

1

Introdução

1.1

Orçamento de Capital em P&D para Empresas não Tecnológicas

Grandes corporações, em geral multinacionais que investem vultosas somas em atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), mas não tendo esta como a sua atividade-fim, não podem prescindir de uma arrojada sistemática de gestão de portfólio¹, especificamente moldada ao reconhecimento dessa categoria especial de investimento. Não são mais justificáveis, tanto sob o ponto de vista teórico quanto prático, as apostas meramente intuitivas, ou qualitativamente direcionadas, num futuro inovador para essas organizações sem a devida disciplina de capital no presente. Não há como imaginar uma boa e completa sistemática corporativa para P&D sem o emprego de ferramentas de avaliação apropriadas ao tratamento quantitativo dos riscos e das incertezas superlativas que envolvem projetos com algum desafio técnico.

A Teoria das Opções Reais, consorciada a uma visão de incerteza que alcança o momento do ato decisório do gestor (Incerteza Knightiana), ao distinguir a incerteza do risco, constitui-se em importante avanço teórico na direção do entendimento e solução do problema de aprimorar a qualidade das decisões nessa área. É o que nos propomos a desenvolver nessa tese: A combinação de Opções Reais com Incerteza Knightiana na avaliação econômica de projetos de P&D, em termos teóricos e aplicados.

A Petrobras S.A., empresa que abriga o estudo de caso da tese, é um exemplo de Companhia brasileira que realiza significativas inversões em P&D, a despeito de não fazer parte de um setor reconhecido como altamente intensivo nessa categoria de investimento, como assim podem ser considerados os setores

¹ Conjunto de diretrizes orientadoras para processos organizacionais que visam o planejamento, aprovação e acompanhamentos de projetos de investimento.

farmacêutico e de biotecnologia, por exemplo. Em suas orientações corporativas, no que diz respeito à disciplina de capital, recomenda a seus analistas a utilização da Teoria das Opções Reais como metodologia a ser empregada na avaliação econômica de projetos de investimento, de forma complementar à técnica do Valor presente Líquido (VPL), como assinala Danenberg (2003), ao sugerir projetos de P&D como opções de aprendizado. Essa indicação é reforçada em Dias (2005b), ao recomendar incisivamente os casos de projetos que apresentam alto grau de incerteza combinada com a presença de elevada flexibilidade gerencial, situações em que se enquadram muito bem os projetos exploratórios da área de Exploração e Produção (E&P) e os de P&D da Companhia.

De acordo com o pormenorizado levantamento feito por Almeida (2006), o Centro de Pesquisas da Petrobras – CENPES – é o órgão responsável na Companhia por todo o Planejamento Estratégico da atividade de pesquisa tecnológica para as empresas componentes do sistema. Consolidada e fortemente estruturada desde o final dos anos 1980, esta atividade é conduzida por meio de comitês que representam, ao mesmo tempo, fóruns e processos, tanto ao nível estratégico (Comitê Tecnológico Estratégico – CTE) quanto operacional (Comitê Tecnológico Operacional - CTO). Visando como produto final carteiras de P&D otimizadas por área de negócio (Exploração&Produção, Abastecimento, Gás e Energia etc) em ciclos anuais, a fase final do processo, conduzida pelos comitês operacionais (CTOs), não requer o uso das ferramentas quantitativas recomendadas pela Companhia para avaliar, na dimensão econômica, a atratividade desses investimentos, nos levando a concluir que há espaço para melhorias nos procedimentos que visam cumprir a disciplina de capital nesses gastos.

Dessa forma, não se pode responder ao final do processo, com razoável fundamentação, às perguntas que naturalmente surgem sobre um conjunto de carteiras otimizadas em enfoque multidimensional:

- Qual o valor econômico atual do projeto “ABC”?
- Qual o valor econômico atual da carteira “XYZ”?

Essa lacuna é compreensível na medida em que as técnicas consagradas e populares de orçamentação de capital, a exemplo do Valor Presente Líquido de Fluxos de Caixa, não se aplicam aos projetos de P&D. Não há histórico consistente de avaliações econômicas rigorosamente elaboradas em projetos de P&D na Petrobras; apesar disso, o sucesso dessa atividade na Companhia é indiscutível, como pode ser atestado, a título de exemplo representativo, pelo PROCAP (Programa Tecnológico de Águas Profundas). Esta carteira, responsável pela efetividade das atividades de exploração e produção de petróleo da Petrobras na plataforma continental brasileira, mereceu o reconhecimento internacional por parte da Offshore Technology Conference (OTC), que indicou a Companhia para receber, em duas ocasiões (1992 e 2001), o OTC Distinguished Achievement Award, o maior prêmio da indústria petrolífera mundial (OTC, 2011).

Corroborando essa importância, Leite (2005) estimou para a Petrobras uma função de produção clássica com três fatores: Tecnologia (patentes internacionais), capital (investimento fixo) e trabalho (mão-de-obra própria), como geradores de uma produção física consolidada (produção e refino de petróleo), a partir de séries históricas dessas variáveis. A equação estimada foi a seguinte:

$$Y_{(t)} = 4,859184 L_{(t)}^{-0,183916} K_{(t)}^{0,173898} A_{(t)}^{0,464921}$$

Onde:

$Y_{(t)}$ = Produto Físico no tempo t;

$L_{(t)}$ = Fator Trabalho no tempo t;

$K_{(t)}$ = Fator Capital no tempo t;

$A_{(t)}$ = Fator Tecnologia no tempo t;

Obs.: Os expoentes das variáveis representam coeficientes de elasticidade-produto.

O fator de produção “Tecnologia” foi o que apresentou, dentre os três, o maior coeficiente elasticidade-produto, reforçando sua importância para os resultados da

Companhia. A estimação também sugere que há retornos decrescentes de escala em sua atividade produtiva para o período de dados considerado no estudo (1997 a 2004).

Esses resultados atestam que, embora não tenham sido utilizadas avaliações econômicas rigorosamente elaboradas, na orientação das decisões sobre os investimentos em P&D da Petrobras, essas decisões não foram equivocadas no longo prazo. Se há decisões que se mostram duvidosas no curto prazo, ou em questões pontuais, de varejo, no longo prazo e no atacado elas foram mais do que compensadas por boas decisões. No entanto, isso não exime um pesquisador, ou mesmo um gestor intrigado, em inquirir: Quão melhor não teriam sido essas decisões se tivessem sido observados os cuidados adequados com a avaliação econômica dessas carteiras?

1.2

Contribuições e Organização da Tese

A principal contribuição desta tese está na demonstração do emprego combinado da Teoria das Opções Reais com a Incerteza Knightiana, em modelo aplicado de valoração econômica voltado para projetos de P&D. Além disso, a utilização como estudo de caso de um projeto de P&D objetivando melhorias de processo com ganhos incrementais, diferentemente dos projetos que visam novos produtos para o mercado, é algo novo. Adicionalmente, o problema da falta de metodologia e o da não avaliação econômica quantitativa na carteira de P&D da Petrobras é discutido, contextualizando um ambiente farto de projetos dessa natureza, que poderia muito bem estar sendo utilizado para a provocação de novos desenvolvimentos teóricos e práticos num campo ainda pouco explorado.

A natureza incremental num projeto de P&D pode torná-lo mais incerto de uma forma pouco usual, levando os gestores a tomarem decisões sub-ótimas sob o ponto de vista dos modelos de valoração fundamentados numa visão puramente de risco (modelo de opções reais puro). Nessas decisões sub-ótimas atuam, frequentemente, elementos não mensuráveis por esses modelos, normalmente ligados a uma conjuntura econômica restritiva (situações de crise). A consideração

de uma visão de incerteza sob o conceito Knightiano nessa modelagem avançada de Opções Reais procura cobrir certa perda na valoração diante desses quadros de acentuada incerteza, tornando os valores finais das avaliações mais condizentes com as decisões finais tomadas nesses cenários.

A tese está constituída por 5 capítulos principais. No capítulo 1, o tema é contextualizado e apresentado, por meio da descrição e levantamento panorâmico do objeto de pesquisa, assim como dos principais fundamentos teóricos e desenvolvimentos avançados recentes que serviram de base para a modelagem proposta.

