



Carlos Frederico Vanderlinde Tarrisse da Fontoura

**Avaliação de Projeto de Investimento em Usina
Termelétrica à Capim-Elefante:
Uma Abordagem Pela Teoria de Opções Reais**

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

Rio de Janeiro

Abril de 2011



Carlos Frederico Vanderlinde Tarrisse da Fontoura

**Avaliação de Projeto de Investimento em Usina
Termelétrica à Capim-Elefante:
Uma Abordagem Pela Teoria de Opções Reais**

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. Leonardo Lima Gomes

Departamento de Administração - PUC-Rio

Prof. Carlos de Lamare Bastian Pinto

Universidade do Grande Rio - UNIGRANRIO

Prof. Marco Antonio Guimarães Dias

Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras

Prof. Monica Herz

Coordenador(a) Setorial do Centro
de Ciências Sociais - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 05 de abril de 2011

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

**Carlos Frederico Vanderlinde Tarrisse da
Fontoura**

Graduou-se em Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), em 2006. Em 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio, para obtenção do título de Mestre.

Atualmente trabalha no setor de Tecnologia de Informação e Telecomunicações da Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras, mas especificamente na área de operação e manutenção dos serviços de telecomunicações.

Ficha Catalográfica

Fontoura, Carlos Frederico Vanderlinde Tarrisse da

Avaliação de projeto de investimento em usina termelétrica à capim-elefante : uma abordagem pela teoria de opções reais / Carlos Frederico Vanderlinde Tarrisse da Fontoura ; orientador: Luiz Eduardo Teixeira Brandão. – 2011.

86 f.: il. ; 30 cm

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

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Usina termelétrica. 3. Biomassa. 4. Capim-Elefante. 5. Opções reais. 6. Modelo de reversão à média com saltos. I. Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

À minha esposa, cujo amor me dá forças para atingir meus objetivos.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus e a Virgem Maria pelo amor incondicional com o qual me acolhem e por serem o pilar que me suporta em todos os momentos.

À minha esposa, Yuna Fontoura, por ter sido a grande incentivadora do meu ingresso neste mestrado e pela paciência e compreensão ao longo deste período.

Aos meus pais, Carlos Eduardo Fontoura e Thelma Fontoura, pelo amor, suporte e compreensão dos longos períodos de ausência e por terem me propiciado uma base sólida de conhecimento que muito contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus sogros, Erington Reis e Maria Alzenir Reis, por me acolherem como um filho e estarem disponíveis sempre que foi necessário.

Ao professor Luiz Brandão cujo apoio e orientação foram fundamentais para a elaboração desta dissertação.

Ao professor Leonardo Gomes, por ter instigado o meu interesse nos setores de energia elétrica e de biomassa.

Aos meus superiores na Petrobras Rosiane Aragão e Firmo do Couto Filho, pelo incentivo e por me permitirem a flexibilidade de horário necessária para cursar o mestrado.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, mais especificamente ao IAG, por oferecer um curso de mestrado acadêmico fora do horário comercial, atendendo assim aos que não podem se distanciar do trabalho para cursá-lo.

Resumo

Fontoura, Carlos Frederico Vanderlinde Tarrisse da; Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. **Avaliação de Projeto de Investimento em Usina Termelétrica à Capim-Elefante: Uma Abordagem pela Teoria de Opções Reais**. Rio de Janeiro, 2011. 86p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O Brasil é um país cuja matriz elétrica é fortemente dependente da geração por usinas hidrelétricas. Dentro desse cenário, a utilização de usinas termelétricas a biomassa representa uma alternativa vantajosa, pois associa a diversificação da matriz energética brasileira à utilização de fontes renováveis, além de não ser poluidora como suas contrapartes movidas a combustíveis fósseis não renováveis como óleo combustível e gás. Este estudo teve como objetivo realizar a avaliação econômica de um projeto de investimento em uma usina termelétrica a biomassa, adotando estratégias com e sem flexibilidades gerenciais e operacionais, de forma a identificar a metodologia de avaliação mais adequada ao projeto em questão. Na estratégia sem flexibilidade foi adotado o método do fluxo de caixa descontado. Já nas estratégias com incertezas e flexibilidades, foram incorporadas as incertezas referentes ao mercado de energia elétrica e as flexibilidades relacionadas à possibilidade da usina comercializar a energia elétrica gerada integral ou parcialmente nos mercados de longo ou curto prazo. Além disso, há a possibilidade de instalação de uma usina de briquetagem, que permitiria a planta comercializar energia elétrica no mercado de curto prazo ou biomassa em formato de briquetes, dependendo do que for economicamente mais interessante. Os resultados obtidos indicam que a existência de incertezas e flexibilidades gerenciais aumenta o valor do projeto e reduzem significativamente o risco de insucesso do mesmo, o que reforça a idéia de que a avaliação por opções reais, apesar de mais complexa, pode ser mais adequada para determinar o real valor do projeto.

