



**Ricardo Pereira Nunes**

**Análise do Fluxo de Caixa em Risco para uma Empresa  
Produtora de Derivados de Petróleo**

**Dissertação de Mestrado**

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

Orientador: Prof. Carlos Patrício Samanez

Rio de Janeiro

Abril de 2009



**Ricardo Pereira Nunes**

**Análise do Fluxo de Caixa em Risco para uma Empresa  
Produtora de Derivados de Petróleo**

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

**Prof. Carlos Patricio Samanez**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Paulo Henrique Soto Costa**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. José Paulo Teixeira**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 02 de abril de 2009

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

### **Ricardo Pereira Nunes**

Graduou-se em Engenharia de Telecomunicações pelo Instituto Militar de Engenharia em Novembro de 2003. Depois de concluído o curso, seguiu carreira como Oficial do Exército Brasileiro.

#### Ficha Catalográfica

Nunes, Ricardo Pereira

Análise do fluxo de caixa em risco para uma empresa produtora de derivados de petróleo/ Ricardo Pereira Nunes ; orientador: Carlos Patrício Samanez. – 2009.

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

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial)– Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Fluxo de caixa em risco. 3. Estratégias de hedge. 4. Instituições não-financeiras. 5. Empresa produtora de derivados de petróleo. I. Samanez, Carlos Patrício. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

À minha tia, Regina, docente de profissão e eterna discente por paixão.  
Mostrou-me que aprender nunca é pouco.  
“O estudo em geral, a busca da verdade e da beleza são domínios  
em que nos é consentido ficar crianças toda a vida.”  
(Albert Einstein)

Aos meus pais, meu porto seguro, Rita e Antony,  
exemplos de probidade, dedicação e amor.  
Que Deus permita que eu passe adiante o que aprendi com vocês.

## Agradecimentos

Aos meus pais, Rita e Antony, que sempre me estimularam a continuar com meus estudos. Serei eternamente grato pelo amor incondicional que a mim foi gratuitamente ofertado.

Às minhas irmãs e melhores amigas, Fernanda, Renata e Mariana, que também são parte desta realização, cujo companheirismo e beleza são fonte de inspiração.

Ao professor Carlos Patrício, pela paciência e orientação que permitiram meu avanço acadêmico e conclusão deste trabalho.

Ao amigo Renato Rangel que mostrou que ainda existem pessoas que são capazes de doar-se sem esperar nada em troca, a não ser gratidão. Doutor, esta dissertação só existe por sua causa. Muito obrigado por tudo.

Ao Exército Brasileiro que acredita na capacitação de seu pessoal e possibilitou, na medida do possível, meios que permitissem concluir o mestrado. Em especial ao Major Martins e a funcionária civil Ruth do 2º CTA que me “adotaram”.

A PETROBRAS que abriu suas portas fornecendo conhecimento em uma área totalmente nova e antes obscura para mim, principalmente a diretoria de Abastecimento.

Ao Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio, pela oportunidade oferecida, sobretudo à Cláudia que através de sua paciência e dedicação comprova que já está mais que preparada para ser mãe. Saúde e felicidades.

## Resumo

Nunes, Ricardo Pereira; Samanez, Carlos Patrício (Orientador). **Análise do Fluxo de Caixa em Risco para uma Empresa Produtora de Derivados de Petróleo**. Rio de Janeiro, 2009. 163p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O presente trabalho tem como objetivo analisar estratégias de hedge com contratos a termo, futuros e opções que impactem em redução do CF@R para um modelo de refinaria de petróleo. A finalidade é mostrar o efeito causado por instrumentos normalmente utilizados no mercado financeiro para a proteção de carteiras dentro do ambiente corporativo. A base para o estudo de caso é moldada através da metodologia para análise de risco em instituições não financeiras sugerida pelo documento técnico Corporatometrics<sup>TM</sup>. Na estrutura financeira corporativa, cujo conceito já é solidificado, foram introduzidas algumas variáveis para estudar a distribuição dos fluxos de caixa da refinaria. São utilizados processos estocásticos, neste caso o MGB, para simular os preços das commodities identificadas como fatores de risco que influenciam o resultado financeiro da empresa. A partir daí, tendo como ferramentas a simulação de Monte Carlo e a Fatoração de Cholesky para o auxílio na geração de projeções correlacionadas, são criados cenários dos possíveis fluxos de caixa futuros.