O capítulo 2 traz uma avaliação completa e pormenorizada de um projeto de P&D incremental com um modelo inovador de opções reais, que trata duas grandes fontes de incerteza endógena: O desempenho técnico da tecnologia e seu tempo de desenvolvimento. O ineditismo nesse tipo de avaliação é o tratamento simultâneo de duas grandes fontes de incerteza, em projeto que envolve inovação de processo com benefícios incrementais, diferentemente do que há registrado na literatura para o mesmo tipo de modelagem, que é a avaliação do lançamento de um novo produto no mercado, produzido a partir de uma nova tecnologia.

O capítulo 3 acrescenta a esse ineditismo (relativo ao modelo e ao projeto) a introdução dos efeitos da incerteza no sentido de Knight na tomada de decisão final sobre o projeto, constituindo-se no cerne da contribuição da tese. O resultado marcante dessa contribuição é a proposta de um novo cálculo de valor esperado para projetos. Embora seja o reconhecimento da influencia de fatores conjunturais não devidamente capturados no mapeamento de risco do modelo de opções reais, por atuar na postura do gestor no ato decisório, é como se introduzíssemos no modelo o tratamento de mais uma fonte de incerteza. Por questão didática, e por simplicidade, foi considerado nessa proposta um tempo de desenvolvimento determinístico, com o modelo tratando apenas uma fonte de risco. A abordagem integral das 2 fontes de risco (desempenhos técnico e de tempo), concomitantemente ao tratamento da incerteza Knightiana, é apresentada como sugestão para novas pesquisas.

O capítulo 4 detalha o principal parâmetro acrescido ao modelo de opções reais, que faz com que a avaliação resultante considere a incerteza na conceituação de Knight, propondo-lhe uma escala, ou métrica, e sugerindo-lhe outras aplicações, em modelos de avaliação de projetos mais comumente utilizados no meio empresarial. O capítulo 5 traz as conclusões, levantando sugestões para o desenvolvimento de novos desenvolvimentos nessa linha de pesquisa.

1.3

A Inaplicabilidade das Técnicas Convencionais

Muito se tem discutido a respeito da impropriedade que há na utilização dos métodos convencionais baseados no cálculo do VPL, na avaliação econômica de projetos de P&D. Desde os primórdios da década de 80, uma série de artigos publicados na *Harvard Business Review* tem colocado em dúvida a aplicabilidade do método a esse tipo particular de projeto. Hayes e Garvin (1982) observam o crescente uso das técnicas de Fluxo de Caixa Descontado² (FCD) pelas companhias americanas, que no período de 1954 a 1975 deram um salto de 19% para 94%, ao mesmo tempo em que declinaram os gastos com P&D e investimento de capital, sugerindo uma má consequência do uso indevido da técnica.

Os métodos financeiros convencionais falham na estimativa numérica baseada em fluxo de caixa futuro para os projetos de P&D, pois freqüentemente as incertezas de mercado e tecnológicas mudam ao longo do desenvolvimento da pesquisa, trazendo a necessidade de ajustes que tornam as novas avaliações muito diferentes da original captada pelo VPL. Este normalmente gera resultados iniciais que condenam os investimentos nos projetos de P&D.

Faulkner (1996) coloca o amplo uso dessas técnicas como um dos fatores que contribuíram para a desvantagem das empresas americanas em relação às japonesas, nas décadas de 80 e 90 do século XX. Não seria simplesmente uma

² Técnica fundamentada no Valor Presente Líquido (VPL)

questão de mau emprego da técnica de FCD o que traria problemas nas avaliações de projetos de P&D, mas toda uma estrutura lógica que se desenvolve em seu entorno. Uma grande dificuldade dos métodos convencionais de VPL reside no fato do não tratamento adequado da opção de parar o projeto após a conclusão do P&D ou, em outras palavras, de considerar que o projeto, uma vez iniciado, seguirá até o seu fim, ininterruptamente. Considerando o projeto como um conjunto de ações a serem executadas intermitentemente da fase inicial de P&D até a fase de implementação, o cálculo do VPL convencional é feito de acordo com a fórmula:

$$VPL = C_0 + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

Onde C_0 é o investimento inicial em P&D, e o somatório subsequente o resultado de um fluxo de pagamentos e recebimentos descontados a uma taxa r determinada, correspondente à fase de implementação do projeto em T períodos. Há uma série de limitações nessa fórmula quando aplicada a projetos de P&D, dentre as quais a impossibilidade da escolha de uma taxa de desconto que não penalize projetos arriscados e de longo prazo, pois quanto maior o risco, maior a taxa r , diminuindo o VPL. A introdução do risco do P&D na taxa considerada no cálculo do VPL geralmente inviabiliza os projetos, levando as empresas ao sub-investimento.

1.4

Das Opções Financeiras às Opções Reais

Uma forma mais apropriada de abordar essas avaliações requer um arcabouço conceitual diferente, mais aproximado da teoria de precificação de opções, cujas características se assemelham às necessidades inerentes às escolhas envolvidas nos projetos de P&D. Faulkner (1996) chama essa nova estrutura de “Options Thinking”. Davis e Owens (2003) citam Stewart C. Myers, do MIT³, como o pai do termo “Opções Reais”, quando assim chamou, em 1977, aplicação

³ Massachusetts Institute of Technology

da teoria das opções a ativos não financeiros. Vamos procurar abordar com certa minúcia algumas dessas avaliações alternativas dentro da visão de opções reais.

Santos e Pamplona (2002) definem a abordagem de opções reais como uma extensão de modelos de precificação de opções financeiras para a avaliação de ativos não financeiros, ou ativos reais, assim entendidos como aqueles ativos que não são negociados no mercado. Uma opção real é a flexibilidade que um gerente tem para tomar decisões sobre ativos reais. A avaliação de um projeto de P&D, assim como a avaliação de terras ou jazidas de petróleo, são ativos reais.

O princípio que norteia a existência de uma opção pode ser bem entendido com o simples exemplo de uma opção financeira conhecida como “European call option”, que muito se adapta à situação que envolve a análise dos projetos de P&D. Ela provê o direito, mas não a obrigação, de seu proprietário comprar um lote de ações a um determinado preço em data futura; quando a data chegar ele pode então exercer tal direito, caso o preço do lote encontre-se acima do estabelecido pela opção, realizando um ganho equivalente à diferença de preços; ou pode não exercer o direito, deixando a opção “expirar”, caso o preço de mercado esteja abaixo daquele estabelecido pela opção. Sua perda, nesse caso, restringe-se ao valor pago por sua aquisição.

De acordo com Bernstein (1997), esse fabuloso instrumento permitiu um tratamento inusitado ao risco, na medida em que limitou inferiormente o potencial de perda de um investidor ao prêmio pago pela opção, e, superiormente, pelo menos em teoria, estendeu a possibilidade de ganhos ao infinito. A adaptação da idéia ao mundo da pesquisa se baseia no fato de que um projeto de P&D é visto como uma opção real (não financeira), podendo o seu proprietário exercer ou não os direitos sobre os resultados do projeto, em sua fase industrial ou comercial. Caso o P&D tenha sucesso, o direito sobre seus resultados é exercido e o investidor realiza os ganhos subseqüentes associados; em caso de insucesso, as perdas restringem-se aos valores investidos na pesquisa. Santos e Pamplona (2002) afirmam ainda que a avaliação de projetos de P&D é complexa devido às incertezas substanciais em diferentes fases do projeto. As opções em P&D podem ser consideradas mais valiosas do que as opções em ativos, pois seu principal

objetivo é induzir investimentos futuros, seja pela diminuição dos custos, seja pelo aumento dos retornos. Dessa forma, uma opção em P&D influencia o seu valor futuro. Por esses motivos, principalmente, é que se iniciou a defesa do uso de metodologias baseadas na teoria de precificação de opções.

