

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**VALORAÇÃO DE TECNOLOGIAS E EMPRESAS
FORMADAS A PARTIR DE NOVAS TECNOLOGIAS**

Henrique Mendes Silva

BELO HORIZONTE

2008

HENRIQUE MENDES SILVA

**VALORAÇÃO DE TECNOLOGIAS E EMPRESAS
FORMADAS A PARTIR DE NOVAS TECNOLOGIAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção

Área de Concentração: Produto e Trabalho

Linha de Pesquisa: Gestão da Qualidade e do Desenvolvimento de Produtos

Orientador: Professor Leonardo Pereira Santiago – Departamento de Engenharia de Produção – UFMG

BELO HORIZONTE

2008

AGRADECIMENTOS

À minha família, à Fabiana e aos amigos pela torcida e pelo apoio.

Ao professor Leonardo Santiago pela orientação.

Aos companheiros do LADEC e do mestrado, em especial Daniel Eloi, Daniel Pedrosa, Max Neves, Pedro Zuba, Thiago Augusto e Wagner Curi pela convivência durante esses dois anos.

Ao Instituto Inovação, em especial Alexandre Alves, Ana Carolina, Gustavo Mamão, Manuela Soares, Marcel Neves, Rafael Reis, Rafael Seixas e Tarik Mohallem pela grande oportunidade e aprendizado.

Ao programa RHAE Inovação 2004 do CNPq e à CAPES pelo auxílio à pesquisa.

SUMÁRIO

1. Introdução	9
2. Revisão Bibliográfica	16
2.1. Modelos de Gestão da Inovação Tecnológica	16
2.1.1. Foco na comercialização da tecnologia	16
2.1.2. Foco na formação de uma empresa a partir da tecnologia – <i>spin-off</i>	18
2.1.3. Foco no desenvolvimento de produtos	19
2.2. Formas de Financiamento e Pagamento de Novas Tecnologias	25
2.3. Valoração de projetos e empresas	29
2.3.1. Fluxo de Caixa Descontado	29
2.3.1.1. Base da Metodologia de Fluxo de Caixa Descontado	30
2.3.1.2. Fluxo de caixa equivalente sem risco	33
2.3.1.3. Excesso de receita	35
2.3.1.4. Valor Presente Ajustado	36
2.3.2. Valoração Contábil	37
2.3.3. Valoração Comparativa	38
2.3.4. Opções Reais	40
2.4. Trabalhos recentes sobre o tema	43
3. Modelo	46
3.1. Processo de desenvolvimento da tecnologia	46
3.2. Modelo Matemático	48
3.2.1. <i>Framework</i> do modelo	48
3.2.2. Formulação matemática	51
4. Aplicação prática	56
4.1. A Tecnologia e a Empresa	56
4.2. Análise da empresa (dados de entrada)	57
4.2.1. Modelo de Pontuação	59
4.2.2. Investimento necessário	61
4.2.3. Análise de Mercado (<i>pay-off</i>)	65
4.3. Modelagem e Resultados	70
4.4. Discussão dos resultados	74
5. Conclusão	80
Referências Bibliográficas	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Progressão de P&D (Fonte: adaptado de (MITCHELL e HAMILTON, 2007; p.43)).....	12
Figura 2. Modelo de comercialização de tecnologias (Fonte: adaptado de (JOLLY, 1997; p. 4))	17
Figura 3. Modelo de <i>spin-off</i> (Fonte: adaptado de (NDONZUAU <i>et al.</i> 2002; p. 283))	18
Figura 4. Processo <i>stage-gate</i> (Fonte: adaptado de (COOPER, 1993; p.108)).....	21
Figura 5. Processo <i>technology stage-gate</i> (Fonte: adaptado de (COOPER <i>et al.</i> , 2002; p.26))	24
Figura 6. Financiamento de empresas iniciantes (Fonte: adaptado de (ROBERTS, 1991; p.155)).....	26
Figura 7. Processo de desenvolvimento de uma tecnologia/ empresa de base tecnológica	46
Figura 8. Framework do modelo	48
Figura 9. Ilustração dos estados do modelo em uma dimensão	50
Figura 10. Posicionamento da empresa avaliada.....	58
Figura 11. Previsão de investimento da empresa avaliada em função dos desempenhos	64
Figura 12. Custos das fases Crescimento Inicial (a)e Expansão Comercial (b)(R\$MM)	65
Figura 13. Gráfico do <i>pay-off</i> estimado para a empresa avaliada (Margem de Contribuição (R\$M))	67
Figura 14. Matriz de <i>pay-off</i> em função dos desempenhos para a fase de Crescimento Inicial.....	68
Figura 15. Matriz de <i>pay-off</i> em função dos desempenhos para a fase de Expansão Comercial	68
Figura 16. Retornos das fases de Crescimento Inicial (a) e Expansão Comercial (b) (R\$MM).....	69
Figura 17. Valor da Tecnologia/Empresa ao final da fase 2 (R\$MM)	75
Figura 18. Valor da Tecnologia/Empresa ao final da fase 3 (R\$MM)	76
Figura 19. Investimento na fase de Teste de Conceito	77
Figura 20. Investimento na fase de Crescimento Inicial.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Base do modelo de pontuação utilizado	59
Tabela 2. Significado de cada pontuação	60
Tabela 3. Pontuação da empresa avaliada neste trabalho	60
Tabela 4. Investimento previsto para a fase de Teste de Conceito	61
Tabela 5. Investimento previsto para a fase de Crescimento Inicial.....	62
Tabela 6. Premissas utilizadas na análise de mercado.....	66
Tabela 7. Análise de mercado e <i>pay-off</i>	67

RESUMO

A comercialização de novas tecnologias desenvolvidas em Universidades e Centros de Pesquisa corporativos vem sendo apontada como forte tendência para o século XXI, sobretudo porque incentiva o crescimento sócio-econômico de regiões com grande potencial inovador. Grande parte das empresas formadas a partir de uma inovação tecnológica tem a idéia, mas não um produto comercializável. O problema abordado neste trabalho é a valoração dessas empresas e suas tecnologias mediante as incertezas do processo. O modelo desenvolvido nesta dissertação, formulado através da programação dinâmica estocástica, propõe uma abordagem de valoração híbrida que considera a Teoria de Opções Reais e a metodologia de Fluxo de Caixa Descontado. Este trabalho também analisa a aplicação prática desse modelo em um caso real. Os resultados obtidos mostram a capacidade do modelo de avaliar o potencial da tecnologia, que pode se desdobrar em uma plataforma de produtos, sob as incertezas enfrentadas durante o desenvolvimento de uma tecnologia, a incerteza endógena (técnica) e a incerteza exógena (mercadológica). Além disso, o resultado dessa valoração pode ser uma referência para negociações entre empreendedores e investidores.

Palavras-chave: Valoração, Tecnologia, Inovação, Empresas iniciantes.

ABSTRACT

Technology innovation is pointed out as a strong tendency for the 21th century, since it can be a key variable to regional economic development. Most of the young technology companies face high uncertainty levels. They have an interesting idea but no commercial product yet. This dissertation considers the problem of valuating technology projects and startup firms created from new technologies in the early stages of its creation. We propose a dynamic programming model which takes into account both Real Options and Discounted Cash Flow methodologies. In other words, our model has a hybrid approach. In addition, we discuss the model's practical implementation through an empirical example. The results show the model considers the technology potential of becoming a product platform and both exogenous (market) and endogenous (technical) uncertainties. The model can also support negotiations between entrepreneurs and investors.

Key-words: Valuation, Technology, Innovation, Startup firms.

1. Introdução

A comercialização do conhecimento científico e tecnológico proveniente de centros de pesquisa, tais como universidades e laboratórios corporativos de P&D, vem sendo apontada em todo o mundo como forte tendência para as próximas décadas (NDONZUAU *et al.*, 2002; ROBERTS, 1991). No caso particular do Brasil, podemos citar, por exemplo, a Lei da Inovação¹, sancionada em dezembro de 2004 e regulamentada em outubro de 2005, com o objetivo de apoiar a inovação tecnológica no país.

Outro incentivo ao desenvolvimento de tecnologias é o desenvolvimento sócio-econômico obtido como consequência de sua comercialização, sobretudo sob a ótica de formação de novas empresas e geração de empregos (SHANE, 2005; CASTELLS e HALL, 2000). Além disso, o investimento em novas idéias e tecnologias auxilia a manutenção das empresas já estabelecidas em mercados dinâmicos e muito competitivos (CHRISTENSEN, 2006), ou mesmo gerando riquezas através de licenciamentos.

Podemos citar como exemplo, o desenvolvimento econômico e social de regiões impulsionado pela formação de centros tecnológico-industriais em todo mundo. Castells e Hall (2000) citam, por exemplo, o *Silicon Valley* (California – EUA); *Boston route's 128* (EUA) como complexos industriais de alta tecnologia onde o P&D está diretamente ligado a manufatura. Esses centros acabam impulsionando o desenvolvimento na região em seu entorno através do desenvolvimento de novas tecnologias, gerando empregos de boa qualidade. Existem também outras regiões além das citadas (*e.g.* *Waterloo Triângulo* – Canadá, *Cambridge Park* – Inglaterra, *Hsinchu Park* – Taiwan e *Antipolis Park* – França), cada uma com suas próprias características de planejamento, localização e desenvolvimento. No entanto, os dois primeiros estão em um estágio mais avançado, sobretudo sob o ponto de vista do desenvolvimento econômico em seu entorno.

¹ A Lei da Inovação brasileira é semelhante ao *Bayh-Dole Act*, promulgado em 1980 para incentivar a inovação tecnológica nos EUA (para mais detalhes, ver GRAFF *et al.*, 2002 e UFV&PARCERIAS, 2006).

Dentro do contexto de inovação e comercialização de tecnologias, uma das dificuldades é valorar tais projetos ou tecnologias nos estágios iniciais de desenvolvimento, momento em que precisam de investimento externo e, por outro lado, enfrentam muita incerteza. Este trabalho, mais especificamente, aborda a valoração de tecnologias e empresas formadas a partir de uma inovação mediante as incertezas de mercado e de tecnologia.

Para se ter uma idéia do impacto gerado por uma inovação tecnológica, considere, por exemplo, o desenvolvimento da tecnologia digital. O surgimento dessa tecnologia revolucionou a comunicação mundial, fazendo com que muitas informações pudessem ser enviadas simultaneamente utilizando uma mesma linha. Dessa forma, eliminou-se a necessidade, por exemplo, de um telefonista fazer uma ligação de cada vez, o que melhorou todo o processo de ligação. Isso impulsionou o setor de telefonia, o de comunicação, e conseqüentemente, a economia de uma forma geral.

No entanto, apesar de existir todo um ambiente muito favorável ao desenvolvimento de inovações tecnológicas, sua comercialização, no geral, ainda é muito baixa (*e.g.* apenas 5% das patentes são comercializadas nos EUA (JOLLY, 1997)). Em parte, isso se dá porque os projetos de desenvolvimento de tecnologias são caracterizados por um alto grau de incerteza nas fases iniciais (SHANE, 2005), fazendo com que seu potencial não seja esclarecido.

Até mesmo as grandes corporações, que podem contratar gestores de ponta, não conseguem enxergar o valor de novas tecnologias no início de seu desenvolvimento, podendo ser engolidas por uma inovação que surge de uma forma tímida e acaba dominando o mercado. Isso acontece porque, muitas vezes, o próprio mercado só identifica uma necessidade, depois que o produto é lançado no mercado (*e.g.* quem imaginaria que a população fosse ficar tão refém do celular, quando só existia o telefone fixo? Ou ainda, qual usuário diria que precisaria de processadores com dois gigabytes de memória RAM há 10 anos?). Esse é o dilema do inovador estudado por Christensen (2006). Muitas vezes seguir a orientação do mercado não basta. Os gestores precisam apostar em novas tecnologias no início de sua formação, para não serem pegos de surpresa.

Além das grandes empresas muitas vezes não enxergarem o valor de novas tecnologias, os investidores de capital de risco, de capital semente, anjos e outros, que são conhecidos por investir em projetos dessa natureza, também acabam subestimando o potencial de novas tecnologias promissoras, perdendo grandes oportunidades.

No caso particular do Brasil, da mesma forma, apesar de todo o esforço de alguns setores da sociedade (governo, universidades, empresas, etc), a inovação tecnológica também é muito baixa. Por exemplo, segundo Feldhaus (2007)², apenas 1,7% das empresas promovem inovações no Brasil. No entanto, isso corresponde a 25% do faturamento do setor industrial e a 13,2% dos empregos gerados no país, que pagam em média salários 23% mais altos. Em outras palavras, há ainda um enorme campo para o crescimento da inovação tecnológica e, conseqüentemente, da economia brasileira a partir da inovação.

Essa baixa taxa de inovação tecnológica também pode ser explicada por outros motivos. Por exemplo, fraca interação indústria – universidade (CASTELLS e HALL, 2000), setores da economia com baixo grau de inovação (e.g. minérios, grãos) (FELDHAUS, 2007), falta de pessoas com competências complementares as do empreendedor para fazer o negócio dar certo (FILLION, 1993), etc. No entanto, esses motivos são pontuais, variam de região para região, e muitas vezes não explicam totalmente o baixo investimento em projetos de inovação tecnológica.

De um ponto de vista mais abrangente, Mitchell e Hamilton (2007) explicam o baixo comprometimento das empresas em projetos de inovação em função do grau de incerteza: quanto maior a incerteza do projeto, menor é o investimento.

Como mostra a figura 1, no início do projeto (de Formação do Conhecimento a Posição Estratégica) o comprometimento das empresas com os projetos não é tão alto devido ao alto nível de incerteza, porém, posteriormente (de Posição Estratégica a Potencial de Negócio) a empresa começa a enxergar o projeto como um investimento estratégico e de alto valor (MITCHELL e HAMILTON, 2007). Assim como as empresas não se comprometem muito com seus próprios projetos de P&D em fases iniciais, os

² Estudo feito pela INOVA – Agência de Fomento a Inovação da Universidade de Campinas.

investidores também não se comprometem com inovações tecnológicas em fases iniciais de desenvolvimento, pois não enxergam seu valor devido ao alto nível de incerteza envolvida.

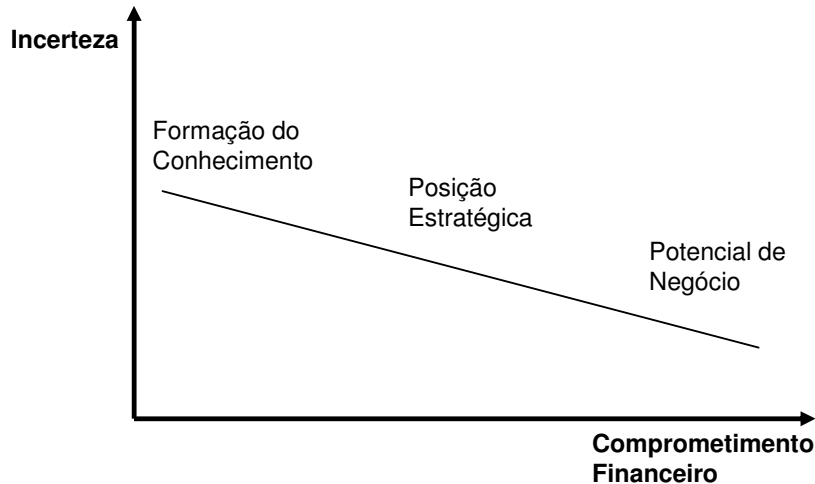


Figura 1. Progressão de P&D (Fonte: adaptado de (MITCHELL e HAMILTON, 2007; p.43))

Em geral, tanto os investidores quanto as empresas esperam os riscos envolvidos no projeto de desenvolvimento de uma tecnologia (que são basicamente dois: tecnológico (endógeno) e mercadológico (exógeno) (SHANE e ELGAR, 2004)) serem esclarecidos para investir. Enquanto, por outro lado, as pessoas envolvidas com o projeto têm certeza de que irão realizar o negócio, ou seja, a informação é assimétrica. Assim, as pessoas envolvidas com a tecnologia acreditam em seu sucesso comercial com maior probabilidade do que os investidores.

Tal assimetria de informação afeta o valor da tecnologia, o que impacta negativamente os investimentos em inovação e em novas empresas formadas a partir de inovações tecnológicas. Pois as empresas e os investidores não conseguem valorar projetos dessa natureza e, por outro lado, também não podem acreditar “cegamente” na opinião dos empreendedores ou de quem está envolvido com o projeto de inovação.

De acordo com Damodaran (2006), existe uma grande dificuldade em valorar tecnologias e novas empresas formadas a partir de tecnologias, pois o produto a ser comercializado ainda não está completamente desenvolvido, e isso é atualmente um dos grandes desafios de pesquisa na área de valoração. Como foi citado anteriormente, este

é o tema no qual esta dissertação está envolvida. Mais especificamente, esta dissertação tenta responder duas perguntas:

1. Como valorar uma empresa que tem uma idéia/tecnologia muito interessante, mas nenhum produto comercial?
2. Como capturar a incerteza tecnológica (endógena) e mercadológica (exógena) enfrentadas por essa empresa formada a partir de uma inovação tecnológica?

A literatura sobre valoração de empresas aponta, em geral, quatro metodologias de valoração: (i) Fluxo de Caixa Descontado, que se baseia na projeção dos fluxos de caixa futuros da empresa (COPELAND *et al.*, 2000 e DAMODARAN, 2006); (ii) Valoração Contábil, que se baseia no valor fornecido pelos livros contábeis da empresa (DAMODARAN, 2006); (iii) Valoração comparativa ou método de múltiplos, que se baseia em como negócios similares são valorados (DAMODARAN, 2006); e (iv) Opções Reais, que se baseia na flexibilidade do investimento, a qual implica a existência do direito, mas não a obrigação de investir (COPELAND *et al.* TRIGEORGIS, 1996).

No entanto, assim como outros pesquisadores (SHANE, 2005; BOGDAN e VILLIGER, 2007), acreditamos que apenas duas dessas metodologias são realmente adequadas para valorar empresas iniciantes e novas tecnologias: Fluxo de Caixa Descontado e Opções Reais. Essas duas abordagens se baseiam no valor que pode ser gerado pela empresa ou pela tecnologia no futuro. A valoração contábil não é viável porque empresas iniciantes não possuem ativos que representem seu verdadeiro potencial de valor. Além disso, apesar de a valoração por múltiplos ser apontada como uma das ferramentas para valorar empresas de tecnologia (DAMODARAN, 2001), muitas vezes, (principalmente quando a tecnologia é de caráter inovador), é difícil encontrar uma empresa ou tecnologia similar para fazer a valoração comparativa ou método de múltiplos.

Entre as duas metodologias consideradas adequadas, o Fluxo de Caixa Descontado tem sido o mais tradicional desde muitos anos, mas possui limitações para avaliar empreendimentos em seus estágios iniciais (BOGDAN e VILLIGER, 2007), já que assume cenários estáticos e pode subestimar o valor dos mesmos ao utilizar uma taxa de

desconto para incorporar o risco do projeto (LUEHRMAN, 1997). O método de Opções Reais elimina muitas deficiências do primeiro, pois avalia o projeto de forma dinâmica, considerando também a flexibilidade gerencial (mudança de decisão) ao longo do mesmo (DIXIT e PYNDICK, 1994; AMRAN e KULATILAKA, 1999; COPELAND *et al.*, 2000). Porém, pode se tornar complexo e teórico (LANDER e PINCHES, 1998), o que dificulta sua utilização.

A existência de muitas definições e formas de aplicação do método de opções reais faz com que ele não se torne tão popular na prática. Em parte, isso é devido à insistência que alguns autores têm de tratar a valoração de projetos como opções financeiras. Na realidade, o método de opções reais é uma extensão do Fluxo de Caixa Descontado que leva em consideração a real flexibilidade do gestor. Além disso, o uso inapropriado da equação de Black-Scholes³, e da taxa de desconto também explica o baixo uso do método de opções reais (BOGDAN e VILLIGER, 2007).

Neste trabalho, pretendemos desenvolver um modelo híbrido (entre Fluxo de Caixa Descontado e Opções Reais) para valorar empresas iniciantes formadas a partir de uma tecnologia. Mais especificamente, construímos um modelo de programação dinâmica que otimiza as decisões de investimento ao longo de processo em função da incerteza de tecnologia (endógena) e de mercado (exógena). Tais incertezas são capturadas através de um modelo de pontuação.

Qualquer modelo de análise de decisão pode, pelo menos, fornecer um entendimento do problema, fazendo com que a tomada de decisão seja mais consistente (LANDER e PINCHES, 1998). No caso particular desta dissertação, acreditamos que o nosso modelo de valoração pode auxiliar as pessoas envolvidas no processo de desenvolvimento (*e.g.* pesquisadores, gestores e investidores) a tomar decisões como, por exemplo: (i) *trade-off* entre participação cedida e quantidade de investimento externo necessário (*e.g.* negociações entre investidores e empreendedores); (ii) identificação das situações nas quais não vale mais a pena investir no projeto; e, (iii) entendimento dos direcionadores do valor da tecnologia ou da empresa formada a partir da tecnologia.

³ A equação de Black-Scholes não tem aderência para projetos de P&D e inovação tecnológica, pois considera apenas a incerteza exógena (incerteza de mercado), desconsiderando a incerteza endógena (tecnológica), que afeta o valor desses projetos.

Além disso, a metodologia de valoração desenvolvida neste trabalho pode diminuir a divergência entre o público externo (*e.g.* investidores) e as pessoas envolvidas com o projeto (*e.g.* empreendedores tecnológicos e pesquisadores) a respeito de seu potencial de comercialização. Ou seja, pode fazer com que a assimetria de informação seja mapeada e esclarecida.

O restante desta dissertação está dividido em mais quatro capítulos além desta introdução: (2) revisão bibliográfica, (3) modelo de valoração, (4) aplicação prática e, por último, (5) conclusão do trabalho.

2. Revisão Bibliográfica

As pesquisas voltadas para o tema de valoração exigem conhecimento em áreas distintas (DAMODARAN, 2006) (*e.g.* Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Comercialização de Tecnologias, Finanças, Ferramentas Matemáticas, etc) e, por isso, este capítulo de revisão bibliográfica possui uma abordagem multidisciplinar. Dessa forma, optamos por fazer uma revisão dividida em sub-capítulos, com o objetivo de posicionar o trabalho na literatura existente, deixando a ferramenta matemática utilizada, mais especificamente a Programação Dinâmica, exclusivamente para o capítulo (3) – Modelo de Valoração.

