

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Silvio Franklin Monção do Vale

**Precificação de flexibilidades gerenciais em plantas GTL
utilizando a Metodologia de Opções Reais**

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: José Paulo Teixeira

Rio de Janeiro
Abril de 2008



Silvio Franklin Monção do Vale

Precificação de flexibilidades gerenciais em plantas GTL
utilizando a Metodologia de Opções Reais

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

Prof. José Paulo Teixeira

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Carlos Patrício Samanez

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Fabio Rodrigo Siqueira Batista

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 14 de abril de 2008

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

Silvio Franklin do Vale

Formado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará, onde foi bolsista de iniciação científica CNPq . Participou do projeto PUC/Petrobrás de análise de investimentos usando a teoria de Opções Reais em uma planta GTL.

Ficha Catalográfica

<p>Vale, Silvio Franklin</p> <p>Precificação de Flexibilidades Gerenciais em Plantas GTL Utilizando a Metodologia de Opções Reais / Silvio Franklin do Vale; orientador: José Paulo Teixeira. – 2008.</p> <p>86 f.; 30cm</p> <p>Dissertação de (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.</p> <p>Inclui referências bibliográficas.</p> <p>1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Análise de investimentos. 3. Teoria das Opções Reais. 4. Movimento Geométrico Browniano. 5. Simulação de Monte Carlo. I. Teixeira, José Paulo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.</p>

CDD: 658.5

Aos meus pais: Francisco e Dejanette.

As minhas irmãs: Silvana e Soraia.

A minha namorada Maryana.

Agradecimentos

À Deus, inteligência suprema, causa primária de todas as coisas, que me deu vida e oportunidade de exercitar a razão primeiro para encontrá-lo depois em meu coração.

Aos meus pais Francisco Alves Santos do Vale e Dejanette Monção do Vale, que sempre estiveram ao meu lado torcendo pela realização desse sonho.

As minhas irmãs Silvana e Soraia e a minha tia Oneide pela amizade e incentivo.

À minha namorada Maryana cujo amor não conhece distância.

Em especial ao professor José Paulo Teixeira, pelo total apoio e dedicação na orientação deste trabalho.

Aos professores Marco Antonio Dias e Carlos Patrício Samanez, pela excelência no ensino das disciplinas do mestrado, as quais me foram indispensáveis na elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos Leonardo, Marco, Clebson, Jean, Adenilson, Igor, Klessis que dividiram república comigo e por vezes suportaram meu stress.

Aos meus amigos Zé, Leonardo, Gustavo, Frances e Pierre que me ajudaram tanto nesta caminhada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior – CAPES, pelo apoio financeiro.

À Pontifícia Universidade Católica por todo conhecimento transmitido ao longo do mestrado, minha mais profunda gratidão ao programa de pós-graduação do departamento de engenharia industrial.

À todas as pessoas, que infelizmente não escrevi aqui seus nomes, mas que de uma forma ou de outra, contribuíram para o sucesso deste trabalho.

À todos meu RECONHECIMENTO e PROFUNDA GRATIDÃO por todos os momentos vividos durante esta jornada.

Resumo

Vale, Silvio Franklin Monção do; Teixeira, José Paulo. **Precificação de flexibilidades gerenciais em plantas GTL utilizando a Metodologia de Opções Reais**. Rio, 2008. 86p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

O objetivo da presente dissertação é capturar o valor da opção de parada temporária que uma planta GTL oferece em cenários econômicos desfavoráveis para mantê-la operando. Desta forma, o autor considera que a metodologia das opções reais é a mais indicada para avaliar tal flexibilidade, sendo assim, o objetivo principal deste estudo é a análise da opção de parar temporariamente através da utilização do processo estocástico (Movimento geométrico Browniano) e a correlação de Cholesky entre cada input e os outputs da planta. O autor acredita que os resultados desta dissertação podem auxiliar os gestores que enxergam flexibilidades em seus projetos a antecipar prejuízos prolongados em cenários desfavoráveis para manter uma planta funcionando.

Palavras-chave

Análise de investimentos; teoria das opções reais; processos estocásticos; movimento geométrico Browniano; correlação; simulação de Monte Carlo.