## Palavras-chave

Fluxo de Caixa em Risco, Estratégias de Hedge, Instituições Não-Financeiras, Empresa Produtora de Derivados de Petróleo

## Abstract

Nunes, Ricardo Pereira; Samanez, Carlos Patrício (Advisor). **Cash Flow at Risk analysis of a Downstream Oil Company**. Rio de Janeiro, 2009. 163p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This study intends to examine strategies for hedging with swaps, futures and options that reduce the impact in CF@R to a model of oil refinery. The purpose is to show the effect that financial market hedge instruments used in portfolios causes in the corporate environment. The basis for the case study is shaped by the methodology for risk analysis on non-financial institutions suggested by the technical document Corporatometrics<sup>TM</sup>. In the corporate financial structure, which concept is already solidified, it was added some variables to study the cash flow distribution of the refinery. Stochastic processes are used, in this case the MGB, to simulate the prices of the commodities identified as risk factors that influence the financial results of the company. Afterwards, the Monte Carlo simulation and the Cholesky decomposition are used to help generate correlated projections and therefore develop possible future cash flows scenarios.

## Keywords

Cash Flow at Risk, Hedge Strategies, Non-Financial Institutions, Downstream Oil Company

## Sumário

1	Introdução	14
1.1.	Revisão Bibliográfica	17
1.2.	Estrutura do Trabalho	23
2	Value-at-Risk	25
2.1.	Modelos Baseados em Premissas de Distribuições	28
2.1.1.	Simulação de Monte Carlo	28
2.1.2.	Método Paramétrico	31
2.2.	Modelos Baseados em Distribuições Empíricas	33
2.2.1.	Simulação Histórica	33
2.3.	Análise Estatística para o Cálculo do V@R	34
2.3.1.	Utilizando-se modelos de simulação	35
2.3.2.	Utilizando-se o método paramétrico	36
2.3.3.	V@R marginal	36
2.3.4.	V@R incremental	37
2.4.	Aplicação das diferentes metodologias	39
3	Gerenciamento de risco em instituições não financeiras: descrição da métrica CF@R e metodologia empregada	41
3.1.	Especificação da medida de risco	45
3.1.1.	Earnings-At-Risk (E@R)	46
3.1.2.	Cash-Flow At Risk (CF@R)	48
3.2.	Mapeamento de Exposições	50
3.3.	Geração de Cenários dos Preços e Taxas de Mercado	52
3.4.	Valoração e Medição do Risco	53
3.4.1.	Valoração	54
3.4.2.	Medição do Risco	55
3.4.3.	Risco Absoluto e Relativo	56
4	Referencial Teórico Empregado	59



4.1. Processos Estocásticos	60
4.1.1. Processo de Wiener	60
4.1.2. Processo de Reversão à Média	63
4.2. Modelos ARIMA	64
4.3. Alisamento Exponencial	66
4.4. Modelos Multivariados	68
4.4.1. Modelo Vetorial Auto-Regressivo	68
4.4.2. Modelo Vetorial de Correção de Erros	70
4.5. Simulação de Monte Carlo	70
4.6. Gerando Variáveis Aleatórias Normais Correlatas – Decomposição de Cholesky	71
5 Estrutura da empresa e situação de mercado	74
5.1. Caracterização do petróleo e seus derivados	74
5.2. Mercado nacional e internacional de derivados de petróleo	80
5.3. Estrutura da empresa	85
5.3.1. Destilação Atmosférica e a Vácuo	87
5.3.2. Craqueamento Catalítico	89
5.3.3. Coqueamento Retardado	90
5.3.4. Hidrotratamento	90
5.4. Planta Adotada	91
5.5. Síntese da Métrica	100
6 Estratégias de hedge	102
6.1. Contratos a termo, futuros e opções	102
6.1.1. Contratos a termo	102
6.1.2. Contratos futuros	103
6.1.3. Diferença entre contratos a termo e futuro	104
6.1.4. Opções	106
6.2. Estratégias de hedge	108
6.2.1. Posição comprada ou vendida em opção de compra	109
6.2.2. Posição Comprada ou Vendida em Opção de Venda	110
6.2.3. Collar	112
6.2.4. Zero cost collar	113

