



Clarissa Palú Corrêa

**Avaliação das Opções de Aprendizagem em um
Projeto de Investimento na Indústria Petroquímica**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Orientador: Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Co-Orientador: Prof. Marco Antônio Guimarães Dias

Rio de Janeiro
Março de 2013



Clarissa Palú Corrêa

**Avaliação das Opções de Aprendizagem em um
Projeto de Investimento na Indústria Petroquímica**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Orientador
Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Marco Antonio Guimarães Dias

Co-Orientador
Petróleo Brasileiro

Prof. Leonardo Lima Gomes

Departamento de Administração - PUC-Rio

Prof. Marcelo Cabus Klotzle

Departamento de Administração - PUC-Rio

Prof^a. Mônica Herz

Vice-Decana de Pós-Graduação do CCS

Rio de Janeiro, 19 de março de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Clarissa Palú Corrêa

Engenheira química graduada pela UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Especialista em Engenharia de Processamento de Petróleo pela Universidade Petrobras/UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro). Possui interesse em projetos de valoração de novas tecnologias e avaliação de projetos de investimento utilizando opções reais. Atua como Engenheira de Processamento e Coordenadora de Portfólio Petroquímico na gerência de Planejamento Estratégico e Gestão de Portfólio da área Petroquímica da Petrobras (Petróleo Brasileiro S.A.).

Ficha Catalográfica

Corrêa, Clarissa Palú

Avaliação das opções de aprendizagem em um projeto de investimento na indústria petroquímica / Clarissa Palú Corrêa ; orientador: Luiz Eduardo Teixeira Brandão ; co-orientador: Marco Antônio Guimarães Dias. – 2013.

100 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2013.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Opções de aprendizagem. 3. P&D. 4. Indústria petroquímica. 5. Avaliação por opções reais. I. Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. II. Dias, Marco Antônio Guimarães III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. IV. Título.

CDD: 658

Aos meus pais.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Luiz Brandão, pela orientação e pela paciência com que me guiou ao longo do desenvolvimento deste trabalho, pela disponibilidade irrestrita e pelos conselhos que ajudaram minha mente inquieta a encontrar a linha mestra que me permitiu completar esta jornada.

Ao Prof. Dr. Marco Antônio Guimarães Dias, cuja sabedoria e humildade são fonte da minha grande admiração, por ter me instigado e inspirado, antes mesmo da realização deste mestrado, ao fascínio pelo mundo das opções reais. Também pela preciosa orientação, por ter sempre a palavra certa na hora certa e por, muitas vezes, acreditar mais em mim do que eu mesma.

Aos professores da PUC-Rio que fizeram parte da minha história durante este mestrado acadêmico, por me propiciarem uma formação reconhecida pela alta qualidade e um ambiente de estudos sem o qual este trabalho não teria sido possível.

À Petrobras, como instituição, por ter acreditado neste projeto e patrocinado minha empreitada e por ser uma empresa que incentiva o aperfeiçoamento contínuo de seus funcionários. À Dora Coe, por ter sido a primeira a batalhar por esta ideia. Ao Rafael Guerra, pelas valiosas discussões nos momentos de dúvida. À Bianca Bello, pelo apoio e pelo compartilhamento de suas experiências. À Márcia Soares Gama, pelas estimativas de investimento e, principalmente, pela amizade de todas as horas. Ao Luiz Felipe Frias, por me fazer acreditar, desde o começo, que uma engenheira química venceria no mundo das finanças.

À minha mãe, Claudete, meu exemplo maior de caráter, por ter plantado em mim a semente da busca pelo conhecimento e pela excelência e o sentimento de dever e de luta. Ao meu pai, Faustino, por ser um eterno entusiasta das minhas escolhas e por ter sido o responsável pelo meu gosto pelos livros. À minha irmã, Rosana, por sempre me encorajar a alçar voos mais altos. Ao Claudio por acreditar na minha capacidade e por estar sempre ao meu lado. À Matiko por vibrar pelas minhas conquistas como se fossem dela. Ao Régis, por todo o incentivo e por não ter me deixado desistir, nem sequer desanimar, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos, pela paciência com minhas frequentes ausências nos últimos dois anos. À Fernanda Andrigo, minha amiga de toda uma vida, por nunca ter desistido de mim e por ser um porto seguro. À Mariana Santos, minha grande companheira de estudos, angústias e alegrias nos últimos dois anos, pela inestimável amizade que este mestrado nos proporcionou.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha vida nestes árduos anos e apoiaram a realização deste trabalho.