Abstract

Vale, Silvio Franklin Monção do; Teixeira, José Paulo. **Precification of managerial flexibility in GTL plants using the Methodology of Real Options**. Rio, 2008. 86p. MSc Dissertation – Department of Industrial Engineering, Pontifical Catholic University of Rio de January (PUC-Rio).

The objective of this dissertation is to capture the value of the option to temporarily stop that a GTL plant offers in unfavorable economic scenarios to keep it operating. Thus the author believes that the methodology of real options is the best placed to assess such flexibility, and thus the main objective of this study is the analysis of the option to temporarily stop using the stochastic process (geometric Brownian Motion) and the correlation Cholesky between each input and outputs of the plant. The author believes that the results of this dissertation can assist the managers who see flexibilities in its projects to anticipate damages drawn out in favorable scenes to keep a plant functioning.

Keywords

Investment analysis; real option theory; stochastic process; geometric Brownian motion; correlation; Monte Carlo simulation.

Sumário

1	Introdução	14
2	Revisão Bibliográfica	18
3	A Planta Gas-to-Liquids (GTL)	20
3.1.	Introdução	20
3.2.	Uma Breve História do GTL	21
3.3.	O Gás Natural	24
3.3.1.	Aumento das Reservas Irrecuperáveis	25
3.4.	Principais produtores de GTL	26
3.5.	O Diesel GTL e as pressões ambientais	28
3.6.	A tecnologia GTL + Gaseificador	30
3.6.1.	O Gás de síntese	31
3.6.2.	Reforma Auto-térmica (ATR)	32
3.6.3.	Reforma a Vapor do Metano (SMR)	33
3.6.4.	Oxidação Parcial (POX)	33
3.7.	O processo de Fischer- Tropsch (FT)	35
3.8.	Hidroprocessamento	36
4	Opções	38
4.1.	Métodos Determinísticos de Análise de investimentos	39
4.1.1.	Critério do Valor Presente Líquido (VPL)	39
4.1.2.	Critério da Taxa Interna de Retorno (TIR)	41
4.1.3.	Limitações Quanto ao Critério Clássico do FCD	42
4.2.	Teoria das Opções Reais - TOR	44
4.2.1.	Opção	44
4.2.2.	Opções Reais	47
5	Processos Estocásticos	52
5.1.	Principais Processos Estocásticos	53
5.1.1.	Processo de Wiener	53

5.1.2. Processo de Markov	53
5.1.3. Movimento Browniano com Drift ou Movimento de Wiener generalizado (Movimento Aritmético Browniano)	54
5.1.4. Movimento Browniano Generalizado - o Processo de Ito	55
5.1.5. Movimento Geométrico Browniano (MGB)	55
5.1.6. Processo de Reversão à Média ou Ornstein-Uhlenbeck	57
6 Precificação da Opção de Parar Temporariamente e Resultados	59
6.1. Investimentos Iniciais (<i>Capex</i>)	61
6.2. Custos	62
6.2.1. Matéria-Prima	62
6.2.2. OPEX	63
6.3. Receitas Operacionais	63
6.4. Parâmetros das séries de preços dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i>	64
6.5. Simulação do Movimento Geométrico Browniano	68
6.6. Correlação	72
6.7. Resultados	73
6.7.1. Cálculo do VPL	74
6.7.2. Apresentação dos resultados (72.000 bbl)	77
6.7.3. Valor da Opção	78
6.7.4. Análise de Sensibilidade	81
7 Comentários e Conclusões	83
8 Referências bibliográficas	85