Este capítulo de revisão foi então dividido em quatro partes. Primeiro, descrevemos alguns modelos de Gestão da Inovação Tecnológica. Em segundo, mostramos como uma tecnologia pode ser comercializada, bem como as alternativas de financiamento da tecnologia durante seu processo de desenvolvimento. Na terceira parte, descrevemos os métodos utilizados para valorar empresas e projetos. Por fim, no quarto e último sub-capítulo, fizemos uma busca para identificar os trabalhos mais recentes sobre o tema.

2.1. Modelos de Gestão da Inovação Tecnológica

Esta primeira parte da revisão tem o objetivo de apresentar os modelos de Gestão da Inovação Tecnológica com o objetivo de descrever o processo de desenvolvimento de uma tecnologia/produto. Optamos por apresentar três modelos: (i) Gestão da Inovação com foco na comercialização da tecnologia, (ii) Gestão da Inovação com foco na formação de uma nova empresa – *spin-off*⁴ e (iii) Gestão da Inovação com foco no desenvolvimento operacional de produtos.

2.1.1. Foco na comercialização da tecnologia

Jolly (1997) desenvolveu um plano estruturado para monitorar o processo de comercialização de tecnologias, através da neutralização das possíveis causas de falha ao longo do processo. Ao investigar doze tecnologias, ele identificou as seguintes

⁴ *Spin-off(s)* são empresas formadas a partir de pesquisas e tecnologias desenvolvidas dentro de Centros de pesquisa e laboratórios de Universidades (para mais detalhes, ver SHANE e ELGAR, 2004).

atividades que poderiam implicar a falha comercial do desenvolvimento de uma tecnologia.

1. Ligação entre a descoberta tecnológica e a oportunidade de mercado;
2. Ratificação inicial da tecnologia por parte dos atores interessados (*stakeholders*);
3. Entendimento do potencial da tecnologia (incubação da tecnologia);
4. Mobilização de recursos para a adequada demonstração da tecnologia;
5. Demonstração do potencial da tecnologia (descrição do contexto no qual ela poderá atuar);
6. Entendimento das necessidades de mercado que poderiam ser supridas pela tecnologia;
7. Divulgação dos produtos/processos, gerados a partir da tecnologia, para seus clientes potenciais;
8. Escolha do modelo de negócio apropriado para o produto/processo gerado a partir da tecnologia;
9. Sustentação da fase de comercialização, após o lançamento do produto/processo, até a criação de seu valor econômico (i.e., geração de lucro);

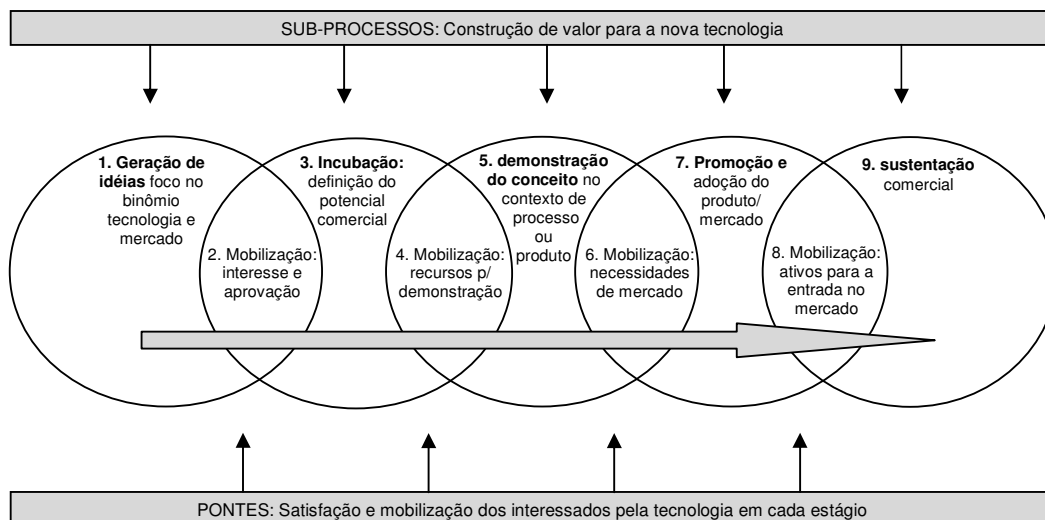


Figura 2. Modelo de comercialização de tecnologias (Fonte: adaptado de (JOLLY, 1997; p. 4))

A partir da identificação dessas atividades, Jolly (1997) desenvolveu um modelo em que cinco, destas nove atividades descritas acima, compõem sub-processos chaves para

levar a tecnologia desde sua concepção inicial (geração da idéia) até o sucesso comercial. As quatro restantes formam pontes entre os cinco sub-processos, consideradas como essenciais. O modelo e suas atividades estão demonstrados na Figura 2.

2.1.2. Foco na formação de uma empresa a partir da tecnologia – *spin-off*

Ndonzuaú *et al.* (2002) acopla a comercialização de tecnologia ao lançamento de uma nova empresa. Nesse trabalho, como mostra a figura 3, os autores elaboraram uma seqüência de quatro estágios para explicar o processo de formação de uma empresa *spin-off*.

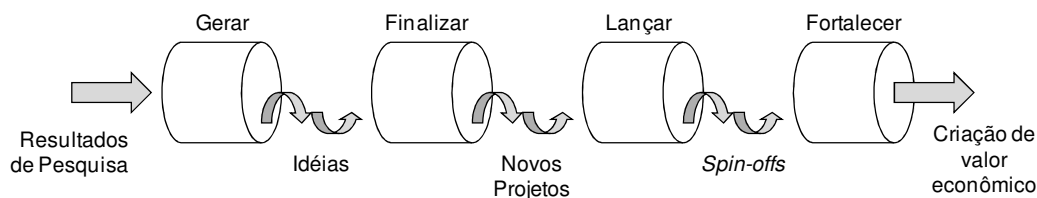


Figura 3. Modelo de *spin-off* (Fonte: adaptado de (NDONZUAU *et al.* 2002; p. 283))

1. Geração de uma idéia de negócio – envolve produzir idéias de negócios para exploração comercial dos resultados das pesquisas. A avaliação das idéias detectadas em centros de pesquisa requer uma análise dos seus aspectos tecnológicos, comerciais e pessoais;
2. Finalização do projeto do novo empreendimento – o objetivo desse estágio é transformar as idéias em projetos de criação de negócios estruturados, envolvendo as questões de proteção e desenvolvimento da idéia, tanto do ponto de vista tecnológico quanto comercial. Nessa etapa é necessário um maior investimento financeiro no projeto;
3. Lançamento do *spin-off* – lida com a criação de uma nova empresa administrada por um time profissional e com recursos necessários para explorar uma oportunidade. São necessários, nesse momento, não só recursos financeiros, mas também de pessoal;
4. Fortalecimento do valor econômico da empresa – trabalha a perspectiva de valorização econômica e financeira do negócio. Os principais focos são o

aumento do número de clientes e a consolidação da marca da empresa e de seus produtos;

Por outro lado, Shane e Elgar (2004), apesar de também abordar a comercialização de tecnologia focado na formação de um *spin-off*, divide o processo em apenas duas grandes etapas, a (i) criação e o (ii) desenvolvimento. A primeira começa com a pesquisa que leva à invenção tecnológica, passando pela proteção intelectual dessa invenção e terminando com a descoberta de oportunidades empreendedoras e com a fundação de uma empresa. A segunda envolve o desenvolvimento da invenção, através de um desenvolvimento técnico adicional, e a identificação de um mercado para a mesma.

2.1.3. Foco no desenvolvimento de produtos⁵

Outros autores já abordaram o processo de desenvolvimento tecnológico sob o ponto de vista operacional do projeto. Mais especificamente, Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2002) adaptaram o modelo *stage-gate*, criado por Cooper (1993) como uma ferramenta de gestão operacional do desenvolvimento de novos produtos, ao processo de comercialização de tecnologias, obtendo o processo *technology stage-gate*, que tem o objetivo de atuar na comercialização de tecnologias através do trinômio (Tecnologia-Produto-Mercado).

Por definição, os modelos *stage-gate* e *technology stage-gate* são estruturas conceituais e operacionais que têm o objetivo de mover um novo projeto da idéia até o lançamento, atendendo seis metas gerais que garantem a eficiência do processo de desenvolvimento de novos produtos e tecnologias:

1. Qualidade de execução: a qualidade de execução das atividades de um processo de desenvolvimento tem um impacto significativo no sucesso ou falha do novo produto no mercado. Existe, entretanto, uma crise de qualidade de execução no processo de inovação – omissões de etapas, qualidade de execução pobre. A maneira de lidar com esse problema é ver o

⁵ Essa parte da revisão foi adaptada e utilizada em um dos relatórios do projeto de parceria entre a PETROBRAS e a UFMG para avaliação de uma tecnologia de processo do CENPES.

desenvolvimento como um processo e aplicar técnicas de gerenciamento de processo e de gestão de qualidade (COOPER, 1993);

2. Foco afiado, melhor priorização: O problema de foco surge de avaliações inadequadas dos projetos, falha na compreensão das oportunidades e do adiamento de decisões como abortar ou redirecionar um projeto. Isto gera uma dificuldade na priorização e na alocação de recursos, pois fazem com que projetos pobres não sejam eliminados no início dos seus desenvolvimentos, o que implica em investimentos pesados e em empreendimentos sem sucesso. É então necessário construir um processo com um conjunto de pontos de decisão de continuar/abortar, de maneira a cancelar projetos fracos e assim redirecionar recursos para os mais fortes (COOPER, 1993);
3. Processamento paralelo: deve haver um balanceamento entre a velocidade do desenvolvimento e a eficiência do mesmo, ou seja, é necessário um progresso rápido, mantendo a qualidade e realizando as etapas de maneira completa. Essa necessidade conduz ao processamento paralelo. Ao contrário do processamento seqüencial (cada etapa só é iniciada quando a anterior é formalmente finalizada), no processamento simultâneo, muitas atividades são realizadas paralelamente, o que melhora a integração entre as equipes e a troca de informação, tornando mais eficaz o processo (COOPER, 1993; CLARK e WHEELWRIGHT, 1993);
4. Equipes multifuncionais: o desenvolvimento de produtos ou processos requer o envolvimento de diferentes grupos da organização. Sendo assim, uma integração multifuncional é considerada essencial para a eficiência de um processo de desenvolvimento. Isso porque tal integração possibilita à empresa uma capacidade de reação rápida, o que leva ao aumento da qualidade e à redução de custos e de tempo do ciclo de desenvolvimento (CLARK e WHEELWRIGHT, 1993);
5. Uma orientação de marketing: a literatura sobre desenvolvimento de produtos referencia a importância da proximidade com o cliente nas etapas iniciais e finais do processo. Esse envolvimento com o cliente é geralmente realizado através das pesquisas conduzidas pela área de marketing (COOPER, 1993). Quando se trata de empresas de alta tecnologia o correto entendimento das necessidades dos clientes torna-se uma atividade ainda

mais complexa. Em parte, isso se deve principalmente pelas limitações tecnológicas que os usuários possuem no momento (SHANE, 2005);

6. Maior envolvimento da equipe de trabalho nas etapas iniciais: o sucesso ou fracasso de um novo produto é fortemente decidido pelo desempenho da equipe nas etapas iniciais do desenvolvimento. Deve-se, portanto, trabalhar de maneira correta já nos primeiros passos e possuir uma definição inicial acurada (COOPER, 1993). Essa fase do projeto está fortemente associada com incertezas e é vital, para geração de valor do projeto, focar nas oportunidades que são máximas nessa fase;

O *stage-gate* e o *technology stage-gate* foram estruturados de maneira que o processo de desenvolvimento ficasse dividido em *stages* (estágios discretos, multifuncionais, e formados por um conjunto de atividades prescritas e paralelas). Tais atividades buscam reduzir progressivamente as incertezas a medida que aumenta a necessidade de investimento para o andamento do projeto. Antecedendo cada um desses estágios, existe um *gate* (ponto de decisão que controla o processo e serve como ponto de checagem do controle de qualidade) (COOPER, 1993). É onde são tomadas as decisões de continuar, melhorar ou abortar o projeto.

O modelo original *stage-gate* (Figura 4) é composto por cinco estágios e cinco pontos de decisão, já o modelo *technology stage-gate* (Figura 5), adaptado por Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2002) para o desenvolvimento de tecnologias, é composto por mais dois *stages* (estágios) e dois *gates* (pontos de revisão) adicionais, como mostram as figuras 4 e 5. Entretanto, esse número varia de acordo com as especificidades de cada projeto.

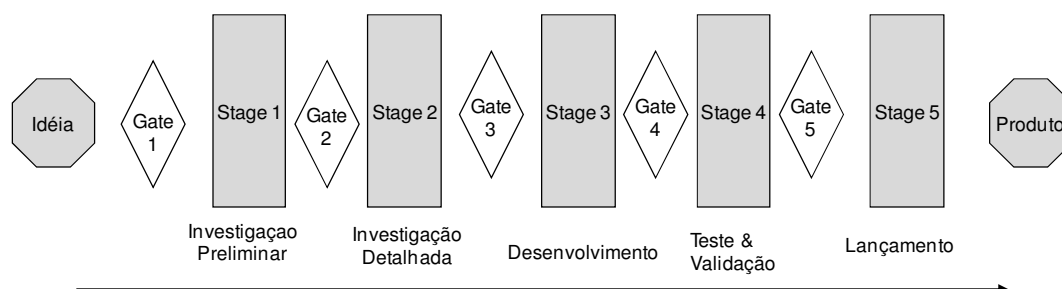


Figura 4. Processo *stage-gate* (Fonte: adaptado de (COOPER, 1993; p.108))

Os cinco estágios e os cinco pontos de decisão do processo *stage-gate* são os seguintes (para maiores detalhes ver, por exemplo, Cooper (1993)):

1. Ponto de decisão 1 (Exibição inicial) – É o ponto de nascimento do projeto, a primeira decisão de alocação de recursos para o mesmo. Se a decisão é seguir, o processo de desenvolvimento é iniciado e o projeto segue para o primeiro estágio. Os critérios analisados nesse ponto geralmente se referem a: viabilidade do projeto, magnitude da oportunidade, vantagem competitiva, atratividade de mercado, alinhamento estratégico do projeto com as metas da organização, sinergia com os recursos existentes na empresa e com suas políticas de produto. Não são ainda discutidos assuntos financeiros;
2. Estágio 1 (Investigação preliminar) – É uma rápida delimitação do escopo do projeto que tem como objetivo a avaliação dos seus méritos técnicos e mercadológicos. Em relação à investigação técnica, são analisadas as rotas de desenvolvimento e de produção, a viabilidade técnica e de fabricação, os possíveis custos e tempos de execução e os possíveis riscos técnicos e legais envolvidos. A avaliação preliminar de mercado, por sua vez, objetiva determinar o tamanho do mercado, seu potencial e a sua provável aceitação ao novo produto;
3. Ponto de decisão 2 (Segunda avaliação) – O projeto é avaliado de maneira mais rigorosa, tendo em vista as novas informações obtidas no estágio 1. Nesse ponto de decisão novos critérios são considerados: força de vendas, reação dos consumidores aos produtos, potencial técnico e legal. São também feitas as primeiras avaliações de retorno financeiro;
4. Estágio 2 (Investigação detalhada) – É onde o modelo de negócio é construído, onde se define claramente o produto ou processo e verifica a atratividade do projeto antes de um investimento mais elevado. Esse estágio é crítico, pois envolve mais esforços e recursos e possui elementos que determinarão o sucesso do novo produto, como a definição do mercado-alvo e do conceito do produto. Nesse estágio é feita a análise financeira detalhada, com o objetivo de minimizar os riscos e prevenir as dificuldades futuras. O resultado esperado dessa etapa é o modelo de negócio para o projeto, com a definição e justificativa do produto e um plano detalhado do projeto;

5. Ponto de decisão 3 (Decisão no modelo de negócio) – É o último ponto antes do desenvolvimento, representando assim uma das oportunidades de abortar o projeto antes de grandes investimentos. A avaliação envolve uma revisão de todas as atividades realizadas no estágio 2, prestando atenção à qualidade de execução e aos resultados obtidos no mesmo. A análise financeira é muito importante nesse ponto já que investimentos maiores serão necessários na próxima etapa. Necessitando assim de uma eficiente ferramenta de análise do investimento;
6. Estágio 3 (Desenvolvimento) – Implementação do plano do projeto e desenvolvimento físico do produto. Para longos projetos, diversas revisões devem ser previstas, constituindo-se de pontos de checagem de controle e gerenciamento do projeto. No final deste estágio, têm-se os primeiros protótipos funcionais do produto testados em laboratório. As atividades envolvidas são: plano de teste detalhado, planejamento do lançamento no mercado e da produção ou operação, atualização da análise financeira e resolução de questões legais e de patente;
7. Ponto de decisão 4 (Revisão pós-desenvolvimento) – Ponto de checagem do progresso do desenvolvimento e da continuação da atratividade do produto ou processo. É feita uma revisão das questões econômicas através da análise financeira baseada em dados novos e mais acurados. Os planos de teste e validação são aprovados para imediata implementação;
8. Estágio 4 (Teste e validação) – Essa etapa tem como objetivo testar e validar toda a viabilidade do projeto, o que inclui o produto em si, o processo de produção, a aceitação dos consumidores e as questões econômicas do projeto. Várias atividades são realizadas, dentre as quais: testes do produto no laboratório da empresa, testes de campo com usuários, produção piloto, testes de mercado e de vendas e revisão da análise financeira (verificação da continuação da viabilidade econômica e financeira do projeto, baseada em dados mais precisos sobre custos e rendimentos);
9. Ponto de decisão 4 (Análise empresarial de pré-comercialização) – É o ponto no qual se decide pela comercialização do produto, ou seja, seu lançamento e início da produção em escala industrial. O seu foco está na qualidade das atividades do estágio anterior. Os critérios analisados referem-se ao retorno financeiro e à adequação dos planos de lançamento e operação;

10. Estágio 5 (Produção e lançamento) – Envolve a implementação dos planos de lançamento, produção ou operação. A escala de produção industrial deve estar completa e os produtos podem ser comercializados, devendo ser observados todos os processos implementados para detectar problemas não vistos anteriormente e contorná-los ainda nos estágios iniciais de produção;

Complementando esses cinco estágios e cinco pontos de decisão, como dito anteriormente, o processo *technology stage-gate* (Figura 5) envolve dois estágios adicionais:

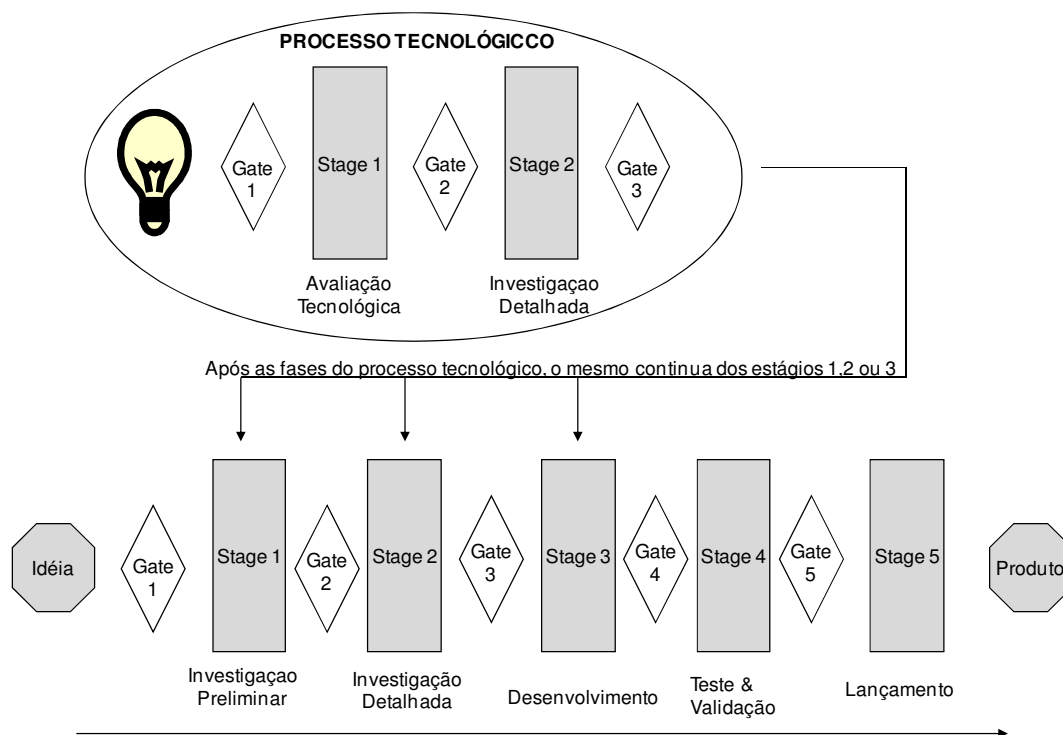


Figura 5. Processo *technology stage-gate* (Fonte: adaptado de (COOPER *et al.*, 2002; p.26))

1. O primeiro estágio (avaliação tecnológica) busca um entendimento inicial sobre a tecnologia, e para isso são realizadas as seguintes atividades: pesquisa da literatura técnica, de patentes e de propriedade intelectual, identificação de alternativas concorrentes e de disponibilidades de materiais e equipamentos, e realização de experimentos para atestar a viabilidade técnica;

2. No segundo estágio, investigação detalhada, a análise em termos tecnológicos é aprofundada, o que envolve a definição de uma estratégia de proteção da tecnologia, a definição preliminar das diversas possibilidades de aplicações comerciais, a avaliação ambiental e tecnológica competitiva, as avaliações preliminares de mercado e de manufatura e o desenvolvimento preliminar da avaliação financeira e de negócios;

Os critérios de avaliação, nesse caso, são principalmente estratégicos e seus resultados permitem, na maioria das vezes, a entrada já no segundo ou terceiro ponto de decisão do modelo tradicional, dependendo dos avanços que a equipe de desenvolvimento realiza durante esses novos estágios (COOPER *et al.*, 2002).

2.2. Formas de Financiamento e Pagamento de Novas Tecnologias

O pesquisador ou o empreendedor tecnológico fornece a iniciativa, a energia e a visão, enquanto a nova tecnologia proporciona a vantagem competitiva necessária para a sua comercialização. Por outro lado, o investimento (dinheiro) é o lubrificante de todo esse processo de comercialização de uma nova tecnologia (ROBERTS 1991). Pois, as empresas que recebem um investimento ou pelo menos um sinal de investimento (*e.g.* capital de risco, capital semente) apresentam crescimento superior às que não recebem esse tipo de investimento (DAVILLA *et al.*, 2003).

