

## 2

### Referencial Teórico

#### 2.1

##### Introdução

Um aspecto crucial, mas ignorado em diversos modelos de avaliação econômica de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, é a aleatoriedade da variável tempo.

O objetivo deste capítulo será refletir sobre o tratamento dado à variável tempo nos modelos que aplicam a Teoria das Opções Reais aos projetos mencionados. Antes, porém, serão apresentadas algumas seções abordando as opções financeiras, os problemas derivados da aplicação da regra do Valor Presente Líquido no orçamento de capital, as opções reais e as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento nos processos de inovação; será mostrado também distinções importantes entre as incertezas existentes na avaliação de investimentos utilizando a abordagem de Opções Reais<sup>1</sup>.

#### 2.2

##### Opções Financeiras

As opções são um fato da vida, já que de uma forma geral todos possuem opções. Pode-se, por exemplo, escolher entre pegar um ônibus ou um táxi para ir ao trabalho; claro, que pagando um adicional a mais ao se escolher o táxi. Neste sentido, a opção é uma escolha ou uma tomada de decisão. [Kolb [12]].

Entretanto, entre as opções existentes, estão aquelas que são feitas por intermédio de um contrato financeiro, as chamadas opções financeiras.

O proprietário de uma Opção de Compra possui o direito de comprar um ativo (ação, por exemplo), chamado ativo objeto, por um preço específico ou preço de exercício, até uma determinada data; quem é dono de uma Opção de Venda pode vender o ativo objeto por um preço específico até uma determinada data. Se os direitos de compra ou de venda só puderem ser exercidos na data do vencimento, as opções são chamadas européias; se o direito puder ser exercido a qualquer momento até o vencimento, as opções são classificadas como

---

<sup>1</sup> Esta abordagem será denominada abordagem opcional.

americanas. Para adquirir o direito de optar pela compra ou venda de ativos, o investidor deve pagar o preço da opção, ou prêmio.

Um dos aspectos principais deste tipo de derivativo<sup>2</sup>, é a sua opcionalidade, ou seja, o proprietário possui o direito, mas não uma obrigação simétrica de fazer alguma coisa. Esta característica da opção dá ao investidor uma flexibilidade, permitindo que ele possa acompanhar o desenvolvimento dos acontecimentos do mercado e tomar suas decisões de acordo com as informações que vão chegando. Esta opcionalidade/flexibilidade é a base da criação do valor de um contrato de opção.

Os fatores que afetam o preço de uma opção, que tem a ação como ativo objeto, são os seguintes: o preço corrente da ação; o preço de exercício; o prazo de vencimento; a volatilidade do preço da ação; a taxa livre de risco; e os dividendos da ação esperados durante a vida da opção.

A importância das opções ultrapassa a busca por lucro. Hoje, elas são usadas para executar estratégias financeiras complexas, tais como as usadas por empresas que desejam se proteger contra riscos indesejáveis.

Inicialmente, as opções eram lançadas basicamente tendo as ações como ativo objeto; hoje, são negociadas com base em contratos futuros, moedas estrangeiras etc, caracterizando, portanto, uma evolução muito grande. O desenvolvimento dos contratos de opções contribuiu (e contribui) muito para o desenvolvimento de pesquisas nesta área de finanças, criando, até mesmo, uma escola que propõe abordar diversos problemas financeiros sob a ótica da teoria das opções.

### 2.3

#### **Orçamento de Capital e a Regra do Valor Presente Líquido**

Nas decisões de investimento de capital a gerência da empresa faz gastos no presente, esperando assegurar um fluxo de benefícios no futuro. Entretanto, essa mesma gerência deseja saber se a utilização dos recursos financeiros no presente será recompensada pelo fluxo esperado de benefícios futuros. Para a solução desse dilema, os livros de finanças em geral propõem como critério de

---

<sup>2</sup> Derivativos: instrumentos financeiros cujo preço de mercado deriva do preço de mercado de um ativo ou outro instrumento financeiro.

decisão mais importante o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)<sup>3</sup>. Um VPL positivo significa que os benefícios esperados futuros do projeto, trazidos para o momento presente, compensam o investimento, liberando o sinal verde para o seu prosseguimento; um VPL negativo acenderia o sinal vermelho para o projeto em análise.

A forma como a empresa estima o valor de suas oportunidades de negócio é um aspecto crítico para a alocação de seus recursos e um fator crucial a impulsionar seu desempenho [Luehrman,14]. Para esse autor, tomar uma decisão ótima significa fazer o que é melhor quando o momento chegar. Sendo assim, a avaliação correta de uma oportunidade de negócio captura sua natureza contingente, como no seguinte exemplo de um projeto de P&D: se ele provar que uma determinada proposição ou conceito é válido, pode-se seguir em frente e investir; caso contrário, não.

Dixit & Pindyck [7], analisando a regra do VPL, consideram-na simples, mas erigida em pressupostos falhos. O primeiro desses pressupostos falhos é que o investimento é reversível, ou seja, que ele pode ser desfeito e que seus gastos poderiam ser recuperados caso as condições de mercado se mostrassem adversas; o segundo é que, sendo irreversível, o investimento seria uma decisão agora ou nunca, já que se a empresa não investisse imediatamente perderia a oportunidade para sempre. As pesquisas na área de investimento que se baseiam na analogia com as opções financeiras mostram que as empresas podem aproveitar suas oportunidades de investimento mais efetivamente. Sob a ótica das opções, a questão central a ser encarada pela gerência é como exercer a opção de forma ótima. Neste sentido, a regra do VPL precisa ser modificada, pois não se trata somente de se chegar a um VPL positivo. O novo cálculo não pode ignorar o custo de oportunidade de investir imediatamente, em vez de esperar e manter o investimento vivo. Utilizar o critério do VPL implica em considerar um cenário fixo, em que o projeto não enfrenta qualquer contingência. Este enfoque não explica, por exemplo, o comportamento de empreendedores que investem em projetos arriscados que não poderiam ser justificados pelo cálculo do VPL. Estes projetos envolvem P&D (como é o caso desta tese) ou outra iniciativa exploratória. Um outro aspecto, que leva a uma reflexão sobre a regra do VPL, é

---

<sup>3</sup> Tal é o prestígio da regra do VPL, que Francis [13], a apresenta, na página 208, como “The Venerable Present Value Model”.

que, por não considerar as opções embutidas ou que podem ser criadas nos projetos, ela pode levar as empresas a investir pouco. Uma grande parte do valor de mercado<sup>4</sup> da maior parte das empresas está depositado nas opções que elas possuem para investir e crescer no futuro, e não somente no capital que já investiram. Esta perspectiva é um alerta e um incentivo para os gerentes, que devem dirigir suas atenções não só para as oportunidades colocadas no caminho dos projetos, mas também às formas de como a empresa pode obter novas e melhores oportunidades de investimentos, avaliando-as e incorporando-as ao orçamento de capital da empresa.