Lista de figuras

Figura 1 – Comparação do Nível de Emissões.	30
Figura 2 – Processo GTL + Gaseificador.	30
Figura 3 – Processo Fischer-Tropsch da British Petroleum.	37
Figura 4 - Valor da opção aumenta com o aumento da flexibilidade segundo a teoria de OR.	43
Figura 5 – Valor de uma call na data de vencimento.	45
Figura 6 - Valor de uma <i>put</i> na data de vencimento.	45
Figura 7 - Variância no Movimento Geométrico Browniano.	56
Figura 8 - Possíveis combinações de Outputs.	60
Figura 9 – Gráfico da evolução da série de preços do GN.	65
Figura 10 – Gráfico da evolução da série de preços do OP.	66
Figura 11 – Gráfico da evolução da série de preços da Nafta.	66
Figura 12 – Gráfico da evolução da série de preços do Diesel.	67
Figura 13 – Gráfico da evolução da série de preços da Parafina.	67
Figura 14 – Gráfico da evolução da série de preços do Lubrificante.	68
Figura 15 – Caminhos do MGB para o Gás Natural.	70
Figura 16 – Caminhos do MGB para o Óleo Pesado.	70
Figura 17 – Caminhos do MGB para a Nafta.	71
Figura 19 – Caminhos do MGB para a Parafina.	72
Figura 20 – Caminhos do MGB para o Lubrificante.	72

Lista de tabelas

Tabela 1 - Patentes mundiais para gás de síntese e para síntese FT.	24
Tabela 2 – Distribuição das reservas e consumo de gás no mundo.	25
Tabela 3 – Projetos industriais em operação.	26
Tabela 4 – Projetos de GTL em Andamento.	27
Tabela 5 – Projetos de GTL em estudo.	27
Tabela 6 - Composição do gás de síntese na saída do SMR.	33
Tabela 7 - Comparando opção financeira com opção real.	46
Tabela 8 - Tipos de plantas industriais analisadas.	59
Tabela 9 – Combinações de produção utilizadas no trabalho	60
Tabela 10 – Investimento por barril e por tipo de tecnologia 35 M.	61
Tabela 11 – Investimento por barril e por tipo de tecnologia 72 M.	61
Tabela 12 – Alocação dos recursos por fase do projeto 35.	61
Tabela 13 – Alocação dos recursos por fase do projeto 72 M.	62
Tabela 14 – Quantidade de Matéria-Prima por tipo de planta	62
Tabela 15 – Parâmetros via regressão encontrados.	65
Tabela 16 – Cenária de produção utilizados no trabalho.	75
Tabela 17 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário I (35.000).	75
Tabela 18 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário II (35.000).	76
Tabela 19 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário III (35.000).	76
Tabela 20 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário IV (35.000).	76
Tabela 21 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário I (72.000).	76
Tabela 22 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário II (72.000).	77
Tabela 23 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário III (72.000).	77
Tabela 24 – Valor Presente Líquido (US\$ mil) do Cenário IV (72.000).	78
Tabela 25 – Valor das flexibilidades (US\$) 35.000 bbl.	78
Tabela 26 – Valor das flexibilidades (US\$) 72.000 bbl.	78
Tabela 27 – Sumário estatístico GN 35.000 bbl.	79
Tabela 28 – Sumário estatístico OP 35.000 bbl.	79
Tabela 29 – Sumário estatístico GN 72.000 bbl.	80
Tabela 30 – Sumário estatístico OP 72.000 bbl.	80

Tabela 31 – VPL com diminuição de imposto para GN 35.000 bbl.	81
Tabela 32 – VPL com diminuição de imposto para OP 35.000 bbl.	81
Tabela 33 – VPL com diminuição de imposto para GN 72.000 bbl.	81
Tabela 34 – VPL com diminuição de imposto para OP 72.000 bbl.	82

“Para não arrefecerdes, lembrai-vos que podeis vir a saber tudo. Para não presumirdes, lembrai-vos que por muito que souberdes muito ainda tereis a saber.”

Rui Barbosa.

“Qualquer caminho é apenas um caminho e não constitui insulto algum – para si mesmo ou para os outros – abandoná-lo quando assim ordena o coração. (...) Olhe cada caminho com cuidado e atenção. Tente-o tantas vezes quantas julgar necessárias... Então, faça a si mesmo e apenas a si mesmo uma pergunta: possui esse caminho um coração? Em caso afirmativo, o caminho é bom. Caso contrário, esse caminho não possui importância alguma.”

**Carlos Castañeda, The Teachings of Don Juan.
(Do livro o Tao da Física – Fritjof Capra)**