6.2.5. Touro ou call ratio backspread	113
6.2.6. Urso ou put ratio backspread	114
6.2.7. Mecanismo de Múltiplos Disparos	115
6.2.8. Proteção da margem	116
6.2.9. Compra de volatilidade	117
6.2.10. Hedge com futuros	118
7 Conclusões	121
8 Bibliografia	125
Apêndice A: Resultados obtidos nas estratégias de hedge	132

## Lista de figuras

Figura 1 – Frequências das diferentes variações na carteira	27
Figura 2 – Distribuição de frequências de fluxo de caixa	54
Figura 3 – Distribuições normais geradas com 1.000 e 10.000 amostras cada	57
Figura 4 – Risco Absoluto	57
Figura 5 – Risco Relativo – E@R	58
Figura 6 – Valor e qualidade do petróleo	75
Figura 7 – Características de petróleos: rendimento das frações básicas	76
Figura 8 – Critérios de qualificação do petróleo	78
Figura 9 – Demanda média no Brasil em 2007 por tipo de derivado	81
Figura 10 – Demanda média no Brasil em 2007 por classe de derivado	81
Figura 11 – Série de consumo nacional de derivados em bbl de 2000 até 2007	82
Figura 12 – Série de consumo nacional de derivados em bep de 2000 até 2007	82
Figura 13 – Demanda mundial por produtos	83
Figura 14 – Preço do diesel praticado no mercado nacional x Preço do diesel importado	84
Figura 15– Esquema de refino proposto	87
Figura 16 – Volume processado por mês	93
Figura 17 – Fluxo de Caixa do modelo de refinaria proposto	94
Figura 18 – Gráfico “Tornado” para nove fatores de risco	96
Figura 19 – Gráfico “Tornado” para três fatores de risco	97
Figura 20 – Comportamento dos preços dos fatores de risco	99
Figura 21 – Distribuição do fluxo de caixa	101
Figura 22 – Curva Futura	105
Figura 23 – Resultado de posição longa em opção de compra	109
Figura 24 – Resultado de posição longa em opção de compra	109
Figura 25 – Resultado de posição curta em opção de venda	111
Figura 26 – Resultado de posição curta em opção de venda	111
Figura 27 – Resultado da Estratégia Collar	112
Figura 28 – Resultado da estratégia <i>zero cost collar</i>	113
Figura 29 – Resultado da estratégia touro	114

Figura 30 – Resultado da estratégia urso	115
Figura 31 – Resultado do mecanismo de múltiplos disparos	116
Figura 32 – Estratégia de proteção da margem com opções 10% OTM	117
Figura 33 – Estratégia de compra de volatilidade 10% OTM	118
Figura 34 – Distribuição dos fluxos de caixa pra hedge com futuros	119
Figura 35 – Estratégia de hedge com futuros	119
Figura 36 – Distribuição dos fluxos de caixa para hedge com futuros em 100%	120
Figura 37 – Estratégia de hedge com futuros em 100% dos volumes	120

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Relação entre paradigmas na gestão de risco	20
Tabela 2 - Evolução Histórica do Estudo do Risco Fonte: Jorion, 2003	25
Tabela 3 - Comparação entre tipos de riscos corporativos	42
Tabela 4 – Sensitividade dos fatores de risco de mercado para os componentes de lucro selecionados.	51
Tabela 5 – Sensitividade dos fatores de risco de mercado para os componentes do fluxo de caixa.	51
Tabela 6 – Composição elementar média do petróleo	77
Tabela 7 – Critérios de classificação do petróleo	77
Tabela 8 – Premissas utilizadas para elaboração da planta da refinaria	92
Tabela 9 – Volumes processados por dia	92
Tabela 10 – Matriz de correlação entre produtos	98
Tabela 11 – Parâmetros do MGB	99
Tabela 12 – Estatísticas de risco	101
Tabela 13 – preços futuros em outubro de 2008.	105
Tabela 14 – Prêmios das opções para petróleo, gasolina e diesel em outubro de 2008	107
Tabela 15 – <i>Payoffs</i> de opções	108
Tabela 16 – resultado da estratégia de proteção da margem com opções 10% OTM	117
Tabela 17 – Resultado da estratégia compra de volatilidade com opções 10% OTM	118
Tabela 18 – Resultado da estratégia com futuros	119