Options. *Research Technology Management*, p. 32-41, set-out. 2009.

MAZZON, José. *Formulação de um modelo de avaliação e comparação de modelos de Marketing*. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

MERTON, Robert. Applications of Option-Pricing Theory: Twenty-Five Years Later. *The American Economic Review*, p. 323-349, jun. 1998.

MONTEIRO, Regina. *Contribuições da abordagem de avaliação de opções reais em ambientes econômicos de grande volatilidade – uma ênfase no cenário latino-americano*. São Paulo: USP, 2003, 200 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Contabilidade e Controladoria, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MOSSIN, J. *Equilibrium in a Capital Asset Market*. *Econometrica*, v. 34, n. 4, p. 768-783. 1966

NASCIMENTO, André. *Avaliação de investimentos em tecnologia da informação: uma perspectiva de opções reais*. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2005, 151 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Faculdade de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, Rodrigo; VELHO, Léa. Patentes acadêmicas no Brasil: uma análise sobre as universidades públicas paulistas e seus inventores. *Parcerias Estratégicas*, v. 14, n. 29, p. 173-200, jul-dez, 2009.

OZÇOMAK, M. Suphi. *et al.* Comparison of the Powers of the Kolmogorov-Smirnov Two-Sample Test and the Mann-Whitney Test for Different Kurtosis and Skewness Coefficients Using the Monte Carlo Simulation Method. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, v.2, n.4, p. 81-98, dez. 2013

PAKES, Ariel. SCHANKERMAN, Mark. Estimates of the Value of Patent Rights in European Countries During the Post-1950 Period. *The Economic Journal*, v. 96, n. 384, p. 1052-1076, dez. 1986.

PORKOLAB, Lorant. Evaluating R&D projects and portfolios. *Drug Discovery Today*, v. 7, n. 4, p. 220-231, fev. 2002.

RAPPAPORT, Alfred. *Gerando valor para o acionista: um guia para administradores e investidores*. São Paulo: Atlas, 2001.

RAZGAITIS, Richard. *Pricing the intellectual property of Early-Stage Technologies: a Primer of Basic Valuation Tools and Considerations*. New York: Wiley, 2003.

REITZIG, Markus. What determines patent value? Insights from the semiconductor industry. *Research Policy*, v. 32, p. 13-26, 2003.

ROCHMAN, Ricardo. *Real Options Valuation of Companies Run by Theory of Constraints with Two Sources of Uncertainty*. In: Encontro Anual Associação Nacional De Programas De Pós-Graduação Em Administração, Salvador/BA, set. 2002.

ROSS, Stephen. WESTERFIELD, Randolph. JAFFE, Jeffrey. *Administração financeira: corporate finance*. São Paulo: Atlas, 2008.

SAINT-GEORGES, Pierre de. Pesquisa e crítica das fontes de documentação nos domínios econômico, social e político. In: ALBARELLO, L. et al. *Práticas e Métodos de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva, 2005.

SANTOS, Elieber Mateus dos. PAMPLONA, Edson de Oliveira. Teoria de Opções Reais: uma atraente opção no processo de análise de investimentos. *Revista de Administração – RAUSP*, v. 40, n. 3, p. 235-252, jul-set, 2005.

SHARPE, W. F. *Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk*. *Journal of Finance*, v. 19, n. 3, p. 425-442. 1964.

SCHMIDT, Paulo. SANTOS, José Luiz dos. *Avaliação de ativos intangíveis*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SCHUMPETER, J. *Capitalism, Socialism and the Democracy*. 5ª ed, London: George Allen & Unwin, 1942.

SCHWARTZ, Eduardo. MOON, Mark. Rational Pricing of Internet Companies, *Financial Analysts Journal*, v.56, n.3, p.62-75, 2000.

SCHWARTZ, Eduardo. Patents and R&D as Real Options. *Economic Notes*, v. 33, n. 1, p. 23–54, feb, 2004.

SIEGEL, Sidney. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. New York: McGraw-Hill, 1956.

SMITH, Gordon. PARR, Russel. *Valuation of intellectual property and intangible assets*. 3ª ed. New York: Wiley, 2000.

TIMMONS, Jeffreu. *New venture creation: Entrepreneurship for the 21st century*. 4ª ed, Burr Ridge: Irwin, 1994.

TRIEST, Sander van; VIS, Wim. Valuing patents on cost-reducing technology: a case study. *International Journal of Production Economics*, v. 105, p. 282-292, 2007.

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

VAN PUTTEN, Alexander. MACMILLAN, Ian. Make Real Options Really Work. *Harvard Business Review*, p. 1-8, dez. 2004.

WANETICK, David. How Patent Vulnerability Impacts Valuation. *The CPA Journal*, New York, p. 63-65, nov. 2010.

WRIGHT, Donald. Optimal patent breadth and length with costly imitation. *International Journal of Industrial Organization*, v. 17, p. 419–436, 1999.

WU, Ming-Cheng. Antecedents of patent value using exchange option models: Evidence from a panel data analysis. *Journal of Business Research*, v.64, p. 81–86, 2011.

YIN, Robert. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. São Paulo: Bookman, 2005

ZHAO, Tong. TSENG, Chung-Li. Valuing Flexibility in Infrastructure Expansion. *Journal of Infrastructure Systems*, v. 9, p. 89-97, 2003.