Para Luehrman [14,17], os modelos baseados no Fluxo de Caixa Descontado (FCD) não captam as contingências que cercam um projeto, pois assumem um caminho predeterminado, independente do desenrolar dos fatos. Desde meados da década de 1970, a abordagem mais promissora tem sido aquela que se baseia na teoria de precificação das opções. Uma colocação importante deste autor é que a avaliação do projeto com base na teoria das opções não precisa chegar a um resultado exato para melhorar a prática corrente. Se a opção consegue captar a natureza contingente de um projeto, uma percepção melhor do valor do projeto é alcançada com a abordagem opcional. Além disto, a disponibilidade de *softwares* mais amigáveis e de computadores cada vez mais poderosos e velozes permitem a adoção, por parte das empresas, de técnicas mais sofisticadas para avaliação do valor de suas oportunidades de negócio. Desta forma, a adoção da abordagem opcional, atualmente, não é mais um problema ligado às finanças corporativas, mas de desenvolvimento organizacional das empresas.

Trigeorgis [18] enfatiza que as abordagens com base no FCD (principalmente o VPL) para avaliar investimentos de capital não conseguem captar as flexibilidades gerenciais (ou as opções) colocadas à disposição dos gerentes. Tais flexibilidades tornam possível a adaptação e revisão de decisões tendo em vista os desenvolvimentos inesperados do mercado (contingências) ao longo da vida do projeto. Textualmente: “os gerentes podem ter uma valiosa

---

<sup>4</sup> Bouteiller [16], sugere a expansão da classificação que enquadra os ativos intangíveis. Textualmente: “Current definitions of Intangibles are all assets and knowledge-based. Regarding our previous discussion and the global and growing uncertainty of our environment, we think this way to conceive Intangibles is incomplete. Uncertainty is everywhere and may apply to any asset or knowledge capital. Because of this, we think intangibles must include a third dimension, that is optional, and which applies to tangible and intangible capitals. Intangible are made of assets, knowledge, and options”

flexibilidade para alterar sua estratégia operacional inicial de maneira a aproveitar oportunidades favoráveis futuras ou reagir para mitigar perdas.” Para o autor, essa flexibilidade gerencial, que é como uma opção financeira, pode expandir o valor da oportunidade de investimento e pede, conseqüentemente, um critério de investimento expandido ou estratégico. Esse critério deve abarcar o componente tradicional (ou estático) do VPL - decorrente dos fluxos de caixa correntes do projeto - e o valor da opção da flexibilidade gerencial e interações estratégicas. Em vista dos avanços na teoria das finanças corporativas, o orçamento de capital montado com base no FCD, ou, mais especificamente, nos resultados produzidos pelo VPL estático, a partir dos anos 80, vem sendo contestado e, para o autor, representa um processo “falido”.

Lander & Pinches [19] propõem um suporte mais rico para o orçamento de capital, já que o modelo tradicional com base nos métodos de FCD representa uma análise linear e estática. Para os autores o modelo estático falha, pois não permite que a gerência revise sua estratégia, caso os eventos sejam diferentes daqueles concebidos inicialmente. Sendo assim, o cálculo do valor de uma oportunidade de investimento não é uma mera operação de desconto de um fluxo de caixa, mas um processo em que a gerência tem uma participação ativa na construção dos resultados financeiros da empresa. Apesar dos benefícios proporcionados pela abordagem opcional, os autores questionam por que ela não é usada no dia-a-dia das empresas. Respondem o questionamento listando os seguintes obstáculos: os tipos de modelos colocados em uso, devido à necessidade de um conhecimento matemático profundo, não são bem conhecidos e entendidos pelos gerentes, práticos e mesmo muitos acadêmicos; muitos dos pressupostos exigidos para se montar um modelo são freqüentemente violados quando de uma aplicação prática de Opções Reais; os pressupostos adicionais necessários para o tratamento matemático limitam o escopo de aplicação da metodologia.

Copeland & Antikarov [20] imputam muitas falhas à regra do VPL. A principal é que, por não considerar a flexibilidade gerencial contida em um projeto, o cálculo do VPL subestima sistematicamente o seu valor. Constatam ainda, que nenhuma mudança de paradigma é fácil, e exemplificam esse processo com o tempo que durou a substituição da regra do Pay-Back pelo método do VPL. Para os autores, a dificuldade da evolução do VPL para a abordagem opcional decorre da necessidade das mudanças organizacionais na empresa.

## 2.4 Opções Reais (OR)

Assim como a opção financeira, a Opção Real é um direito de se fazer ou não fazer alguma coisa. Contudo, uma grande diferença em relação à opção financeira reside no fato de que o objeto da OR é um ativo real (projeto).

A flexibilidade, típica das opções financeiras, possibilitada pelas ações dos gerentes em relação às incertezas que se resolvem à medida que novas informações se disponibilizam, é fonte de valor pois eles podem alterar a estratégia operacional inicial imaginada para o projeto [Trigeorgis, 18]. Os gerentes podem fazer escolhas, tomar decisões sobre como intervir no projeto à medida que ele se desenvolve no tempo. No campo das Opções Reais, os gerentes podem adiar, abandonar, expandir, contrair, enfim, tomar decisões em relação ao projeto (exercer opções), que aumentam o valor da empresa.

Dias [6] resumiu as principais características dos investimentos em ativos reais da seguinte forma: 1) irreversibilidade total ou parcial; 2) incertezas diversas; e 3) timing.

Dixt & Pindyck [21], percebendo como a irreversibilidade do investimento afeta a decisão de investir, propuseram uma mudança na regra do Valor Presente Líquido. Eles mostraram que uma oportunidade de investir é muito parecida com uma opção financeira, e que, portanto, poderia ser avaliada como tal. Em uma de suas ilustrações sobre o aspecto opcional do investimento em ativos reais, foi apresentado o modelo de Paddock, Siegel & Smith [22], que utiliza a teoria das Opções Reais para avaliar reservas de petróleo não desenvolvidas. Um atrativo deste modelo, de acordo com Dias [6], é que ele permite fazer a analogia entre as opções financeiras e uma Opção Real aplicada no setor de petróleo<sup>5</sup>. O quadro 2.1 é uma reprodução da tabela 06, em que o autor descreve a analogia.

---

<sup>5</sup> E não somente do setor de petróleo.

Tabela 2.1- Reprodução Tabela 06 [Dias, 6] - Analogia de uma Opção Financeira com a Opção Real de Paddock-Siegel-Smith

<b>Opção Financeira (Black-Scholes- Merton)</b>	<b>Opção Real (Paddock-Siegel-Smith)</b>
Valor da opção financeira	Valor da Opção Real de uma reserva não-desenvolvida
Preço corrente da ação	Valor corrente da reserva desenvolvida (V)
Preço de exercício da ação	Custo de investimento para desenvolver a reserva
Taxa de distribuição de dividendos da ação	Fluxo de caixa líquido de depleção como proporção de V
Taxa de juros livre de risco	Taxa de juros livre de risco
Volatilidade da ação	Volatilidade do valor da reserva desenvolvida
Tempo de expiração do contrato de opção	Tempo de expiração dos direitos de investimento

As analogias entre opções financeiras e as Opções Reais não param por aqui, conforme pode-se ver no quadro 2.2.

Como existem as analogias, existem também as diferenças, resumidas no quadro 2.3.