Palavras-chave

Usina Termelétrica; Biomassa; Capim-Elefante; Opções Reais; Modelo de Reversão à Média com Saltos

Abstract

Fontoura, Carlos Frederico Vanderlinde Tarrisse da; Brandão, Luiz Eduardo Teixeira (Advisor). **Evaluating an Elephant Grass Power Plant Investment Project Using the Real Options Theory Approach**. Rio de Janeiro, 2011. 86p. MSc. Dissertation - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Brazil is a country whose energy matrix is strongly dependent on generation by hydropower plants. Within this scenario, the use of biomass power plants represents an attractive alternative, since it associates the diversification of the Brazilian energy matrix with the use of renewable sources, and is not as polluting as their counterparts moved to non-renewable fossil fuels such as oil and gas. This study aimed to conduct the economic evaluation of an investment in a project of a biomass power plant, considering strategies with and without managerial and operational flexibilities, in order to identify the best methodology for evaluating the project in question. In the strategy without flexibilities, the discounted cash flow method was adopted. In the strategies with uncertainties and flexibilities, the uncertainties related to the electricity market and flexibilities related to the possibility of selling the electricity generated in the long or short term markets were incorporated into the analysis. Moreover, there is the possibility of installing a briquetting plant, which would allow the plant to choose between selling electricity in the short term market or briquettes, whichever is more economically interesting. The results indicate that the existence of uncertainties and managerial flexibilities increases the value of the project and reduces significantly the risk of failure, which reinforces the idea that the evaluation with real options, though more complex, can be more appropriate to determine the actual value of the project.

Keywords

Power Plant; Biomass; Elephant Grass; Real options; Mean Reversion with Jumps Model

Sumário

1. Introdução	13
2. Avaliação de projetos em ambiente de incerteza	16
2.1. Teoria de Opções Reais	17
2.2. Tipos de Opções Reais	19
2.3. Modelagem de incertezas por meio de processos estocásticos	20
3. O Setor Elétrico Brasileiro (SEB)	23
3.1. Comercialização de energia no SEB	24
3.2. Contratos de Compra de Energia no Ambiente Livre	25
3.3. Energia incentivada	26
3.4. Os contratos de comercialização de energia incentivada	27
3.5. Descontos na TUSD/TUST pela comercialização de energia incentivada	28
3.6. Preço de liquidação das diferenças	28
4. Biomassa	30
4.1. Biomassa para fins energéticos	31
4.2. Fontes de Biomassa energética	35
4.3. Capim-elefante	35
4.4. Capim-elefante para fins energéticos	37
4.5. Capim-elefante para produção de energia elétrica	38
4.6. Capim-elefante para produção de briquetes	38
5. Modelagem do Preço de Liquidação das Diferenças	40
5.1. Modelos de reversão à média	42
5.2. Modelos de reversão à média com saltos	44
5.3. O modelo de reversão à média com saltos de Clewlow, Strickland e Kaminski (2000)	45
5.3.1. Definição do modelo	45

5.3.2. Discretização do modelo	46
5.3.3. Processos neutros ao risco	47
5.3.4. Estimação dos parâmetros	48
6. Aplicação em uma usina termelétrica a biomassa fictícia	51
6.1. Metodologia	51
6.2. Modelagem das receitas líquidas provenientes da venda dos subprodutos da usina	52
6.2.1. Receita líquida proveniente da venda de energia em contrato de longo prazo (<i>RLelp</i>)	53
6.2.2. Receita líquida proveniente da venda de briquetes (<i>RLbriq</i>)	53
6.2.3. Receita líquida proveniente da venda de energia no mercado de curto prazo (<i>RLspot</i>)	54
6.3. Fluxo de caixa da estratégia 1	54
6.4. Fluxo de caixa da estratégia 2	56
6.5. Fluxo de caixa da estratégia 3	57
6.6. Coleta de dados	59
6.6.1. Variáveis associadas ao investimento e custos fixos da usina termelétrica	59
6.6.1.1. Taxa do dólar (PTAX)	59
6.6.1.2. Custo de instalação e custo operacional fixo (sem briquetagem)	59
6.6.1.3. Custo de instalação e custo operacional fixo da unidade de briquetagem	60
6.6.1.4. Custo da terra nua	60
6.6.1.5. Produtividade do capim-elefante	61
6.6.1.6. Tamanho da área de plantio	61
6.6.1.7. Custos de formação e manutenção da área de plantio e colheita, picagem, secagem, compactação e transporte da biomassa	62
6.6.2. Variáveis associadas à receita líquida proveniente da venda de briquetes	62
6.6.2.1. Valor da tonelada de briquetes no mercado atacadista	63
6.6.2.2. Volume semanal de briquetes vendidos	63

6.6.2.3. Custos de comercialização dos briquetes	64
6.6.2.4. Impostos diretos incidentes sobre a comercialização de briquetes	64
6.6.3. Variáveis associadas à receita líquida proveniente da venda de energia elétrica	64
6.6.3.1. Preço da energia elétrica comercializada em contratos de longo prazo	64
6.6.3.2. Custo variável da produção de energia elétrica e TUST	65
6.6.3.3. Impostos diretos incidentes sobre a comercialização de energia elétrica	65
6.6.3.4. Preço da energia elétrica comercializada no mercado de curto prazo	65
6.6.3.4.1. Valor do ágio	65
6.6.3.4.2. Valor do PLD	66
6.6.3.4.3. Modelagem do PLD utilizando o modelo de reversão à média com saltos de Clewlow, Strickland e Kaminski (2000) modificado	67
7. Resultados	70
7.1. Estratégia 1	71
7.2. Estratégia 2	72
7.3. Estratégia 3	74
7.4. Síntese dos resultados	75
8. Conclusões e Recomendações	77
8.1. Conclusões	77
8.2. Limitações metodológicas e sugestões para trabalhos futuros	78
9. Referências	80

Lista de figuras

Figura 1 – Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa	32
Figura 2 – Série semanal deflacionada do PLD	67
Figura 3 – Simulação PLD sem limites	69
Figura 4 – Simulação PLD com limites	69
Figura 5 – Distribuição de probabilidade do VPL da estratégia 2	73
Figura 6 – Distribuição de probabilidade do VPL da estratégia 3	75

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparação Opção Financeira x Opção Real	18
Tabela 2 – Tipos de Opções Reais	19
Tabela 3 – Processos estocásticos mais usuais	21
Tabela 4 – Usinas termelétricas a biomassa em operação em 2008 por insumo	32
Tabela 5 - Tecnologias de geração térmica a biomassa	33
Tabela 6 - Capacidade instalada com fonte de geração em biomassa	34
Tabela 7 - Fontes de biomassa e suas vantagens e desvantagens	35
Tabela 8 - Características agronômicas do capim-elefante	36
Tabela 9 – Comparação de produtividade de energia por hectare	36
Tabela 10 – Resultados da regressão da série do PLD	41
Tabela 11 – Saltos identificados com filtro recursivo	49
Tabela 12 - Preço médio da terra nua em algumas regiões de SP em R\$/ha	61
Tabela 13 – Produtividade do capim-elefante	61
Tabela 14- Custos de formação e manutenção da área de plantio, colheita, picagem, secagem, compactação e transporte	62
Tabela 15 – Dados briquetagem	63
Tabela 16 – Parâmetros da simulação	68
Tabela 17 – Valores das variáveis da estratégia 1	72
Tabela 18 – Valores das variáveis da estratégia 2	73
Tabela 19 – Valores das variáveis da estratégia 3	74
Tabela 20 – Comparativo do VPL médio das três estratégias	76
Tabela 21 - Valor das opções presentes no projeto	76