O tipo de investimento mais comum (*e.g.* público, grande empresa, investidor de risco, etc) ao processo de desenvolvimento de uma tecnologia é função da característica de sua comercialização. Por exemplo, uma tecnologia licenciada para uma empresa já estabelecida no mercado tem, de forma geral, formas de investimento diferentes de uma empresa fundada a partir de uma tecnologia (JOLLY, 1997 e SHANE, 2005), pois a empresa já estabelecida tem maiores possibilidades de conseguir recursos para investir.

Roberts (1991) separa o processo de desenvolvimento financeiro em quatro estágios sequenciais: (i) P&D – tecnologia ainda se encontra em fase de pesquisa, (ii) *start-up* – a tecnologia está mais definida e já existem acordos com alguns poucos clientes, geralmente ocorrem vendas mas a operação é deficitária, (iii) crescimento inicial – uma linha de produtos com base na tecnologia já foi definida e as vendas já proporcionam

um lucro inicial, e (iv) crescimento sustentável – nessa fase já se formou uma empresa de tamanho razoável, com possibilidades de se tornar uma grande empresa, suas maiores preocupações são do ponto de vista estratégico.

As formas que uma nova empresa tem para constituir sua base financeira, de acordo com o trabalho de Roberts (1991) são: poupança pessoal dos fundadores, investimentos de familiares e amigos, investidores individuais (anjos), grupo familiar de capital de risco, empresas de capital de risco, pequenas empresas de investimentos, corporações sem fins lucrativos, bancos comerciais e, por último, (abertura de capital) (ROBERTS, 1991).

O risco do investimento em uma empresa iniciante de base tecnológica diminui de acordo com o desenvolvimento – avanço da empresa. Em outras palavras, a medida que a empresa atinge estágios financeiros mais avançados, menores são as dificuldades de constituição de uma base financeira mais sólida e, por conseguinte, investimentos mais altos, como mostra a figura 6.

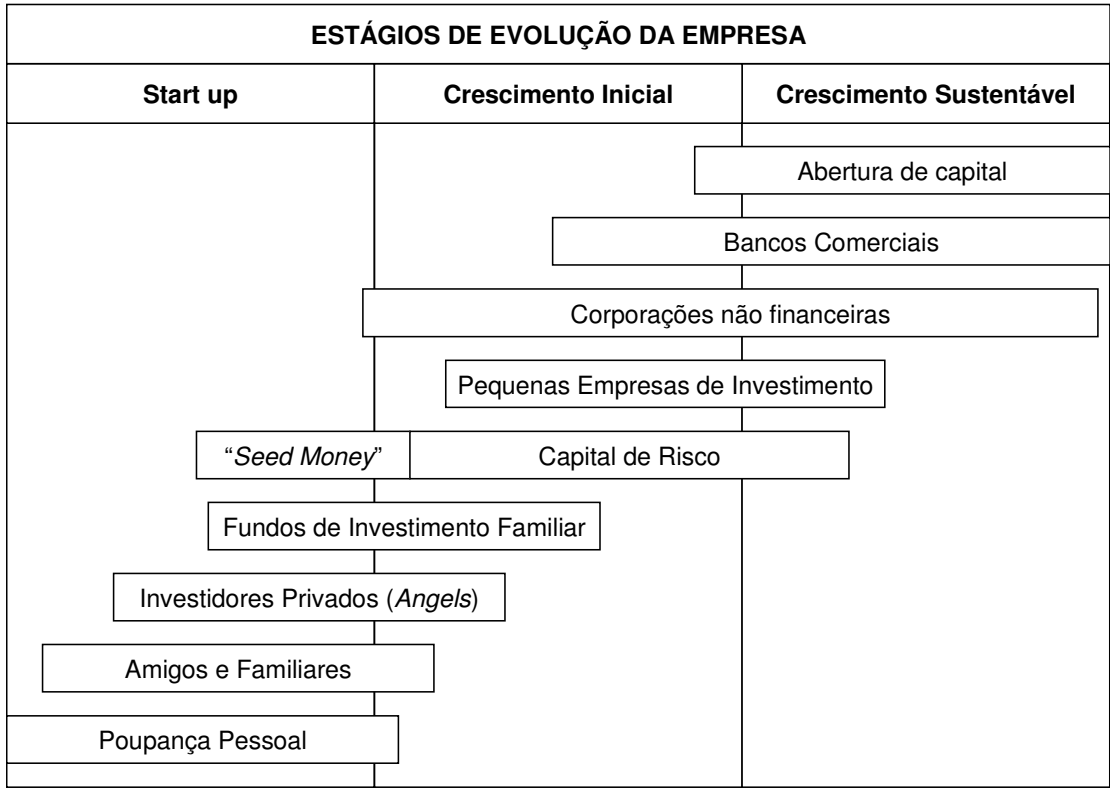


Figura 6. Financiamento de empresas iniciantes (Fonte: adaptado de (ROBERTS, 1991; p.155))

Além das formas de financiamento consideradas por Roberts (1991), podemos considerar também o investimento público (*e.g.* editais de fomento a inovação tecnológica e financiamento de bancos do Estado) e o empréstimo através de bancos privados. O primeiro tem risco menor, pois o ressarcimento pode ser feito em prazos mais longos a taxas bem baixas, ou em alguns casos, a única exigência é a prestação de contas. Por outro lado, o segundo é de alto risco, pois o investimento deve ser pago com correção em prazos geralmente menores e a taxas mais elevadas.

Além disso, como foi dito anteriormente, Roberts (1991) se restringe a formação de uma nova empresa e não aborda a venda total da tecnologia para uma empresa já estabelecida no mercado, que pode se dar, por exemplo, na forma de transferência tecnológica ou licenciamento. Por isso, também consideramos outras formas de pagamento da tecnologia. Além disso, a existência de diferentes formas faz com que possa exigir arbitragem (BOGDAN e VILLIGER, 2007).

Neste trabalho, mais especificamente, consideramos então cinco tipos básicos de pagamento:

1. Empréstimo, que é a obtenção de recursos financeiros mediante a um contrato de pagamento futuro. Esse investimento é de alto risco para o empreendedor, já que esse tipo de investimento tem taxas de juros maiores e deve ser pago em prazos menores;
2. Editais públicos e financiamento através de órgãos do Estado, que pode ser considerado como recursos públicos. Esse investimento tem risco baixo, pois bancos ou agências de fomento (*e.g.* BNDES e BDMG) oferecem taxas muito baixas. Existem também os editais que cobram apenas prestação de contas, mas não exigem ressarcimento financeiro (quando o fazem o ressarcimento é apenas uma parcela pequena do total do investimento). Por outro lado, a flexibilidade é muita baixa nesses casos, ou seja, não é possível fazer investimentos não previstos nos editais ou pelos bancos do estado;
3. Diluição da empresa, que é a obtenção de recursos através da venda parcial da tecnologia ou da empresa formada a partir dessa tecnologia. Esse tipo de investimento contempla todas as formas de investimento citadas por Roberts

(1991), com exceção da poupança pessoal. A abertura de capital também é uma forma de diluição. Nesse tipo de financiamento, os riscos são divididos com os novos parceiros (investidores);

4. Venda, que pode ser na forma de licenciamento (transferência tecnológica) ou na forma de um contrato de compra e venda. O licenciamento pode ser com ou sem exclusividade;
5. Poupança pessoal. Essa forma de investimento ocorre com mais frequência em fases iniciais do desenvolvimento da tecnologia;

Grande parte dos autores, diferente deste trabalho, considera apenas duas formas de realização comercial da tecnologia. A formação de uma nova empresa a partir dessa tecnologia, ou a transferência da tecnologia para uma empresa já estabelecida (JOLLY, 1997; SHANE, 2005).

Neste trabalho, no entanto, além da transferência tecnológica, também consideramos o empréstimo bancário, o edital público e a diluição como formas de pagamento da tecnologia. Pois o que diz se a tecnologia deve ser licenciada ou desenvolvida através da criação de uma nova empresa é a sua característica, e não seus investidores. Por exemplo, tecnologias radicais (*e.g.* grande diferença entre a nova tecnologia e a existente no mercado) apresentam maior potencial para criação de novas empresas, enquanto as menos radicais são mais apropriadas para serem transferidas para grandes empresas já estabelecidas no mercado (SHANE e ELGAR, 2004).

Apesar das diferentes formas de pagamento de uma nova tecnologia, grande parte das decisões relacionadas a sua comercialização, sejam elas tomadas por quem aprova os editais públicos⁶, pelos gerentes que aprovam os empréstimos bancários, pelos capitalistas de risco que decidem investir em novas tecnologias ou pelas grandes empresas que decidem inovar comprando novas tecnologias, são tomadas mediante a uma estimativa do valor que a tecnologia pode gerar no futuro.

Para se chegar a tal estimativa, devemos projetar outros indicadores que dêem suporte a esses investimentos. Por exemplo, podemos citar cinco indicadores para dar suporte as

⁶ Ressalva: para alguns casos específicos (*e.g.* investimento em doenças de países em desenvolvimento) as decisões podem ser tomadas desconsiderando o retorno financeiro.

decisões a respeito do desenvolvimento e comercialização de novas tecnologias: (i) receita bruta, (ii) receita líquida, (iii) margem de contribuição, (iv) lucro antes do imposto de renda (LAIR) e (v) lucro líquido (para maiores detalhes ver, HORGREN, SUNDEN e STRATTON, 2004).

Portanto, além de avaliar o valor da tecnologia mediante as incertezas de mercado e tecnologia, outras informações (*e.g.* indicadores discutidos no parágrafo anterior) também oferecem condições complementares dando suporte aos tomadores de decisões (*e.g.* pesquisadores, investidores, gerentes de empresas, etc.).

2.3. Valoração de projetos e empresas

Esta parte da revisão bibliográfica tem o objetivo de descrever as metodologias mais usuais de valoração de empresas e sua aplicação para novas tecnologias e empresas iniciantes formadas a partir dessas tecnologias.

Dentro da literatura de valoração de empresas, existem basicamente quatro metodologias: (i) Fluxo de Caixa Descontado, (ii) Valoração Contábil, (iii) Valoração Comparativa ou por Múltiplos e (iv) Opções Reais (DAMODARAN, 2006). Neste trabalho nos restringimos a descrever essas quatro metodologias, detalhando principalmente o Fluxo de Caixa Descontado e o método de Opções Reais. Pois, como dito no capítulo de Introdução desta dissertação, são os mais adequados para valorar empresas iniciantes de base tecnológica (SHANE, 2005; BOGDAN e VILLIGER, 2007).

2.3.1. Fluxo de Caixa Descontado

O método DCF (*Discounted Cash Flow*), ou Fluxo de Caixa Descontado é a metodologia mais tradicional para valorar projetos e empresas (LUEHRMAN, 1997; FILHO e KOPITKE, 2000; COPELAND *et al.*, 2000; DAMODARAN, 2006).

Devido a sua característica generalista, mas também pelo seu uso abrangente dentro das empresas e pela sua tradição, existem dentro da metodologia de Fluxo de Caixa Descontado algumas variações. Assim, optamos por descrever primeiramente a versão

mais tradicional da metodologia, para posteriormente descrever três variações: Fluxo de caixa Equivalente sem risco (*Certainty equivalent flow cash*); Excesso de receita (*Excess Return*) e Valor Presente Ajustado (*Adjusted Present Value*).

2.3.1.1. Base da Metodologia de Fluxo de Caixa Descontado

Por definição, sob o ponto de vista da metodologia de Fluxo de Caixa Descontado, o valor de uma empresa ou um ativo é o valor presente do fluxo de caixa gerado pelo mesmo, descontado a uma taxa que representa o risco dos fluxos de caixa no futuro (FILHO e KOPITKE, 2000; COPELAND *et al.*, 2000; DAMODARAN, 2006). A fórmula a seguir mostra como se dá o cálculo.

$$Valor\ do\ ativo = \sum_{t=0}^{t=N} \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

$FC_t = \text{Fluxo de caixa no tempo } t$
 $i = \text{taxa de desconto que representa o risco}$

Mais especificamente, essa metodologia projeta o fluxo de caixa futuro da empresa ou do projeto e o desconta a uma taxa que representa o risco de geração desses fluxos de caixa (COPELAND *et al.*, 2000), ou seja, o risco é todo atribuído a taxa de desconto.

Além disso, existem duas formas diferentes de usar a taxa de desconto para representar o risco na metodologia de Fluxo de Caixa Descontado (DAMODARAN, 2006).

A primeira é valorar a empresa como um todo (***Enterprise DCF ou Firm Valuation***), utilizando o custo do capital como taxa de desconto. Nesse caso, a taxa de desconto deve representar tanto o risco de endividamento da empresa (e.g. financiamentos) quanto o risco de perder a oportunidade de investir recursos próprios em outro ativo. A equação mostra como se dá o cálculo do valor da empresa nesse caso.

$$Valor\ da\ empresa = \sum_{t=0}^{t=\infty} \frac{E(X_t - I_t)}{(1 + \text{Custo do capital})^t}$$

$X_t = \text{fluxo de caixa operacional da empresa depois dos impostos no tempo } t$

$I_t = \text{investimento feito na empresa no tempo } t$

A segunda alternativa, mais comum, é a utilização do WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) como o custo de capital. O WACC é uma taxa de desconto que faz o balanceamento entre as duas fontes mais usuais que uma empresa tem de captar investimentos, ou seja, faz um balanceamento entre os custos de oportunidade da dívida e dos próprios recursos da empresa (recursos próprios).

$$\text{WACC} = \left(\frac{\text{dívida}}{\text{dívida} + \text{patrimônio líquido}} \right) (\text{custo da dívida})(1 - \text{taxa de impostos}) \\ + \left(\frac{\text{patrimônio líquido}}{\text{dívida} + \text{patrimônio líquido}} \right) (\text{custo do patrimônio líquido})$$

No entanto, o WACC não é adequado quando a estrutura financeira de capital da empresa é complexa e dinâmica (*e.g.* estruturas com subsídios, seguros, financiamentos e outros exigem constantes ajustes) (LUEHRMAN, 1997).

Existem também algumas sofisticações da metodologia de fluxo de caixa descontado para empresas (*Enterprise DCF* ou *Firm Valuation*), como por exemplo, a utilização de uma taxa de crescimento estável para as empresas que conseguem garantir um crescimento perpétuo no futuro (para maiores detalhes ver DAMODARAN, 2006). No entanto, não abordaremos tais trabalhos nesta dissertação especificamente, por não julgarmos necessário fazê-lo, já que corremos o risco de fugirmos do objetivo principal.

A outra alternativa que existe sob o ponto de vista mais tradicional do método de Fluxo de Caixa Descontado é o fluxo de caixa de patrimônio líquido ou da riqueza gerada pela empresa para seus investidores (*Equity Cash Flow*). Os modelos mais tradicionais desse tipo projetam o fluxo de dividendos pagos aos acionistas para valorar a empresa. A taxa de desconto utilizada nesse caso é o custo de gerar a riqueza para os acionistas, mais especificamente, o custo de oportunidade do recurso usado para gerar o patrimônio líquido.

A idéia de se usar o fluxo dos dividendos se baseia no seguinte argumento. Quando os investidores compram ações negociadas pelas empresas no mercado aberto, eles esperam obter dois tipos de ganhos: (i) dividendos e (ii) um aumento no preço das

ações. Como o preço das ações depende dos dividendos pagos aos acionistas, pode-se considerar o fluxo dos dividendos para calcular o valor por ação da empresa.

$$\text{Valor por ação} = \sum_{t=0}^{t=\infty} \frac{DPA_t}{(1 + K_p)^t}$$

DPA_t = dividendos por ação no tempo t

K_p = Custo de oportunidade do patrimônio líquido

No entanto, a utilização dos dividendos pode subestimar o valor de empresas que seguram o pagamento de dividendos para investir mais, ou mesmo superestimar aquelas empresas que pagam dividendos referentes a ganhos obtidos através de dívidas (DAMODARAN, 2006). Uma solução para essa desvantagem é a utilização dos dividendos potenciais, ou seja, os dividendos que poderiam ser pagos aos acionistas pela empresa. No entanto, isso também traz uma dificuldade adicional: estimativa do real potencial de dividendos.

Uma alternativa a utilização dos dividendos para se projetar o *Equity Cash Flow*, é a utilização do fluxo obtido pela variação do preço da própria ação da empresa (*FCFE – Free Cash Flow to Equity*).

$$\begin{aligned} FCFE = & \text{Receita Líquida} + \text{Depreciação} - \text{Gastos com capital} \\ & - \text{Diferença do capital noncash} - (\text{novas dívidas} \\ & - \text{dívidas antigas pagas}) \end{aligned}$$

Quando se assume as mesmas premissas, tanto o fluxo de dividendos quanto o fluxo obtido pela variação de preço do ativo proporcionam o mesmo valor. Porém, em alguns casos, pode ser mais conveniente utilizar preferencialmente um dos dois. Por exemplo, nos casos em que as empresas seguram o pagamento de dividendos para fazer aquisições, a utilização dos dividendos pode subestimar o valor da empresa, fazendo com que a utilização do outro se torne mais conveniente para a empresa.

Assim como na valoração de todo o negócio (*Enterprise DCF* ou *Firm Valuation*), a valoração a partir do retorno financeiro gerado para o acionista (*Equity Cash Flow*),

também tem algumas variações. Por exemplo, pode-se considerar que a empresa terá um crescimento estável no futuro, ou até mesmo a partir de certo momento; considerar o valor das ações que as empresas comprem de volta ao invés de pagar dividendos (*buyback stocks*) e também o efeito das dívidas de longo prazo (*long term debt*). Porém, nesse caso também não iremos detalhar essas variações, pois não fazem parte do objetivo central desta dissertação.

Não é possível afirmar que a valoração de toda a empresa (*Firm Valuation*) é melhor ou pior que a valoração essencialmente financeira (*Equity Cash Flow*) (DAMODARAN, 2006). A primeira, por exemplo, tem a vantagem de conseguir valorar a empresa sob o ponto de vista operacional, já que utiliza as projeções de fluxo de caixa operacional da mesma. Porém, a sua taxa não pode exprimir apenas o risco operacional da empresa. Para contornar esse problema se utiliza o WACC, que mesmo assim, não consegue relacionar todo o risco financeiro ao valor da empresa (e.g. decisões de empréstimo ou ativos que não geram fluxo de caixa operacional).

Segundo Copeland *et al.* (2000), a avaliação essencialmente financeira (*Equity Cash Flow*), por outro lado, não proporciona muita informação sobre a criação de valor da empresa, pois não está diretamente ligado ao seu desempenho operacional. Um erro muito comum é usar esse método como base para decisões como, por exemplo, aumentar o pagamento de dividendos, pois um aumento de valor obtido por esse método não significa, necessariamente, que a empresa melhorou seu desempenho operacional. No entanto, esse método se mostra mais adequado para avaliar empresas e projetos do setor financeiro (e.g. bancos), aquisições, alianças comerciais e *joint ventures*, já que nesses casos a estimativa dos fluxos de caixa operacionais se torna difícil.

2.3.1.2. Fluxo de caixa equivalente sem risco

Enquanto o método mais tradicional da teoria de fluxo de caixa descontado ajusta o risco pela taxa de desconto, esta variação, como o próprio nome indica, faz o ajuste do risco através da própria projeção do fluxo de caixa. Mais especificamente, o fluxo de caixa equivalente sem risco é o fluxo de caixa garantido (100% de chance de ocorrer) que o tomador de decisão aceitaria ao invés de investir no fluxo de caixa incerto/estimado.

Uma das maneiras de se projetar fluxos de caixa equivalentes sem risco é a atribuição de funções utilidades (para maiores detalhes, ver ELTON e GRUBER, 1995). Por exemplo, considere um jogo em que um indivíduo pode receber R\$100,00 com probabilidade de 90% e R\$50,00 com probabilidade de 10%. Nesse caso, o valor esperado é R\$95,00. Por outro lado, se a esse indivíduo for atribuído uma função utilidade logarítmica, o valor equivalente sem risco para esse jogo pode ser obtido assim:

$$Utilidade = 0,9.\ln(100) + 0,1.\ln(50) = 4,5359$$

$$Equivalente\ sem\ risco = exp^{4,5359} = R\$93,30$$

Em resumo, o equivalente sem risco (certeza) de R\$93,00 proporciona a mesma utilidade do jogo proposto no parágrafo anterior a esse indivíduo. Segundo Damodaran (2006), existem duas desvantagens com relação ao uso de funções utilidade: (i) dificuldade de definição de uma função específica e (ii) necessidade de mapear todos os cenários e suas respectivas probabilidades. Além disso, em alguns casos, essa metodologia pode subestimar o valor de alguns projetos, inviabilizando a realização de projetos com potencial de geração de valor.

Uma maneira mais prática de se calcular o equivalente certo é utilizar a metodologia tradicional da teoria de fluxo de caixa, mas com uma taxa que leva em conta o prêmio de risco. Por exemplo, considere uma empresa que utiliza uma taxa de risco de 15% e que a taxa livre de risco seja 5%. Nesse caso, a taxa a ser utilizada seria (DAMODARAN, 2006):

$$Prêmio\ de\ risco\ composto = \frac{1 + 0,15}{1 + 0,05} - 1 = 0,0952 = 9,52\%$$

Ou seja, projetaríamos um fluxo de caixa e o descontaríamos a taxa de 9,52% a fim de obtermos o equivalente sem risco (*certainty equivalent*).

2.3.1.3. Excesso de receita

Essa variação da metodologia de fluxo de caixa descontado divide o valor da empresa em duas partes: (i) receita normal e o (ii) excesso de receita. Enquanto a abordagem mais tradicional, descrita no item 2.3.1.1 é a receita normal, o excesso de receita é qualquer geração de caixa adicional, positiva ou negativa. Dessa forma, o valor de um negócio é considerado a soma de dois valores:

$$\begin{aligned} \text{Valor} &= \text{capital investido} \\ &+ \text{valor presente do excesso de fluxo de caixa existente e futuro} \end{aligned}$$

Se assumirmos que o valor contábil de uma empresa é um bom indicador do valor de capital investido pela empresa, podemos dizer que a empresa que possui excesso de retorno vale mais que seu valor contábil e que, por outro lado, o inverso também é verdadeiro (COPELAND *et al.*, 2000).