Resumo

Corrêa, Clarissa Palú; Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. **Avaliação das Opções de Aprendizagem em um Projeto de Investimento na Indústria Petroquímica**. Rio de Janeiro, 2013. 100p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A avaliação de projetos de P&D é uma das mais difíceis de determinar devido à existência de incertezas tanto na fase de investimento, quanto na fase de comercialização. Neste trabalho foi analisado o uso da avaliação por opções reais para o caso do investimento em um projeto petroquímico onde existem importantes opções de aprendizagem que podem ser derivadas de investimento em P&D. Para avaliar estas opções foi proposto um modelo que organiza as incertezas pela lógica técnica de resolução e quantifica o seu impacto sobre o valor do projeto usando as probabilidades de sucesso ligadas a cada fase da decisão, além das diferentes combinações possíveis entre elas. Com este modelo, observou-se que um projeto de investimento considerado inviável pelas técnicas tradicionais de avaliação torna-se atrativo quando seu valor positivo é identificado através do valor que as opções reais adicionam a ele. Além disso, notou-se que algumas das opções identificadas não agregam valor ao projeto, porque, embora a flexibilidade tenha valor positivo, o custo de implementação supera os benefícios esperados.

Palavras-chave

Opções de aprendizagem; P&D; indústria petroquímica; avaliação por opções reais

Abstract

Corrêa, Clarissa Palú; Brandão, Luiz Eduardo Teixeira (Advisor). **The Value of Learning Options in a Petrochemical Investment Project.** Rio de Janeiro, 2013. 100p. MSc. Dissertation – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The valuation of R&D projects is one of the most difficult endeavors due to the existence of uncertainty both in the investment phase as well as in the market phase. We analyze the use of the real options valuation approach to the case of an investment in a petrochemical project where there are significant learning options that can be derived from further R&D investment. To evaluate these options we propose a model that organizes the uncertainties by technical resolution logic and quantifies their impact on the value of the project using the probabilities of success tied to each stage of the decision and the different possible combinations between them. We observed that in an investment project that was considered unfeasible under traditional valuation techniques, its value becomes positive when the embedded real options were taken into consideration. Moreover, it was noticed that some of the options identified did not add value to the project because, although flexibility has positive value, the implementation cost outweighed the expected benefits.

Keywords

Learning options; R&D; Petrochemical industry; Real Option Valuation

Sumário

1	Introdução	16
2	Revisão Bibliográfica	20
2.1	Teoria Tradicional de Avaliação de Projetos: Valor Presente Líquido	20
2.2	Opções Financeiras	23
2.3	Opções Reais	30
2.4	Características dos Projetos de P&D – Visão sobre o Valor	36
2.5	Aplicação da TOR na valoração de projetos de P&D	37
2.5.1	Avaliação por projeto	38
2.5.2	Avaliação da carteira de projetos	39
2.5.3	Ponderações sobre os modelos	42
3	Análise do Projeto	45
3.1	Indústria Petroquímica Brasileira	45
3.2	Descrição do projeto	49
3.2.1	Tecnologia própria	50
3.2.2	Tecnologia do parceiro	52
3.3	Estágio de desenvolvimento	53
3.3.1	Tecnologia própria	53
3.3.2	Tecnologia do parceiro	53
3.4	Identificação das incertezas	54
3.5	Identificação das opções	56
4	Modelo de Opções Reais	59
4.1	Descrição do modelo	59
4.1.1	Plataforma	60
4.1.2	Fluxos de caixa descontados (FCDs)	60
4.1.2.1	Taxa Mínima de Atratividade	61
4.1.2.2	Modelagem das incertezas no FCD	62
4.1.3	Árvore de decisão com opções reais	63
4.1.3.1	Variáveis da Árvore de Decisão	64
4.1.3.2	Encadeamento da Árvore de Decisão	67
5	Resultados	72
5.1	Fluxos de caixa descontados (FCDs) – Valor do projeto sem flexibilidade	72
5.1.1	Premissas	72
5.1.2	Investimento	77
5.1.3	VPL do caso base – sem flexibilidade	81
5.1.4	Impacto individual das incertezas no FCD	81
5.2	Árvore de Decisão – Valor do projeto com flexibilidade	83