Muitos autores recomendam o uso da consagrada fórmula de Black & Scholes & Merton (1973), para a avaliação de projetos de P&D como opções de compra. De forma simplificada, a fórmula de Black-Scholes-Merton para precificação de opções é deduzida com base nas seguintes hipóteses:

- O ativo (ação) não paga dividendos ou outras distribuições;
- O preço do ativo segue um movimento geométrico browniano⁴ com volatilidade constante;

Por essa fórmula, os valores para opções do tipo *call* (que garantem o direito de comprar) e *put* (que garantem o direito de vender), são calculados, respectivamente (caso sem dividendos), pelas expressões:

$$c = s\Phi(d_1) - ke^{-rt}\Phi(d_2) \quad (1.4.1)$$

$$p = ke^{-rt}\Phi(-d_2) - s\Phi(d_1) \quad (1.4.2)$$

Nas quais:

$$d_1 = \frac{\ln(s/k) + (r + \sigma^2/2)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Onde:

- s = Preço do ativo;

⁴ Processo estocástico em tempo contínuo, adequado à modelagem de alguns fenômenos do mercado financeiro.

- k = Preço contratual do exercício do direito;
- r = Taxa de juros continuamente composta livre de risco;
- t = Intervalo de tempo em anos até a expiração da opção;
- σ = Volatilidade implícita do ativo;
- Φ = Função de distribuição cumulativa normal padrão

As fórmulas (1.4.1) e (1.4.2) são soluções para a equação diferencial parcial que resulta do modelo, para o valor $V(s,t)$ de um derivativo (opção sobre a ação), com condições de contorno específicas:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0.$$

Sua dedução poder ser vista em Hull (1997), enquanto a demonstração completa da solução da equação pode ser examinada nas exaustivas notas de Albuquerque(2007), constantes no capítulo 7 (anexos).

Bernstein (1997) tenta assim simplificar a visão dessa formulação:

Apesar da aparência algébrica complexa, as idéias básicas por trás do modelo são fáceis de entender. Assim, ele explica que o valor de uma opção depende, basicamente, de quatro categorias de variáveis: tempo, preços, taxa de juros e volatilidade. O tempo é o intervalo que vai até a expiração da opção, quanto maior o tempo, maior o valor da opção. Os preços dizem respeito à diferença entre o preço atual da ação (ativo) e o preço especificado no contrato de opção pelo qual seu detentor poderá comprá-la ou vendê-la (preço de exercício), quanto maior a vantagem do preço real em relação ao preço de exercício, maior o valor da opção. Os juros são o rendimento que o comprador consegue receber de seu dinheiro, bem como a renda que o vendedor consegue receber do ativo subjacente durante o mesmo intervalo de tempo. Mas, o que mais importa é a última categoria: a volatilidade esperada do ativo subjacente, em termos da variação de seus preços, não importando em que direção eles ocorram, mas até onde podem ir.

Os mercados de opções, embora tenham surgido há séculos, só foram popularizados e difundidos mundialmente a partir da criação do “Chicago Board Options Exchange – CBOE” em 1973. Constantinides e Millaris (2000) relatam que a teoria da precificação de opções teve origem no ensaio sobre preços

especulativos de Bachelier (1900), tendo sido revisitada mais tarde por Samuelson (1965), que chegou perto da fórmula de precificação de opções de Black-Scholes-Merton. No entanto, foi somente com esses últimos autores que o conceito de precificação neutra a risco foi introduzido, por meio de um trabalho que se tornou seminal no mundo das finanças.

A grande facilidade no emprego da fórmula Black-Scholes-Merton é uma de suas principais vantagens. No entanto, a fórmula não tem um desenvolvimento simples: Seus fundamentos e manipulações matemáticas escapam à compreensão de muitos gerentes, tornando-se para eles uma verdadeira “caixa-preta”. No entanto, a principal implicação de seu emprego em projetos de P&D diz respeito às hipóteses simplificadoras nela embutidas, dentre as quais uma das mais importantes é a da adoção de uma distribuição log-normal para descrever a incerteza futura. Esta hipótese simplificadora parece ser razoável para explicar a volatilidade de ativos financeiros, mas pouco aplicável às atividades de pesquisa, desenvolvimento e comercialização. A adoção de uma volatilidade para o ativo também se apresenta como um problema em sua aplicação a P&D. A questão a ser endereçada neste contexto é como avaliar a volatilidade de um ativo que não possui uma série histórica de mercado?

Faulkner(1996) realizou análises e concluiu que a adoção do método binomial (Cox *et. al.* (1979)) pode levar aos mesmos resultados da avaliação pela fórmula Black-Scholes-Merton. De fato, Constantinides(2000) alega que esse método é utilizado pedagogicamente como uma introdução ao método Black-Scholes-Merton sem o uso de cálculo estocástico. A avaliação pelo método binomial pode ser vista como uma abordagem por árvore de decisão, que tem as vantagens de ser mais visível e de não adotar uma distribuição log-normal por hipótese. Como desvantagem, Faulkner alerta para o tempo que por vezes demanda a construção de uma árvore que contemple um número grande de decisões, ou a avaliação de projetos complexos.

Contudo, a aplicação de árvores de decisão não pode ser entendida como uma prática que alcance amplamente os projetos de P&D. Há casos em que o projeto contém todas as informações requeridas pela fórmula Black-Scholes-Merton. Nestes casos, são razoáveis as hipóteses subjacentes ao modelo quando

aplicadas à situação do projeto, assim como pode também haver situações em que o VPL tradicional traz uma avaliação bastante razoável e simples.

O importante é que se tenha a sensibilidade de adotar a metodologia mais aplicável caso a caso. Essa flexibilidade na adoção de metodologias para avaliações de projetos de P&D é o que Faulkner chama de “Options Thinking”; é o que, segundo ele, determina um novo paradigma nessa área de conhecimento.

1.5

Projetos de P&D como Opções Reais para as Corporações

Herath e Park(1999) definem o enquadramento de P&D como uma opção real da seguinte forma: Considerando o investimento em P&D como um custo (I_0) de uma opção que será exercida caso se confirme o sucesso do projeto de P&D, o proprietário da tecnologia desenvolvida (o investidor) exercerá um preço (I_c), que é o custo do projeto de industrialização e comercialização da tecnologia. O valor presente do fluxo de caixa resultante desta fase (V) é o valor do ativo subjacente, a data de introdução do novo produto no mercado é a data de exercício, ou de expiração da opção. O investidor tem a opção de não exercer I_c , ou adiá-la (Figura 1).

Graficamente, temos a construção de uma árvore de decisão onde podem ser vistas as duas decisões estratégicas: Investir em P&D e comercializar o produto. Mais adiante, veremos o exemplo de uma avaliação múltipla de um projeto de P&D, envolvendo formas diferentes de cálculo de VPL e um cálculo alternativo chamado de “Options Thinking”, onde o uso da árvore de decisão é fundamental para a solução do problema de decidir sobre o investimento.

Em termos de efeitos sobre o desempenho global da empresa, podemos ver P&D bem sucedido como um investimento que proporciona um incremento em seus lucros, seja pela redução em sua estrutura de custos, seja pelo incremento em sua demanda.

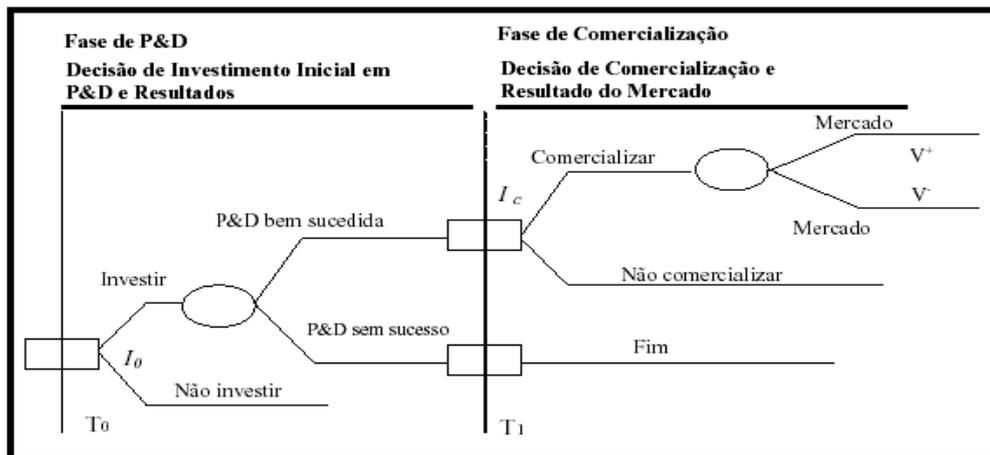


Figura 1: Árvore de decisão para processos sequenciais em P&D

A título de exemplo, suponha-se uma estrutura de mercado em que uma grande empresa opere em vantagens de monopólio, defrontando-se com uma demanda negativamente inclinada e custos marginais crescentes. Considera-se a estrutura monopolística e o grande porte razoavelmente plausíveis ao favorecimento dos investimentos em P&D, muito embora os levantamentos empíricos a esse respeito não sejam conclusivos, como é mostrado em Hasenclever&Kupfer(2002) a respeito das proposições surgidas nos anos 60 sobre a relação entre tamanho de empresa, concentração de mercado e inovação.

A plausibilidade do exemplo reforça-se pelo conhecimento de casos empíricos de alta correlação positiva entre monopólio natural e inovação. Voltando ao exemplo em si, podemos visualizar os efeitos de P&D bem sucedido nas modalidades “redução de custos”, que envolvem inovações de processo, e “incremento de demanda”, que envolvem inovações de produto, tal como esquematizado na Figura 2.

A empresa maximizadora de lucro irá sempre produzir quando a receita marginal, Rmg , for igual ao custo marginal, Cmg , tal como determina a condição de primeira ordem no problema clássico da maximização de lucros. Na Figura 2a, vemos o resultado bem sucedido de um investimento em inovação de processo, representado pelas transformações $Cmg_a \Rightarrow Cmg_a'$ e $Cme_a \Rightarrow Cme_a'$, deslocando para baixo a estrutura de custos da empresa. As novas curvas foram pintadas de vermelho para efeito de destaque visual.

Os resultados são notáveis tanto para o consumidor quanto para a empresa, que mesmo cumprindo a ineficiência característica do monopólio, reduziu custos e ampliou a produção; diminuiu preços ao consumidor, com incremento de lucro, cujo aumento pode ser facilmente percebido comparando-se as áreas dos quadriláteros de lucro antes e após o investimento em P&D : $(p_a' - c_a') \cdot q_a' > (p_a - c_a) \cdot q_a$, sendo $p_a' < p_a$, $c_a' < c_a$ e $q_a' > q_a$. Já no investimento em inovação de produto, os efeitos acontecem “de fora para dentro” da empresa (Figura 2b).

O lançamento de uma inovação, que torne um produto mais atraente ao consumidor, faz com que a demanda pelo produto se amplie, causando o deslocamento $D_b \Rightarrow D_b'$, acompanhado pelo conseqüente deslocamento da receita marginal, no movimento $Rmg \Rightarrow Rmg'$. Tal como na Figura 2a, as novas curvas foram assinaladas em outra cor (em azul, neste caso), para efeito de destacá-las. Os efeitos são um pouco diferentes nesse caso, pois se iniciam no mercado, que, em função das novas e interessantes características do produto, busca este último com interesse expandido, levando a empresa a produzir mais, para fazer frente ao incremento nos pedidos.

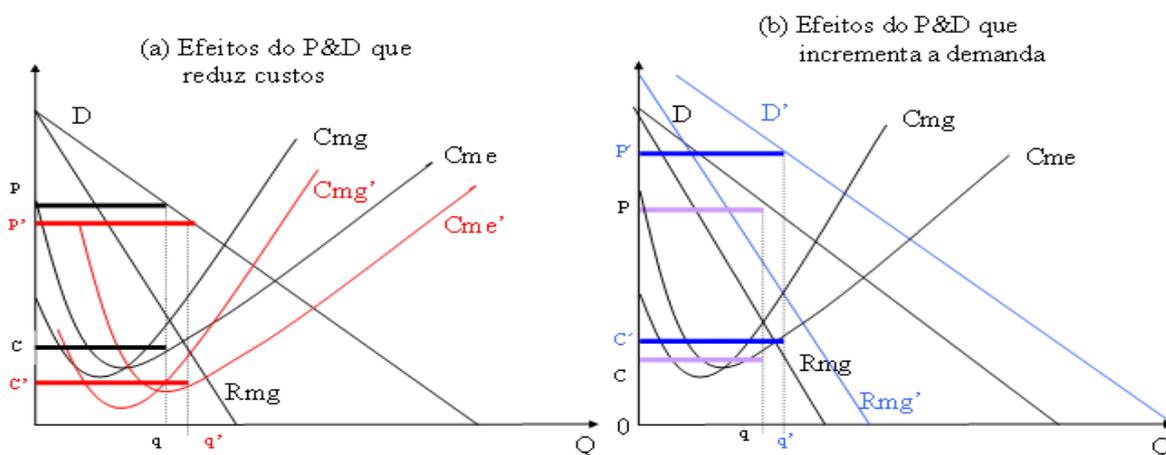


Figura 2: Efeitos de P&D sobre lucro de uma empresa em monopólio

Obs.: Cme = Custo Médio; Cmg = Custo Marginal; D = Demanda; Rmg = Receita Marginal; P = Preço; C = Custo; q = Quantidade

Um novo ponto de maximização de lucro, onde $Rmg = Cmg$, com $q'_b > q_b$ causa aumento nos custos e nos preços ao consumidor. O resultado final para a

empresa é também um lucro maior, com $(p_b' - c_b').q_b' > (p_b - c_b).q_b$, sendo $p_b' > p_b$, $c_b' > c_b$ e $q_b' > q_b$.

1.6

Avaliações de Projetos de P&D: Exemplos da Literatura

1) Santos e Pamplona (2002) apresentam um exemplo prático da aplicação do método das opções reais na avaliação de projetos de P&D, a seguir reproduzido de forma resumida. Os dados são de um projeto de P&D da empresa “XPTO”, sobre um sistema para controle de acesso dos assinantes de uma rede de TV a cabo aos serviços de dados em alta velocidade. O esquema geral do projeto está representado na Figura 3.

Seguidas à fase do investimento inicial, há duas oportunidades: A primeira sendo a fase de testes (investimento K^*), e a segunda fase a de introdução do produto no mercado (investimento K , em produção e comercialização). É importante ressaltar as premissas básicas para a aplicação da teoria das opções reais:

- Irreversibilidade: Uma vez realizado o investimento em pesquisa, não é possível recuperá-lo no caso de não prosseguimento do projeto;
- Incerteza: Um projeto de pesquisa é realizado sob incertezas;
- *Timing*: Uma vez iniciado o projeto, a empresa tem a possibilidade de realizar as escolhas subsequentes, que envolvem descontinuar ou prosseguir com o projeto.

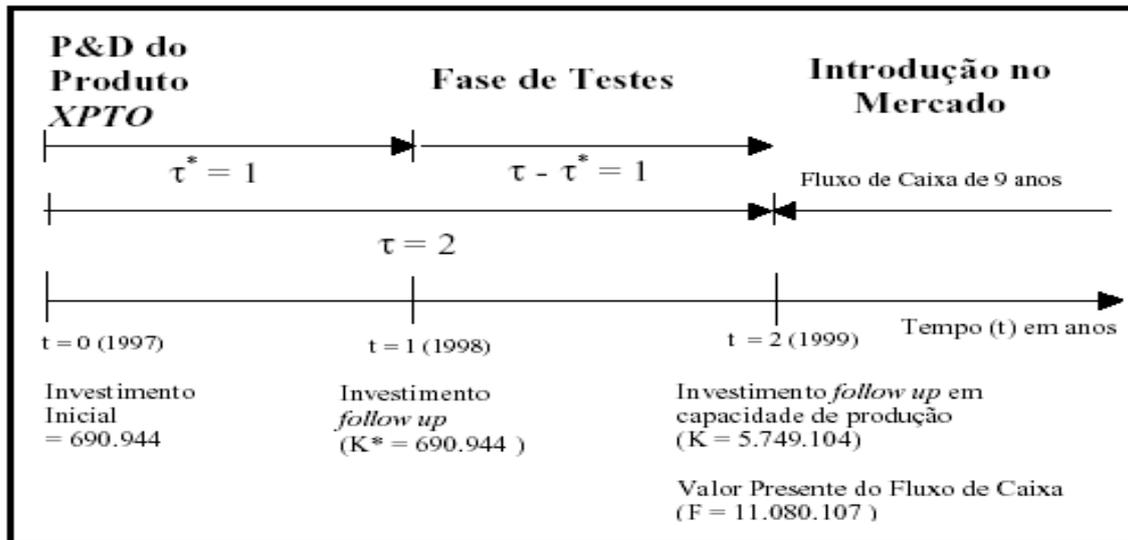


Figura 3: Ilustração simplificada do processo de P&D

Santos e Pamplona (2002) adotam a fórmula de Geske (1979), adaptada por Kemma (1993) para avaliar o valor de uma opção real composta. A fórmula recomendada é a seguinte:

$$G = Fe^{-rt} M(k, h; \rho) - Ke^{-rt} M(k - \sigma\sqrt{\tau^*}, k + \sigma\sqrt{\tau^*}; \rho) - K^* e^{-rt} N(k - \sigma\sqrt{\tau^*}) \quad (1.6.1)$$

