



Debora Duque Estrada de Albuquerque

**Avaliação de Projetos em Petróleo usando “Opções Reais”:
uma comparação entre os modelos “*business*” e “*Rigid cash flow*”**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. José Paulo Teixeira

Rio de Janeiro

Junho de 2006



Débora Duque Estrada de Albuquerque

Avaliação de Projetos em Petróleo usando “Opções Reais”: uma comparação entre os modelos “*business*” e “*Rigid cash flow*”

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

Prof. José Paulo Teixeira
Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. Carlos Patrício Samanez
Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Marco Antonio Guimarães Dias
Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 07 de junho de 2006

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

Debora Duque Estrada de Albuquerque

Graduada em Ciências Econômicas pelo Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro em dezembro de 2003. Durante a graduação, participou pelo programa PIBIC/ CNPq, de projetos de pesquisa em Economia Industrial e Economia da Inovação, aprofundando-se no tema de análise de *clusters*, sob coordenação da professora Lia Hasenclever. Participou de seminários e cursos nas áreas de desenvolvimento econômico, economia industrial, análise de investimentos, teoria econômica e opções reais. Atualmente trabalha como analista financeiro da empresa de *contact center*, Contax SA.

Ficha catalográfica

Albuquerque, Debora Duque Estrada de

Avaliação de Projetos em Petróleo usando “Opções Reais”: uma comparação entre os modelos “*business*” e “*rigid cash flow*” / Debora Duque Estrada de Albuquerque ; orientador: José Paulo Teixeira. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Industrial, 2006.

171 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Finanças Corporativas. 3. Análise de investimentos. 4. Avaliação de projetos. 5. Flexibilidade gerencial. 6. Opções reais. 7. Teoria da informação. 8. Teoria das decisões. I. Teixeira, José Paulo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 340

Para a minha avó, Cacilda Ponde Duque Estrada (Dadá), e
minha mãe, Gilda Maria Duque Estrada, por serem as maiores
responsáveis pelos meus valores.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor José Paulo Teixeira, pela atenção e paciência na parceria da realização deste trabalho.

Ao Marco Antônio Dias, por ter sido presente mesmo nos momentos em que estava mais ocupado. Agradeço por todas as suas contribuições e sugestões, afinal, suas idéias foram fundamentais para o trabalho e, sem seu apoio, teria sido impossível concluí-lo.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

A toda a minha família (minha mãe, meu pai, irmãos, meu padrasto, minhas avós, tios e primos etc.) por tudo o que eles significam para mim e por todo o interesse e apoio em tudo o que eu faço.

Ao meu namorado Adriano, por ser tão importante para mim e pela sua grande ajuda, principalmente nos momentos finais da dissertação; e também à sua família, por todo carinho e amizade, sempre.

Às minhas amigas do CAp UFRJ, aos meus amigos da faculdade e aos de infância, por todo o incentivo, momentos de diversão e, principalmente, por representarem uma “segunda família” para mim.

Ao Renato Rangel, meu amigo da PUC-Rio, pela ajuda nos estudos e trabalhos e pelas “dicas de engenheiro” que precisei durante o curso, já que sou graduada em Economia.

Aos demais grandes amigos que fiz no mestrado da PUC-Rio.

A todos os professores, funcionários e colegas do Departamento de Engenharia Industrial, pela convivência, pelo que aprendi e por todo tipo de colaboração ao longo destes dois anos.

Resumo

Albuquerque, Debora Duque Estrada de; Teixeira, José Paulo (Orientador). **Avaliação de Projetos em Petróleo usando “Opções Reais”**: uma comparação entre os modelos “*business*” e “*Rigid cash flow*”. Rio de Janeiro, 2006. 171p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O caráter dinâmico dos aspectos econômicos do mundo atual, somado à grande incerteza inerente às decisões futuras, faz com que o conceito de análise de investimentos esteja sofrendo consideráveis alterações. Cada vez mais é observada uma necessidade de inclusão de uma margem de flexibilidade gerencial nos critérios de avaliação de projetos. Justamente por isto, vários autores vêm criticando o tradicional método de análise, baseado no fluxo de caixa descontado (FCD). Ao mesmo tempo, vêm sendo destacadas as vantagens da utilização da teoria das Opções Reais, caracterizada justamente por incluir este tão importante elemento de flexibilidade gerencial, capaz de garantir uma adaptabilidade estratégica aos tomadores de decisão. Dentre os projetos que mais precisam deste novo critério de avaliação estão aqueles relacionados a investimentos na área de petróleo. Isto porque esta é uma área caracterizada por elevada incerteza e que demanda vultosas quantias de investimento, requerendo assim, uma análise mais cuidadosa. Dentro do tema Opções Reais em petróleo, Dias (2005) desenvolveu dois modelos de análise: o “*Business*” e o “*Rigid Cash Flow*”. A presente dissertação busca fazer uma comparação entre estes dois modelos e tirar conclusões a respeito da melhor decisão de investimento, tanto no que diz respeito ao melhor momento de se investir - a questão do *timing* - quanto ao que diz respeito à valoração do projeto em si. Para a realização desta análise comparativa, são desenvolvidos gráficos em Excel, com resultados gerados por um programa desenvolvido em VBA (Visual Basic for Applications).