A forma mais comum de se calcular o excesso de retorno é através do Valor Econômico Adicionado (VEA), que é obtido da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{VEA} &= (\text{Retorno sobre Capital Investido} \\ &\quad - \text{Custo de Capital})(\text{Capital Investido}) \\ &= \text{Receita operacional após impostos} \\ &\quad - (\text{Custo de Capital})(\text{Capital Investido}) \end{aligned}$$

A valoração de empresas através do excesso de receita gerado tem suas raízes no valor presente líquido (VPL). Essa conexão permite valorar uma empresa ou um negócio através do VEA:

$$\begin{aligned} \text{Valor da Empresa} \\ &= \text{Capital Investido} + \text{Valor esperado de crescimento futuro} \end{aligned}$$

$$\text{Valor da Empresa} = \text{Capital investido} + \sum_{t=1}^{t=\infty} \frac{\text{VEA}_{CI}}{(1 + K_c)} + \sum_{t=1}^{t=\infty} \frac{\text{VEA}_{PF}}{(1 + K_c)}$$

$$\text{VEA}_{CI} = \text{Valor Econômico Adicionado pelo Capital Investido}$$

$$\text{VEA}_{PF} = \text{Valor Econômico Adicionado por Projetos Futuros}$$

$$K_C = \text{Custo de capital}$$

A utilização do VEA para valoração mostra a visão que o mercado tem sobre o desempenho da empresa ou do projeto em relação ao capital investido. Por outro lado, os critérios utilizados podem, em alguns casos, penalizar ou supervalorizar a avaliação através de eventos que estão fora do controle gerencial (COPELAND *et al.*, 2000). A valorização através da análise do excesso de retorno traz como grande vantagem a capacidade de ser desdobrado, indicando os fatores (*drivers*) que mais influenciam seu valor, podendo gerar *insights* gerenciais importantes.

2.3.1.4. Valor Presente Ajustado

Em contraste ao método mais tradicional do Fluxo de Caixa Descontado, no qual os efeitos das dívidas são capturados pela taxa de desconto (*e.g.* WACC), o Valor Presente Ajustado (VPA) separa os efeitos das dívidas dos efeitos dos ativos no valor da empresa.

A abordagem do VPA pode ser entendida em duas partes distintas: uma considerando a hipótese de a empresa ser totalmente financiada por suas próprias riquezas (*e.g.* apenas pelo patrimônio líquido), e a outra considerando tanto o benefício quanto o custo gerado pelo financiamento através de dívidas. Em geral, a dívida proporciona um benefício de imposto (*e.g.* gastos com juros são dedutíveis de impostos), mas também aumenta o risco de quebra da empresa, gerando um custo esperado adicional. Assim, o valor da empresa pode ser calculado da seguinte forma:

Valor da Empresa

$$\begin{aligned} &= \text{Valor } 100\% \text{ financiamento próprio} \\ &+ \text{Valor do benefício do imposto} - \text{Custo de quebra da empresa} \end{aligned}$$

Os cálculos de cada parte do Valor Presente Ajustado podem ser obtidos da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Valor}_{100\% \text{ financiamento próprio}} &= \frac{FCO_{AI}(1 + g)}{(\rho_r - g)} \\ \text{Valor}_{\text{benefício do imposto}} &= t_I D \end{aligned}$$

$$\text{Custo esperado}_{\text{Quebra}} = \pi_Q VP_{\text{Custo esperado de quebra}}$$

FCO_{AI} = Fluxo de Caixa Operacional Após Impostos (Descontado)

g = crescimento perpétuo da empresa

ρ_r = custo do financiamento próprio

t_I = taxa de impostos

D = financiamento através de dívidas

π_Q = Probabilidade de quebra

$VP_{\text{Custo de esperado de quebra}}$ = Valor presente do custo de esperado de quebra

A proposta do VPA se baseia, implicitamente, na premissa de que é mais fácil e mais preciso incorporar o impacto da dívida da empresa em sua valoração de forma absoluta, do que de forma proporcional, como é feito, por exemplo, quando se utiliza o WACC.

Quando se tem uma estrutura de capital mais complexa (subsídios, dívidas, seguros, etc), o VPA pode até ser dividido em mais de duas partes. Essa metodologia se baseia no princípio da aditividade (a soma dos Fluxos de Caixa Descontados é o Fluxo de Caixa Descontado Total). A grande vantagem dessa metodologia é que quebrar o problema em pedaços pode fornecer informações, como, por exemplo, qual parte gera mais valor para o projeto. Além disso, o VPA pode ser adaptado a situações mais complexas e fazer com que o nível de dívida da empresa seja dinâmico, mais especificamente, uma fração do valor contábil da dívida da empresa (LUEHRMAN, 1997).

2.3.2. Valoração Contábil

Sob o ponto de vista tradicional, o valor de um negócio ou de uma empresa é seu fluxo de caixa esperado descontado para o presente a uma taxa que representa o risco do mesmo. Porém, sob o ponto de vista contábil, o valor de um negócio é a soma de todos os ativos pertencentes ao negócio ou a empresa.

Apesar de fazer sentido, existe uma diferença chave entre valorar um negócio ou uma empresa e um conjunto de ativos. Um negócio é uma entidade corrente que pode gerar

valor no futuro e, por isso, seus ativos podem ser vistos de duas maneiras diferentes: (i) ativos que já pertencem a empresa e (ii) ativos que receberão investimentos por parte da empresa no futuro. Isso pode ser visto mais facilmente pela diferença entre a demonstração contábil e a financeira de um negócio, já que na segunda é necessário fazer estimativas sobre os ativos correntes e os ativos futuros do negócio (DAMODARAN, 2006).

A vantagem da valoração contábil é o fato de ela não adotar como base de sua avaliação premissas e estimativas sobre o futuro que podem ser facilmente contestadas, pois seu foco é os ativos correntes do negócio. No entanto, esse método de valoração pode subestimar negócios com altas e lucrativas oportunidades futuras.

Uma metodologia paralela a valoração contábil é a avaliação do valor de um negócio supondo que ele será negociado imediatamente (*Liquidation Valuation*). Nesse caso, a valoração contábil pode ser muito útil. Esse método, em teoria, deveria apresentar o mesmo valor de outros. Porém ele pode ser diferenciado devido ao número de potenciais compradores. Além disso, segundo Damodaran (2006) existe atualmente uma discussão muito grande sobre a valoração contábil e a valoração justa ou de mercado, e a relevância de cada uma para avaliar um negócio ou uma empresa.

Entretanto, como já foi dito na Introdução desta dissertação, não consideramos a valoração contábil uma forma adequada para valorar tecnologias ou empresas formadas a partir de novas tecnologias, já que esse método não considera o valor que pode ser gerado no futuro (maior valor de uma inovação tecnológica). Por isso, não descreveremos esse método em tantos detalhes como feito com os métodos Fluxo de Caixa Descontado e Opções Reais.

2.3.3. Valoração Comparativa

Essa metodologia de avaliação se baseia em como ativos ou negócios similares são avaliados no mercado (COPELAND *et al.*, 2000). Por exemplo, um indivíduo decide quanto pagará por um automóvel baseado no preço que outros automóveis similares foram negociados. Fazendo um paralelo com o preço de uma ação, um possível investidor estima seu valor avaliando o preço de ações similares.

A utilização da Valoração Comparativa exige três passos (DAMODARAN, 2006):

1. Encontrar um ativo ou um negócio similar que foi negociado no mercado. Para ativos reais (*e.g.* casas, automóveis, computadores, aviões) esse passo pode ser feito de forma direta. Para negócios, geralmente os analistas usam empresas do mesmo setor (*e.g.* software). No entanto, em alguns casos, isso pode se tornar uma tarefa difícil;
2. Encontrar uma escala para diferenciar ativos de diferentes tamanhos (*e.g.* casas) através de uma variável comum. Por exemplo, esse passo é muito útil para avaliar negócios que tenham receita, vendas ou ativos de diferentes valores. A avaliação por múltiplos (***Earning Multiple Approach***) se baseia na mesma idéia, um múltiplo obtido pela divisão do valor de um negócio semelhante por uma variável (*e.g.* receita). Esse múltiplo é então multiplicado a receita esperada do negócio a ser avaliado para obter seu valor final (COPELAND *et al.*, 2000);
3. Ajustar outras diferenças entre ativos ou negócios. Além da diferença de tamanho entre negócios e ativos similares, podem existir outras diferenças como, por exemplo, empresas com taxas de crescimento maior ou menor. Nesses casos, as empresas devem ser avaliadas com um múltiplo maior ou menor;

De forma sucinta, a valoração comparativa pode ser muito útil para valorar ativos reais (*e.g.* automóveis) e negócios que estão em setores onde existem outros similares sendo negociados (*e.g.* software). No entanto, muitas vezes essa metodologia, sobretudo a avaliação por múltiplos, leva em conta apenas os dados da variável comum (*e.g.* receita, vendas) de um ou dois anos, podendo gerar um valor equivocado. Por exemplo, no contexto de bolha da *internet* que houve alguns anos atrás, as valorações comparativas certamente contribuíram para a supervalorização de negócios desse setor.

Apesar de a valoração comparativa ser apontada como uma das ferramentas para valorar empresas de tecnologias (DAMODARAN, 2001), não se adotou essa postura neste trabalho. Isso porque no contexto de inovação tecnológica, sobretudo as de caráter radical, muitas vezes é difícil encontrar negócios similares e também variáveis comuns que possam ser usadas para comparação. Além disso, uma inovação tecnológica pode se

desdobrar em mais de um produto (SHANE e ELGAR, 2004), o que dificulta a definição de múltiplos. Por isso, também não detalharemos essa metodologia, para não fugirmos do objetivo central desta dissertação.

2.3.4. Opções Reais

A Teoria de Opções Reais (TOR) surgiu da analogia entre a opção financeira e os investimentos em ativos reais (AMRAM e KULATILAKA, 1999), na qual o investidor tem o direito, mas não a obrigação de investir em um ativo real (*e.g.* mina) ou de exercer sua opção financeira (*e.g.* mercado financeiro). Mais especificamente, uma firma com uma oportunidade de investimento, mesmo que irreversível, tem o direito de investir no futuro ou esperar, ou seja, também tem o direito, mas não o dever de investir (DIXIT e PYNDICK, 1994). Essa analogia entre investimentos reais e opções financeiras, bem como o termo opções reais, foram inicialmente propostos por Meyers (1977).

De forma sucinta, uma opção é um derivativo, ou seja, é função do valor de um título (ativo básico). A opção dá ao investidor o direito de comprar (opção de compra) ou de vender (opção de venda) o ativo por um valor pré-determinado (preço de exercício), em uma data futura específica (opção européia) ou em qualquer momento até essa data futura específica (opção americana) (para mais detalhes, ver HULL, 1993).

A analogia entre as opções financeiras é feita, sobretudo com a opção de compra (MYERS, 1977). Mais especificamente, a analogia pode ser vista da seguinte forma. O preço de exercício da opção é o montante de dinheiro necessário para a realização do projeto; o valor de mercado da opção é o valor do projeto; o tempo em que a opção se expira é o tempo que o projeto pode ser adiado sem que a oportunidade seja perdida; a volatilidade do valor da ação é a volatilidade do valor do projeto (LUEHRMAN, 1998). No entanto, a impopularidade da TOR no setor privado pode ser explicada, em parte, pela insistência em tratar a valoração de projetos como opções financeiras (BOGDAN e VILLIGER, 2007). Além disso, a existência de muitas definições sobre o método, o uso inapropriado da *equação de Black-Scholes*⁷ (equação desenvolvida para precificar

⁷ Para mais detalhes, ver o artigo seminal de Black e Scholes (1973), que oferece a solução analítica para uma opção de compra (financeira), tipo européia. Esse artigo deu origem a diversos trabalhos.

opções financeiras) e as muitas formas de tratar a volatilidade também contribuem para baixa disseminação do método na prática.

Paralelamente a dificuldade de se fazer a analogia completa, as opções reais não podem ser consideradas totalmente equivalentes às opções financeiras. Mais especificamente, enquanto as primeiras podem (i) facilmente ter valor abaixo de zero; (ii) ter um tempo de expiração bem maior e (iii) formar um conjunto de opções (*e.g.* uma opção gera outras opções (COPELAND e ANTIKAROV, 2003)); as opções financeiras, por outro lado, (i) nunca chegam a ter valores negativos; (ii) geralmente têm tempo de duração curto e (iii) não formam um conjunto de opções (COSTA, 2007).

Como uma alternativa a essa diferença, muitas vezes a TOR é vista também como uma variação do Fluxo de Caixa Descontado, mas ajustado pela flexibilidade dos gerentes de modificar decisões assim que uma maior quantidade de informação é disponibilizada (COPELAND *et al.*, 2000). Nesse modelo o investimento é visto como uma seqüência de estágios nos quais os gerentes decidem qual é a melhor opção (*e.g.* abandonar, expandir, adiar ou contrair o projeto) em função da incerteza de uma ou mais variáveis (*e.g.* preço do barril de petróleo, teor de metal no minério). Ou seja, a escolha de uma opção gera outras opções no futuro, já que o investimento é seqüencial (COPELAND e KEENAN, 1998).

A ligação das opções financeiras com a flexibilidade gerencial adotada pela Teoria de Opções Reais na valoração de negócios e projetos pode ser exemplificada por algumas opções/decisões que os gerentes podem exercer/tomar em um investimento (TRIGEORGIS, 1996).

1. Opção de deferimento/adiamento. O gerente tem a opção de esperar um determinado tempo até que alguma informação favorável esteja disponível para fazer o investimento. Por exemplo, em decisões como abrir uma mina ou iniciar a exploração de um campo de petróleo, os gerentes esperam para ver se os preços do minério ou do barril de petróleo cheguem a um patamar favorável para investir;
2. Opção de alterar a escala do investimento. O gerente pode aumentar ou diminuir a escala do negócio se as condições estiverem favoráveis ou desfavoráveis

respectivamente. Por exemplo, no setor de bens de consumo, se surgir uma informação de que a demanda estava subestimada, o tomador de decisão pode investir mais do que o previsto para aumentar a escala de produção;

3. Opção de abandono. O tomador de decisão pode abandonar seu negócio permanentemente se, por exemplo, o mercado estiver em decaída, e vender os bens de capital da empresa (*e.g.* equipamentos);
4. Opção de troca de *outputs* e *inputs*. O gestor tem a opção de mudar as quantidades de produção de cada produto final de seu negócio se as condições de mercado forem favoráveis a isso. Além disso, caso o mesmo produto possa ser produzido por matérias-primas distintas, o tomador de decisão pode trocá-las mediante as novas informações de seu mercado fornecedor. Por exemplo, a indústria de cana de açúcar decide se produz álcool combustível ou açúcar em função do preço de cada um;
5. Opção de crescimento do negócio. O tomador de decisão pode manter opções como, por exemplo, de aquisições, *joint venture*, investimento em novos negócios, etc. Por exemplo, um fabricante de computadores pode manter projetos de desenvolvimento de sistemas operacionais para ter esse mercado como uma opção de crescimento do negócio;

De forma sucinta, segundo Dias (1996), a adoção da flexibilidade gerencial, da taxa livre de risco como taxa de desconto e avaliação dinâmica (decisão sob incerteza através de variáveis como, por exemplo, preço e desempenho tecnológico) faz com que a TOR seja uma ferramenta de valoração mais precisa que o Fluxo de Caixa Descontado, que considera apenas cenários estáticos, deixando que o risco mediante a incerteza futura do negócio seja representado apenas pela taxa de desconto. Além disso, a TOR reflete, de forma mais adequada, a forma como os gestores tomam decisões nas empresas. Implicitamente, os gerentes tomam as decisões sob a ótica da metodologia de opções reais.

No entanto, a aplicação formal da Teoria de Opções Reais pode se tornar complexa, o que também explica, em parte, sua impopularidade no setor privado. Os gestores não conhecem a fundo a Teoria de Opções Reais, sobretudo as ferramentas matemáticas necessárias, a ponto de se sentirem confortáveis para usá-las. Isso faz com que, muitas vezes, os pressupostos necessários sejam violados prejudicando as valorações. Além

disso, o uso de premissas para tornar a matemática tratável também limita o escopo de atuação do método (LANDER e PINCHES, 1998).

De maneira geral, a Teoria de Opções Reais pode ser modelada através de muitas ferramentas matemáticas. Dixit e Pyndick (1994) citam a Programação Dinâmica Estocástica, a Replicação de um *portfolio* de opções e os Processos Estocásticos. O objetivo desta dissertação é propor um modelo de valoração, por isso, optamos por não fazer uma revisão detalhada sobre as ferramentas que podem ser utilizadas na Teoria de Opções Reais. Mais especificamente, apresentaremos apenas a Programação Dinâmica Estocástica, que é a ferramenta utilizada no modelo de valoração desenvolvido nesta dissertação, no capítulo 3.

2.4. Trabalhos recentes sobre o tema

As estratégias de P&D e o surgimento de novas tecnologias ou empresas geradas a partir de inovações tecnológicas têm sido estudados por diversos autores recentemente. No entanto, a generalidade do processo de desenvolvimento tecnológico permite que existam trabalhos que abordem diferentes pontos dentro desse processo. Nesta parte da revisão, tentamos apresentar um breve histórico dos estudos recentes sobre a valoração de tecnologias e empresas formadas a partir de tecnologias antes de posicionarmos nosso trabalho.

Babich e Sobel (2004) maximizam o valor esperado da abertura de capital (*IPO – Inicial Public Offering*) de empresas iniciantes em função das decisões financeiras e operacionais, tais como as relacionadas ao tamanho da dívida, ao nível de produção e ao nível de vendas. Em seu modelo o *IPO* é visto como um evento de parada dentro de um processo de Markov com horizonte infinito. Além disso, Babich e Sobel (2004) mostram que os modelos tradicionais de maximização de lucro ou minimização de custo são sub-ótimos quando se quer maximizar financiamento pela abertura de capital.

Por outro lado, Joglekar e Levesque (2006) desenvolveram um modelo que estuda a aquisição e alocação ótima de recursos em P&D e *Marketing* na fase de expansão de uma empresa iniciante, maximizando seu valor em função da qualidade do produto e do crescimento do mercado. Outros autores também focaram seus estudos na alocação de

recursos. Cohen *et al.* (1996) exploraram o *tradeoff* entre investir em redução de tempo de desenvolvimento e investir em melhoria de desempenho da tecnologia. Segundo os autores esse *tradeoff* varia em função do potencial de mercado, da existência de produtos concorrentes, da margem de lucro e do tamanho da janela de oportunidade. Além disso, de acordo com Cohen *et al.* (1996) minimizar o tempo de lançamento do produto no mercado não, necessariamente, leva a maximização do lucro.

Archibald *et al.* (2002) maximizam a probabilidade de sobrevivência de empresas iniciantes (maior preocupação desse tipo de empresa segundo os autores) em função das políticas (decisões) de estoque (*inventory ordering*). O problema foi modelado como um processo de decisão de Markov, considerando restrições de orçamento (ativos correntes), e uma demanda incerta e “sem limites”.

Chan *et al.* (2007) desenvolveram um modelo de programação dinâmica que otimiza as estratégias de gerenciamento dos projetos de desenvolvimento tecnológico com o objetivo de maximizar seus valores em função do tipo das empresas (empresas iniciantes e empresas estabelecidas). No modelo Chan *et al.* (2007) assumem que a comercialização de tecnologias compreende três estágios sequenciais: (i) pesquisa, (ii) desenvolvimento e (iii) comercialização. Ao final do estágio (i), o modelo considera a decisão de continuar ou não o projeto, e no final do estágio (ii), as decisões de iniciar a fase de comercialização, vender ou comprar projetos no mercado ou abandonar o projeto.

Cassiman e Ueda (2006) estudaram porque empresas estabelecidas optam por não comercializar projetos inovadores, enquanto empresas iniciantes optam por fazê-lo. Segundo os autores a capacidade das empresas estabelecidas de comercializar inovações em um tempo menor aumenta o valor da opção de esperar. Por outro lado, quanto maior é o valor da opção de esperar das grandes empresas, mais valiosa é a opção (oportunidade) de uma empresa iniciante lançar uma inovação tecnológica.

Santiago e Vakili (2005), a partir do modelo de Huchzermeier e Loch (2001), propõe uma evolução de um modelo que considera a flexibilidade gerencial nos projetos de P&D. O modelo assume que o processo de desenvolvimento de P&D é composto de estágios sequenciais. As opções de melhorar, continuar ou abandonar o projeto são

maximizadas em função da incerteza tecnológica. O pagamento do projeto é feito em função de um indicador de performance do produto. Posteriormente, Santiago e Bifano (2005) propuseram um modelo bidimensional (baseado em dois indicadores de desempenho tecnológico). Wang *et al.* (2001), por outro lado, fizeram uma proposta de valorar produtos mais flexível, a partir de diversos indicadores, que podem ser capturados de diversas formas (*e.g.* modelos de pontuação). No entanto, tais modelos são baseados em informações referentes a apenas um produto, subestimam o valor de uma tecnologia, que tem potencial para se transformar em mais de um produto (SHANE e ELGAR, 2004).

Nosso trabalho, mais especificamente, propõe um modelo de valoração de tecnologias ou empresas iniciantes de base tecnológica, considerando o potencial total de uma tecnologia. O grande diferencial em relação aos trabalhos mais recentes é o fato de que ele capta esse potencial considerando o gerenciamento ativo em função de duas incertezas: tecnológica e de mercado. Em outras palavras, o gerente pode escolher a melhor decisão em função do estado da tecnologia e do mercado para essa tecnologia, indicadores mais amplos que os relacionados a apenas um produto. A ferramenta utilizada para modelar o problema em nosso trabalho foi a programação dinâmica estocástica.

3. Modelo

3.1. Processo de desenvolvimento da tecnologia

O objetivo deste modelo é avaliar a tecnologia sob o ponto de vista financeiro. Por isso, modelamos o desenvolvimento tecnológico em macro etapas. Dessa forma, ao contrário dos trabalhos de Ndonzuau *et al.* (2002) e Shane e Elgar (2004), não focamos apenas na formação de uma nova empresa de base tecnológica, mas na comercialização da tecnologia de uma forma ampla (*e.g. spin-off* ou licenciamento). Além disso, apesar de também considerarmos a venda de um produto final como uma forma de comercialização de tecnologia; não abordamos o processo sob o ponto de vista operacional como Edgett e Kleinschmidt (2002) e Jolly (1997).

Mais especificamente, classificamos o processo de comercialização de tecnologias em quatro etapas: (i) pesquisa, (ii) desenvolvimento tecnológico, (iii) crescimento inicial e (iv) expansão comercial, como mostra a figura 7. De forma sucinta, chegamos a essa visão final baseados nos trabalhos de Roberts (1991) e Chan *et al.* (2007), que abordam o processo de desenvolvimento da tecnologia sob um ponto de vista mais generalista e ligado a decisões financeiras. Outros trabalhos também abordaram o processo de desenvolvimento de uma tecnologia sob uma ótica similar (*e.g.*, ver REIS, 2005; SOARES, 2007).

