

# 1 Introdução

## 1.1 Apresentação do Problema

As inovações propiciadas pela tecnologia, um dos principais derivados das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento, responde hoje por boa parte do valor criado pelas empresas. De acordo com Boer [1], o planejamento de longo prazo<sup>1</sup> é fundamental para os praticantes de Pesquisa e Desenvolvimento, já que seu propósito é criar valor estratégico para a empresa. A Teoria das Opções Reais – capaz de lidar com as incertezas associadas ao resultado de projetos – coloca à disposição do tomador de decisão um instrumental poderoso para alinhar o processo de Orçamento de Capital com as decisões estratégicas da empresa, pois possibilita a quantificação de uma visão essencialmente qualitativa.

A presente tese, utiliza a Teoria das Opções Reais para avaliar o impacto de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento no valor de uma planta Gas-To-Liquid (GTL). A modelagem proposta engloba a incerteza técnica presente na evolução do desempenho da tecnologia que está sendo desenvolvida e sua influência nos custos dos investimentos e nos custos operacionais da planta. Entretanto, conforme constata Pavitt [2], entre outros itens, engenheiros e cientistas tendem a ser mais otimistas a respeito do tempo necessário para completar seus projetos, e os resultados “ex-post” acabam por divergir das previsões feitas “ex-ante”. Assim, o principal objetivo e a principal contribuição deste trabalho é modelar e analisar o impacto de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento em tecnologia, no valor de uma planta GTL, considerando o tempo de duração de cada uma das fases do projeto uma variável aleatória, sorteada com base em uma determinada distribuição de probabilidades.

Sabe-se que não existe uma maneira única e melhor para abordar esse problema. Por outro lado, como propõe Damodaran [3], o próprio processo de estimar o valor da opção é um passo importante para entender o que impulsiona o seu valor; ou, como colocam Smit & Trigeorgis [4], para ligar a estratégia corporativa com a criação de valor da empresa, os fatores que impulsionam as oportunidades de investimentos devem ser identificados.

---

<sup>1</sup> É por meio do planejamento de longo prazo que se propõe a estratégia da empresa.

Assim, o foco do deste trabalho se volta para a questão da intensidade com que o aumento da variabilidade e do valor esperado do tempo incide sobre o valor da flexibilidade propiciada pelo desenvolvimento em etapas de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento. Tal projeto tem o objetivo de aumentar a eficiência da tecnologia GTL, reduzindo os custos de investimentos e operacionais da planta. Para responder a estas e a outras questões, foi desenvolvido um modelo que combina a Simulação de Monte Carlo com a Programação Dinâmica. A quantificação do valor da flexibilidade agregada pelo projeto de Pesquisa e Desenvolvimento é definida como a diferença entre o valor do projeto com flexibilidade e o valor do projeto sem flexibilidade<sup>2</sup>.

## 1.2

### **Estruturação do Modelo**

O projeto de Pesquisa e Desenvolvimento foi estruturado seqüencialmente. Esta modelagem permite ao gerente avaliar os resultados alcançados na conclusão de cada um dos estágios do projeto, e então tomar suas decisões a respeito da ação mais apropriada para o futuro. Essa forma de estruturar o problema, facultada pela Teoria das Opções Reais, permite, como coloca Dias [6], aproveitar valiosas opções de abandono.

Na sua formulação mais geral, em cada estágio de avaliação, a flexibilidade é construída pelas opções de continuar, melhorar ou abandonar o projeto. Contudo, em função da condição real em que se desenvolve o projeto GTL, a flexibilidade proporcionada pela opção de melhoria não será contemplada na aplicação ao caso concreto. Felizmente, este não será um problema para os propósitos desta tese.

Os projetos de Pesquisa e Desenvolvimento, em geral estruturados como opções compostas, enfrentam incertezas endógenas e exógenas. O modelo proposto neste trabalho considera a incerteza técnica que afeta a variável desempenho da tecnologia – captada por um modelo de treliça - e a incerteza relacionada ao tempo para se completar cada uma das fases do projeto – obtida a partir de uma distribuição de probabilidades. A variável “desempenho”, ao final do projeto, informará aos gerentes a eficiência operacional da planta propiciada

---

<sup>2</sup> Santiago & Bifano [5] definem esse valor como sendo a diferença entre o projeto com gerenciamento ativo e o projeto com gerenciamento passivo.

pelo estado da tecnologia, bem como o nível do custo do investimento necessário para se construir a planta. Essas informações – eficiência operacional e custo do investimento - servirão como dados para calcular os Valores Presentes Líquidos necessários para montar a função payoff do projeto.

### **1.3 Outras Contribuições e Objetivos**

Resumidamente, podemos listar como contribuições decorrentes desta tese de doutorado a adaptação de um modelo opcional de Pesquisa e Desenvolvimento para o lançamento de um novo produto, para um contexto em que se buscam inovações para uma tecnologia; a combinação da simulação de Monte Carlo com um modelo de treliça para tratar a variável tempo de forma aleatória; e a formatação de uma função “payoff” que seja adequada para o caso em que um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento é acoplado a um projeto industrial.