Palavras-chave

Finanças corporativas, análise de investimento, opções reais.

Abstract

Albuquerque, Debora Duque Estrada de; Teixeira, José Paulo (Advisor). **Valuing Projects in the oil industry using Real Options: a comparison between the models of Business and Rigid Cash Flow.** Rio de Janeiro, 2006. 171p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial. Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nowadays, world's economic issues are characterized by dynamism and strong uncertainties, especially in questions related to future decisions. As a consequence of this, the theory of investment analysis has been changing a lot. More and more it has been observed a growing necessity to include the concept of managerial flexibility in project valuation. Plenty of authors criticize the currently used investment analysis method, mainly represented by the discounted cash flow. Besides, several researches have been carried out to analyze the advantages of using the Real Options theory, which is characterized exactly by including this managerial flexibility, so important to the investment and project studies. Managerial flexibility is important exactly because it is capable to guarantee strategic adaptability to the decision makers. Among the projects that need most this new valuation criterion, it is important to mention those related to petroleum investments, due to its complexity and to the fact that petroleum projects demand voluminous sums of investment, requiring therefore, a more detailed and careful analysis. Dias (2005), in his studies about Real Option theory in petroleum area, has developed two analysis models: “*Business*” and “*Rigid Cash Flow*”. The main proposal of this dissertation is to compare these two models and to draw some conclusions about the best investment decision, regarding not only the best moment to invest – timing decisions – but also the valuation projects issues. To make this comparative analysis, some graphs have been developed in Excel. The data used to construct such graphs were generated by a VBA (Visual Basic for Applications) program, also developed by Dias (2005).

Keywords

Corporative finance, investment analysis, real options.

Sumário

| | |
|---|----|
| 1. Introdução | 12 |
| 2. Métodos Tradicionais e de OR para Valoração de Investimento | 18 |
| 2.1. A Tradicional Metodologia de Avaliação de Projetos | 20 |
| 2.1.1. Avaliação por Fluxo de Caixa Descontado (FCD) | 20 |
| 2.1.1.1. Critério do Valor Presente Líquido (VPL) | 20 |
| 2.1.1.2. Critério da Taxa Interna de Retorno (TIR) | 23 |
| 2.1.1.3. Método da Taxa de Retorno Contábil Média (TRCM) | 24 |
| 2.1.1.4. Taxa de Recuperação (Payback) | 24 |
| 2.1.2. Limitações Observadas Quanto ao Critério FCD | 25 |
| 2.2. Teoria das Opções Reais (TOR) | 27 |
| 2.2.1. Introdução a Opções Financeiras | 28 |
| 2.2.2. Opções Reais | 32 |
| 2.2.2.1. Comparações entre Opções Financeiras e Reais | 33 |
| 2.2.2.2. Opções Reais e o Método Tradicional – Uma Breve Discussão | 36 |
| 2.2.3. Tipos de Opções Reais | 39 |
| 2.2.3.1. Opção de Adiamento ou Opção de Deferimento | 39 |
| 2.2.3.2. Opção de Abandono | 41 |
| 2.2.3.3. Opção de Expansão e de Contração | 42 |
| 2.2.3.4. Opção de crescimento | 42 |
| 2.2.3.5. Opção de switch inputs ou outputs | 43 |
| 2.2.3.6. Opção de prorrogação | 43 |
| 2.2.4. Tipos de Abordagens de Precificação em Opções Reais | 44 |
| 2.2.4.1. Abordagem Clássica | 46 |
| 2.2.4.2. Abordagem Subjetiva | 47 |
| 2.2.4.3. A abordagem MAD (<i>Marketed Asset Disclaimer</i>) | 47 |
| 2.2.5. Críticas à Teoria das Opções Reais | 48 |
| 2.3. Processos Estocásticos | 52 |
| 2.3.1. Processo de Markov | 52 |
| 2.3.2. Processo de Wiener ou Movimento Browniano Simples | 53 |
| 2.3.4. Lema de Ito | 58 |
| 2.3.5. Processo de Poisson | 61 |
| 2.4. Modelos de Precificação de Opções | 63 |
| 2.4.1. Modelo Binomial | 63 |
| 2.4.2. A Fórmula de Black & Scholes | 67 |
| 2.4.2.1. Sobre a Volatilidade | 72 |
| 2.4.3. Método de Monte Carlo | 74 |
| 3. Opções Reais em Petróleo: Características de Incerteza Técnica e Valor da Informação (VOI) | 76 |
| 3.1. A Indústria de Petróleo | 77 |
| 3.1.1. O Processo Decisório na Indústria de Petróleo | 78 |
| 3.1.2. A teoria das Opções Reais em Petróleo | 80 |
| 3.2. Incerteza Técnica e Valor da Informação (VOI) | 89 |
| 3.2.1. Valor da Informação | 92 |