Onde G é o valor “Geske” do projeto (valor da opção real composta); K é o valor presente da iniciativa de comercialização, igual a R\$ 5.749.104; K^* é o valor presente dos gastos de capital na iniciativa pioneira, igual a R\$ 690.944; σ é a volatilidade da taxa de câmbio da iniciativa de comercialização, igual a 0,3 neste caso; r é a taxa de desconto livre de risco adotada pela empresa, igual a 6,17 % a.a; τ é a data de maturação da opção simples, igual a 2 anos (ou 2 unidades de tempo); τ^* é a data de maturação da primeira opção, dentro da opção composta, igual a 1; F é o valor presente do fluxo de caixa de comercialização, igual a R\$11.080.107; e $F_c = R\$ 8.500.000$ é o valor crítico do projeto acima, a partir do qual a primeira opção será exercida.

$M(k,h;\rho)$ é a função distribuição normal acumulada bivariada, que tem k e h como limites superior e inferior, respectivamente, e ρ como coeficiente de

correlação. Para $k = 1.03$, $h = 1.76$ e $\rho = 0.707$, $M(k,h; \rho)$ é aproximadamente igual a 1 ($M(1.03,1.76;0.707) \cong 1$), quando ρ , h e k são calculados pelas fórmulas:

$$\rho = \left(\frac{\tau^*}{\tau} \right)^{1/2} = (1/2)^{0,5} = 0,707$$

$$h = \frac{\text{Ln}(F / K) + \frac{1}{2} \sigma^2 \tau}{\sigma \sqrt{\tau}} = 1,76$$

$$k = \frac{\text{Ln}(F / F_c) + \frac{1}{2} \sigma^2 \tau^*}{\sigma \sqrt{\tau^*}} = 1,03$$

$M(k - \sigma \sqrt{\tau^*}, k + \sigma \sqrt{\tau^*}; \rho)$ é também a função distribuição normal acumulada bivariada com limites superior e inferior dados por $k - \sigma \sqrt{\tau^*}$ e $k + \sigma \sqrt{\tau^*}$, respectivamente, e coeficiente de correlação ρ igual a 0.707, que assume o valor 0.75 ($M(0.73, 0.61; 0,707) \cong 0,75$). $N(k - \sigma \sqrt{\tau^*})$ é, por sua vez, a função distribuição normal acumulada univariada, que assume o valor 0.2673 ($N(1,03 - 0,3 \sqrt{1}) = N(0,73) = 0,2673$);

Substituindo os valores acima na eq.(1.6.1), Santos e Pamplona (2002) chegam ao resultado $G = \text{R\$ } 5.819.300$. Este é o valor da opção composta, que representa o valor das oportunidades de crescimento. O valor do projeto é calculado de acordo com a fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Valor do Projeto} &= \text{Custo afundado (valor do investimento inicial em P\&D)} \\ &+ \text{Oportunidade de crescimento (valor da opção composta)} \end{aligned}$$

O valor do projeto de P&D (ou do investimento inicial em P&D) é igual a $\text{R\$}690.944$. Portanto, considerando a opção composta real calculada pela fórmula de Geske-Kemma, chega-se a um VPL do projeto dado por :

$$VPL_{(Geske)} = -R\$ 690.944 + R\$ 5.819.300 = R\$ 5.128.356$$

Pela maneira tradicional, o VPL do projeto seria calculado pela expressão:

$$VPL_{trad} = Co + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i} = Co + \sum_{i=1}^T C_i (1+r)^{-i}$$

que leva a

$$\begin{aligned} VPL_{trad} &= -R\$ 690.944 - R\$ 690.944*(1,16)^{-1} - R\$ 5.749.104*(1,16)^{-2} \\ &+ R\$ 11.080.107*(1,16)^{-2} = R\$ 2.675.218 \end{aligned}$$

A título de observação, em Santos e Pamplona (2002), os autores não especificam, mas deduz-se que a empresa adotou para o projeto uma taxa de desconto ajustada ao risco $r = 16\%$ a.a, que contempla o risco técnico e também de mercado. Portanto, tem-se:

$$VPL_{(Geske)} = R\$ 5.128.356 \qquad VPL_{trad} = R\$ 2.675.218$$

o que indica que o resultado do cálculo do VPL pelo método das opções reais é significativamente maior do que o resultado obtido pelo método tradicional.

2) O exemplo de Faulkner(1996) compara o método de avaliação “Options Thinking” com mais três formas diferentes de cálculo de VPL (Figura 4) de um projeto de P&D, que visa o desenvolvimento de um novo produto (uma nova impressora colorida de alta qualidade para desktops), projeto este cujos retornos financeiros e os resultados em termos de desempenho envolvem grandes incertezas, em função de se tratar de um mercado emergente. Observa-se aqui a tentativa de tornar o VPL tradicional mais aplicável à avaliação de projetos de P&D. A abordagem inicial do problema é feita pelo método binomial, com a montagem de uma árvore de decisão onde são definidas as escolhas em termos de custos, incertezas e expectativas de retorno, associadas a cada fase projeto. Se a decisão é de realizar o projeto de P&D, é necessário um investimento inicial de

US\$ 6 milhões, sendo que, após o transcorrer de um ano, a incerteza sobre o projeto será resolvida. Com isso, as chances de sucesso passam a ser as seguintes: 0,3, para um desempenho excelente; 0,6, para um desempenho bom; e 0,1, para um desempenho ruim.

A fase da pesquisa é seguida por uma fase de comercialização, onde será decidido o lançamento do produto no mercado: As possibilidades de retorno do projeto comercial estão incluídas no intervalo [-US\$ 60 milhões, US\$ 60 milhões]; foi considerada uma taxa de desconto de 12% a.a (supostamente livre de risco). O projeto como um todo, englobando as fases de P&D e comercialização, está mapeado na árvore de decisões da Figura 4. Os métodos tradicionais foram chamados de FCD#1, FCD#2 e FCD#3, onde FCD são as iniciais de “fluxo de caixa descontado”.

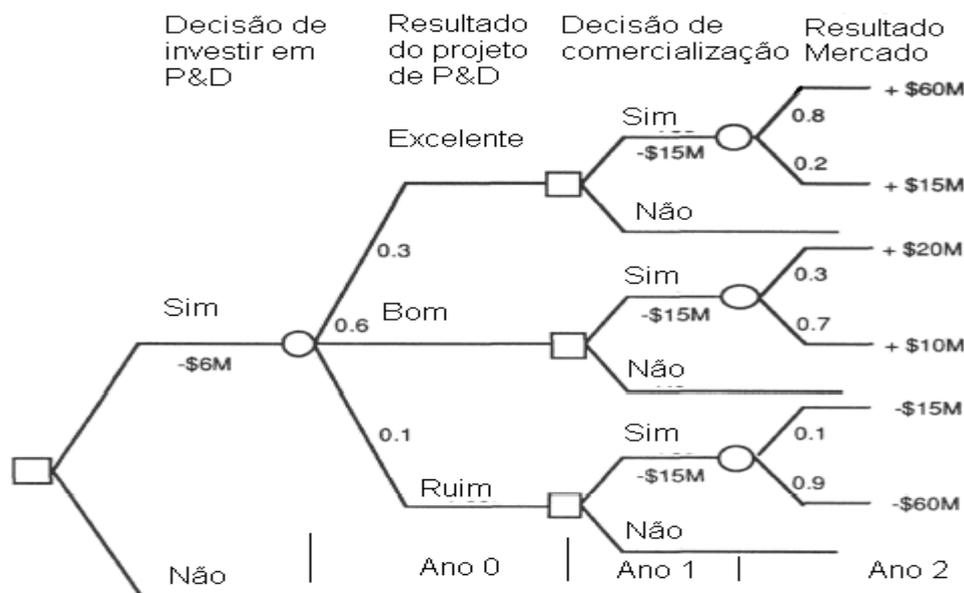


Figura 4: Árvore de decisão, com custos, incertezas e retornos

No método FCD#1, o analista simplesmente escolhe o caminho mais provável na árvore, quando se defronta com a incerteza, como se na prática este fosse o único caminho possível (P&D “bom” => comercializa => US\$ 10M). Já no método FCD#2, a incerteza de mercado é reconhecida, mas é considerado apenas o resultado mais provável da fase de P&D (“bom”); esta abordagem é típica de muitos estudos de caso. No método FCD#3, são reconhecidas as incertezas tanto da fase de P&D quanto da fase de comercialização, no entanto, este método considera que, uma vez iniciado o P&D, não há mais a alternativa de parar o

projeto, ele segue até a fase de comercialização do produto. Em decorrência das decisões tomadas, as três opções tradicionais de cálculo de VPL geram resultados negativos. Os resultados para todas as abordagens discutidas encontram-se sintetizadas na figura 5.