Tabela 2.2 - Outras Analogias entre Opções Financeiras e Opções Reais

<b>Opções Reais</b>	<b>Opções Financeiras</b>
Adiar o Projeto	Opção de compra
Abandonar o Projeto	Opção de Venda
Opção de Expandir Escala do Projeto	Opção de Compra
Opção de Contrair Escala do Projeto	Opção de Venda

Obs: para maiores esclarecimentos, vide Trigeorgis [18]

Tabela 2.3 – Diferenças entre Opções Financeiras e Opções Reais [Dias, 23]

<p><b>Opções Financeiras</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. São tipicamente de curto prazo (&lt; 1 ano);</li> <li>. Ativos financeiros como ações não podem ter valores negativos;</li> </ul>
<p><b>Opções Reais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Podem ser até perpétuas;</li> <li>. Um projeto pode ter valor negativo;</li> <li>. São mais complexas (preço de exercício pode ser incerto, opções compostas são comuns, incerteza técnica além da de mercado, interações com outras firmas;</li> <li>. No exercício existe o tempo de construção;</li> <li>. Cálculo de <math>\delta</math> (taxa de distribuição de Fluxo de Caixa);</li> <li>. Valor do projeto a ser implantado pode não existir no mercado e então deve ser aproximado pelo VP.</li> </ul>

Correntemente, como visto na seção anterior, forma-se um consenso muito forte de que os métodos de FCD, cuja expressão maior é o VPL, não conseguem captar a dinâmica real do mercado. A utilização destes métodos equivaleria a colocar os gerentes agarrados a uma estratégia operacional passiva, ou imobilizá-los frente aos eventos que se desenrolam à sua volta, como as oportunidades de capturar lucros e/ou minimizar perdas.

Em sintonia também com as colocações do item anterior, se desejamos contemplar no Orçamento de Capital o valor criado pela flexibilidade gerencial, uma nova regra de avaliação de projetos se faz necessária. Uma regra que incorpore o valor das OR presentes nas oportunidades de investimentos, como a que apresentamos a seguir.

$$\text{VPL expandido} = \text{VPL estático}^6 + \text{Valor da Flexibilidade (Opções)}$$

## 2.5

### Opções Reais Compostas e Projetos de P&D

Muitos projetos podem ser implementados por meio de estágios. Uma Cia de energia pode comprar uma reserva já comprovada de petróleo (1<sup>o</sup> estágio) para, num estágio posterior (2<sup>o</sup> estágio), decidir se investe imediatamente ou espera por novas informações (por exemplo, aumento do preço do petróleo) antes de desenvolver a reserva. Projetos seqüenciais abrem novas possibilidades de gerenciamento (maior flexibilidade); mas, ao mesmo tempo, implicam no aumento da complexidade dos modelos de avaliação econômica. Para Dixit & Pindyck [21], um projeto organizado em estágios, pode, por exemplo, ser abandonado temporariamente ou permanentemente. Neste caso, o gasto feito em cada estágio propicia uma opção de fazer novos gastos nos estágios seguintes. Esta característica do projeto seqüencial, torna-o análogo a uma opção composta<sup>7</sup>.

Projetos como os de P&D também se desenvolvem por meio de estágios, sendo que cada estágio se fundamenta no sucesso do estágio anterior.

Para Copeland e Antikarov [20], a Teoria das Opções Reais representa uma mudança de paradigma nas decisões de investimentos. Esta mudança coloca o gerenciamento de projetos de P&D como um campo fértil para a aplicação da

<sup>6</sup> Ou VPL tradicional.

<sup>7</sup> Opção composta é uma opção sobre uma opção; em outras palavras, quando a opção é exercida, o ativo subjacente é uma outra opção.



Teoria. Um projeto de P&D, dadas a suas características de opção composta, permite ao gerente administrá-lo em função do potencial do volume de vendas ou lucro propiciado pelo resultado apresentado pelo projeto. Caso este resultado não seja o esperado, o gerente pode, por exemplo, abandonar o projeto, evitando gastos que poderiam ser feitos se o projeto fosse analisado sem levar em consideração suas Opções Reais.

São muitas as formas (opções) de se reagir às mudanças no meio ambiente. Em projetos de P&D, podem estar presentes as possibilidades de melhorar, esperar, abandonar, etc. A avaliação destas diferentes oportunidades de intervenção pedem o desenvolvimento e adaptações nas metodologias e técnicas de precificação de opções, já que a aplicação de técnicas padronizadas como a de Black & Scholes e o Modelo Binomial, por si só, não resolvem o problema<sup>8</sup>.

## 2.6

### Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

Um fator importante e que está por trás da diferença de desempenho entre as empresas é a inovação<sup>9</sup>. Schumpeter<sup>10</sup> [opinião citada em Fargerberg, 24] distingue cinco tipos de inovações: novos produtos, novos métodos de produção, novas fontes de abastecimento, exploração de novos mercados e novas formas de organizar negócios. De um outro ângulo, o renomado economista classifica as inovações de acordo com o grau de radicalidade em relação à tecnologia corrente. Neste sentido, melhorias contínuas se classificam como inovações incrementais ou marginais; inovações radicais, consideradas também “revoluções tecnológicas” são aquelas inovações de impacto e alcance muito grande como, por exemplo, a introdução do automóvel.

<sup>8</sup> A flexibilidade gerencial embutida em projetos de investimentos tomam a forma de uma coleção de Opções Reais. As interações entre elas tornam geralmente seus valores individuais não aditivos. Embora possa parecer intuitivo que algumas opções de fato interajam, a natureza destas interações pode não ser trivial. [Trigeorgis, 18 – capítulo 7]

<sup>9</sup> Existe uma distinção entre invenção e inovação. A invenção é a primeira ocorrência de uma idéia para um novo produto ou um novo processo, enquanto a inovação é a primeira tentativa de colocá-la em prática. Para transformar uma invenção em uma inovação, a empresa precisa combinar diferentes tipos de recursos, como conhecimento, capacidades, habilidades etc [Fagerberg, 24].

<sup>10</sup> O austríaco Joseph Alois Schumpeter (1883-1950) foi um dos maiores economistas do século 20. Entre outras contribuições para a teoria econômica, ele introduziu a expressão criação destrutiva, para descrever o processo de transformação que se segue a uma inovação radical.

Com o propósito de transformar tecnologias e abrir mercados para produtos novos ou melhorados com custos mais baixos, a inovação requer aprendizado [Lazonick, 25]. Aprendizado que possui caráter multidisciplinar, pois não se pode ter uma visão geral da inovação sem as percepções próprias de disciplinas como a sociologia, administração, finanças e outras, que se entrelaçam em conjuntos organizados como é o caso de equipes, empresas, redes e etc.

O processo de inovação é incerto, porque não se pode prever de maneira acurada o custo e o desempenho de um novo produto, serviço ou processo; ele também é complexo, pois envolve diversas variáveis cuja interação não é entendida com a clareza necessária. Sendo assim, os participantes destes processos enfrentam muitas dificuldades quando devem decidir como gerenciar as atividades inovadoras, já que não podem fazer prognósticos precisos a respeito dos resultados técnicos e econômicos dessas mesmas atividades. Pavitt [2] comenta que existe uma grande variação na razão dos resultados *ex post* para as estimativas *ex ante*, a respeito dos custos, benefícios e períodos de tempo, em qualquer carteira de projetos ligados à inovação.