Quanto aos objetivos deste trabalho, é importante esclarecer que o modelo desenvolvido não se propõe a avaliar somente o impacto derivado das opções presentes em um dado projeto de Pesquisa e Desenvolvimento em tecnologia no valor de uma planta Gas-to-liquid. Ressalte-se que a modelagem proposta é dotada de um caráter mais geral. Assim, com pouco esforço, tal modelagem pode ser adaptada e utilizada para análise econômica de situações similares bem como aplicada em projetos com escalas diferentes. Além disso, espera-se que o modelo apresentado sirva como ponte de integração entre as diversas áreas da empresa, particularmente daquelas que participam da gerência técnica de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento e os setores ligados à análise econômica de investimentos.

### **1.4 Organização da Tese**

No capítulo 2, denominado Referencial Teórico, são apresentadas seções abordando questões pertinentes a este trabalho como as opções financeiras, os problemas derivados da aplicação da regra do Valor Presente Líquido no Orçamento de Capital, os caminhos abertos pela Teoria das Opções Reais, as Opções Reais Compostas e os Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento. As atividades de Pesquisa e Desenvolvimento nos processos de inovação, as

distinções importantes entre os tipos de incertezas e sua importância para a Teoria de Avaliação de investimentos também constam do capítulo. A seção 2.8 apresenta uma discussão sobre o caráter aleatório da variável tempo (para se concluir um projeto) e na seção 2.9, alguns estudos que utilizam preferencialmente a abordagem opcional na avaliação de projetos de P&D são resumidos com o objetivo de situar de uma maneira mais ampla o tratamento dado à variável tempo. A seção 2.10 complementa o capítulo apontando as contribuições desta tese tendo em vista os trabalhos mencionados na seção anterior.

O capítulo 3, denominado Processo Gas-to-Liquid e Teoria das Opções Reais, inicia-se com a contextualização do processo de reação química descoberto no Kaiser Wilhelm Institute (Alemanha) em 1923 pelos alemães Franz Fischer e Hans Tropsch. Esse processo, também chamado Gas-To-Liquid (GTL)<sup>3</sup>, ressurge num momento histórico em que a demanda por combustíveis líquidos está em alta e as especificações ambientais em relação aos gases poluentes se tornam mais rigorosas. Destaca-se também quatro estudos de viabilidade econômica de plantas GTL realizados recentemente. Um deles, utilizando o critério estático do VPL, indicou a inviabilidade do empreendimento. Os outros três estudos (três dissertações de mestrado [6] [7] [8]), de interesse especial para esta tese, resultaram do convênio firmado entre a Petrobrás e o Departamento de Engenharia Industrial da PUC – RJ e aplicaram a Teoria das Opções Reais para avaliar uma planta GTL, obtendo resultados promissores.

No capítulo 4, é apresentado o modelo denominado Modelo de Apoio à Decisão Voltado para o Produto, proposto por Huchzermeier & Loch [10], aperfeiçoado por Santiago & Vakili [11] e aplicado por Santiago & Bifano [5]. O desenvolvimento do projeto foi dividido em “n” estágios para que possa ser adaptado a cada situação específica. Esta forma de estruturação permite aos gerentes estimar os valores decorrentes de suas opções em cada estágio de revisão do projeto, determinando as políticas ótimas para cada estado alcançado pelo desempenho do produto. A flexibilidade, portanto, decorre das opções disponíveis

---

<sup>3</sup> O processo GTL consiste na obtenção de hidrocarbonetos líquidos (gasolina, diesel, nafta, lubrificantes etc) a partir de material orgânico como a biomassa, o carvão, o óleo pesado, o gás natural e outros.

para o projeto que se tem em vista e correspondem às decisões de continuação, melhoria<sup>4</sup> e abandono.

O capítulo 5 apresenta a modelagem que será proposta voltada para o desempenho da tecnologia. Complementa o capítulo a seção 5.2 que introduz a função payoff, construída com base nas contribuições das dissertações de Francisco [7], Costa [8] e Vieira [9] geradas pelo convênio Petrobrás/ Departamento de Engenharia Industrial da PUC – RJ. Uma particularidade desta função é que ela é valorada pelo VPL esperado da planta GTL, VPL este que vai se materializar de acordo com os possíveis estados alcançados pelo desempenho da tecnologia no final do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, a redução dos custos obtida e o momento em que a construção da planta tiver início.

No capítulo seis desenvolve-se a função payoff do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, é apresentada a planilha de cálculo do valor da flexibilidade e os resultados obtidos. Vale informar que os resultados e os comentários a respeito dos mesmos foram organizados a partir da Análise de sensibilidade visando observar o comportamento da flexibilidade a partir da variação de parâmetros como o desvio padrão e o valor esperado do tempo do projeto, o custo variável e a taxa de juros utilizada para fazer o desconto. Compara-se também o valor da flexibilidade para situações em que a distribuição de probabilidades da variável aleatória tempo assuma os formatos uniforme e triangular.

O capítulo sete contém as conclusões e as sugestões desta tese de doutorado. De uma forma geral pode-se dizer que os resultados são satisfatórios, no sentido de que se confirmou que a abordagem pela Teoria das Opções Reais é uma ferramenta poderosa para revelar o valor decorrente da flexibilidade gerencial. Esse trabalho mostrou, por exemplo, que aumentando o desvio padrão e o valor esperado da variável tempo, aumenta-se também o valor da flexibilidade propiciada pela existência da opção de abandono do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento ao longo de suas diversas fases.

---

<sup>4</sup> A opção de melhoria é uma contribuição de Huchzermeier & Loch [10], e, deriva seu valor da possibilidade de melhorar o desempenho do desenvolvimento da tecnologia, com um custo naturalmente, no decorrer do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento.