



Robson de Souza

**Um modelo de análise de decisão para investimento em
projetos de exploração e produção de petróleo no Brasil**

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: Prof. Leonardo Lima Gomes

Rio de Janeiro
Outubro de 2011



Robson de Souza

**Um modelo de análise de decisão para investimento em
projetos de exploração e produção de petróleo no Brasil**

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. Leonardo Lima Gomes

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Departamento de Administração - PUC-Rio

Prof. Carlos de Lamare Bastian Pinto

UniGranRio

Prof^a. Mônica Herz

Vice-Decana de Pós-Graduação do CCS

Rio de Janeiro, 26 de outubro de 2011

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

Robson de Souza

Graduou-se em Ciências Contábeis na UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro) em 2003. Possui interesse acadêmico em finanças aplicadas a área de exploração e produção de petróleo. Possui MBA em Contabilidade Internacional (UCAM- Universidade Candido Mendes), MBA em Gestão Financeira (FGV-RJ) e Pós MBA em Valuation (FGV-RJ). Sua área de atuação profissional tem sido por mais de 10 anos na área financeira de empresas petrolíferas.

Ficha Catalográfica

Souza, Robson de

Um modelo de análise de decisão para investimento em projetos de exploração e produção de petróleo no Brasil / Robson de Souza; orientador: Leonardo Lima Gomes. – 2011.

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

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2011.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Investimentos sob incerteza. 3. Teoria da decisão. 4. Petróleo. I. Gomes, Leonardo Lima. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD:658

Aos meus amados João Cruz e Vanda Maria.
À memória das queridas Nizinha e Angela Maria.

Agradecimentos

Agradeço aos meus patrocinadores, Luiz Sguissardi e ao "Seu" Dário pela liberação em tempo parcial para dedicação aos estudos.

Agradeço ao meu orientador, Professor Leonardo Lima, pelos conselhos, liberdade, apoio crítico e principalmente por ter me ajudado a enfrentar os desafios acadêmicos.

Agradeço aos meus pais, pelo amor, pela educação e pelos bons exemplos que sempre me deram.

Agradeço a todos os professores do IAG pela boa vontade e pelos conhecimentos oferecidos em sala de aula.

Agradeço a todos os meus amigos e familiares, que embora ausente do convívio deles em função dos estudos, nunca me esqueceram.

Agradeço a Deus, sem o qual nada disso seria possível.

Resumo

Souza, Robson de; Gomes, Leonardo Lima. **Um modelo de análise de decisão para investimento em projetos de exploração e produção de petróleo no Brasil**. Rio de Janeiro, 2011. 117p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O setor de exploração petrolífera tem como característica intensa competitividade entre empresas. Por conseguinte, há a necessidade dos players deste setor de alocar recursos financeiros (em geral escassos) entre uma série de projetos disponíveis, que envolvem diversas incertezas de caráter econômico, geológico e tecnológico. As buscas de oportunidades exploratórias induzem às técnicas de análise do risco envolvido nessas oportunidades. Dentro desse contexto, no processo decisório, existem assuntos inter-relacionados tais como: os objetivos da empresa, as restrições orçamentárias, tolerância ao risco, etc. Em situação de incerteza, os métodos tradicionais, baseados apenas na maximização do valor presente líquido do projeto não fornecem informações suficientes para uma tomada de decisão. Faz-se necessário uma abordagem que envolva diversas técnicas para o tratamento da incerteza em tomada de decisão em projetos de risco. Dentre essas técnicas estão a análise de sensibilidade e a simulação de Monte Carlo, que serão utilizadas nesse trabalho para atender a essa necessidade. Além disso, para uma melhor apresentação do objetivo proposto, foi construído um modelo para a aplicação dos conceitos desenvolvidos nesse estudo.

Palavras-chave

Investimentos sob incerteza; teoria da decisão; petróleo.

Abstract

Souza, Robson de; Gomes, Leonardo Lima. **A decision analysis model for investment in oil exploration and production in Brazil**. Rio de Janeiro, 2011. 117p. MSc. Dissertation - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The oil exploration industry is characterized by intense competition between companies. Therefore, there is the need for players in this sector to allocate resources (usually scarce) from a number of projects available, which involve various uncertainties of an economic, geological and technological. The search for opportunities to induce exploratory techniques for analyzing the risk involved in these opportunities. Within this context, the decision process, there are inter-related issues such as business objectives, budget constraints, risk tolerance, etc. In situations of uncertainty, the traditional methods, based only on maximizing the net present value of the project do not provide sufficient information for decision making. It is necessary to an approach that involves various techniques for the treatment of uncertainty in decision making in risky projects. Among these techniques are sensitivity analysis and Monte Carlo simulation, which will be used in this work to meet this need. In addition, for a better presentation of the proposed objective, a model was built for the application of the concepts developed in this study.

Keywords

Investment under uncertainty; decision theory; petroleum.

Sumário

1. Introdução	17
1.1. Motivação	18
1.2. Objetivo do Trabalho	20
1.3. Metodologia	20
1.4. Delimitação do Estudo	21
1.5. Relevância do Trabalho	21
1.6. Organização do Trabalho	22
2. Aspectos Gerais sobre Projetos de E&P	23
2.1. Aquisição do Direito de Exploração	24
2.2. Fase de Exploração	24
2.3. Atividades do Desenvolvimento da Produção	26
2.4. Atividades de Produção	27
2.4.1. Análise de Curva de Declínio de Produção	28
2.4.2. Abandono da Área Produtora	29
2.5. Valor Comercial da Produção	29
2.6. Reservas e Recursos	30
2.7. Métodos Contábeis Aplicados nas Atividades de E&P	32
3. A Parcela do Governo na Atividade de E&P	34
3.1. Regulamentação do Setor	35
3.2. Tributos e Contribuições Sociais	39
3.2.1. Tributação Sobre a Venda de Hidrocarbonetos	40
3.2.2. Tributação Sobre Aquisição de Bens e Serviços	41
3.3. Participações Governamentais e Outras Obrigações	43
3.3.1. Royalties	43
3.3.2. Bônus de Assinatura	45
3.3.3. Taxa de Ocupação	46
3.3.4. Participação Especial	47
3.3.5. Contrato de Partilha	48
4. Referencial Teórico	49
4.1. Métodos de Análise de Viabilidade Econômico-Financeira	49
4.2. Valor Monetário Esperado	52
4.3. Probabilidade e Estatística Aplicada a E&P	55
4.3.1. Medidas de Tendência Central e de Dispersão	56
4.3.2. Medidas de Distribuição Probabilística	57
4.3.3. Medidas Geológicas de Risco	58

4.4. Análise de Projetos de Risco	59
4.4.1. Análise de Sensibilidade	59
4.4.2. Árvore de Decisão	60
4.4.3. Simulação de Monte Carlo	61
4.5. Riscos Inerentes na Atividade Exploratória	61
4.5.1. Riscos Econômicos	62
4.5.2. Riscos Geológicos	62
4.5.3. Riscos Tecnológicos	62
4.5.4. Riscos Regulatórios	63
4.6. Tomada de Decisão	64
4.6.1. Teoria da Preferência	64
4.6.2. Equivalente Certo	65
4.7. Opção de Abandono	66
5. Descrição do Modelo	69
5.1. Origem dos Dados do Modelo	70
5.2. Algumas Premissas e Delimitações	72
5.2.1. Duração do Projeto	72
5.2.2. Riscos Não Considerados	73
5.2.3. Taxa de Câmbio Adotado	73
5.2.4. Probabilidade de Sucesso Geológico	74
5.2.5. Outras Considerações do Modelo	74
5.3. Estimativas de Entrada de Caixa	75
5.3.1. Curva de Produção	75
5.3.2. Preço do óleo	79
5.4. Estimativas de Saída de Caixa	80
5.4.1. Tributos, Contribuições e Participações Governamentais	81
5.4.2. Gastos Operacionais Capitalizados	83
5.4.3. Despesas Operacionais	83
5.4.4. Overhead	84
5.5. Cálculo da Taxa de Desconto dos Projetos	85
5.5.1. Taxa Livre de Risco	85
5.5.2. Prêmio pelo Risco no Mercado	86
5.5.3. Beta	86
5.5.4. Inflação Americana	87
5.5.5. Prêmio pelo Risco Brasil	87
5.5.6. Cálculo do CAPM	88
5.6. Taxa de Depreciação	89
5.7. Demonstração do Resultado	89
5.8. Estimativa do Fluxo de Caixa	90
5.9. Árvore de Decisão do Projeto	91

6. Análise dos Resultados	93
6.1. Análise da Simulação	93
6.1.1. Análise do VPL	94
6.1.2. Análise da TIR	96
6.1.3. Análise do <i>Payback</i> Descontado	96
6.2. Análise de Sensibilidade Aplicada do Fluxo de Caixa de Sucesso	97
6.2.1. Preço do Petróleo	97
6.2.2. Taxa de Desconto	98
6.2.3. Gastos Operacionais Variáveis da Fase de Produção	99
6.2.4. Volume dos Recursos Potenciais	99
6.2.5. Diagramas de Sensibilidade	100
6.3. Análise da Tomada de Decisão	101
6.3.1. Função Utilidade	102
6.3.2. Análise do Equivalente Certo	104
6.3.3. Análise de Sensibilidade em Função de Novas Informações	104
7. Conclusão	107
7.1. Sugestões para Trabalhos Futuros	110
8. Referências Bibliográficas	112
Anexo A	116

Lista de figuras

Figura 1 – Preços médios no mercado spot dos petróleos dos tipos Brent e WTI – 2000-2009	30
Figura 2 – Blocos exploratórios por rodada de licitações	37
Figura 3 – Evolução da arrecadação dos royalties	44
Figura 4 – Distribuição dos royalties	45
Figura 5 – Evolução da arrecadação do bônus de assinatura	46
Figura 6 – Evolução da arrecadação da taxa de retenção	47
Figura 7 – Pesquisa sobre critério de decisão em projetos	50
Figura 8 – Exemplo de análise de decisão pelo conceito de VME	53
Figura 9 – Comparação entre VPLs de projetos	54
Figura 10 – Distribuições com mesma média e desvios diferentes	56
Figura 11 – Exemplo de função lognormal	57
Figura 12 – Exemplo de função triangular	58
Figura 13 – Exemplo de árvore de decisão	60
Figura 14 – Significado da simbologia utilizada em árvore de decisão	60
Figura 15 – Exemplos de gráficos de função utilidade $U(x)$	65
Figura 16 – Representação do equivalente certo	66
Figura 17 – Verificação do tipo da taxa de declínio	76
Figura 18 – Simulação da taxa de declínio de produção do projeto	77
Figura 19 – Simulação do pico de produção no 3º ano de produção	78
Figura 20 – Produção estimada por período	78
Figura 21 – Estimativas do total dos recursos potenciais do projeto	79
Figura 22 – Árvore de decisão	92
Figura 23 – Distribuição dos VPLs	95
Figura 24 – Simulação da TIR no projeto	96
Figura 25 – Diagramas de sensibilidade do modelo	100
Figura 26 – Simulação do VPL em caso de insucesso	103
Figura 27 – Análise de sensibilidade em relação à tolerância ao risco	105
Figura 28 – Análise de sensibilidade em relação à Probabilidade Geológica de Sucesso.	106

Lista de tabelas

Tabela 1 – Fase de um projeto de E&P	23
Tabela 2 – Incidência de PIS, COFINS e ICMS	40
Tabela 3 – Principais tributos e contribuições das atividades de E&P	42
Tabela 4 – Exemplo de VME	54
Tabela 5 – Taxa de câmbio (R\$/US\$) do ano de 2010	74
Tabela 6 – Estimativa de entrada de caixa	75
Tabela 7 – Quantidades potenciais de óleo em projetos semelhantes	76
Tabela 8 – Taxa de declínio exponencial de projetos semelhantes	77
Tabela 9 – Principais tipos de saída de caixa por fase operacional	81
Tabela 10 – Apuração da taxa livre de risco	88
Tabela 11 – Apuração do curso do capital próprio	88
Tabela 12 – Modelo de DRE para um projeto de E&P	89
Tabela 13 – Modelo de fluxo de caixa de um projeto de E&P	90
Tabela 14 – Resumo do fluxo de caixa	94
Tabela 15 – Resumo das despesas	94
Tabela 16 – Análise de sensibilidade ao preço	97
Tabela 17 – Análise de sensibilidade à taxa de desconto	98
Tabela 18 – Análise de sensibilidade dos gastos operacionais variáveis	99
Tabela 19 – Análise de sensibilidade das despesas variáveis	100
Tabela 20 – Análise de sensibilidade em relação à tolerância ao risco	104
Tabela 21 – Análise de sensibilidade em relação à Probabilidade Geológica de Sucesso	105

Lista de quadros

Quadro 1 – Visão geral das parcelas governamentais

35

Lista de Siglas e Abreviaturas

AAPG - American Association of Petroleum Geologist

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

API – American Petroleum Institute

Bbl - barril de petróleo (*Petroleum barrel*)

Boe - barris de óleo equivalente (medida de volume de gás natural)

Bpd – barril por dia

CMPC – custo médio ponderado de capital

COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CSLL – Contribuição social sobre o lucro líquido

CTN - Código Tributário Nacional

DDA – depreciação, depleção e amortização

DRE - demonstração de resultado do exercício

EqC - equivalente certo

E&P - exploração e produção na indústria do petróleo

FASB - *Financial Accountant Standards Boards*

FCD – fluxo de caixa descontado

G&G – geologia e geofísica

IGP-DI – índice geral de preços – disponibilidade interna

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IRPJ - Imposto de Renda sobre Pessoa Jurídica

ISS – Imposto sobre serviços

MGB – movimento geométrico browniano

MM – milhões

PAT - Programa anual de trabalho

PEM – programa exploratório mínimo

PIS - Programa de Integração Social

P&D – pesquisa e desenvolvimento

REPETRO - Regime Aduaneiro Especial de Exportação e de Importação de Bens destinados às Atividades de Pesquisa e Lavra das Jazidas de Petróleo e Gás Natural

SPE – *Society of Petroleum Engineers* (Sociedade dos Engenheiros de Petróleo)

SEC - *Securities and Exchange Commission* (Comissão de Valores Mobiliários)

SMC – simulação de monte carlo

TIR – taxa interna de retorno

TMA – taxa mínima de atratividade

TOR – teoria das opções reais

US\$ - dólar norte americano

VME - valor monetário esperado

VPL - valor presente líquido

WTI - West Texas Intermediate

Você, eu, ninguém vai bater tão forte como a vida, mas não se trata de bater forte. Trata-se de quanto você aguenta apanhar e seguir em frente, o quanto você é capaz de aguentar e continuar tentando. É assim que se consegue vencer... Agora se você sabe do teu valor, então vá atrás do que você merece, mas tem que estar preparado para apanhar.

(Tradução retirada do discurso do filme Rocky Balboa para o seu filho)