O último método a ser discutido é o “Option Thinking”, que também encontra-se representado na figura 5. Diferentemente dos métodos discutidos anteriormente, o “Option Thinking” é o único que reconhece a flexibilidade gerencial de escolher somente o caminho que interessa em cada fase. Por ele, o investimento final só acontecerá se o projeto de P&D gerar resultados excelentes, o que apresenta uma probabilidade baixa; mesmo assim, os investimentos em P&D se justificam justamente pela existência dessa probabilidade, por mais que ela seja pequena. O maior retorno compensa o maior risco. Os valores de VPL mostrados na figura (5) são obtidos aplicando-se o seguinte somatório:

$$\sum_{i=0}^2 \text{Ano } i .$$

A análise desses valores comprova a inadequação do cálculo do VPL nos moldes tradicionais; pelo critério clássico de levar em consideração somente resultados com $VPL > 0$, apenas a avaliação por “option thinking” selecionaria o projeto.

Metodologias desse tipo já são empregadas em alguns setores. Uma indústria que faz amplo emprego da Teoria das Opções Reais para avaliar projetos de em P&D é a farmacêutica, que representa um setor altamente intensivo nesse tipo de investimento.

Método de avaliação	VPL	Ano 0	Ano 1	Ano 2
FCD#1	-\$11.4	-6	$-15 * (1,12)^{-1}$	$(10 * (1,12)^{-2})$
FCD#2	-\$ 9.0	-6	$-15 * (1,12)^{-1}$	$((0.3)*(20) + (0.7)*(10)) * (1,12)^{-2}$
FCD#3	-\$ 5.4	-6	$-15 * (1,12)^{-1}$	$\{(0.3) [((0.8)*(60) + (0.2)*(15))] + (0.6) [((0.3)*(20) + (0.7)*(10))] + (0.1) [((0.1)*(-15) + (0.9)*(-60))] \} * (1,12)^{-2}$
Option thinking	\$ 2.2	-6	$-(0.3) * 15 * (1,12)^{-1}$	$(0.3) [((0.8)*(60) + (0.2)*(15)) * (1,12)^{-2}]$

Figura 5: Quadro resumo

3) O exemplo mostrado a seguir é didático, como nos apresentou Dias(2005b): suponha um projeto de P&D para buscar a vacina contra a AIDS, baseado numa grande idéia de uma tese de Ph.D. sobre o tema, financiada por uma firma. Suponha que em caso de sucesso, o valor do projeto de fabricação de vacinas $V = \$2$ bilhões e o custo de desenvolvimento $D = \$1$ bilhão sejam fixos. Portanto, o VPL do projeto é dado por $VPL = \$1$ bi.

A tese de Ph.D. previu um investimento inicial de \$20 milhões em pesquisa básica, com 25% de probabilidade de sucesso; caso um sucesso inicial tivesse sido alcançado, poder-se-ia investir pesado em P&D (\$260 milhões) para testes de longa duração em animais, seres humanos, efeitos colaterais, mutação, etc.

A árvore compacta do projeto, representada na Figura 6, mostra as revisões dos valores de probabilidades de sucesso. Os valores estão atualizados e em milhões de \$, O VPL^5 ($E[VPL_{SP}]$) é negativo. A pergunta que precisa ser respondida é: O projeto deve ser iniciado? De acordo com Dias(2005b), o VPL do projeto é negativo, mas o seu custo $I_2 = \$260$ milhões e o prazo dessa etapa são incertos. Com o intuito de diminuir a incerteza, pode-se subdividir a fase maior de P&D em pelo menos dois cenários, que se revelariam após serem gastos os primeiros \$100 milhões (dos \$260 milhões totais da etapa). Com isso, vislumbram-se os seguintes cenários:

⁵ Valor esperado sem poda. Cálculo feito de trás para frente (processo *backward induction*).

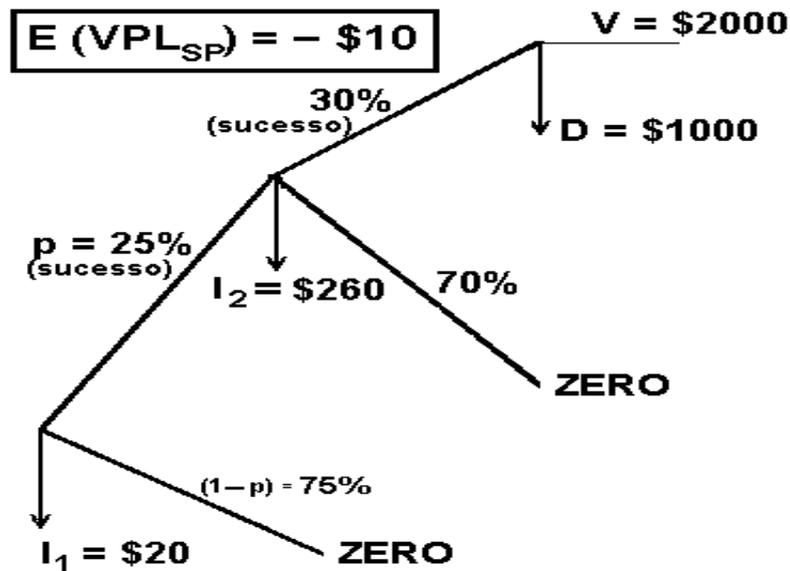


Figura 6: Árvore compacta do projeto

1. Favorável: Os testes iniciais deram certo; os efeitos colaterais parecem controláveis ou pequenos; a conclusão dessa etapa parece próxima; de forma que, gastando mais \$100 milhões, estima-se uma probabilidade de sucesso de 60% para obter a vacina;
2. Desfavorável: Os testes iniciais não foram muito bem sucedidos, alguns efeitos colaterais ainda não têm boa solução etc.; há idéias secundárias ou derivadas da idéia inicial para testar; mas isso significa atraso no projeto, menor chance de sucesso e gasto adicional de \$200 milhões para obter chance de sucesso de apenas 10%.

Assim, refazendo a árvores com as novas opções, existe a opção de não continuar a investir em caso de “más notícias”; podendo-se a árvore neste caso, obtém-se um valor positivo para o VPL, como pode ser visto nas figuras 7 e 8. Logo, o valor: $E'(VPL) = -20 + [0,25 \times \{-100 + (0,40 \times [-100 + 0,6 \times (2000 - 1000)])\}] = +\$5 > 0 \Rightarrow$ conduz à aceitação do projeto.