O processo de inovação é caro, leva tempo e possui resultado incerto. O maior desafio do investimento em inovação não é a assimetria de informação, mas a incerteza presente na relação investimento-resultado [O'Sullivan, 26]. Para a autora, a incerteza inerente ao processo de inovação se revela à medida que o processo evolui. Assim, o estado do mundo não pode ser definido até que seja revelado pelo processo e, à medida que isso acontece, as percepções das possibilidades e problemas do investimento inovador mudam.

Verspagen [27] entende que do ponto de vista microeconômico dois aspectos importam para a mudança tecnológica e inovadora: a incerteza e o grau de importância da inovação. A incerteza é considerada fraca, quando se pode usar uma distribuição de probabilidades para uma certa faixa de eventos, para ponderar as conseqüências econômicas das decisões; a incerteza é considerada forte, quando os resultados incertos de um processo não são conhecidos de antemão, ou seja, os eventos para os quais a distribuição de probabilidades é necessária não podem ser identificados. Em situações em que a incerteza é forte, os cálculos (elegantes) para se chegar aos valores esperados dos processos aleatórios não podem ser feitos. O relacionamento do grau de importância do processo de inovação com a incerteza resulta nos seguintes pares: incerteza forte/inovação

radical (revolução tecnológica) e incerteza fraca/ inovação incremental (ou marginal).

Entre as atividades empreendidas pelas organizações e instituições que compõem os sistemas de inovações, destacam-se aquelas relacionadas à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Pavitt [2] afirma que a maior fonte de inovação no século 20 foi o laboratório industrial de P&D, fonte que ainda se mantém importante no século 21.

Segundo definição constante no sítio da Finep [28], P&D “é o trabalho criativo e empreendido em base sistemática com vistas a aumentar o estoque de conhecimento, incluindo o conhecimento do homem, da cultura e da sociedade, e ao uso desse estoque para perscrutar novas aplicações.” Ela é geralmente pensada como se constituindo de três atividades: pesquisa básica, empreendida para adquirir novos conhecimentos sem uma visão de sua aplicação; pesquisa aplicada, direcionada para um objetivo específico; desenvolvimento, que é o trabalho com base nos resultados da pesquisa, direcionado para a criação de produtos ou processos novos ou melhorados [Hall, 29].

Do ponto de vista da teoria do investimento, a P&D apresenta algumas características diferentes dos investimentos comuns. Um deles é que as atividades de P&D são direcionadas para a criação de um ativo intangível; o segundo, é o grau de incerteza associado ao resultado de suas atividades, incerteza que tende a ser maior no início do programa. Essa segunda característica das atividades de P&D sugere o caráter opcional de uma estratégia ótima de investimento, que não deve ser analisado com um suporte estático. Aspectos importantes de programas de P&D são os relativos à assimetria de informação e de agência. O primeiro deles se manifesta com o fato de que o inventor possui mais informações do que os investidores potenciais; o segundo, aparece na forma usual do problema agente-principal [Hall, 30]. Para a autora o problema de agência surge dos conflitos que podem existir dada a separação entre os produtores e os financiadores de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento. Os cenários que podem se revelar a partir da separação mencionada podem levar a estratégias de investimentos que não são maximizadoras de valor.

## 2.7

### **Incertezas de Mercado e Técnica**

Entre as condições para a existência das opções está a existência da incerteza. Embora ela seja um pré-requisito para a aplicação da abordagem opcional Bräutigam & Esche & Mehle-Bicher [31] entendem que pouca pesquisa tem sido feita a respeito da sua natureza.

De uma forma geral, as incertezas presentes em um projeto são colocadas em duas categorias: técnica e de mercado. A primeira delas, considerada endógena, é específica da firma e é diversificável por meio da construção de carteiras, tanto pelo lado da empresa (diversificação de projetos e produtos), como pelo lado do investidor (carteira de ações). A segunda, considerada exógena, afeta todos os produtos, projetos e negócios.

A existência desses tipos de incerteza é um aspecto importante a diferenciar as opções financeiras das opções reais. A incerteza própria dos instrumentos financeiros (como as opções subscritas sobre ações, taxas de câmbio, etc) é a de mercado, exógena. Entretanto, quando o ativo subjacente de uma opção é um projeto, a coexistência dos dois tipos de incerteza pode acontecer.

Um ponto de distinção entre as incertezas técnica e de mercado são as ações que o proprietário de uma opção pode tomar para mitigá-las. Quando a incerteza é de mercado, dominada pelo macro-ambiente, pouco se pode fazer; quando a incerteza é técnica, própria do micro-ambiente, ações gerenciais podem reduzi-la [Lint & Pennings, 32].

Dixit & Pindyck [21] dividiram o impacto da incerteza de custo no valor do projeto em dois componentes. De um lado, existe o impacto causado pela incerteza dos preços (custos) dos insumos utilizados no empreendimento, que flutuam aleatoriamente ao longo do tempo. Esse componente da incerteza possui o mesmo efeito na decisão do investimento do que a incerteza sobre os valores futuros dos “payoffs” do projeto: independentemente do que a empresa faça, cria-se um incentivo para o adiamento do projeto. Por outro lado, existe o impacto derivado da incerteza técnica. Essa incerteza, relacionada ao desconhecimento do tempo, esforço e materiais necessários ao projeto, só será resolvida quando do seu término, o que só acontecerá por meio de investimentos. A diminuição da incerteza em torno de variáveis importantes do projeto, obtida com os

investimentos<sup>11</sup>, cria um incentivo para que os investimentos no projeto sejam acelerados.

Posto que ambos os tipos de incerteza são importantes para a decisão de investimento, Pindyck [33] desenvolveu um modelo envolvendo-as. Neste modelo, a redução da variância da incerteza técnica não ocorre devido à passagem do tempo, mas somente quando há o investimento da firma. A análise, aplicada ao investimento em uma planta nuclear, encaminhou a seguinte conclusão: para projetos que envolvem grandes investimentos (como foi o caso da planta nuclear), a incerteza de custo provavelmente será mais importante do que a incerteza técnica; entretanto, o oposto pode ser o caso para projetos de P&D, já que as fontes e a quantidade de incerteza variam muito entre os projetos.

Para Dias [6], a incerteza técnica é aquela relacionada às características específicas de um projeto e possui um papel muito importante na valoração de empreendimentos como E&P de petróleo, mineração, P&D de inovação tecnológica etc. Sua tese, focada na modelagem da incerteza técnica sobre existência, o volume e a qualidade de um campo de petróleo, traz muitas contribuições para o melhor entendimento deste aspecto da incerteza. Numa de suas proposições, a de número 4, fica estabelecido que a incerteza técnica não demanda prêmio de risco por parte de corporações de acionistas diversificados<sup>12</sup>. Outro ponto muito enfatizado pelo autor e tratado corretamente no modelo de Pindyck [33] previamente mencionado, que comentamos é a questão da indexação do processo aleatório da incerteza técnica. Para Dias [6], a utilização do tempo como indexador em geral não pode ser adotado nas aplicações de Exploração e Produção de Petróleo e Pesquisa e Desenvolvimento.

---

<sup>11</sup> Dixit & Pindyck pressupõem que os investimentos feitos geram informações úteis para diminuir a incerteza técnica.

<sup>12</sup>. “A incerteza técnica é independente da evolução do mercado (flutuações no mercado não afetam a probabilidade de ocorrência de petróleo, o volume, etc.) e, logo, tem correlação zero com o retorno do portfólio de mercado (é um risco diversificável).”

. “A incerteza técnica não demanda prêmio de risco por parte de investidores diversificados de corporações – como acionistas das companhias de petróleo.”

. “As distribuições de incerteza técnica não necessitam de nenhum ajustamento ao risco, pois o prêmio de risco requerido por investidores diversificados é zero.”

. “A proposição 4 tem importantes implicações na valoração de Opções Reais, especialmente nos métodos que usam a valoração neutra ao risco. Exemplos de métodos neutros ao risco: método binomial e simulação de Monte Carlo de processos neutros ao risco. As distribuições de probabilidade de Incerteza Técnica não necessitam de nenhum ajustamento ao risco, pois o prêmio de risco requerido por investidores diversificados é zero.” (Dias, 6)

Também para Copeland & Antikarov [20], a hipótese de que a incerteza se resolve com a passagem do tempo não se aplica indiscriminadamente. Em muitos projetos, as principais incertezas independem do que possa acontecer no mercado. Como exemplo, os autores citam a incerteza tecnológica, que, por meio de investimentos em atividades de P&D, pode ser reduzida<sup>13</sup>.

## 2.8

### **Tempo de Duração de um Projeto: Variável Aleatória**

Um projeto é um esforço temporário, feito somente uma vez, para criar um produto ou serviço/tecnologia únicos, que causam mudanças benéficas ou aumento de valor. Para que isso aconteça, recursos como capital, pessoas, materiais etc, devem ser organizados em um conjunto de atividades cujo desempenho está sujeito à restrições como o tempo, o custo e os requerimentos que o projeto deve contemplar (escopo) [34].

Como um esforço temporário, o projeto possui um ciclo de vida (início e fim) que pode se processar por meio de etapas ou fases distintas (praticamente a sua totalidade). Durante o ciclo de vida do projeto, a equipe responsável pelo mesmo se envolve com o gerenciamento dos prazos, recursos, custos, bem como com o desenvolvimento do produto ou serviço/tecnologia.

Ao final de cada fase ou etapa, a gerência recebe o que foi feito na fase (deliverables) e aproveita esse marco do projeto para verificar se os “deliverables” atendem aos padrões de qualidade e desempenho especificados e pode tomar decisões importantes como, por exemplo, a de continuar ou não com o projeto.

O sucesso ou fracasso de um projeto depende da sua sintonia com o que foi planejado em termos de tempo, custo e desempenho. Embora muito se gaste com a organização e o gerenciamento dos recursos para fazer com que o projeto

---

<sup>13</sup> “No caso de muitos projetos, as principais incertezas se relacionam com tecnologia, mudanças em regulamentações, atividades dos concorrentes e assim por diante. A maioria dessas incertezas não se resolve suavemente ao longo do tempo, como nos casos dos processos Brownianos. Elas se resolvem quando a informação se torna disponível. .... Em muitas situações, a incerteza não se resolve por si só. São necessários esforços e investimentos para conhecer mais a respeito das condições do projeto e reduzir a incerteza. Se a gerência tiver flexibilidade para fazer este investimento, ela detém uma opção chamada opção de aprendizagem. As decisões de investir mais em pesquisa geológica e descobrir a magnitude exata de depósitos de minérios ou de conduzir testes de mercado para dimensionar as vendas esperadas são exemplos desse tipo de opção.” [Copeland & Antikarov, 20]

chegue a bom termo, muitos problemas acontecem. Muitos desses problemas estão ligados às incertezas que cercam variáveis importantes, como o tempo ou o custos para se iniciar e terminar um projeto. Tomando como exemplo a variável tempo, o atraso de um projeto pode acarretar não somente a perda de receitas importantes, mas custar à empresa a própria oportunidade de negócio [35].

Olhando o problema da incerteza pela ótica financeira, Dixit & Pindyck [15] alertam para o fato de que, qualquer teoria de investimentos precisa abordar a questão de como o gerente, ao encarar a incerteza sobre as condições futuras, deve decidir se investe ou não em um projeto.

Estimar a duração é um dos aspectos mais difíceis e complexos do planejamento de um projeto, pois diversos fatores<sup>14</sup> devem ser considerados [35]. O problema ainda se torna mais agudo quando o projeto é inédito, e não se tem qualquer experiência prévia. Projetos de P&D, por exemplo, são diferentes de muitos projetos de engenharia civil. Os projetos que tratam de P&D se propõem a resolver incertezas tecnológicas ou científicas, com o objetivo de se obter avanços na ciência e tecnologia, avanços esses que incluem produtos, processos ou serviços novos ou melhorados [36]. Por outro lado, os projetos da engenharia civil, embora únicos, possuem tecnologia semelhante. Tal faceta destes projetos permite a padronização de atividades e a criação, até mesmo, de um registro histórico dos tempos de atividades, que pode ser aproveitado para se fazer estimativas melhores e mais precisas minorando assim a incerteza a respeito da variável tempo.

A dificuldade de se fazer uma estimativa do tempo de duração de projeto, verificada nas diferenças que ocorrem entre o tempo estimado e o tempo realizado, explica-se pelo fato de que o tempo é uma variável aleatória. Ou seja, existem fatores desconhecidos que influenciam o tempo de duração, e que são devidos a fatores os mais variados.

O fato do tempo de duração do projeto<sup>15</sup> ser uma variável aleatória não exime a equipe do projeto da responsabilidade de enfrentar o desafio. Dois aspectos, porém, devem ser considerados quando do tratamento desta questão: o

---

<sup>14</sup> Ameaças e oportunidades que aparecem no desenvolvimento do projeto, a competência e produtividade da equipe e sua curva de aprendizagem etc.

<sup>15</sup> Segundo Barcauí et. Al. [35], o marco mais importante para a gerência do tempo é a entrega do projeto, do que podemos inferir que a duração mais importante é aquela que compreende o início e o fim do projeto.

primeiro deles é que existe uma relação entre o escopo do projeto e a duração do mesmo; o segundo é que à medida que o projeto avança as incertezas a respeito do projeto vão diminuindo, o que significa que a variância da variável aleatória tempo pode diminuir.

## 2.9 Pesquisa Atual

Nesta seção, serão resumidos alguns estudos que utilizam preferencialmente a abordagem opcional na avaliação de projetos de P&D, com o objetivo de situar de uma maneira mais ampla o tratamento dado à variável tempo.