5.2.1	Premissas	83
5.2.2	Valor do projeto com flexibilidade	84
5.2.3	Análise de Sensibilidade	85
5.3	Análise dos resultados e limitações	86
6	Conclusão e Sugestões	90
7	Referências Bibliográficas	92
	Apêndice I - Projeção de fluxos de caixa do projeto sem flexibilidades	98
	Apêndice II - Resultado da árvore de decisão	99

Lista de Figuras

Figura 2.1: Comportamento dos diferentes tipos de opções no vencimento.	24
Figura 2.2: Evolução do valor do ativo básico em um passo.	27
Figura 2.3: Generalização do método binomial para três períodos.	30
Figura 2.4: Tipos de opções reais.	33
Figura 2.5: Origem da análise de opções reais.	33
Figura 2.6: Relação do valor com a flexibilidade e a incerteza.	34
Figura 2.7: Fluxo de acontecimentos em um projeto de P&D.	37
Figura 3.1: Faturamento da indústria química brasileira em 2012 (US\$ bilhões).	46
Figura 3.2: Organização da cadeia produtiva da indústria petroquímica.	47
Figura 3.3: Possíveis configurações do negócio.	50
Figura 3.4: Esquema de processo da produção de produto A.	51
Figura 3.5: Esquema do processo produtivo do Produto B.	52
Figura 3.6: Relação das opções reais com as incertezas identificadas no projeto.	58
Figura 4.1: Extrato do planejamento de cenários calculados através de FCD.	61
Figura 4.2: Tela de trabalho do <i>software</i> DPL.	64
Figura 4.3: Variáveis de entrada da árvore de decisão.	65
Figura 4.4: Decisões e incertezas do projeto.	69
Figura 4.5: Encadeamento lógico do início da árvore de decisão.	71
Figura 4.6: Extrato das ramificações finais da árvore de decisão.	71
Figura 5.1: Cálculo do custo do capital próprio.	73
Figura 5.2: Cálculo da TMA do projeto.	74
Figura 5.3: Curva de desembolso projetada para a implantação das unidades.	81
Figura 5.4: Análise de sensibilidade do valor do projeto.	86

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Efeito da variação dos parâmetros básicos nas opções de compra e venda.	25
Tabela 2.2: Fluxos de uma carteira livre de risco.	28
Tabela 3.1: Mapeamento das incertezas do projeto.	56
Tabela 5.1: Curva de produção prevista.	75
Tabela 5.2: Coeficientes técnicos.	75
Tabela 5.3: Premissas de custos fixos.	76
Tabela 5.4: Premissas de capital de giro.	76
Tabela 5.5: Premissas tributárias.	77
Tabela 5.6: Estimativa de investimento para as plantas dos produtos A e B – caso base USGC.	79
Tabela 5.7: Estimativa de investimento internalizada para toda a unidade – caso base.	80
Tabela 5.8: Valores das variáveis de entrada da árvore de decisão.	84
Tabela 5.9: Valores das probabilidades de sucesso.	84

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química

ACCE – *Aspen Capital Cost Estimator*

CAPEX – *Capital Expenditure*

CAPM – *Capital Asset Pricing Model*

CFO – *Chief Financial Officer*

CSLL – Contribuição Social sobre Lucro Líquido

DPL – *Decision Programming Language*

EDP – Equação Diferencial Parcial

EMBI+ – *Emerging Markets Bond Index Plus*

FCD – Fluxo de Caixa Descontado

I1 – Intermediário 1

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IR – Imposto de Renda

ISBL – *Inside Battery Limits*

KTA – medida de vazão mássica, quilotoneladas por ano

MGB – Movimento Geométrico Browniano

OPEX – *Operational Expenditure*

OR – Opção(ões) Real(is)

OSBL – *Outside Battery Limits*

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PIS/COFINS – Programa de Integração Social / Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

ROI – *Return on investment*

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TOR – Teoria das Opções Reais

VP – Valor Presente

VPL – Valor Presente Líquido

*“Now this is not the end. It is not even
the beginning of the end. But it is,
perhaps, the end of the beginning.”*

Sir Winston Churchill