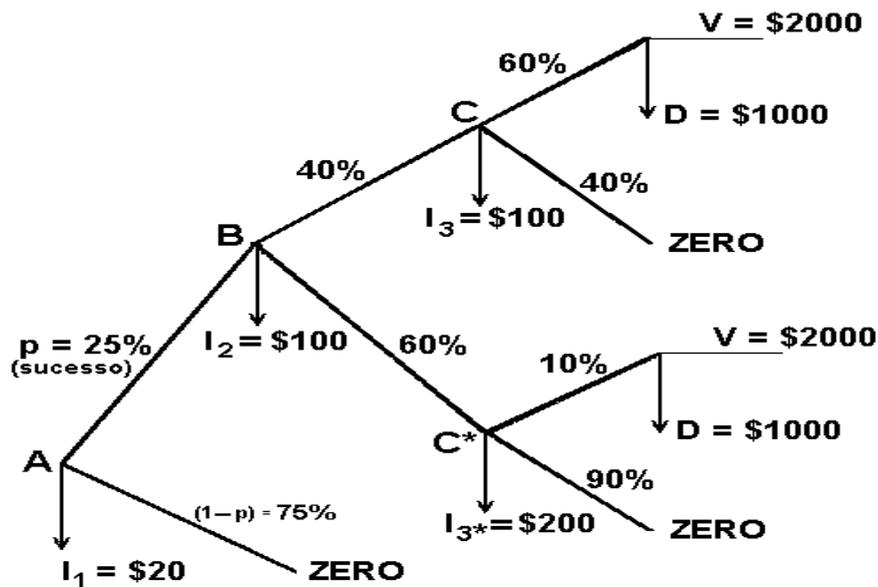


Figura 7: Árvore compacta do projeto revisada

Repare que os valores de probabilidades e de custos esperados indicados nas figuras 7 e 8 estão coerentes com os da Figura 6, esses últimos valores apenas se expandiram. O ganho poderia até ser maior se subdividíssemos ainda mais o investimento de \$260 milhões (em mais “gates” de decisão).

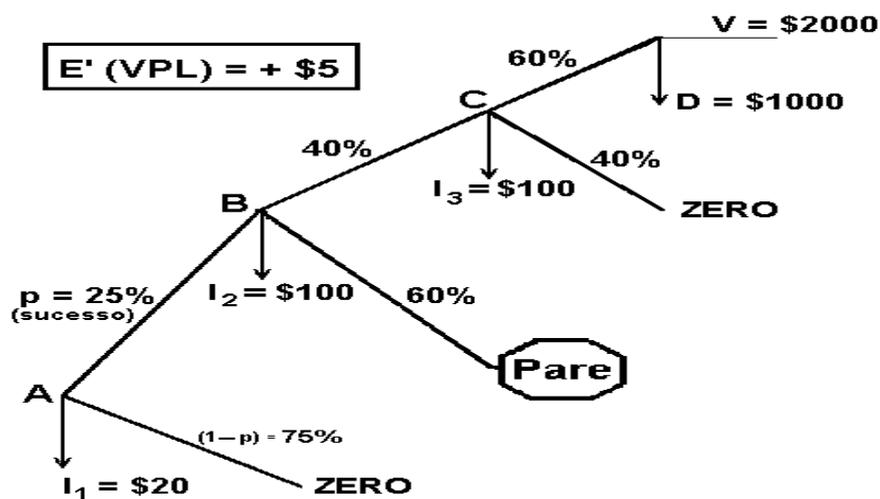


Figura 8: Árvore compacta do projeto revisada e podada

Portanto, a reavaliação freqüente do projeto de P&D cria valor. A opção de abandono em caso de más expectativas vale a diferença entre os VPLs esperados:

$$\Rightarrow E'(VPL) - E(VPL_{sp}) = 5 - (-10) = 15$$

4) Uma outra abordagem interessante da utilização da teoria das opções reais na análise de investimentos em projetos de P&D está em Schwartz (2001), que elabora um modelo de avaliação contínua focado na indústria farmacêutica, mas perfeitamente aplicável a toda indústria intensiva em P&D.

O modelo de Schwartz (2001) implementa uma abordagem para a valoração de patentes e projetos protegidos por patentes. Considera um longo período de investimento, sob riscos técnicos, econômicos e “catastróficos”, sem que se obtenha resultado algum, e, mesmo para esforços bem sucedidos em P&D, é considerada a incerteza sobre os custos do investimento e sobre os fluxos de caixa esperados. A questão central nesse modelo é tratar o projeto de P&D como uma opção real complexa em suas variáveis subjacentes, quais sejam: custos para a conclusão do projeto (K) e fluxos de caixa (C) resultantes do projeto após sua conclusão, seguindo um processo estocástico ao longo do tempo (t). Portanto, o valor do projeto V pode ser escrito na forma $V(t) = f(K, C, t)$.

É considerado um projeto de P&D que demanda tempo para ser concluído, cujo valor máximo a ser investido é Im , e cujo custo total de conclusão é uma variável aleatória com valor esperado $K = E[k]$. Uma vez concluído o projeto, seu proprietário começa a receber um fluxo de caixa C , que segue um processo estocástico.

Assume-se que o projeto é protegido por uma patente que expira num tempo T , após o que o fluxo de caixa C sujeita-se à competição intensiva. Tanto o tempo para concluir o projeto como o tempo de proteção T do fluxo de caixa C são variáveis aleatórias. Considera-se uma probabilidade de Poisson “ λ ” por unidade de tempo, de ocorrência de eventos catastróficos, que levem o valor do projeto V a 0, como no caso de outra firma ganhar a corrida pela patente.

No entanto, há outras razões para parar o projeto, que definem uma opção ótima de abandono. O exercício do abandono é ótimo quando, por exemplo, os custos tornarem-se excessivamente maiores ou o fluxo de caixa excessivamente menor do que os valores esperados. O abandono tem substancial importância em projetos incrementais e quando a incerteza é alta.

A questão central do modelo de Schwartz (2001) é estabelecer um valor para o projeto ao longo de sua vida, que corresponda aos valores da oportunidade do investimento, com e sem a opção de abandono. Como a equação diferencial parcial central do modelo não tem solução analítica, foram realizadas aproximações com simulação de Monte Carlo.

A avaliação compara os resultados do modelo de opções reais com a de um VPL tradicional, que recomenda o não investimento por apresentar um resultado de - \$7,4 milhões. O resultado de opções reais envolvendo uma simulação com mais de 100.000 iterações chegou a um valor médio para a oportunidade de \$13,2 milhões com a opção de abandono e \$5,2 milhões sem a opção de abandono. Nota-se que, mesmo sem a opção de abandono, o valor do investimento em Opções Reais mostrou-se mais atrativo que aquele obtido pela avaliação tradicional do VPL.

A Figura 9 representa uma amostra das 100.000 iterações produzidas pela simulação de Monte Carlo, para os valores dinâmicos assumidos por suas duas variáveis principais: O custo para completar o investimento ($K(t)$) no projeto de P&D e o fluxo de caixa associado realizado ($C(t)$) ao longo dos 20 anos cobertos pela vida da patente. Nesta simulação, os períodos de tempo foram discretizados em trimestres. Repare que até o momento em que $K(t) > 0$, o fluxo de caixa associado é apenas uma previsão.

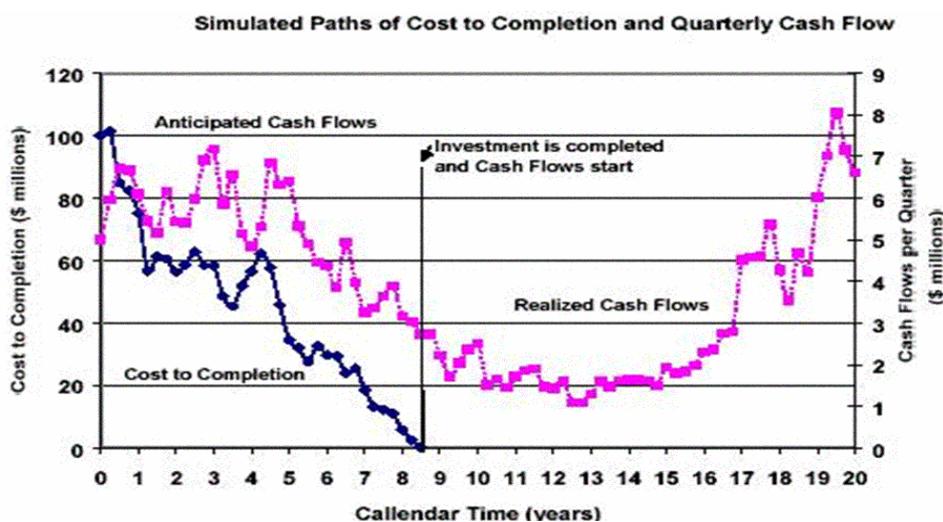


Figura 9: Caminho simulado para custo e fluxo de caixa

Definitivamente, a avaliação econômica de projetos de P&D não encontra em fórmulas tradicionais de avaliação de projetos econômicos a sua ferramenta mais apropriada. Aliadas às tradicionais incertezas do mercado, e à eventual pobreza das estimações baseadas em expectativas sem histórico, as incertezas que cercam a pesquisa (incertezas técnicas) não são devidamente tratadas na abordagem tradicional de VPL.