Adler et. al. [37] preocupam-se com o fato de que o tempo de desenvolvimento de um produto se torna, a cada dia que passa, um fator extremamente competitivo. Dado que a incerteza é inerente ao desenvolvimento dos produtos, os autores criticam os modelos correntes que, por serem na sua maioria determinísticos, não captam adequadamente o aspecto incerto da variável tempo. Exemplificam essa situação citando as técnicas PERT e CPM<sup>16</sup>, muito usadas para o gerenciamento de projetos que tratam o tempo das atividades como variável determinística. O contexto em que desenvolveram o modelo é o de uma empresa que precisa gerenciar projetos que concorrem entre si pelos recursos disponíveis, e o modelo tem como finalidade analisar o tempo de desenvolvimento. Para isso, a organização do desenvolvimento foi modelada como um processo estocástico no qual os recursos são designados por “estações de trabalho” e os projetos são os “trabalhos” que percorrem as estações. A título de conclusão, os autores discutem os principais impedimentos – que classificaram em técnicos e organizacionais - às expectativas iniciais de melhorar o gerenciamento do processo e construir uma ferramenta de apoio. Apesar das dificuldades encontradas, eles consideraram que só as percepções propiciadas pela abordagem aleatória justificaram o esforço do modelo proposto.

Ding & Eliashberg [38] observam que quando não há uma abordagem mais indicada para se desenvolver um novo produto, os gerentes devem decidir quantas abordagens serão encaminhadas simultaneamente, nos vários estágios do projeto. Uma situação como esta pode ser resolvida por meio da estruturação de

---

<sup>16</sup> As técnicas PERT (Program Evaluation and Review Technique) e CPM (Critical Path Method) são usadas para o Planejamento e Controle de projetos.



um “pipeline”, ou seja, da escolha do número de abordagens que serão financiadas em cada um dos estágios da pesquisa. A formulação do modelo estabelece entre os pressupostos principais que, embora possam variar de um estágio para outro, os custos e as probabilidades de sucesso das diversas abordagens adotadas em um determinado estágio são os mesmos. Para não se desviar dos fatores principais do problema, o modelo considera todos os valores monetários trazidos para o presente, com base no custo do capital e do tempo. Alimentando o modelo com os parâmetros corretos, as regras de decisão para se estruturar um “pipeline” ótimo, podem ser captadas por uma árvore de decisão construída para o projeto do produto que se pretende desenvolver. Para dar a dimensão do problema que desejam focar, os autores estudam o caso da pesquisa de uma vacina para a AIDS, e demonstram como o modelo pode ser usado pelos gerentes para fazer recomendações tendo em vista a presença da incerteza, o que pode ser obtido variando os valores dos parâmetros principais.

Granot & Zuckerman [39] propõem um modelo para avaliar um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, que se desenrola seqüencialmente em vários estágios. Em cada estágio, diversas alternativas de atividades de Pesquisa e Desenvolvimento podem ser desencadeadas, e o término com sucesso de uma atividade corresponde a uma descoberta tecnológica ou a um avanço decisivo (breakthrough). O sucesso de uma atividade permite a continuação do projeto. Em cada estágio, no decorrer do projeto, é permitido ao decisor terminar o processo de desenvolvimento, recebendo a recompensa que o estado do projeto propiciar, ou continuar, escolhendo uma, entre o conjunto de atividades de pesquisa e Desenvolvimento factíveis, no estágio corrente. O objetivo do artigo é construir um modelo que possibilite o planejamento e o gerenciamento de projetos, de maneira que uma empresa possa imaginar um programa de Pesquisa e Desenvolvimento e uma regra de parada determinada endogenamente que maximize sua taxa esperada de retorno líquida. Os autores caracterizaram cada atividade de Pesquisa e Desenvolvimento, por meio de sua taxa de gasto, tempo para o seu término e probabilidade de sucesso. As atividades de Pesquisa e Desenvolvimento são apresentadas por meio de uma árvore, em que os arcos representam as atividades e os nós o status do projeto. A solução é obtida com as técnicas de programação dinâmica. Os procedimentos para se alcançar a política ótima de decisão e os dados para a resolução de um exemplo consideraram o

tempo uma variável determinística, embora os autores mencionem que esses procedimentos possam ser estendidos para modelos de Pesquisa e Desenvolvimento em que o tempo de término da atividade seja considerado uma variável aleatória.

Bowman & Moskowitz [40] colocam a questão de que as teorias organizacionais para tomada de decisões estratégicas e a abordagem opcional para análise de investimentos, embora possuam preocupações comuns, podem indicar caminhos diferentes. O exemplo posto em discussão, foi a avaliação de um negócio entre a Merck e uma pequena empresa de biotecnologia. A Merck desejava entrar em uma nova linha de negócios, que exigia a tecnologia detida pela pequena empresa e, como o acordo entre as empresas tinha as feições de uma Opção de Compra, foi usada a abordagem opcional e o modelo padrão de Black & Scholes [41]. Para os autores, a principal barreira para os usuários de modelos quantitativos para avaliação de Opções Reais Estratégicas se encontra no número de problemas para a implementação destes modelos, que podem ser assim resumidos: encontrar um modelo cujos pressupostos se casam com aqueles do projeto que está sendo analisado; determinar os parâmetros de entrada do modelo; e ser capaz de resolver matematicamente o algoritmo para a precificação da opção (problemas elencados por Lander & Pinches [19], e citados pelos autores). Conseqüentemente, a analogia entre as Opções Financeiras e as Opções Reais não pode ser levada ao pé da letra, quando da avaliação de opções estratégicas que não possuem as mesmas características de opções inscritas sobre ativos que são negociados no mercado. Os autores comentam as dificuldades para a Merck determinar alguns dos parâmetros de entrada do modelo da Black & Scholes [41] - preço da ação, volatilidade, tempo de vencimento da opção e preço de exercício-, que deveriam ser adaptados para o caso da avaliação de uma Opção Real. Especificamente em relação ao tempo, que para o modelo de Black & Scholes [41] é um parâmetro conhecido, Bowman & Moskowitz [40] entendem que, quando se trata de Opções Reais Estratégicas freqüentemente não existe um tempo de expiração determinado. Motivos como este fazem com que, durante a fase de planejamento estratégico e orçamento de capital, o modelo opcional de avaliação financeira seja somente uma parte, e deva ser uma ferramenta moldada de acordo com as características e propósitos do investimento.

Perlitz et. al. [42] entendem que a riqueza conceitual da abordagem opcional ainda não foi aplicada nas doses necessárias aos problemas relacionados à Pesquisa e Desenvolvimento. Consideram os autores que se a dificuldade de se determinar o valor da variável tempo já não é fácil para muitos projetos de Opções Reais, este problema pode se agravar ainda mais no caso de Opções Reais presentes em projetos estratégicos como é o caso das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento. O exemplo apresentado pelos autores, de um projeto de P&D na indústria farmacêutica, é resolvido com o modelo de opções compostas de Geske, em que a variável tempo é determinística para as duas fases projeto.