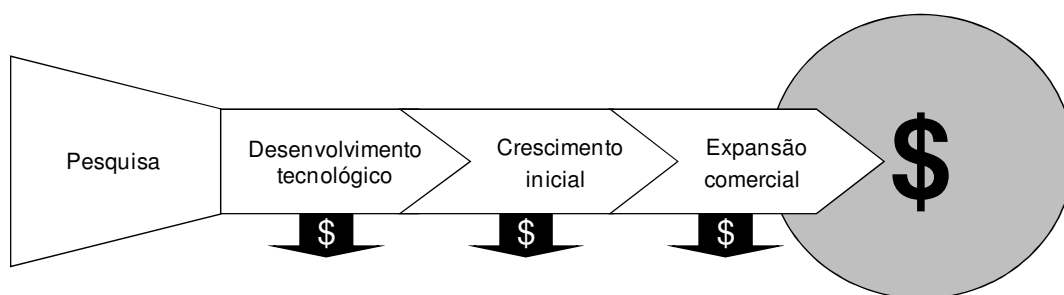


Figura 7. Processo de desenvolvimento de uma tecnologia/ empresa de base tecnológica

A primeira fase do processo compreende as pesquisas desenvolvidas em Universidades, Centros de Pesquisas de empresas já estabelecidas ou empresas iniciantes (*e.g. start up(s)* que pretendem diversificar seu *mix* de produtos) onde surgem as novas tecnologias. Os gastos relacionados a essa etapa não são considerados como custo no

processo de comercialização de uma tecnologia, pois os custos de P&D são muito elevados e devem ser avaliados como uma opção estratégica para as empresas já estabelecidas (MITCHELL e HAMILTON, 2007). Além disso, tais pesquisas são financiadas pela própria Universidade, por órgãos (*e.g.* Fundações) ligados a ela ou por entidades públicas de fomento a pesquisa que oferecem recursos não reembolsáveis. Essas entidades não enxergam a pesquisa como um negócio lucrativo.

A fase de desenvolvimento tecnológico é a primeira fase após a etapa de pesquisa. Essa fase se caracteriza pela conversão da tecnologia em um produto comercializável. O modelo *technology stage-gate* é uma ferramenta adequada para essa fase. No entanto, esse produto pode ser um processo e sua comercialização pode ocorrer através da transferência ou licenciamento. Nessa fase os custos já devem ser considerados na valoração da tecnologia e em suas análises de viabilidade comercial.

A Etapa de Crescimento Inicial do processo de comercialização de tecnologias compreende a fase de início de comercialização, na qual já começam a ocorrer algumas vendas, mas não são suficientes para gerar um fluxo de caixa positivo. Focando na formação de uma empresa, essa fase compreende o início da empresa após sua formação, usualmente chamada de *start up* por alguns autores (ver, por exemplo, ROBERTS, 1991).

A quarta e última etapa do processo compreende a fase de expansão da comercialização da tecnologia. Nesse estágio a tecnologia começa a gerar um fluxo de caixa positivo, o qual pode ser considerado o fator predominante de geração de valor da tecnologia ou da empresa que está sendo formada. Alguns autores também consideram essa fase após o período de 1 ano no qual há geração de fluxo de caixa operacional.

De forma sucinta, este trabalho avalia o valor do potencial de comercialização da tecnologia comparando o retorno esperado em função da incerteza tecnológica e de mercado nas fases de crescimento inicial e expansão comercial, com os gastos das fases anteriores, mais especificamente as etapas de desenvolvimento tecnológico, crescimento inicial e da própria expansão.

3.2. Modelo Matemático

O modelo de valoração de tecnologias e empresas formadas a partir de novas tecnologias deste trabalho foi desenvolvido a partir do modelo proposto para valorar projetos de desenvolvimento de produtos (WANG, 2001). O diferencial da nossa proposta é a forma como captamos o *pay-off* de mercado, o investimento necessário ao desenvolvimento da tecnologia e a ligação dessas duas variáveis com um modelo de pontuação (*scoring model*), que permite avaliar a plataforma tecnológica como um todo (*e.g.* possibilidade de mais de uma aplicação).

A descrição da modelagem está dividida em duas partes. A primeira faz uma descrição do modelo e explica, sob o ponto de vista gerencial, como é o modelo e, mais especificamente, como as incertezas de tecnologia e de mercado são capturadas. A segunda parte apresenta o modelo propriamente dito (formulação matemática).

3.2.1. Framework do modelo

Como dito na seção 3.1, assumimos que o processo de desenvolvimento e comercialização de uma tecnologia compreende quatro estágios: (i) pesquisa, (ii) desenvolvimento tecnológico, (iii) crescimento inicial e (iv) expansão comercial.

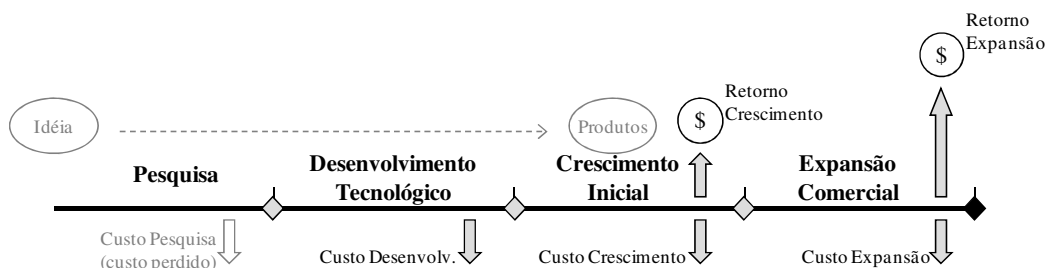


Figura 8. Framework do modelo

De forma sucinta, nosso modelo valora a tecnologia pela diferença entre o retorno financeiro e o investimento (custo) feito no projeto de comercialização da tecnologia. Assumimos, como mostra a figura 8, que o investimento referente ao estágio de pesquisa é um custo perdido (*sunk cost*), já que o primeiro ponto de decisão acontece ao

final desse estágio. Em outras palavras, esse é um custo passado e irrelevante para as tomadas de decisões futuras (HORGREN, SUNDEN e STRATTON, 2004).

Consideramos também que a tecnologia proporciona retorno financeiro apenas a partir do estágio 3 (crescimento inicial), pois só nessa fase a tecnologia é transformada em um produto. Tratamos esse produto como qualquer forma comercializável da tecnologia (pode ser um serviço, processo ou produto). Em outras palavras, apenas a partir da obtenção de um produto é possível comercializar a tecnologia. Na fase de crescimento inicial o retorno financeiro representa as vendas iniciais, enquanto o retorno da fase de expansão representa a maior parte do *pay-off* do projeto.

O diferencial do nosso trabalho em relação ao Fluxo de Caixa Descontado é que consideramos o gerenciamento ativo do projeto, ou seja, em cada ponto de decisão o gerente maximiza a melhor opção de decisão que ele possui (*e.g.* investir ou abandonar) (Isso evita que o projeto seja subestimado por avaliações do tipo “agora ou nunca”, de acordo com a abordagem de Opções Reais (LUEHRMAN, 1998)). Além disso, nosso modelo valora a empresa em função das incertezas de tecnologia e de mercado inerentes ao projeto. Mais especificamente, o retorno esperado da tecnologia e o investimento necessário para seu desenvolvimento são controlados pelo desempenho técnico e de mercado dos produtos derivados da tecnologia, ao contrário do Fluxo de Caixa Descontado, que considera cenários estáticos.

As incertezas de tecnologia (endógena) e de mercado (exógena) podem ser captadas de muitas maneiras. Mais especificamente neste trabalho, acreditamos que tais incertezas possam ser captadas através de modelos de pontuação. De forma sucinta, os modelos de pontuação foram desenvolvidos para transformar variáveis qualitativas de avaliação em uma variável ponderável comum que permita uma comparação (MOORE e BAKER, 1969; SOUDER, 1972). Essa metodologia foi inicialmente desenvolvida para avaliar crédito pessoal nos EUA nos anos 50, mas posteriormente foi também utilizada para avaliar empresas (*e.g.* KAPLAN e NORTON, 1992) projetos de P&D e tecnologias (*e.g.* COOPER *et al.*, 2002). A grande vantagem dessa metodologia é a facilidade do uso e do entendimento por partes dos gestores. Porém, sua confiabilidade e eficiência ainda são questionadas (MESTER, 1997), sobretudo, pela dificuldade de desenvolver um modelo que realmente consiga avaliar todas as variáveis de forma coerente.

Considere, por exemplo, que em cada estágio de desenvolvimento do processo (pesquisa, desenvolvimento, crescimento inicial e expansão comercial), cada ponto (estado) da figura represente o desempenho do projeto em duas dimensões (tecnologia e mercado), medido através de um modelo de pontuação, ou de indicadores. Esses pontos nos informam qual será o desempenho esperado do projeto nos estágios futuros.

Neste trabalho, especificamente, como as informações sobre o desempenho máximo, o mínimo e o mais provável são dadas, a transição de estágios pode ser modelada pela distribuição triangular. A partir daí calculamos o retorno esperado do projeto em função do desempenho esperado das fases 3 (crescimento inicial) e 4 (expansão comercial).

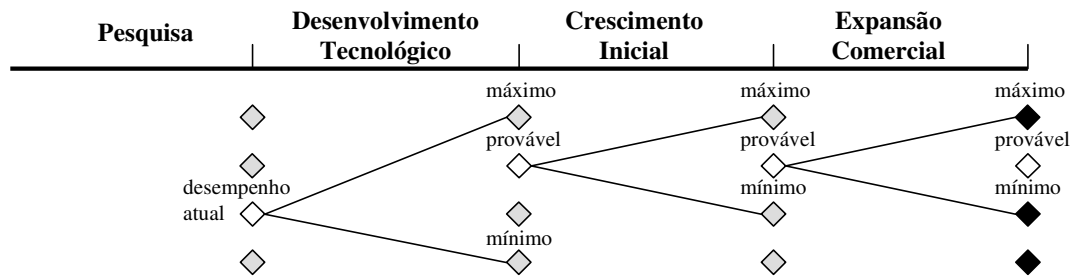


Figura 9. Ilustração dos estados do modelo em uma dimensão

Na figura 9, os pontos em cor cinza representam os pontos de tomada de decisão (ao final da fase de pesquisa, do desenvolvimento tecnológico e do crescimento inicial). Por outro lado, os pontos em cor preta representam os estados finais de desempenho do projeto (fim do projeto, não existe decisão). Como dito anteriormente, o retorno esperado do projeto é calculado em função das probabilidades do projeto “estar” nos estados de desempenho das fases 3 (crescimento inicial) e 4 (expansão comercial). Além disso, no cálculo do valor do projeto, para cada ponto de decisão, nosso modelo indica a opção de maior valor para o gerente (continuar ou abandonar). Assim, calculamos o melhor custo benefício de cada estágio para chegarmos ao valor final do projeto em função da incerteza de mercado e de tecnologia (desempenho do projeto).

3.2.2. Formulação matemática

O modelo de valoração proposto neste trabalho foi desenvolvido baseado na programação dinâmica estocástica. Essa ferramenta lida com situações nas quais as decisões são feitas em estágios. O valor esperado em cada estágio é obtido considerando o custo gerencial e o benefício esperado de cada opção (para mais detalhes, ver BERTSEKAS, 2005 e PUTERMAN, 1994). Mais especificamente, a programação dinâmica estocástica trata problemas de otimização de decisões sequenciais e, por conseguinte, pode ser usada para a aplicação da metodologia de Opções Reais (DIXIT e PINDYCK, 1994).

A programação dinâmica estocástica é uma ferramenta de otimização dinâmica, particularmente eficiente para tratar incerteza. De forma sucinta, a programação dinâmica analisa a sequência de decisões em dois componentes: (i) a decisão imediata e (ii) uma função que leva em conta as decisões subseqüentes, iniciando sempre da próxima decisão (resultante da decisão imediata). A solução é obtida de trás para frente até a decisão imediata (DIXIT e PINDYCK, 1994). A otimalidade do método é garantida pelo princípio de Bellman, que se baseia no argumento de que se a solução do problema é uma sequência de decisões ótimas, cada decisão ótima dessa sequência é também a decisão ótima de seu subproblema, quando analisado separadamente (ver BERTSEKAS, 2005).

Na descrição do modelo utilizamos a notação utilizada por Bertsekas (2005). Além disso, também dividimos a descrição em nove itens: (i) horizonte de tempo, (ii) desempenho do projeto, (iii) estado de desempenho do projeto, (iv) opções gerenciais, (v) incerteza de desenvolvimento, (vi) custo de desenvolvimento, (vii) *payoff* de mercado, (viii) opção de abandonar o projeto e (ix) política de desenvolvimento e condições ótimas.

Horizonte de Tempo: O horizonte de tempo é definido em N estágios. No problema abordado nesta dissertação, N é fixo e igual a quatro estágios (pesquisa, desenvolvimento tecnológico, crescimento inicial e expansão comercial). Em outras palavras, assumimos que nosso problema é um problema com horizonte finito, com quatro estágios de decisão.

$$N = 4$$

Desempenho do Projeto⁸: O desempenho (performance) do projeto será avaliado em m atributos. Mais especificamente, S_i é o espaço m - dimensional dos estados de desempenho do projeto ao completar o estágio i . Em cada estágio i existem $K + 1$ níveis discretos de performance divididos em intervalos iguais (modelo de pontuação ou *scorecard*). No entanto, nós avaliaremos o desenvolvimento de tecnologia sob a incerteza de dois atributos (tecnologia e mercado). Dessa forma, assumimos que m é fixo e igual a 2. Tal suposição não é restritiva e nos permite escrever o modelo de forma genérica, já que é possível modelar o problema com valores diferentes de m .

$$S_i = \{0, \dots, K\}^m \text{ para cada } m.$$

$$m = 2.$$

$$i = 1, 2, \dots, N.$$

Estado de Desempenho do Projeto: Ao completar o estágio i , os tomadores de decisão avaliam o projeto por um vetor X_i m -dimensional.

X_i : Vetor aleatório que caracteriza o desempenho do projeto.

$$i = 1, 2, \dots, N.$$

Opções Gerenciais: Os tomadores de decisão precisam determinar qual o nível de desempenho do projeto deve ser o alvo do próximo estágio. Considere o alvo do estágio $i + 1$ como $\bar{X}_{i+1}$. A gama de possíveis valores para $\bar{X}_{i+1}$, que representa os possíveis alvos, indica as opções de ação gerencial. Além disso, há também a opção de abandonar o projeto, caso o custo para conduzi-lo seja maior que o retorno esperado para tal.

Incerteza de Desenvolvimento: Para modelar a incerteza do processo de desenvolvimento de tecnologia durante o estágio $i + 1$, consideramos um vetor aleatório

⁸ Não existe restrição quanto ao tamanho do espaço dimensional para cada desempenho (variável m). Por exemplo, o K referente ao desempenho $m=1$, pode ser diferente do K referente ao desempenho $m=2$. No entanto, nesse modelo, projetamos espaços de tamanho iguais (matrizes quadradas).

de desempenho X_{i+1} com uma distribuição conhecida $F_{i+1}(X_i, \bar{X}_{i+1})$. Esta distribuição é função do estado inicial X_i e do estado alvo $\bar{X}_{i+1}$. Como os desempenhos máximos e mínimos também serão conhecidos, podemos, dessa maneira, discretizar a distribuição triangular⁹⁹ e utilizá-la para modelar a incerteza.

Por exemplo, considere o espaço amostral de desempenhos constantes ao longo dos estágios de desenvolvimento e igual a $[0,5]$. Considere também que o ponto $C \in [0,5]$ seja o alvo. Então nós podemos assumir que a distribuição de $X_{i+1}(X_i, C)$ é uma *Triangular* (C), isto é, uma distribuição triangular no intervalo $[0,5]$ cuja moda é C .

Custo de Desenvolvimento: Consideramos que a cada estágio i de desenvolvimento o custo é conhecido e bem definido (*i.e.* determinístico). Ao ter como alvo uma performance $\bar{X}_{i+1}$ no estágio $i+1$, dado X_i , o custo é $C_{i+1}(X_i, \bar{X}_{i+1})$. O custo do primeiro estágio (pesquisa) é sempre considerado como um custo perdido (*sunk cost*), pois o primeiro ponto de decisão é o final do estágio de pesquisa. Nesse ponto o investimento para a realização da pesquisa já foi realizado.

Pay-off de Mercado: Consideramos que o desenvolvimento de uma tecnologia pode receber retorno financeiro no terceiro e no quarto estágio (crescimento inicial e expansão comercial, respectivamente).

Definimos o *pay-off* no estágio de crescimento inicial como $R_C(X_C)$ e o *payoff* no estágio de expansão comercial como $R_E(X_N)$. Para os estágios 1 e 2, consideramos:

$$R_i(X_i) = 0 \text{ para } i = 1, 2.$$

Para obter a matriz de retorno, definimos o *pay-off* máximo M a ser adotado em cada estágio e multiplicamos por uma matriz que indica a porcentagem deste *pay-off* máximo a ser alcançado em função do desempenho do projeto para cada um dos estágios 3 e 4.

⁹⁹ Assumimos nesse caso que o alvo é o desempenho mais provável para o próximo estágio. Isso se dá porque o investimento esperado é definido com base no alvo, ou seja, mediante tal investimento, espera-se obter o desempenho alvo.

A vantagem de considerar o *pay-off* dessa forma é que eliminamos, em parte, a subjetividade dos modelos de pontuação, pois ligamos cada par (tecnologia e mercado) a um valor esperado de mercado. Tal fato contorna uma das limitações dos modelos de pontuação citadas no item 3.2.1.

Por exemplo, considere um projeto que seja avaliado através de dois atributos ($m = 2$) e que M é seu *payoff* máximo. Para cada atributo é possível atribuir quatro “notas” diferentes ($0 = ruim$; $1 = médio$; $2 = bom$; $3 = ótimo$). Dessa forma seu retorno financeiro ao final do estágio de expansão comercial seria dado pela matriz:

$$R_E(X_N) = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.2 & 0.3 & 0.5 \\ 0.2 & 0.3 & 0.5 & 0.6 \\ 0.3 & 0.5 & 0.6 & 0.8 \\ 0.5 & 0.6 & 0.8 & 1.0 \end{bmatrix} \times M$$

Na matriz acima, considere que as “notas” do atributo 1 estão na vertical e as “notas” do atributo 2 estão na horizontal, ou seja, um projeto que esteja avaliado em ótimo para o atributo 1 e bom para o atributo 2 terá um *payoff* esperado igual a 80% do valor máximo do projeto, pois o valor que está na quarta linha (atributo 1 = ótimo) e na terceira coluna (atributo 2 = bom) é 0.8.

Opção de abandonar o projeto: Consideramos que o tomador de decisão pode abandonar o projeto ou a empresa ao longo do processo. Para tal, adicionamos um estado extra $x^* \forall S_i$. Ter esse estado como alvo corresponde a abandonar o projeto.

Consideramos que nenhum custo adicional incorrerá, caso a opção de abandono seja exercida. Ou seja, $C_{i+1}(X_i, x^*) = 0 \quad \forall i, X_i$. Além disso, uma vez abandonado o projeto, $R_C(X_C) = 0$ e $R_E(X_N) = 0$.

Política de desenvolvimento e condições ótimas: Uma política de desenvolvimento $\Pi = (\Pi_1, \dots, \Pi_N)$ corresponde a especificações alvos a cada estágio e para cada estado do projeto em cada fase de desenvolvimento.

Neste caso $\Pi_i(x_i)$ indica um alvo selecionado no estágio i , quando o estágio do sistema é x_i .

Se no estágio i o estado de desempenho é x_i e a política Π_i é utilizada, então consideramos que o valor do projeto $J_i^\Pi(x_i)$ é recursivamente calculado através da seguinte equação:

$$J_i^\Pi(x_i) = E[-C(x_i, \Pi(x_i))] + (1+r_i)^{-1} [J_{i+1}^\Pi(x_{i+1}(x_i, \Pi(x_i))) + R_{i+1}(x_{i+1})]$$

Na equação acima,

$$R_{i+1}(x_{i+1}) = \begin{cases} R_E(x_N); & \text{se } i = 3, N = 4 \\ R_C(x_{i+1}); & \text{se } i = 2, i+1 = N-1 \\ R_{i+1}(x_{i+1}) = 0; & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$(1+r_i)^{-1} = \text{fator de desconto}$$

$$J_i^\Pi(x^*) = 0 \quad \forall i$$

Assim, consideramos que a função do valor ótimo do projeto $V_i(x_i)$ pode ser obtida pela equação:

$$V_i(x_i) = \max_{\Pi} J_i^\Pi(x_i)$$

Neste caso, a equação de Bellman que caracteriza a função de valor ótimo é dada por:

$$V_i(x_i) = \max_{\bar{X}_{i+1} \in S_{i+1}} \left\{ -C(x_i, \bar{X}_{i+1}) + (1+r_i)^{-1} E[V_{i+1}(X_{i+1}(x_i, \bar{X}_{i+1}))] \right\} \text{ para } i = 1, \dots, N-1$$

O alvo ótimo, considerado $\Pi_i(x_i)$, é a solução ótima da equação acima.

4. Aplicação prática

Este capítulo da dissertação descreve uma aplicação prática do modelo desenvolvido neste trabalho. Dividimos sua descrição em quatro partes: (i) breve apresentação da tecnologia e da empresa valorada; (ii) análise da empresa, mais especificamente os dados de entrada do modelo; (iii) modelagem e resultado da valoração e (iv) a discussão dos resultados obtidos.

4.1. A Tecnologia e a Empresa

A tecnologia avaliada na aplicação prática deste trabalho é do setor de nanotecnologia e foi desenvolvida dentro de um dos laboratórios de uma das Universidades brasileiras. A partir de seu desenvolvimento, criou-se um *spin-off* através de parcerias com empresas privadas para comercializá-la. Optamos por não citar o nome da empresa, já que o foco deste capítulo é ilustrar a aplicação do modelo e não valorar essa empresa especificamente.

De forma sucinta, a tecnologia desenvolvida utiliza o processo de coprecipitação com secagem controlada para a produção da alumina, a fim de se obter o controle total de sua estrutura, morfologia e textura, que influenciam diretamente as propriedades finais do material e o tipo de sua aplicação. A coprecipitação é um processo de preparação de pós cujos precursores (cátions desejados), na forma de cloretos, nitratos e acetatos, são dissolvidos em solução aquosa. Em outras palavras, é um processo controlado para obter alumina em escala nano.

Apesar de ter sido desenvolvida inicialmente para a produção de alumina nano estruturada, a tecnologia pode ser adaptada para outros materiais (*e.g.* óxido de zinco e óxido de ferro). Ou seja, é uma tecnologia de processo industrial de produção de materiais nano-estruturados de uma forma geral.