Alternativamente, o desenvolvimento das opções no mundo das finanças, e das teorias de precificação associadas, inspirou a sugestão de metodologias alternativas para a avaliação econômica de projetos de P&D por um grande número de estudiosos. Muito embora esses métodos ainda utilizem princípios que envolvam valores descontados no tempo com taxas e valores de referência estabelecidos, e em alguma medida ainda utilizem o próprio cálculo de VPL, são passos importantes na obtenção de uma metodologia apropriada.

1.7

Incerteza Knightiana

Considerar incerteza no sentido de Knight⁶ traz uma série de implicações para o cálculo de valores esperados, pois incerteza nesse sentido não se limita à maximização de utilidade esperada sob probabilidades subjetivas, tal como proposto por Savage(1954), que reduz a incerteza a um risco sob essas probabilidades. O experimento de Ellsberg(1961) evidenciou a distinção entre uma situação de risco e uma de incerteza. Em situações de risco, o espaço de eventos é completamente conhecido (sorteio em urna com bolas vermelhas e azuis com proporção conhecida), e em situações de incerteza, não (o mesmo sorteio, só que sem se conhecer a proporção entre as cores das bolas na urna). No experimento, ficou comprovado que nem todos os agentes são indiferentes entre apostar numa ou noutra urna.

⁶ São sinônimos na literatura: Loterias de roleta para risco, e loterias de cavalos e ambigüidade, para incerteza.

Agentes que preferiram a urna com proporção conhecida são avessos à incerteza. Nesse caso, como calcular devidamente o valor esperado de uma aposta envolvendo as duas urnas (Por exemplo, ganhar \$100 com a retirada de uma bola azul)? Ou mesmo um valor esperado para a urna “desconhecida”? O contexto das probabilidades subjetivas na modelagem de Savage, embora atraente, não é suficiente para explicar essa atitude dos agentes, pois estes não são totalmente indiferentes entre as situações distintas das urnas.

Nem todas as situações com que se defronta um agente econômico são comparáveis a um arremesso de dados (situação de risco). Em boa parte das decisões o contexto de uma avaliação nos remete ao tratamento de questões mais incertas, tais como: A eclosão de uma terceira guerra mundial nos próximos anos, ou o fechamento de um acordo definitivo de paz no oriente médio, etc. Muitos desenvolvimentos acadêmicos têm sido ensaiados ultimamente sobre a questão da incerteza, todos eles acabaram se aproximando desse tratamento baseado na noção proposta por Knight, que veio a ser aperfeiçoada e axiomatizada por Schmeidler e Gilboa, a partir dos anos 80. De acordo com Werglang & Simonsen (1991), incerteza nesse sentido pode ser vista como uma informação incompleta sobre a verdadeira probabilidade dos eventos.

Schmeidler (1982) encontrou uma forma de resolver o paradoxo de Ellsberg(1961), propondo que as probabilidades de eventos em situação de incerteza não somassem 1, ou seja, que o espaço probabilístico fosse “não aditivo”. Probabilidades no sentido usual (Bayesiano) são aditivas. A não aditividade da medida de probabilidade representa uma falta de completo conhecimento sobre os eventos. Isso pode parecer bastante estranho, mas constituiu uma sólida base matemática para o tratamento quantitativo da incerteza segundo Knight.

O arcabouço teórico utilizado para explicar a Incerteza Knightiana foi desenvolvido por David Schmeidler e por um de seus discípulos, Itzhak Gilboa (Schmeidler&Gilboa, 1989). Eles utilizaram a integral de Choquet(1953) associada a capacidades convexas (probabilidades não aditivas que exibem aversão à incerteza). O tratamento matemático completo de capacidades pode ser

encontrado em Choquet (1953), Dellacherie (1972), Dempster (1967) e Shafer (1976).

A síntese desse desenvolvimento matemático pode ser bem representada pela definição de probabilidade não aditiva que exibe aversão à incerteza, e pela fórmula do valor esperado de Choquet, que será vista detalhadamente mais adiante, no capítulo 3, assim como sua utilização em modelo de opções reais.

1.8

Discussão Final

Apesar de não haver ainda uma metodologia que possa ser amplamente empregada sem a necessidade de adaptações, o método das opções reais e a abordagem conhecida como “Option Thinking” se mostraram muito eficientes na produção de avaliações mais ricas dos projetos de P&D. Reconhecem o valor não só das incertezas de mercado, mas também das incertezas técnicas, resolvidas somente através dessa categoria de investimentos.

Companhias com portfólio robusto de P&D, mas que não sejam intensivas nessa categoria de investimento, frequentemente cometem o descuido de não avaliar quantitativamente seus projetos e, conseqüentemente, não valorar sua carteira. A exemplo das proposições de projetos de P&D em muitas dessas Companhias, os parâmetros empregados na solução das carteiras de projetos são essencialmente qualitativos e observam basicamente a aderência às diretrizes estabelecidas em comitês tecnológicos e de negócios, que por sua vez também são norteadas por avaliações essencialmente qualitativas, como no caso da Petrobras (Almeida, 2006).

Talvez pelo fato de a grande maioria dos projetos de um setor pouco intensivo em P&D ser de natureza incremental, e não estar diretamente vinculada a projetos de comercialização, as estimações de benefícios acabam sendo exercícios extremamente simples e intuitivos, que podem levar a grandes enganos na composição de uma carteira. A cultura de avaliação econômica preliminar de projetos de P&D numa empresa como a Petrobras, por exemplo, ainda se baseia

em processos qualitativos, apesar de terem sido ensaiadas avaliações econômicas “*ex post*” quantitativas desde os anos 1990 (Miranda, 1996).

Como a natureza incremental do P&D em processo é parte do problema, a tese terá foco nesse tipo de projeto. De acordo a definição adota pelo IBGE na PINTEC – Pesquisa de inovação Tecnológica, edição 2008 (IBGE & FINEP, 2008), adotamos a seguinte definição:

Inovação de processo refere-se à introdução de novos ou substancialmente aprimorados métodos de produção ou de entrega de produtos. Métodos de produção, na indústria, envolvem mudanças nas técnicas, máquinas, equipamentos ou softwares usados no processo de transformação de insumos em produtos; nos serviços, envolvem mudanças nos equipamentos ou softwares utilizados, bem como nos procedimentos ou técnicas que são empregados para criação e fornecimento dos serviços. Os novos ou aperfeiçoados métodos de entrega dizem respeito a mudanças na logística da empresa, que engloba equipamentos, softwares e técnicas de suprimento de insumos, estocagem, acondicionamento, movimentação e entrega de bens ou serviços. As inovações de processo também incluem a introdução de equipamentos, softwares e técnicas novas ou significativamente aperfeiçoadas em atividades de apoio à produção, tais como: planejamento e controle da produção, medição de desempenho, controle da qualidade, compra, computação (infraestrutura de tecnologia da informação - TI) ou manutenção.

Além disso, observa-se que uma grande quantidade de projetos dessa natureza, mesmo possuindo “sinal verde” em fóruns de decisão, acaba sendo postergada ou abandonada, ou então mesmo apresentando um valor positivo calculado por metodologia apropriada, acaba não passando no fórum de decisão. Tal situação sugere que há elementos perdidos no processo de valoração, seja ele quantitativo ou qualitativo, e que provavelmente essa postura é bem explicada por uma visão de incerteza na conceituação de Knight, que reflita uma postura mais cautelosa do tomador de decisão diante de um quadro de incerteza envolvendo os projetos de P&D de natureza incremental. Uma metodologia que combine a visão de opções, considerando o tratamento de fontes endógenas de incerteza nos projetos, com elementos de incerteza Knightiana, poderá capturar um valor final do projeto mais aderente às decisões efetivamente tomadas na composição de carteiras com alto grau de incerteza, como as compostas por projetos de P&D predominantemente incrementais.