Bollen [43] acha que a flexibilidade na operação de uma planta produtiva é desejável, pois permite a mudança de sua capacidade (expandir ou contrair) de acordo com as condições de mercado. Essa questão surge ao se pensar em selecionar apropriadamente o tempo de duração de um projeto, pois no caso de uma demanda que cresce além do esperado, o interessante seria esticar a vida do projeto; mas, para uma demanda em declínio, o contrário poderia ser o caminho mais adequado. Por isso, há a necessidade de se calcular o valor da flexibilidade gerencial de mudança da capacidade na fase de planejamento da planta. Entretanto, para o autor, a abordagem opcional ignora sistematicamente o modelo de ciclo de vida do produto<sup>17</sup>, ao estabelecer uma taxa esperada para o crescimento da demanda ou do preço do produto, variáveis regidas por uma difusão geométrica simples, ignorando que a dinâmica da demanda do produto poderá mudar de forma acentuada ao longo da vida do projeto. O artigo apresenta um suporte para avaliação da opção para mudar a capacidade de um projeto, que incorpora, explicitamente, o ciclo de vida do produto, que começa com um regime crescente de aumento da demanda e muda aleatoriamente para um regime de declínio de diminuição da demanda. Cada estágio do ciclo de vida do produto é marcado por um tipo diferente de demanda aleatória, e a duração de cada estágio é desconhecida, já que a mudança de regime da demanda acontece de forma probabilística e relacionada ao tempo decorrido desde o início do projeto. A

---

<sup>17</sup> O ciclo de vida do produto se refere à sucessão de estágios pelos quais ela passa – introdução, crescimento, maturidade, declínio [44]. Os modelos de ciclo de vida do produto são baseados na noção de que a demanda diminui em algum ponto, devido à saturação do mercado, introdução de mercadorias competitivas, desenvolvimento de uma tecnologia superior ou mudança dos gostos do consumidor [43].

solução é obtida por meio da programação dinâmica aplicada a uma treliça<sup>18</sup> com os valores da variável aleatória subjacente (demanda) e a variável de escolha (capacidade). A duração de cada estágio é aleatória, pois a demanda é governada por um ciclo de vida do produto aleatório, e o exemplo estabeleceu uma vida finita para o projeto. Conclui o autor que modelos opcionais que não consideram o ciclo de vida do produto podem sub-avaliar a opção de contração, pois subestimam a probabilidade de que a demanda poderá diminuir em algum ponto, e sobreavaliar a opção de expansão, pois trazem implícito que a demanda crescerá indefinidamente.

MacGrath & MacMillan [46] apresentam um processo<sup>19</sup> embasado na teoria das Opções Reais, para auxiliar as equipes envolvidas com projetos imersos em incertezas, na simplificação do processo decisório, bem como em não deixar que variáveis estratégicas importantes passem despercebidas. Para os autores, que enfatizam a utilização do processo para projetos de tecnologia, o valor de um investimento em Opções Reais é idiossincrático, ou seja, depende dos recursos humanos e materiais da própria empresa. Os procedimentos propostos compreendem a resposta e a ponderação de diversos pontos relacionados à demanda futura do projeto, dinâmica da adoção do produto pelo mercado, Blocking<sup>20</sup>, resposta dos concorrentes, aumento da sustentação do produto, potencial de manter padrões, custos de comercialização etc. Espera-se que a aplicação desta metodologia leve a equipe do projeto a resolver antecipadamente questões que podem prejudicar o projeto, e mostrar se os benefícios esperados superam os custos do empreendimento. É ressaltado também o aspecto importante do investimento seqüencial, típico de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, em que o decisor pode parar o desenvolvimento, vender, negociar ou licenciar o resultado alcançado em cada marco do projeto, com o objetivo de obter lucros. As incertezas externa (mercado) e interna (técnica) são consideradas essenciais. Nesta abordagem opcional, que poderíamos chamar de mais voltada para o lado qualitativo, encabeça a lista dos cerca de vinte tipos de incertezas técnicas o tempo que levará o projeto de desenvolvimento.

---

<sup>18</sup> O método utilizado foi descrito no artigo do próprio autor, denominado Valuing Options in Regime-Switching Models [45]

<sup>19</sup> Strategic Technology Assessment Review (STAR<sup>®</sup>)

<sup>20</sup> Ocorre quando um negócio é impedido de ter acesso a recursos críticos, canais de vendas ou consumidores, devido à ação de outras partes.

Huchzemeier & Loch [10] apresentaram uma proposta de avaliação da flexibilidade gerencial (opções) em projetos de P&D para produtos. Enfatizando o fato de que ainda existem poucas evidências práticas de avaliação de projetos de P&D, o artigo acena com resultados de estudos mais recentes, em que, o aumento da incerteza, que não a do payoff de mercado, pode reduzir o valor da opção. Tal situação, decorreria de outras fontes de incertezas ou incertezas operacionais, enfrentadas pelos gerentes dos programas de P&D. Cinco tipos de incertezas foram percebidas pelos autores: custo do projeto; tempo do projeto; desempenho do produto; payoff do mercado; requerimentos do mercado. Considerando essas contingências, o valor (V) do projeto pode ser escrito:  $V = f(\text{desempenho, custo, tempo, requerimento de mercado, payoff de mercado})$ . Com a abordagem opcional, os autores procuraram ligar estes tipos de incertezas ao valor da flexibilidade gerencial, melhorar o gerenciamento de risco e examinar a influência da variabilidade desses fatores operacionais no valor da flexibilidade do projeto. O exemplo se baseia num projeto de P&D realizado em estágios de um novo produto. Por meio de um modelo de treliça resolvido com as técnicas da programação dinâmica, eles mostram que o aumento de algumas incertezas operacionais, mais especificamente as incertezas no desempenho do produto e no requerimento do mercado, podem reduzir o valor da opção real. A análise do impacto da variabilidade do tempo, que também pode diminuir o valor da flexibilidade, foi feita por meio de um modelo mais simplificado, sem considerar os estados do desempenho do produto. Numa outra contribuição, os autores estenderam a classificação das opções (apresentadas geralmente como de espera, abandono, expansão, contração e troca<sup>21</sup>), propondo a opção de melhoria. Esta opção deriva seu valor da possibilidade de melhorar o desempenho do produto, com um custo naturalmente, no decorrer do projeto de P&D. Com esta inovação, as decisões a serem tomadas no decorrer do projeto devem considerar as opções de abandono, continuação e melhoria do projeto. No artigo, são feitas então várias proposições a respeito dos limites impostos às políticas ótimas (abandono, continuação e melhoria), comportamento do VPL e valor da opção. Os autores concluem, alertando os gerentes sobre a importância de se manter a flexibilidade do projeto como forma de adicionar valor ao mesmo.

---

<sup>21</sup> Vide Trigeorgis [18], capítulo 5.

Santiago & Vakili [11] aprofundaram a reflexão sobre as questões e as proposições contidas no artigo de Huchzermeier & Loch [10], chegando a conclusões diferentes a respeito das políticas ótimas a serem adotadas no decorrer do projeto de P&D. Usando as mesmas fontes de incertezas e o mesmo modelo, mas corrigindo falhas no tratamento matemático de Huchzermeier & Loch [10], Santiago & Vakili [11] chegaram a conclusões, que, de acordo com suas próprias palavras, às vezes foram contrárias e, às vezes, diferentes. Alguns exemplos são mostrados no quadro 2.4.

Tabela 2.4 - Algumas Conclusões dos Autores Huchzermeier & Loch e Santiago & Vakili

<b>Huchzermeier e Loch</b>	<b>Santiago e Vakili</b>
O valor da flexibilidade diminui quando a variabilidade do <u>desempenho do produto</u> aumenta.	O aumento da variabilidade do desempenho do produto pode levar a valores maiores ou menores para o projeto e para a flexibilidade.
Um aumento em $\sigma$ (desvio padrão da variável <u>requerimento de mercado</u> ) diminui o valor do projeto e o valor da flexibilidade.	Não é possível prever o impacto de um aumento de $\sigma$ no valor do projeto ou no valor da flexibilidade.
De uma forma geral se a variabilidade do <u>payoff de mercado</u> aumenta, o valor da flexibilidade aumenta.	Foram estudados vários casos com conclusões diferentes.