Os materiais nano-estruturados têm vantagens que já são bem consolidadas. Mais especificamente, a nanotecnologia é vista como uma inovação radical que pode revolucionar o mercado de materiais e suas aplicações. Como os materiais nano-estruturados são formados por partículas menores (escala nanométrica), eles possuem

uma área de reação maior, o que também proporciona maior eficiência de reação (*e.g.* se gasta menos energia para produzir a mesma peça cerâmica a partir de um material nano-estruturado). Além disso, alguns materiais nano-estruturados apresentam propriedades superiores se comparados com o mesmo material em escalas maiores.

Diante do potencial da nanotecnologia, criou-se um *spin-off*, para comercializar materiais nano-estruturados a partir do processo desenvolvido. Atualmente, a empresa produz a nano alumina em laboratório. Mais especificamente, já tem capacidade de produzir até 1 kg/dia de material com uma qualidade superior a de outros laboratórios e empresas *spin-off(s)* do mundo. Além disso, os processos de produção de óxido de zinco e de óxido de ferro estão em fase de teste.

As aplicações potenciais previstas para os materiais nano-estruturados são inúmeras. Por exemplo, indústria de tintas, indústria de cerâmica (*e.g.* refratários), indústria têxtil, indústria eletro-mecânica, micro-eletrônica, embalagens. No entanto, apesar de as empresas saberem das vantagens dos materiais nano-estruturados, elas não sabem como utilizá-los. Ou seja, a nanotecnologia tem um grande potencial, mas ainda não se tornou de fato uma tecnologia revolucionária porque sua aplicação ainda não está amplamente dominada.

A empresa se encontra atualmente em uma fase em que precisa de um investimento externo para continuar seu desenvolvimento. Nesse contexto, acreditamos que o modelo desenvolvido nesta dissertação possa valorar a empresa e sua tecnologia de processo de produção de materiais nano-estruturados para (i) analisar a viabilidade do negócio e, se viável, (ii) dar suporte para qualquer negociação entre a empresa e um possível investidor. Além disso, os resultados podem auxiliar seus gestores a desenvolver as estratégias da empresa de acordo com o seu real potencial econômico.

4.2. Análise da empresa (dados de entrada)

Antes de iniciarmos a descrição dos dados de entrada do modelo, primeiro posicionamos a empresa e sua tecnologia em relação aos quatro estágios de desenvolvimento (pesquisa, teste de conceito, crescimento inicial e expansão comercial)

citados no capítulo em que descrevemos o modelo deste trabalho, mais especificamente o item 3.1.

Diante da situação descrita no item anterior, acreditamos que a empresa se encontra no início da fase de teste de conceito da tecnologia. Pois, assim como a nanotecnologia, ela também possui um gargalo tecnológico que faz com que sua tecnologia não esteja de fato pronta para atender o mercado. Mais especificamente, a empresa tem capacidade de produzir materiais nano-estruturados, mas seus potenciais clientes não sabem como utilizá-los em seus processos. Ou seja, não podemos considerar que a tecnologia esteja iniciando a fase de crescimento inicial apenas porque já consegue obter a nano alumina, pois, na prática, a empresa ainda não consegue comercializar os materiais nano-estruturados.

Como mostra a figura 10, acreditamos que a empresa vive um momento no qual precisa decidir se vale ou não a pena investir na fase de teste de conceito (finalização do desenvolvimento), ou seja, no desenvolvimento da aplicação dos materiais nano-estruturados, em especial a nano alumina, que é o material que se encontra em estágio mais avançado. Caso contrário, ela continuaria investindo na produção de outros materiais nano-estruturados, mas ficaria dependente do desenvolvimento das aplicações por parte de seus clientes.

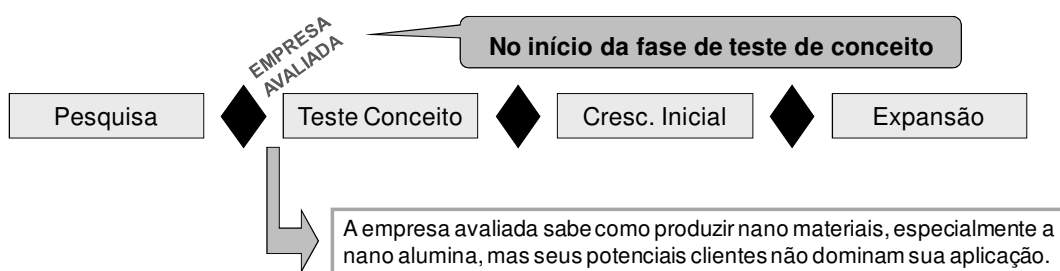


Figura 10. Posicionamento da empresa avaliada

Dessa forma, a valoração feita neste trabalho partiu do pressuposto de que a empresa se encontra no primeiro ponto de decisão, ou seja, no final da fase de pesquisa e no início da fase de teste de conceito. A partir dessa premissa, é possível buscar os dados de entrada para o modelo de valoração. De forma sucinta, precisamos de três informações: (i) modelo de pontuação, (ii) investimento necessário e (iii) *pay-off* de mercado.

4.2.1. Modelo de Pontuação

Como dito anteriormente, o foco deste trabalho é a valoração de tecnologias e empresas formadas a partir de uma inovação tecnológica e não o desenvolvimento de um modelo de pontuação para avaliar o desempenho de empresas criadas a partir de uma tecnologia. Por isso, o modelo utilizado nesta aplicação prática foi adaptado de uma versão desenvolvida pelos gestores da empresa.

De forma sucinta, o modelo de pontuação utilizado avalia a empresa sob o ponto de vista de duas variáveis, tecnologia e mercado. Em cada estágio de desenvolvimento, avalia-se uma característica de cada variável. A tabela 1 mostra, de forma generalizada, como isso é feito sob o ponto de vista dessas duas variáveis especificamente.

	Pesquisa	Teste de Conceito	Crescimento Inicial	Expansão Comercial
Tecnologia	Domínio e Proteção da Tecnologia	Processo de fabricação amador (<i>scale up 1</i>)	Processo de fabricação profissional (<i>scale up 2</i>)	Sustentação plataforma tecnológica
Mercado	Atendimento de uma necessidade de mercado.	Aprovação de potenciais clientes.	Validação do modelo de negócio pelo mercado.	Captação de potenciais Clientes

Tabela 1. Base do modelo de pontuação utilizado

O resultado do modelo de pontuação fornece para cada variável (tecnologia e mercado) em cada estágio notas que vão de 0 a 5 (obs: essas notas são as notas resultantes do modelo, porém, já que isso não é o foco do nosso trabalho e o modelo também é de caráter confidencial, não entraremos nos detalhes operacionais de obtenção da pontuação resultante). Cada nota tem um significado específico, como mostra a tabela 2.

Dessa forma, a partir do modelo de pontuação, fizemos em conjunto com os gestores da empresa a avaliação de pontos da empresa. Como se pode notar pela tabela 3, já que a empresa se encontra na fase de Teste de Conceito, as notas da fase de Pesquisa são (4,3)

e não existe mínimo e máximo porque não existe incerteza sobre essa avaliação (essa fase já foi totalmente concluída). As notas de máximo das próximas fases são (5,5); as notas alvos são as notas esperadas para a empresa, considerando o investimento estimado para cada fase e, por último; as notas mínimas representam os resultados já obtidos para cada fase, já que existe interseção entre as fases (elas não são totalmente exclusivas).

Tecnologia	Mercado
0 – inexistente	0 – inexistente
1 - não dominado	1 - sem evidência
2 - parcialmente dominado (gargalos significativos)	2 - evidência fraca (contatos iniciais com possíveis clientes)
3 - parcialmente dominado (gargalos transponíveis)	3 - bons indícios, mas com dúvidas (interesse do cliente)
4 - parcialmente dominado (gargalos planejados)	4 - evidência forte (aceitação e definição por parte do cliente)
5 - totalmente dominado	5 - evidência testada

Tabela 2. Significado de cada pontuação

	Pesquisa		Teste Conceito		Cresc. Inicial		Expansão	
	T	M	T	M	T	M	T	M
Mín.			1	2	0	1	0	1
Alvo	4	3	4	4	4	4	4	4
Máx.			5	5	5	5	5	5

Tabela 3. Pontuação da empresa avaliada neste trabalho

Mais especificamente sobre as notas mínimas, elas representam as etapas do desenvolvimento das próximas fases que já foram realizadas, mesmo antes de a empresa atingir formalmente tais estágios. Isso acontece porque as fases não são completamente sequenciais. Por exemplo, no caso específico da empresa, a fase de Teste de Conceito tem notas de mínimo diferentes de (1,2), pois ela tem um projeto em parceria com uma empresa do setor de refratários para testar a aplicação da nano alumina, o que também

proporciona notas de mínimo (0,1) para as fases Crescimento Inicial e Expansão Comercial.

4.2.2. Investimento necessário

A partir de dados fornecidos pelos gestores da empresa, elaboramos um plano estratégico de investimento para cada fase de desenvolvimento da empresa (do Teste de Conceito até a Expansão Comercial).

Para a fase de Teste de Conceito, especificamente, estimamos um valor determinístico de investimento. Pois, a situação atual da empresa é conhecida (nota (4,3) ao terminar a fase de Pesquisa que já foi concluída). O valor estimado foi aproximadamente R\$0,4 milhões, como indicado na tabela 4. Esse investimento está diretamente relacionado às necessidades da empresa para desenvolver a aplicação dos materiais nano-estruturados.

A partir da descrição dos investimentos planejados para a fase de Teste de Conceito, que tem duração prevista de 1 ano, estimamos o desempenho esperado para as variáveis tecnologia e mercado depois da conclusão dos investimentos. Mais especificamente, essa estimativa é representada pela nota alvo do modelo de pontuação ao final da fase de Teste de Conceito (4,4).

Itens	Valor (R\$)
1 Liofilizador de 25Kg	90.000,00
1 Centrífuga	40.000,00
1 Forno	10.000,00
2 Técnicos (1 ano)	82.000,00
Analista e Pesquisador (1 ano)	65.000,00
Insumos (600Kg)	50.000,00
Gastos Administrativos	60.000,00
Total	397.000,00

Tabela 4. Investimento previsto para a fase de Teste de Conceito

O investimento previsto para a fase de Crescimento Inicial foi aproximadamente R\$1,1 milhões. Esse montante está relacionado à construção de uma mini planta industrial para

a produção de 5 tons/ano de material. A tabela 5 faz um resumo da descrição desse investimento.

Assim como na fase de Teste de Conceito, a partir desse investimento de aproximadamente R\$1,1 milhões para a fase de Crescimento Inicial, estimamos que ao seu final, a empresa terá um desempenho esperado para as variáveis: tecnologia e mercado, de (4,4). A duração prevista para a fase de Crescimento Inicial é de 2 anos.

Itens	Valor (R\$)
2 Computadores	4.000,00
Infra estrutura (escritório)	10.000,00
Sistema BET	60.000,00
3 Liofilizadores (25Kg)	270.000,00
3 Reatores (70L)	60.000,00
3 Centrífugas	120.000,00
Sistema H ₂ O	40.000,00
Exaustão (p/ material úmido)	20.000,00
Infra estrutura (p/ material úmido)	10.000,00
Balanças	10.000,00
2 Fornos 1300	40.000,00
1 Forno 600	10.000,00
Exaustão (sala de fornos)	30.000,00
Infra estrutura (sala de fornos)	10.000,00
Sistema de embalagem	30.000,00
Infra estrutura (sistema de estoque)	4.000,00
Despesas administrativas e extras (2 anos)	350.000,00
Total	1.078.000,00

Tabela 5. Investimento previsto para a fase de Crescimento Inicial

Na fase de Expansão Comercial, os gestores fizeram uma estimativa do investimento necessário para essa fase com base no valor de *pay-off* projetado para a mesma (detalhado no item 4.3.3).

De forma sucinta, essa estimativa foi feita a partir do faturamento previsto para a empresa no último ano da fase de Expansão Comercial, e também a partir da capacidade de produção necessária para atingir tal faturamento no último ano da análise, que é aproximadamente R\$ 18 milhões reais, que corresponde a produção de 90 toneladas de material nano-estruturado por ano. Essa estimativa de investimento está relacionada a construção de uma planta que tivesse tal capacidade. Devido a economia de escala, o investimento estimado para essa fase foi aproximadamente R\$ 9 milhões. Da mesma maneira que em outras fases, a partir desse investimento, estimamos o desempenho esperado de tecnologia e de mercado ao final da fase de Expansão Comercial em (4,4).

A diferença entre o investimento previsto para a fase de teste de Conceito e os previstos para as fases de Crescimento Inicial e de Expansão Comercial é que, no primeiro, o investimento é determinístico, ou seja, sabemos a situação atual (desempenho ao final da fase de pesquisa (4,3)) e por isso sabemos exatamente quanto a empresa deve investir para ter um desempenho esperado de (4,4) ao final da fase de Teste de Conceito.

Nas outras fases, não sabemos qual vai ser o real desempenho, já que são fases futuras (*e.g.* sabemos apenas que o desempenho mínimo que a empresa obterá na fase de Teste de Conceito é (1,2), que o máximo é (5,5) e que o esperado é (4,4)). Por isso, consideramos que os valores estimados (R\$ 1,1 milhões para a fase de Crescimento Inicial e R\$ 9 milhões para a Expansão Comercial) são valores bases, ou seja, referentes às situações esperadas. Por exemplo, se o desempenho ao final do Teste de Conceito for (4,4) o investimento necessário para a fase de Crescimento Inicial será R\$ 1,1 milhões.

Assim, para outros valores de desempenho ao final da fase de Teste de Conceito, temos que estimar valores de investimento diferentes, pois a cada estágio é atribuído um alvo (desempenho ao final da próxima fase (no exemplo, Crescimento Inicial)). Isso reflete a seguinte lógica intuitiva: (i) dado um desempenho pior, mais recursos serão necessários para que o alvo seja atingido e, da mesma maneira, (ii) dado um desempenho melhor, menos recursos serão necessários para que o alvo seja atingido. Mais especificamente nesta aplicação, para desempenhos acima de (4,4), estimamos valores de investimento menores; para desempenhos abaixo de (4,4), estimamos investimentos maiores.

A figura 11 mostra com mais detalhes como estimamos os outros valores de investimento para cada fase em função dos desempenhos esperados (tecnologia e mercado) no futuro.

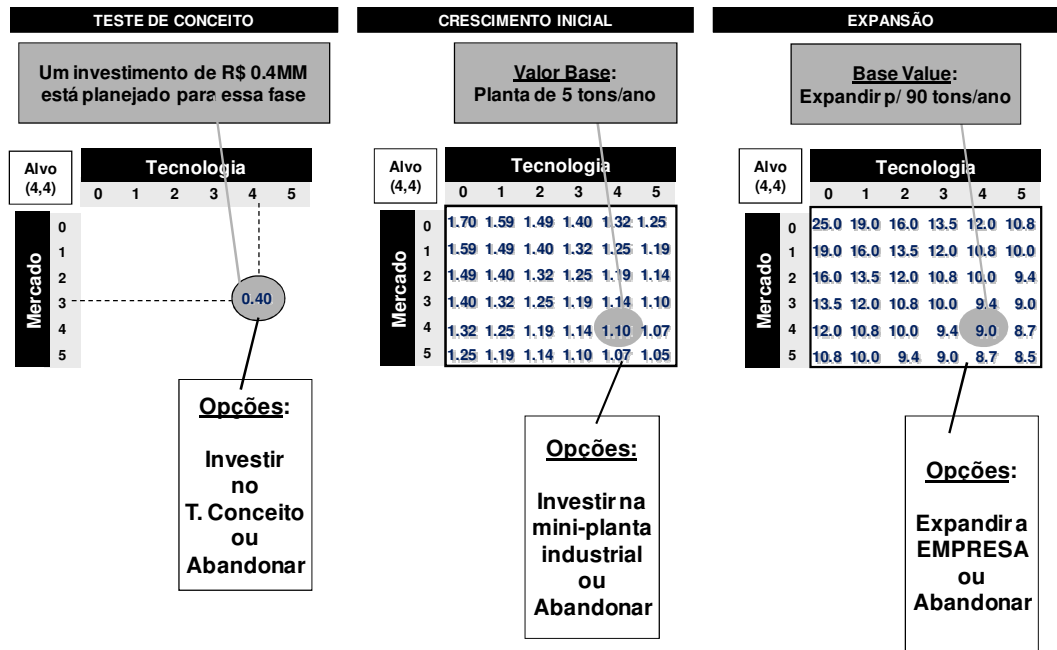


Figura 11. Previsão de investimento da empresa avaliada em função dos desempenhos

Como mostra a figura 11, consideramos a opção de investir para atingir o alvo ou abandonar a empresa em cada ponto de decisão. Os valores de investimento foram atribuídos aos desempenhos diferentes de (4,4) da seguinte forma. Consideramos que quanto pior o desempenho, maior o investimento necessário para atingir o alvo. Em outras palavras, para a mesma variação de desempenho, quanto mais baixo é o desempenho, maior a variação de custo para atingir o alvo esperado (mais recursos financeiros adicionais serão necessários). Por exemplo, a variação entre os desempenhos (4,4) e (3,3) é menor que a variação entre os desempenhos (3,3) e (2,2).

A figura 12 representa o custo das fases de Crescimento Inicial e Expansão Comercial em função dos desempenhos de tecnologia e de mercado. Cada gráfico mostra o comportamento da função custo nessas duas fases. Como explicamos anteriormente, o custo estimado para a fase de Teste de Conceito é determinístico e igual a R\$ 0,4 milhões. Ou seja, não apresenta variação em relação aos desempenhos porque o desempenho da fase de Pesquisa é conhecido (desempenho (4,3)).

Na figura 12, o gráfico a esquerda é o custo da fase de Crescimento inicial e o gráfico a direita é o custo da Expansão Comercial. A variação entre o custo máximo e o custo mínimo da fase de Expansão Comercial é maior que a variação da fase de Crescimento Inicial (curva mais acentuada). Isso se dá pelo fato de que na fase de Expansão o montante de investimento é maior e, por isso, para desempenhos mais baixos, a necessidade de recursos financeiros é maior. Em outras palavras, nas fases posteriores, quando se tem desempenhos ruins, o investimento se torna mais arriscado.

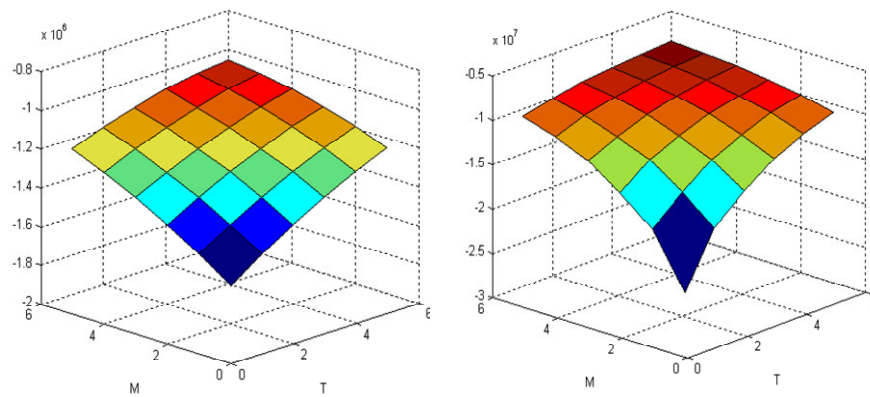


Figura 12. Custos das fases Crescimento Inicial (a) e Expansão Comercial (b) (R\$MM)

4.2.3. Análise de Mercado (*pay-off*)

Antes de iniciarmos a descrição da estimativa do *pay-off*, precisamos esclarecer três premissas básicas que utilizamos na análise. A primeira foi o preço de comercialização do material nano estruturado de R\$200,00 por Kg. Isso foi definido com base em análises feitas com potenciais clientes e preços utilizados por *spin-off(s)* da China e dos EUA. A segunda premissa é o custo de produção de R\$80,00 por Kg de material nano estruturado, o que proporciona uma margem de contribuição de 60% ou R\$120,00 por Kg. Por último, utilizamos a taxa de desconto de 7,0% ao ano.

De forma sucinta, a taxa livre de risco é a taxa mais apropriada para este trabalho, pois não utilizamos isso para descontar o risco. Nesta aplicação prática, mais especificamente, definimos arbitrariamente o valor de 7,0% ao ano para a taxa de desconto. Esse valor é coerente com a diferença entre a taxa SELIC (11,25% ao ano) e a

meta de inflação (4,5% ao ano)¹⁰. A tabela 6 mostra o resumo das premissas utilizadas para análise de mercado.

Item	Premissa	Argumentação
Preço de venda	R\$200,00/Kg	De acordo com potenciais clientes e preços divulgados por outros <i>spin-off(s)</i> do mundo.
Custo de Produção	R\$80,00/Kg	Calculado pelos gestores da empresa.
Taxa de desconto	7,0% ao ano	Arbitrário, mas coerente com a diferença entre a Taxa SELIC e a Inflação.

Tabela 6. Premissas utilizadas na análise de mercado

A partir da definição dessas premissas é possível apresentar todas as estimativas feitas para a projeção de *pay-off* da empresa. Mais especificamente, apresentamos a projeção esperada para os próximos dez anos (de 2008 a 2017), pois, como foi citado anteriormente, consideramos que a empresa realizará a fase de Teste de Conceito em um ano, a fase de Crescimento Inicial em dois anos e a fase de Expansão Comercial em sete anos.

Primeiro fizemos, em conjunto com os gestores da empresa, uma previsão do mercado de materiais nano estruturados no Brasil nesse período de dez anos (2008-2017). Posteriormente avaliamos a capacidade de produção da empresa para períodos nos quais sabíamos que a empresa teria uma limitação. Por exemplo, com o investimento previsto para os primeiros três anos (Teste de Conceito e Crescimento Inicial), sua capacidade máxima será cinco toneladas por ano de material. Por outro lado, para os sete anos restantes (Expansão Comercial), partimos do mercado máximo e da visão dos gestores sobre o objetivo da empresa para o décimo ano (em torno de 10% de *market share*). A partir daí, estimamos, recursivamente, os valores para os outros anos. A tabela 7 resume a análise de mercado realizada.

¹⁰ Os valores da meta de inflação e da meta de juros (taxa SELIC) estão de acordo com os valores divulgados pelo Banco Central do Brasil em fevereiro de 2008.

Como indicado pelos valores em negrito na última linha da tabela 7, a projeção de *pay-off* a ser usada no modelo é feita a partir da margem de contribuição, pois os investimentos previstos para cada fase, mais especificamente as de Crescimento Inicial e Expansão Comercial, estão relacionados a investimentos fixos. Os custos operacionais já são considerados quando se utiliza a margem de contribuição. A figura 13 mostra como se dá o crescimento do *pay-off* (margem) desde 2008 até 2017.