| | |
|---|-----|
| 3.3. Apresentação dos Modelos “ <i>Business</i> ” e “ <i>Rigid Cash Flow</i> ” | 95 |
| 3.3.1. O VPL dos Modelos “ <i>Business</i> ” e “ <i>Rigid Cash Flow</i> ” | 102 |
| 4. Análise de Sensibilidade dos Modelos “ <i>Business</i> ” e “ <i>Rigid Cash Flow</i> ” | 106 |
| 4.1. Os Principais Parâmetros Necessários ao Entendimento do Setor de Petróleo | 107 |
| 4.2. O Caso Base | 109 |
| 4.3. Análise de Sensibilidade | 111 |
| 4.3.1. Preço do Barril de Petróleo X VPL do Projeto | 111 |
| 4.3.2. O Preço de Gatilho | 114 |
| 4.3.3. Valor da Opção Real X Preço do Barril do Petróleo | 116 |
| 4.3.4. Análise de Volatilidade | 117 |
| 4.3.5. A Taxa de juros livre de risco | 119 |
| 4.3.6. Taxa de Dividendos X Preço de Gatilho | 121 |
| 4.3.7. O Investimento Nominal | 122 |
| 4.3.8. VPL X Valor da Opção Real: Uma Análise Para “ <i>Business</i> ” e RCF | 128 |
| 4.3.8.1. Análise do Modelo “ <i>Business</i> ” para Dois Prazos de Expiração | 130 |
| 4.3.9. Gráficos em 3D | 131 |
| 5. Conclusão | 138 |
| Referências Bibliográficas | 142 |
| Anexo 1 – Lei Nº 8.987 De 13.2.1995- Dou 14.2.1995- Republicada Dou 28.9.1998 | 144 |
| Anexo 2 – Código VBA (Visual Basic for Applications) da Aproximação Analítica de Bjerksund & Stensland para Opção Americana (Valor da Opção e Valor do Gatilho) | 168 |

Lista de gráficos

| | |
|---|-----|
| Gráfico 1 – Valor da informação x redução esperada da variância sem incerteza de mercado ($\sigma = 0$) | 94 |
| Gráfico 2 – Preço do Barril de Petróleo x VPL do Projeto | 112 |
| Gráfico 3 – Gatilho | 115 |
| Gráfico 4 – Valor da Opção Real x Preço do Barril de Petróleo | 117 |
| Gráfico 5 – Volatilidade x Valor da Opção Real | 118 |
| Gráfico 6 – Taxa de Juros Livre de Risco x Preço de Gatilho | 119 |
| Gráfico 7 – Taxa de juros livre de risco x F “ <i>Business</i> ” e RCL | 120 |
| Gráfico 8 – Taxa de Dividendos x Preço de Gatilho | 121 |
| Gráfico 9 – Preço de Gatilho x Investimento | 123 |
| Gráfico 10 – Investimento Nominal x Preço de Gatilho | 124 |
| Gráfico 11 – VPL x Preço de Gatilho | 125 |
| Gráfico 12 – Investimento Nominal x Prêmio de Exercício | 126 |
| Gráfico 13 – Investimento Nominal x Prêmio de Exercício | 128 |
| Gráfico 14 – VPL e Valor da OR x Para “ <i>Business</i> ” e RCL | 129 |
| Gráfico 15 – VPL e Valor da OR x Preço do Barril | 130 |
| Gráfico 16 – Preço x Tempo x Valor da Opção Real (RCF) | 132 |
| Gráfico 17 – Preço x Tempo x Valor da Opção Real (“ <i>Business</i> ”) | 133 |
| Gráfico 18 – VOL x T x Valor da Opção (RCF) | 134 |
| Gráfico 19 – VOL x T x Valor da Opção (“ <i>Business</i> ”) | 135 |
| Gráfico 20 – VOL x T x Valor da Opção (RC) | 136 |
| Gráfico 21– VOL x P x Valor da Opção (“ <i>Business</i> ”) | 137 |

Lista de figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1 – Valor de uma <i>Call</i> na data de vencimento | 34 |
| Figura 2 – Valor de uma <i>Call</i> antes da Expiração | 35 |
| Figura 3 – Sobre a opção de Espera | 40 |
| Figura 4 – Valor da opção para vários períodos | 64 |
| Figura 5 – Modelo “ <i>Business</i> ” x RCF | 104 |

Lista de tabelas

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 – Efeito de modificações nas variáveis sobre opção de compra e venda | 31 |
| Tabela 2 – Analogia entre uma <i>Call</i> financeira e uma PUD | 81 |
| Tabela 3 – Analogia entre opções financeiras (<i>call options</i>) e as opções reais em petróleo | 82 |
| Tabela 4 – Caso Base | 109 |