Contudo, as análises conduzidas por Santiago & Vakili [11] consideraram aleatórias apenas três, das cinco fontes de incertezas indicadas por Huchzermeier & Loch [10]: o payoff de mercado, desempenho do produto e requerimento do mercado. O custo e o tempo para completar o projeto de Pesquisa e Desenvolvimento do produto, na oportunidade, foram considerados variáveis determinísticas.

Pennings & Lint [47] analisam a situação em que a gerência da empresa se encontra imersa em dúvidas a respeito dos preços, das vendas e até mesmo do momento de colocação de um produto no mercado global. O custo para a introdução do produto em larga escala é muito alto, e uma estratégia de lançamento mais prudente pode possuir valor, pois se pode aprender com o mercado. Não são poucas as empresas que adiam um lançamento global para ganhar com o aprendizado, já que o valor desta estratégia de lançamento, está na flexibilidade gerencial para a introdução do produto, pois se as vendas forem

recompensadoras durante o período e na área da fase de lançamento, um investimento de maior porte pode ser feito. Caso contrário, a introdução do produto pode ser até mesmo abandonada. Centrados nesta preocupação, os autores apresentam um modelo opcional para avaliar o desenrolar de uma fase de lançamento de um produto e determinar o tempo ótimo, bem como a área ótima a ser abrangida pela fase. No modelo proposto e aplicado à introdução de um CD-I da Philips, os autores desenvolvem um critério para determinar se o produto é um “problema” ou se o resultado da fase é positiva. No primeiro caso – produto problemático -, é aconselhável atrasar o lançamento global. A margem unitária das vendas e a demanda (quantidade) são as variáveis aleatórias do modelo, e seguem Movimentos Geométricos Brownianos que se correlacionam negativamente. O lançamento em fases deve ser considerado quando o VPL do projeto em grande escala é duvidoso e as incertezas a respeito da tecnologia e do mercado são consideráveis, pois o valor desta opção, em muitos casos, não pode ser posta de lado. Embora o lançamento em fases possa abarcar um grande número de investimentos, sua aplicação exige cuidados, devido a problemas como, por exemplo, presença de firmas competidoras que podem impactar negativamente o valor da operação.

Hsu & Schwartz [48] desenvolveram um modelo de avaliação de Pesquisa e Desenvolvimento, tendo em vista que, por um lado, as companhias farmacêuticas multinacionais, não tendo como justificar os gastos, não alocam recursos para o desenvolvimento de vacinas para doenças como a tuberculose, a malária e diversos tipos de AIDS, que matam milhões de pessoas em países subdesenvolvidos. Por outro lado, as organizações internacionais e fundações privadas, dispostas a patrocinar projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, enfrentam o dilema de como administrar o patrocínio de forma eficaz – ou, como assegurar a eficácia da vacina e ao mesmo tempo altos níveis de atividades de Pesquisa e Desenvolvimento. O modelo focou na avaliação das vantagens e desvantagens dos seguintes programas de patrocínio: os que subsidiam o custo dos investimentos (*Push Programs*); os que subsidiam as receitas (*Pull Programs*); e os que combinam os dois tipos de subsídios (*Híbrid Programs*). A abordagem opcional foi escolhida, devido a características tais como as possibilidades de aprendizado propiciadas pelos resultados intermediários alcançados ao longo do desenvolvimento do projeto de Pesquisa e

Desenvolvimento, bem como pelo seu abandono. O modelo incorpora as incertezas que cercam a qualidade da vacina, o tempo e custo para completar o projeto e a demanda de mercado para a vacina, e é resolvido com a metodologia de simulação desenvolvida por Longstaff & Schwartz [49]. O projeto foi dividido em três fases – que podem ser aumentadas conforme o caso sob análise -, sendo as duas primeiras com duração incerta. O pressuposto de que as taxas de investimento fossem constantes permitiu que o custo e o tempo para completar cada uma das duas primeiras fases se comportassem como mapeamentos um-para-um. O custo esperado para completar cada uma das duas primeiras fases do projeto se desenvolvem de acordo com um Movimento Aritmético Browniano, e o tempo é o decorrido do início da fase até o momento que o processo de difusão do custo alcança o valor zero; ou seja, o tempo é modelado por meio da função de densidade de primeiro toque de um Movimento Aritmético Browniano, que não é normal. O modelo avalia cada uma das configurações dos programas de patrocínio, de acordo com as seguintes dimensões: custo esperado para o patrocinador; probabilidade de sucesso do desenvolvimento da vacina; excedente gerado para o consumidor; número esperado de vacinações com sucesso; e custo esperado por pessoa vacinada com sucesso. O exemplo escolhido para aplicação do modelo foi um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento para a vacina HIV/AIDS. Devido ao foco desta tese cabe destacar do conjunto de parâmetros de entrada do exemplo o valor esperado e a volatilidade da variável aleatória tempo que, para atender a situação a ser avaliada, foram de 2,5 e 0,32 anos e 6 e 0,98 anos, para as fases um e dois, respectivamente. Os resultados do estudo mostraram que os contratos híbridos são preferíveis aos contratos que subsidiam receitas (menos efetivo para encorajar atividades de Pesquisa e Desenvolvimento, embora um acordo bem feito possa induzir uma quantidade socialmente ótima de oferta da vacina), que são preferíveis aos contratos que subsidiam o custo (efetivo para encorajar atividades de Pesquisa e Desenvolvimento, mas com desempenho pobre quanto à capacidade de ofertar quantidades adequadas da vacina, uma vez que o resultado do projeto seja um sucesso).

## **2.10**

### **Contribuições da Tese**

Para ser tratado corretamente, o tempo necessário para se implantar um projeto ou cada uma das fases de um projeto, deve ser considerado uma variável



aleatória. Tal necessidade se torna ainda mais expressiva quando o projeto visa desenvolver tecnologia para posicionar estrategicamente a empresa em um cenário competitivo mais amplo. É no sentido de contemplar e enfatizar essa questão que se encontram as principais contribuições desta tese. Por um lado, o trabalho foca uma situação em que a Teoria das Opções Reais é aplicada explicitamente para um caso que o tempo é uma variável aleatória e pode-se fazer conjecturas probabilísticas a seu respeito; por outro, desenvolve-se um modelo - adaptável e que pode ser aprimorado -, para uma situação em que a finalidade do projeto de P&D (conduzido em um contexto em que o tempo é uma variável aleatória) está voltado para o desenvolvimento de tecnologia e busca-se avaliar o efeito do desempenho dessa tecnologia no valor de uma planta GTL. Sob esse último aspecto, cabe acrescentar que boa parte da Teoria das Opções Reais tem sido aplicada a projetos de P&D que tem como objetivo o desenvolvimento de produtos e não de tecnologias; além disso, também não se pode deixar passar despercebido que quando se trata de projetos de P&D em tecnologia GTL, a literatura ainda se encontra muito escassa de desenvolvimentos teóricos e aplicações práticas.