	T.C.	Cresc. Inicial			Expansão Comercial					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Mercado (tons/ano)	608	638	670	703	738	775	814	855	898	942
Mercado (R\$MM)	121,6	127,6	134,0	140,6	147,6	155,0	162,8	171,0	179,6	188,4
Empresa (tons/ano)	0,0	1,0	4,8	10,0	19,0	32,0	50,0	75,0	85,0	90,0
Empresa (R\$MM)	0,00	0,20	0,96	2,00	3,80	6,40	10,00	15,00	17,00	18,00
Market Share	0,00%	0,16%	0,72%	1,42%	2,57%	4,13%	6,14%	8,77%	9,47%	9,55%
Margem (R\$MM)	0,00	0,12	0,58	1,20	2,28	3,84	6,00	9,00	10,20	10,80
VP 7% (R\$MM)		0,62		30,76						

Tabela 7. Análise de mercado e *pay-off*

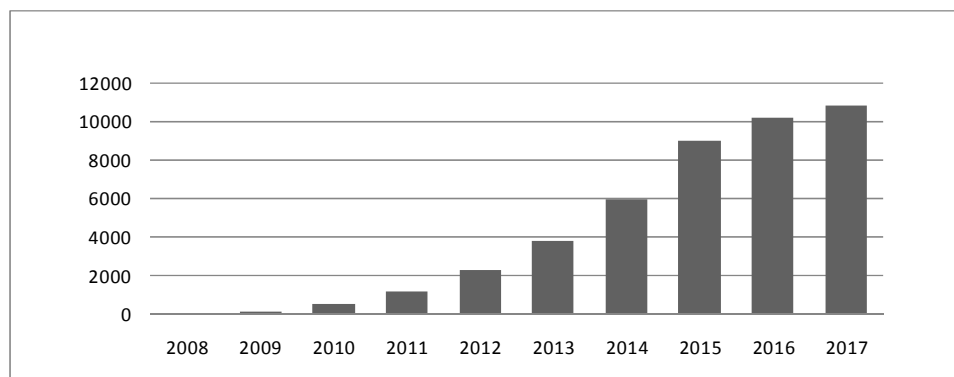


Figura 13. Gráfico do *pay-off* estimado para a empresa avaliada (Margem de Contribuição (R\$M))

O VP ou o Valor Presente da fase de Crescimento Inicial (R\$620.000,00) é referente as margens dos anos 2009 e 2010, que foram trazidas para o ano de 2009; e o da fase de Expansão Comercial (R\$30.760.000,00) é referente as margens dos anos no período entre 2011 e 2017, que foram descontadas para o ano de 2011. O gráfico da figura 13 mostra o início da comercialização da tecnologia, que está prevista para o ano de 2009 (Crescimento Inicial). Porém, a maior parte do valor que se espera gerar está previsto para a Expansão Comercial, a partir de 2011.

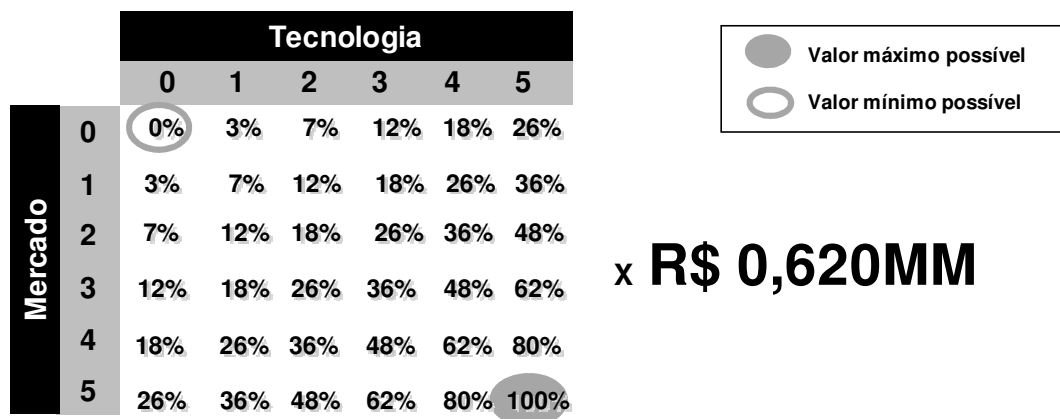


Figura 14. Matriz de *pay-off* em função dos desempenhos para a fase de Crescimento Inicial

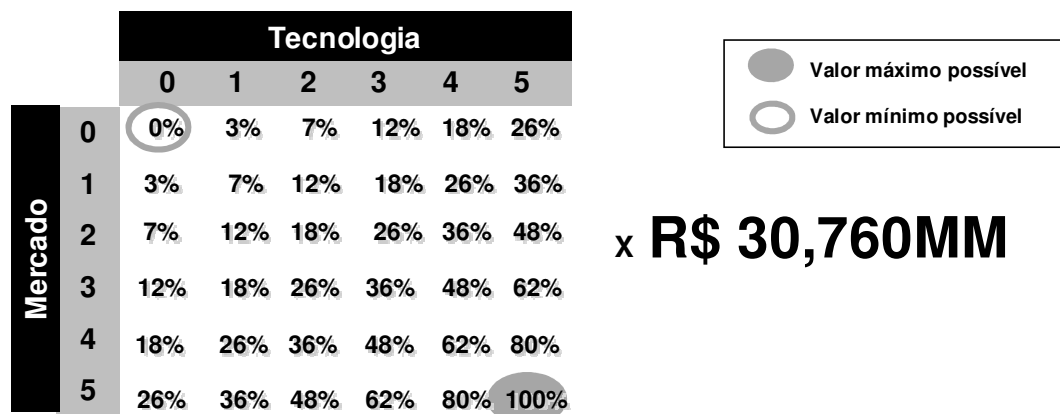


Figura 15. Matriz de *pay-off* em função dos desempenhos para a fase de Expansão Comercial

Os valores máximos utilizados no modelo de valoração da empresa, são os VP(s) das fases Crescimento Inicial e Expansão Comercial, respectivamente R\$620.000,00 e R\$30.760.000,00. Tais valores são considerados as metas máximas da empresa, pois, como já foi dito, o modelo parte do valor estimado para um cenário ótimo, em outras palavras, para o caso em que a empresa atinge o desempenho de tecnologia e mercado

(5,5). As figuras 14 e 15 mostram como os valores foram definidos para os outros desempenhos em cada fase (Crescimento Inicial e Expansão Comercial)¹¹.

Os valores de *pay-off* em função de cada desempenho (tecnologia e mercado) para as fases de Crescimento Inicial e Expansão Comercial foram construídos da seguinte forma. Primeiro, definimos o *pay-off* máximo (referente ao desempenho (5,5)), que foi 100% dos valores obtidos na análise de mercado, e o *pay-off* mínimo (referente ao desempenho (0,0)), que foi nulo. Os outros valores da matriz de porcentagem refletem a seguinte intuição gerencial: quanto melhor o desempenho da empresa, maior é o seu *pay-off*.

Além disso, para uma mesma variação de desempenho, quanto mais alto são os desempenhos, maior é a variação de retorno financeiro. Por exemplo, se fixamos o valor do desempenho de mercado em 1, a variação do *pay-off* de (3,1) e (4,1) é maior que a variação de *pay-off* entre (2,1) e (3,1). Ou seja, quanto melhor é o desempenho da empresa e sua tecnologia, maior é a variação positiva do retorno esperado. A figura 16 ilustra o comportamento das funções de retorno (*pay-off*).

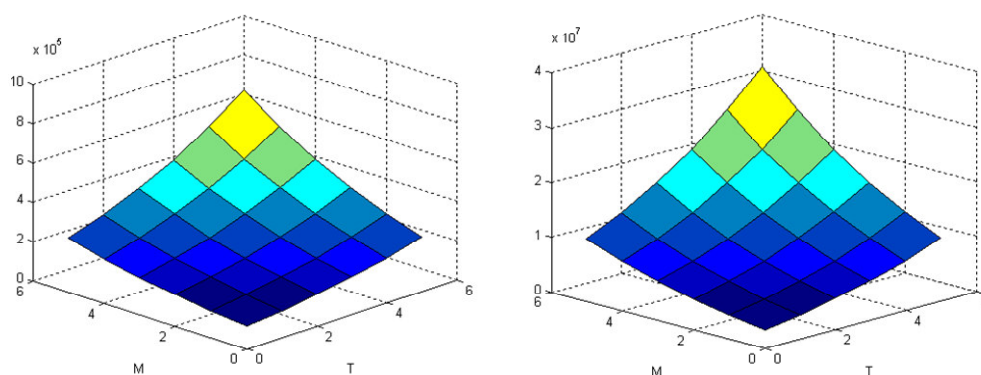


Figura 16. Retornos das fases de Crescimento Inicial (a) e Expansão Comercial (b) (R\$MM)

Da mesma forma que na função custo, a função retorno também apresenta uma maior variação na fase de Expansão Comercial (curva mais acentuada). Isso também acontece

¹¹ Os valores da matriz foram definidos de acordo com cada par ordenado (T,M). Nessa aplicação a matriz é simétrica. O modelo permite a elaboração de matrizes assimétricas, porém isso só se faz necessário em casos extremos (e.g. no desenvolvimento de uma nova droga para curar o câncer, o desempenho tecnológico afeta o valor de forma mais significativa). A função custo também foi definida dessa forma.

devido ao fato de que a real geração de valor da empresa acontece nessa fase e, por isso, para desempenhos mais altos, o retorno financeiro esperado é maior porque o montante máximo esperado é maior, já que as matrizes de porcentagem são idênticas. Como já foi dito anteriormente, o retorno para as fases anteriores é nulo, já que nesse momento ainda não existe um produto comercializável.

Além disso, assim como na matriz de investimentos, não achamos necessário diferenciarmos a parte inferior esquerda da matriz com a parte superior direita. Por exemplo, se compararmos o valor do *pay-off* para o desempenho (0,5) e (5,0), percebemos que são exatamente iguais. Isso se deu pelo fato de que nesse caso específico, o desempenho de uma variável (tecnologia ou mercado) não se sobrepõe, do ponto de vista econômico, a outra, como em casos nos quais o mercado demanda algo fortemente, mas não existe uma solução viável, do ponto de vista tecnológico para tal demanda (*e.g.* energia alternativa). Projetos desse tipo teriam valores maiores para desempenhos de tecnologia do que de mercado.

4.3. Modelagem e Resultados

Antes dos resultados, vamos mostrar como ficou a modelagem de valoração da empresa e sua tecnologia a partir dos dados de entrada citados no item anterior. Seguiremos, de forma geral, a mesma ordem do item 3.2.1. No entanto, com o objetivo de não causar confusões, gostaríamos de mostrar, de forma clara, que a variável aleatória que representa o desempenho da empresa e sua tecnologia é um par ordenado (desempenho de tecnologia, desempenho de mercado). Por tanto a variável pode ser escrita da seguinte forma:

$$X_i = (X_i^1, X_i^2)$$

A diferença é que esse índice não representa que a empresa terá dois valores (um para cada índice). Teremos um único valor para a empresa e sua tecnologia em função de um par ordenado, mas a variável que representa tal desempenho da empresa tem dois componentes, um para o índice 1 e o outro para o índice 2.

Horizonte de Tempo: o número de estágios continua fixo e igual a quatro (pesquisa, teste de conceito, crescimento inicial e expansão comercial).

$$N = 4$$

Desempenho do projeto: em cada uma das quatro fases do desenvolvimento da tecnologia/empresa, o modelo de pontuação avalia as duas variáveis (tecnologia e mercado) em seis níveis de desempenho.

$$S_i = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}^m ; i=1, 2, 3, 4; m=1, 2.$$

Vetor que caracteriza o desempenho do projeto: utilizamos um vetor aleatório para representar o desempenho da tecnologia em cada estágio para duas variáveis.

$$X_i \in S_i$$

Opções gerenciais: também utilizamos um vetor aleatório para caracterizar as opções de decisão dos gerentes. Mais especificamente, as opções são investir para atingir um alvo (definido pelos gestores da empresa como (4,4) para as fases 2, 3 e 4) ou abandonar. Ou seja, já iremos incluir nesse passo a **opção gerencial de abandono**.

$$\bar{X}_2 = \bar{X}_3 = \bar{X}_4 = \{(4,4) \text{ ou } x^*\}$$

Incerteza de desenvolvimento: utilizamos a distribuição triangular para modelar a incerteza de desenvolvimento, mais especificamente discretizamos sua distribuição em seis intervalos inteiros (mínimo igual a zero e máximo igual a cinco). As notas atribuídas a empresa avaliada foram as seguintes.

$$\text{para } t = 1: [4 \ 4 \ 4; 3 \ 3 \ 3]$$

$$\text{para } t = 2: [2 \ 4 \ 5; 2 \ 4 \ 5]$$

$$\text{para } t = 3: [0 \ 4 \ 5; 1 \ 4 \ 5]$$

$$\text{para } t = 4: [0 \ 4 \ 5; 1 \ 4 \ 5]$$

As notas acima estão na seguinte ordem (mínimo, mais provável, máximo), primeiro para a variável tecnologia e depois para a variável mercado. Para o primeiro estágio, como já foi dito, as notas mínimo, mais provável e máximo são iguais porque esse estágio já está concluído.

Custo de desenvolvimento: Pelos valores mostrados nos dados de entrada, montamos as matrizes de investimento da seguinte forma (os valores estão em R\$MM).

$$C(x_1 = (4,3), \bar{X}_2 = (4,4)) = [0,40]$$

$$C(X_2, \bar{X}_3 = (4,4)) = \begin{bmatrix} 1,70 & 1,59 & 1,49 & 1,40 & 1,32 & 1,25 \\ 1,59 & 1,49 & 1,40 & 1,32 & 1,25 & 1,19 \\ 1,49 & 1,40 & 1,32 & 1,25 & 1,19 & 1,14 \\ 1,40 & 1,32 & 1,25 & 1,19 & 1,14 & 1,10 \\ 1,32 & 1,25 & 1,19 & 1,14 & 1,10 & 1,07 \\ 1,25 & 1,19 & 1,14 & 1,10 & 1,07 & 1,05 \end{bmatrix}$$

$$C(X_3, \bar{X}_4 = (4,4)) = \begin{bmatrix} 25,0 & 19,0 & 16,0 & 13,5 & 12,0 & 10,8 \\ 19,0 & 16,0 & 13,5 & 12,0 & 10,8 & 10,0 \\ 16,0 & 13,5 & 12,0 & 10,8 & 10,0 & 9,40 \\ 13,5 & 12,0 & 10,8 & 10,0 & 9,40 & 9,00 \\ 12,0 & 10,8 & 10,0 & 9,40 & 9,00 & 8,70 \\ 10,8 & 10,0 & 9,40 & 9,00 & 8,70 & 8,50 \end{bmatrix}$$

Pay-off de mercado: o *pay-off* foi contabilizado através do valor presente da soma das margens anuais de cada fase. Mais especificamente, temos *pay-off(s)* diferentes de zero apenas nas fases Crescimento Inicial e Expansão Comercial. Como já foi dito anteriormente, o *pay-off* também é função do desempenho do projeto nas variáveis tecnologia e mercado ($m = 1$ e $m = 2$), (os valores estão em R\$MM).

$$R_1(X_1) = [0,00]$$

$$R_2(X_2) = [0,00]$$

$$R_3(X_3) = \begin{bmatrix} 0,00 & 0,03 & 0,07 & 0,12 & 0,18 & 0,26 \\ 0,03 & 0,07 & 0,12 & 0,18 & 0,26 & 0,36 \\ 0,07 & 0,12 & 0,18 & 0,26 & 0,36 & 0,48 \\ 0,12 & 0,18 & 0,26 & 0,36 & 0,48 & 0,62 \\ 0,18 & 0,26 & 0,36 & 0,48 & 0,62 & 0,80 \\ 0,26 & 0,36 & 0,48 & 0,62 & 0,80 & 1,00 \end{bmatrix} \times 0,620$$

$$R_4(X_4) = \begin{bmatrix} 0,00 & 0,03 & 0,07 & 0,12 & 0,18 & 0,26 \\ 0,03 & 0,07 & 0,12 & 0,18 & 0,26 & 0,36 \\ 0,07 & 0,12 & 0,18 & 0,26 & 0,36 & 0,48 \\ 0,12 & 0,18 & 0,26 & 0,36 & 0,48 & 0,62 \\ 0,18 & 0,26 & 0,36 & 0,48 & 0,62 & 0,80 \\ 0,26 & 0,36 & 0,48 & 0,62 & 0,80 & 1,00 \end{bmatrix} \times 30,760$$

Taxa de desconto: a taxa de desconto utilizada foi de 7,0% ao ano. Porém, como os estágios (fases de desenvolvimento têm durações diferentes), os fatores de desconto ficaram diferentes um do outro.

$$(1 + r_1)^{-1} = 0,9346; \quad (1 + r_2)^{-1} = 0,8734; \quad (1 + r_3)^{-1} = 1,0000$$

Além disso, como o *pay-off* e o investimento da fase de Expansão comercial já estão ajustados para o início da fase, não é necessário corrigir esses valores (fator de desconto igual a 1).

Valor da empresa e de sua tecnologia: as equações usadas para calcular o valor da empresa e de sua tecnologia, mais especificamente a equação de Bellman ficou da mesma forma. Houve mudanças apenas na definição de alguns dados de entrada.

$$V_i(x_i) = \max_{\bar{X}_{i+1} \in S_{i+1}} \left\{ -C(x_i, \bar{x}_{i+1}) + (1 + r_i)^{-1} E[V_{i+1}(X_{i+1}(x_i, \bar{x}_{i+1}))] \right\} \text{ para } i = 1, 2, 3.$$

Diante dos dados apresentados neste item, o valor da empresa e de sua tecnologia é, conseqüentemente, R\$1,54MM. Mais formalmente, seu valor pode ser descrito da seguinte maneira.

$$V_1(X_1 = (4,3)) = 1,54$$

Isso significa, mais especificamente no caso da empresa avaliada nesta aplicação prática, que se existisse um investidor interessado em investir os R\$0,4MM de investimento da fase de Teste de Conceito, ele poderia adquirir aproximadamente 26% da empresa. Além disso, como o valor da empresa é maior que zero, sabemos que a opção ótima para a empresa nesse momento é investir R\$0,4MM para atingir o alvo da fase de Crescimento Inicial. Caso contrário (valor igual a zero), a opção ótima seria abandonar o investimento (empresa).

4.4. Discussão dos resultados

O resultado do modelo é o valor esperado da empresa e de sua tecnologia, coerente com as informações disponíveis atualmente. Em outras palavras, não é o valor exato. Por exemplo, em uma negociação entre um investidor anjo e um empreendedor, esse valor poderia ser uma referência para o início da negociação e não, o valor exato da empresa e sua tecnologia. Os valores reais de aquisição são negociados em comum acordo e segundo as características do mercado no momento das negociações.

Além de apresentar a valoração da empresa e sua tecnologia, o modelo também fornece resultados adicionais que dão suporte ao gerenciamento do desenvolvimento da tecnologia e da empresa. Mais especificamente, é possível mapear como o valor esperado da empresa varia em função dos desempenhos de tecnologia e de mercado nos próximos estágios. Isso também permite ao gestor saber em quais níveis de desempenho ele deve abandonar ou investir. No entanto, isso também é uma função do valor esperado da tecnologia e o objetivo desse modelo não é apresentar uma previsão sobre o comportamento das variáveis do problema no futuro.

O valor esperado da tecnologia, como dito anteriormente, é R\$1,54MM. Porém, os valores que a tecnologia pode atingir no próximo ponto de decisão (final da fase de Teste de Conceito e início da fase de Crescimento Inicial) são (em R\$MM):

$$V_1(X_2) = \begin{bmatrix} 1,51 & 1,62 & 1,72 & 1,81 & 1,89 & 1,96 \\ 1,62 & 1,72 & 1,81 & 1,89 & 1,96 & 2,02 \\ 1,72 & 1,81 & 1,89 & 1,96 & 2,02 & 2,07 \\ 1,81 & 1,89 & 1,96 & 2,02 & 2,07 & 2,11 \\ 1,89 & 1,96 & 2,02 & 2,07 & 2,11 & 2,14 \\ 1,96 & 2,02 & 2,07 & 2,11 & 2,14 & 2,16 \end{bmatrix}$$

Como indicado na matriz de valores, todos os valores são maiores que zero, ou seja, para qualquer desempenho atingido na próxima fase, a decisão ótima é investir. Em outras palavras, seria viável investir para atingir o alvo da fase de Crescimento Inicial independente do desempenho obtido, se as informações disponíveis se mantivessem idênticas. A figura 17 mostra o comportamento do valor esperado da empresa em função dos desempenhos de tecnologia e de mercado para o final da fase de Teste de Conceito.

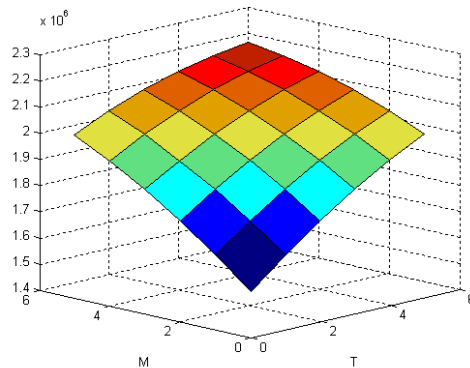


Figura 17. Valor da Tecnologia/Empresa ao final da fase 2 (R\$MM)

Da mesma maneira, também podemos analisar os valores que a empresa e sua tecnologia podem atingir no terceiro ponto de decisão do modelo (no final da fase de Crescimento Inicial e no início da fase de Expansão Comercial). Mais especificamente, os valores estimados são (em R\$MM):

$$V_1(X_3) = \begin{bmatrix} 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,90 & 2,10 \\ 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,90 & 2,10 & 2,90 \\ 0,00 & 0,00 & 0,90 & 2,10 & 2,90 & 3,50 \\ 0,00 & 0,90 & 2,10 & 2,90 & 3,50 & 3,90 \\ 0,90 & 2,10 & 2,90 & 3,50 & 3,90 & 4,20 \\ 2,10 & 2,90 & 3,50 & 3,90 & 4,20 & 4,40 \end{bmatrix}$$

Diferentemente dos valores encontrados ao final da fase de Teste de Conceito, ao final da fase de Crescimento Inicial, mais especificamente o terceiro ponto de decisão do modelo, existem alguns cenários (desempenhos de tecnologia e mercado) nos quais a decisão ótima é abandonar o investimento. Ou seja, isso permite ao gestor da empresa visualizar em quais desempenhos a empresa, do ponto de vista financeiro, segundo as estimativas de valor disponíveis atualmente, deve ser abandonada.

Essa informação pode ser útil para a definição da estratégia de gerenciamento de desenvolvimento tecnológico da empresa. Por exemplo, o gestor deve focar o desenvolvimento em atividades que proporcionem um aumento de desempenho para que o investimento valha realmente o custo esperado. A figura 18 mostra como o valor da empresa e sua tecnologia varia em função dos desempenhos nesse ponto.

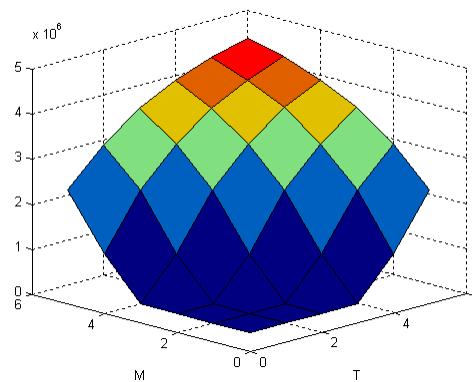


Figura 18. Valor da Tecnologia/Empresa ao final da fase 3 (R\$MM)

Como indicado, o gráfico que representa o valor estimado da empresa e sua tecnologia ao final da fase 3 (Crescimento Inicial), tem uma área plana. Mais especificamente, a área da base que compreende os pontos (0,0), (0,1), (0,2), (0,3), (1,0), (2,0), (3,0), (1,1), (1,2) e (2,1). Por outro lado, o valor da empresa e sua tecnologia ao final da fase de

Expansão, é a matriz de porcentagem do retorno esperado, considerando o valor futuro dos fluxos das margens de contribuição (valores descontados para o ano 10 na figura 13).

Além disso, o modelo proporciona outras informações que também podem auxiliar possíveis negociações entre empreendedores e investidores, sobretudo sob a ótica do investidor ou, mais especificamente, do investimento. Por exemplo, partindo do pressuposto que uma empresa de capital de risco investiu R\$0,4MM na tecnologia, que é o custo da fase de Teste de Conceito, e por isso, adquiriu 26% da mesma, com o objetivo de vender sua parte antes do início da Expansão (terceiro ponto de decisão). Analisando o valor esperado atual (R\$1,54MM) e os valores esperados (R\$2,11MM; R\$3,90MM) da empresa e sua tecnologia para os próximos estágios (Crescimento Inicial e Expansão Comercial). Podemos avaliar o comportamento esperado desse investimento, como mostra a figura 19.

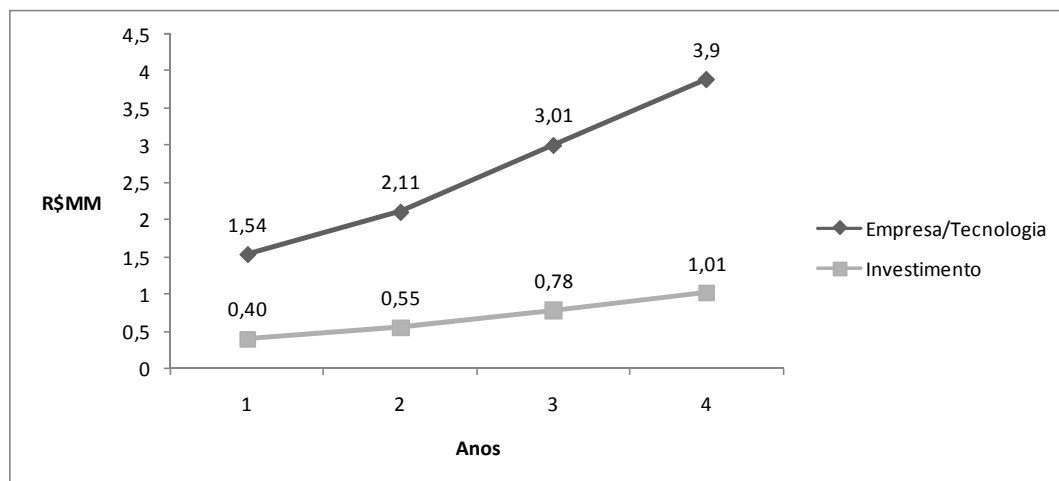


Figura 19. Investimento na fase de Teste de Conceito

Na figura 19, os valores referentes ao ano 1, são os valores atuais, os referentes ao ano 2, são os valores antes do início da fase de Crescimento Inicial, e os referentes ao ano 4, são os valores da Expansão Comercial. Os valores referentes ao ano 3 não representam nenhum ponto de decisão, esse ponto representa apenas a projeção do investimento para a construção da curva em escala de tempo anual.

Mais especificamente, a empresa de capital de risco que investir R\$0,4MM na empresa e sua tecnologia na fase de Teste de Conceito, espera ter, ao final de três anos, R\$1,01MM. Em outras palavras, a valorização esperada para tal investimento é de aproximadamente 252,5%, sem descontar o valor do dinheiro no tempo (*e.g.* inflação).

Por outro lado, se essa empresa de capital de risco optasse por investir na tecnologia/empresa apenas no início da fase de Crescimento Inicial, ou seja, investir R\$1,1MM nessa fase para adquirir 52% da empresa (divisão do investimento esperado (R\$1,1MM) pelo valor esperado da empresa nessa fase (R\$2,11MM), de acordo com o alvo (4,4)). A valorização esperada para tal investimento seria 184,55% em dois anos (divisão do valor esperado para o investidor no início da fase de Expansão (52% de R\$3,90MM, que é o valor esperado nessa fase, de acordo com o alvo estabelecido (4,4)). A figura 20 mostra como se daria essa alternativa de investimento.

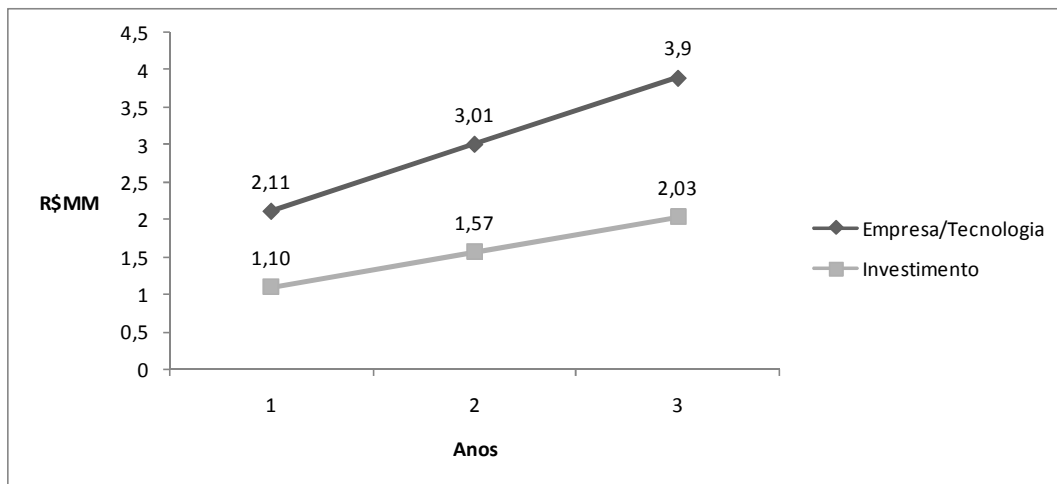


Figura 20. Investimento na fase de Crescimento Inicial

Da mesma maneira que no primeiro exemplo de investimento, nesse caso os valores referentes ao ano 2, não representam nenhum ponto de decisão ou de investimento. (Foram feitos apenas projetar o investimento em escala de tempo anual). Como dito anteriormente, nesse caso o investidor teria a opção de investir R\$1,1MM, para ao final de dois anos seu o valor esperado de seu investimento seja R\$2,03MM.

Essas duas alternativas caracterizam a oportunidade criada pela incerteza. Investir menos nos estágios iniciais pode gerar um ganho financeiro maior, porém o risco

também é maior. No caso específico destes exemplos, como o *pay-off* se inicia apenas na fase de Crescimento Inicial, aparentemente investir depois é mais vantajoso (184,55% em dois anos é melhor que 252,5% em três anos). Porém, temos que levar em conta que o montante de investimento necessário nas fases posteriores é sempre maior, o que aumenta o risco; e, sob outro ponto de vista, ao esperar a empresa atingir fases posteriores, a empresa pode não conseguir recursos para isso e perder a janela de oportunidade do investimento.

Esses exemplos mostram como o modelo proposto nesta dissertação, além de valorar a empresa e a sua tecnologia, também podem dar suporte ao gerenciamento de desenvolvimento da tecnologia ou suporte a decisões de investimento (*e.g.* negociações e aquisições) sob a ótica do investidor.

5. Conclusão

A partir dos resultados apresentados no capítulo de aplicação prática podemos ver que a proposta desenvolvida nesta dissertação responde as duas perguntas elaboradas no capítulo de introdução. Primeiro, valora empresas e suas tecnologias em função das incertezas de mercado e de tecnologia. Segundo, consegue capturar tais incertezas através de um modelo de pontuação, que avalia o desempenho da empresa e sua tecnologia através de duas variáveis, tecnologia e mercado.

Uma das contribuições deste trabalho é a forma como a incerteza é capturada. Alguns autores (HUCHZERMEIER e LOCH, 2001; SANTIAGO e VAKILI, 2005; SANTIAGO e BIFANO, 2005), como já dissemos no capítulo de revisão, utilizam indicadores de performance para capturar a incerteza (*e.g.* um novo processador poderia ser avaliado através dos indicadores velocidade e consumo de energia). No entanto, esses modelos são adequados para valorar um produto, mas possuem limitações para avaliar tecnologias, que têm potencial para gerar uma plataforma de produtos e não apenas um produto específico.

Além disso, a partir do desdobramento do resultado discutido no item 4.5, podemos perceber que a proposta desenvolvida neste trabalho também funciona como uma ferramenta de suporte ao gerenciamento do desenvolvimento de empresas e tecnologias. Mais especificamente, tais resultados auxiliam as três decisões citadas no capítulo de introdução. Primeiro, auxilia investidores a quantificar a contrapartida do investimento (*e.g.* aquisição de parte da empresa). Segundo, auxilia os gestores a mapear os desempenhos em que é melhor abandonar ou investir na empresa. Terceiro e último, os resultados podem ser informações úteis para a definição da estratégia da empresa, identificando as atividades que vão realmente agregar valor a empresa, sob o ponto de vista de duas variáveis, tecnologia e mercado.

Sob a ótica da teoria de Opções Reais, um dos pontos positivos deste trabalho é o fato de o modelo considerar, além da incerteza exógena (variabilidade do mercado), a incerteza endógena (incerteza sobre o sucesso do desenvolvimento tecnológico). Como dito anteriormente, algumas abordagens (*e.g.* equação de Black-Scholes e modelo

binomial) não capturam tais incertezas, o que impacta o valor da empresa e sua tecnologia.

Do ponto de vista da valoração de projetos como um todo, outro ponto positivo deste trabalho é a utilização simultânea de mais de uma abordagem, mais especificamente a Teoria de Opções Reais e o Fluxo de Caixa Descontado. Isso se dá pelo fato de o modelo estimar a função retorno (*pay-off*) a partir de dois valores máximos, que são os fluxos de caixa anual da fase de Crescimento Inicial e da fase de Expansão Comercial. Por outro lado, em cada ponto de decisão, consideramos a existência de duas opções (investir ou abandonar) para cada par de desempenhos, tecnologia e mercado.

A adoção de uma proposta híbrida também faz com que o investimento não seja modelado exatamente como uma opção financeira. Essa abordagem é coerente com os investimentos reais, pois, neste modelo as opções consideradas geram outras opções no futuro (*e.g.* investimento seqüencial) e, além disso, o horizonte de tempo de uma empresa e sua tecnologia é superior ao horizonte de tempo de uma opção financeira. Outro benefício da proposta híbrida é que, ao também usar o conceito do Fluxo de Caixa, nossa proposta se torna intuitiva, sobretudo sob o ponto de vista gerencial, já que esse conceito é conhecido de forma mais ampla.

O modelo desenvolvido nesta dissertação também possui algumas limitações. Por exemplo, uma delas é a dependência da avaliação de um especialista, e também da subjetividade que pode interferir em tal avaliação. No entanto, acreditamos que o fato de atribuímos um valor de investimento e um valor de retorno para cada par de desempenhos (T,M) contorna essa limitação.

Além disso, um dos trabalhos futuros que pretendemos realizar é análise do valor esperado da empresa e sua tecnologia (resultado) em função dos desempenhos de tecnologia e mercado (par ordenado (T,M)). Já que a função custo é tipo (quanto menor o desempenho, mais recursos financeiros são necessários para atingir o alvo da próxima fase) e a função retorno é do tipo (quanto maior o desempenho, maior o retorno), a função resultante (valor esperado) pode ser estudada a ponto de gerar *insights* gerenciais, que também diminuiriam e limitariam a subjetividade do modelo.

Outra limitação deste modelo é a dependência da adoção de algumas premissas para conclusão da valoração. Mais especificamente com relação a valoração deste trabalho, identificamos as premissas da análise de mercado como as mais críticas, sobretudo a definição de preços e quantidades de produção e venda. Porém, isso não é uma limitação só deste modelo, mas de qualquer proposta de valoração de empresas e projetos (COPELAND *et al.*, 2006). Nesse caso, acreditamos que a análise de mercado pode ser explorada em pesquisas futuras, sobretudo para aplicações nas quais existam concorrentes desenvolvendo a mesma tecnologia (competição). Além disso, para contornar o problema de assimetria de informação (e.g. visão do empreendedor é diferente da visão do investidor), pode-se adotar duas matrizes de *pay-off*, e usar a simulação para obter uma matriz que consiga captar tal assimetria na avaliação.

A inserção de mais uma opção gerencial, mais especificamente a opção de vender a tecnologia para um terceiro desenvolver, também pode ser uma extensão de pesquisa futura para esse trabalho.

Outro ponto que também pode ser explorado em pesquisas futuras é a análise da incerteza sobre o tempo em que a tecnologia é comercializada, especialmente o tempo em que os produtos desenvolvidos a partir da tecnologia são lançados. Por exemplo, essa incerteza pode afetar o valor da tecnologia, sobretudo em setores competitivos em que comercializar a tecnologia/produtos antes dos concorrentes é uma vantagem competitiva (e.g. indústria de *software*).

Referências Bibliográficas

AMRAN, M. e KULATILAKA, N. (1999) Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World. Boston, MA: Harvard Business School Press.

ARCHIBALD, T. W.; THOMAS, L. C.; BETTS, J. M. e JOHNSTON, R. B. (2002) Should Start up Companies be Cautious? Inventory Policies Which Maximize Survival Probabilities. *Management Science* 48(9) 1161-1174.

BABICH, B. e SOBEL, M. J. (2004) Pre-IPO Operational and Financial Decisions. *Management Science* 50(7) 935-948.

BLACK, F. e SCHOLES, M. (1973) The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81, pp. 637-659.

BOGDAN, B. e VILLIGER, R. (2007) Valuation in Life Science: a Practical Guide. Springer. New York. 200p.

CASSIMAN, B. e UEDA, M. (2006) Optimal Project Rejection and New Firm Start-ups. *Management Science* 52(2) 262-275.

CASTELLS, M. e HALL, P. (2000) Thechnopoles of the World: The Making of Twenty-first-century Industrial Complexes. Routledge: Taylor and Francis Group. London and New York.

CHAN, T.; NICKERSON, J. A. e OWAN, H. (2007) Strategic Management of R&D Pipelines with Cospecialized Investments and Technology Markets. *Management Science* 53(4) 667-682.

CHRISTENSEN, C. M. (2006) The Innovator's Dilemma. Collins Business Essentials. New York. 286p.

CLARK, K.B. e WHEELWRIGHT, S.C. (1993) Managing New Product and Process Development: Text and Cases. Boston, MA: Harvard Business School Press.

COHEN, M.; ELIASHBERG, J. e HO, T. H. (1996) The New Product Development: The Performance and Time To Market Trade-off. *Management Science* 42(2) 173-186.

COOPER, R. G. (1993) *Winning at New Product: Accelerating the Process from Idea to Launch*. Second Edition. Reading: Addison-Wesley Publishing. 358p.

COOPER, R. G., EDGETT, S. J. e KLEINSCHMIDT, E. J. (2002) Optimizing the Stage-Gate Process. What Best Practice Companies are doing. *Research-Technology Management*, Vol. 45(5): 21-27.

COPELAND, T. e ANTIKAROV, V. (2003) Real Options, a practitioner's guide. New York, NJ: Thomson Texere.

COPELAND, T.; KOLLER, T. e MURRIN, J. (2006) Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies. Terceira Edição. McKinsey & Company, Inc. 489p.

COPELAND, T. e KEENAN, P. (1998) Making Real Options Real. *The McKinsey Quarterly*. Number 3: 128-141.

COSTA, L. A. (2007) Avaliação Econômica do Projeto GTL: uma aplicação da Teoria de Opções Reais com Processo de Reversão a Média. Dissertação de Mestrado. PUC-RIO – Rio de Janeiro.

DAVILA, A.; FOSTER, G. e GUPTA, M. (2003) Venture capital financing and the growth of startup firms. *Journal of Business Venturing* 18 689-708.

DAMODARAN, A. (2001) The Dark Side of Valuation: Valuing Old Tech, New Tech, and New Economy Companies. Prentice Hall: New York, NJ.

DAMODARAN, A. (2006) Valuation Approaches and Metrics: A Survey of the Theory and Evidence. Working Paper – <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

DIAS, M. A. G. (1996) Investimento Sob Incerteza em Exploração & Produção de Petróleo, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Industrial, PUC-RIO.

DIXIT, A.K. e PINDYCK, R.S. (1994) *Investment Under Uncertainty*. Princeton, NJ: Princeton University Press. 468p.

ELTON, E. J. e GRUBER, M. J. (1995) *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. New York, NJ. John Wiley and Sons. Quinta edição.

FELDHAUS, D. (2007) O Planejamento Tecnológico e a Integração da Pesquisa da Universidade no Ciclo de P&D das Empresas. Fórum Permanente de Inovação. 07 de Novembro. Auditório da Biblioteca Central da Unicamp.

FILLION, L. J. (1993) Visão e Relações: Elementos para um metamodelo empreendedor. *Revista de Administração de Empresas*. São Paulo, 33(6):50-61.

GRAFF, G; HEIMAN, A. e ZILBERMAN, D. (2002) University Research and Offices of Technology Transfer. *California Management Review* 45(1) 88-115.

HALL, B. H. (2002) The Financing of Research and Development. *NBER Working Papers*. Working Paper 8773 – <http://www.nber.org/papers/w8773>.

HORNGREN, C. T.; SUNDEN, G. L. e STRATTON, W. O. (2004) *Contabilidade Gerencial*, 12ª edição, Prentice Hall, São Paulo, 560p.

HUCHZERMEIER, A. e LOCH, C. H. (2001) Project Management Under Risk: Using the Real Options Approach to Evaluate Flexibility in R&D. *Management Science* 47(1) 85-101.

HULL, J. C. (1993) *Options, Futures, and Other Derivatives Securities*. Prentice Hall, 2ª edição. Englewood Cliffs, NJ. 755p.

KAPLAN, R. S. e NORTON, D. P (1992). The Balanced Scorecard – measures that drive performance. *Harvard Business Review*. Janeiro/Fevereiro. Vol 70(1), pp. 71-80.

LANDER, D.M. e PINCHES, G.E. (1998) Challenges to practical implementation of modeling and valuing real options, *The Quarterly Review of Economics and Finance* Vol. 38, pp.537–567.

LUEHRMAN, T.A. (1997) What's worth? a general manager's guide to valuation, *Harvard Business Review*, May-June, pp.132–142.

LUEHRMAN, T.A. (1998) Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers. *Harvard Business Review*, July-August, pp.51-64.

JOGLEKAR, N. e LEVESQUE, M. (2006) Marketing, R&D and Valuation of Start up Firms. Working Paper – <http://www.mansci.uwaterloo.ca/~levesque/>.

JOLLY, V. K. (1997) Commercializing New Technologies: getting from mind to market. Boston: Harvard Business School, 410p.

MESTER, L. J. (1997) What's the point of Credit Scoring? *Business Review*. Setembro/Outubro. pp. 3-16.

MITCHELL, G. R. e HAMILTON, W. F. (2007) Managing R&D as a Strategic Option. *Research Technology Management* 50(2) 41-50.

MYERS, S.C. (1997) Determinants of Corporate Borrowing. *Journal of Financial Economics*, Vol. 5, pp.147-175.

NDONZUAU, F. N.; PIRNAY, F. e SURLEMONT, B. (2002) A Stage Model of Academic Spin-off Creation. *Technovation* 22: pp. 281-289.

PUTERMAN, M. L. (1994) Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY.

REIS, L. P. (2005) Revelando as fases do planejamento tecnológico (PT) e a atribuição de funções entre os membros da equipe empreendedora no contexto da gestão de

desenvolvimento de produtos (GDP) em empresas iniciantes de base tecnológica (EBT'S). Monografia de Graduação em Engenharia de Produção. UFMG.

ROBERTS, E. B. (1991) *Entrepreneurs in High Technology: Lessons from MIT and Beyond* (Chapter five: The Financial Base of a New Enterprise). Oxford University Press. New York. 390p.

SANTIAGO, L. P. e BIFANO, T. G. (2005) Management of R&D Projects Under Uncertainty: A Multidimensional Approach to Managerial Flexibility. *IEEE Transactions on Engineering Management* 52(2) 269-280.

SANTIAGO, L. P. e VAKILI, P. (2005) On The Value of Flexibility in R&D Projects. *Management Science* 51 1206-1218.

SHANE, S. e ELGAR, E. (2004) *Academic Entrepreneurship: University Spin-offs and Wealth Creation*. From Series – New Horizons in Entrepreneurship. New York.

SHANE, S. A. (2005) *Sobre o Solo Fértil: como identificar grandes oportunidades para empreendimentos em alta tecnologia*. Porto Alegre: Bookman. 178p.

SOARES, M. (2007) *Avaliação de um Projeto de Investimento e de suas Flexibilidades Gerenciais Através do Modelo de Opções*. Monografia da Faculdade de Administração e Economia Ibmec – MG. Junho.

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

UFV&PARCERIAS (2006) *Inovação Tecnológica: os desafios para transformar conhecimento científico em valor econômico*. Edição Especial. Março. 88p.

WANG, Y. (2001) *Dynamic Management and Resource Allocation in New Product Development Projects*. Tese de Doutorado – Boston University.