

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

Guilherme Ribeiro de Macêdo

**Análise da volatilidade de séries financeiras segundo a modelagem da
família GARCH**

Porto Alegre, 2009

Guilherme Ribeiro de Macêdo

**Análise da volatilidade de séries financeiras segundo a modelagem da
família GARCH**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Claudino Galli

**Porto Alegre
Março 2009**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais que sempre torcem por mim, mesmo estando muito longe e a minha amada esposa Érika, que pacientemente me apoiou nos momentos difíceis desta grande conquista.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Érika, pela paciência e apoio durante todo este processo.

Ao Professor Doutor Oscar Claudino Galli, meu orientador, pelas sugestões feitas, pelas correções de rumo e pela amizade conquistada durante este período.

Ao Professor Doutor Marcelo Savino Portugal, por ter explicado de maneira tão didática e entusiasta as bases teóricas utilizadas nesta dissertação e por ter dado sugestões valiosas quando da defesa do projeto.

Ao Professor Doutor Gilberto de Oliveira Kloeckner, por ter fornecido parte da base de dados e pelas sugestões apresentadas na defesa do projeto.

Ao Tenente Coronel Engenheiro Militar de Fortificação e Construção Marco Antônio Vanni, por ter apoiado minha formação e pela amizade dispensada nesse convívio em Porto Alegre.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
CONTEXTUALIZAÇÃO	20
1. DEFINIÇÃO DA PESQUISA	22
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	22
1.2 JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA.....	22
1.3 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	23
2 – REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 – MERCADOS DE PETRÓLEO	24
2.1.1 RISCOS E INCERTEZAS NO MERCADO DE PETRÓLEO	24
2.1.2 CARACTERÍSTICAS DAS EMPRESAS PARTICIPANTES NO MERCADO DE PETRÓLEO.....	26
2.1.3 EMPRESAS DE PETRÓLEO DOS EUA	29
2.1.4 EMPRESAS DE PETRÓLEO DA INGLATERRA.....	32
2.1.5 EMPRESAS DE PETRÓLEO NA FRANÇA	33
2.1.6 EMPRESAS DE PETRÓLEO NA CHINA.....	34
2.1.7 EMPRESAS DE PETRÓLEO NA RÚSSIA	35
2.1.8 EMPRESAS DE PETRÓLEO NO BRASIL	36
3 – MODELOS DETERMINÍSTICOS DE CÁLCULO DE VOLATILIDADE	38
3.1 - INTRODUÇÃO.....	38
3.2 - MODELOS ARCH	38
3.3 MODELOS GARCH	40
3.4 MODELOS GJR.....	41
3.5 ESTIMAÇÃO.....	42
3.6 ESTIMADOR DE MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA	42
3.7 ESTIMADOR DE WHITTLE	43
3.8 ESTIMADOR DE MÍNIMO DESVIO ABSOLUTO	44
4 - METODOLOGIA	45
4.1 MÉTODO E TÉCNICA DE PESQUISA	45
4.2 ESCOLHA DA AMOSTRA.....	46
4.3 TRATAMENTO DE DADOS	48
4.4 TESTES DE HETEROCEDASTICIDADE	48
4.5 ESTIMAÇÃO DO MODELO.....	49
4.6 PREVISÃO E SIMULAÇÃO.....	52
4.7 OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA	53
4.8 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	53
5 – ANÁLISE DE RESULTADOS	54
5.1 CARACTERÍSTICAS DA SÉRIE DE PREÇOS DOS ATIVOS ANALISADOS.....	54
5.2 CARACTERÍSTICAS ESTATÍSTICAS DA SÉRIE DE RETORNOS DOS ATIVOS ANALISADOS	56
5.3 ESCOLHA DE MODELOS DETERMINÍSTICOS DE VOLATILIDADE PARA OS ATIVOS	60
5.3.1 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O BARRIL DE PETRÓLEO DO TIPO BRENT.....	61
5.3.2 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O BARRIL DE PETRÓLEO DO TIPO WTI	63
5.3.3 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O ATIVO DA EXXONMOBIL	65
5.3.4 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O ATIVO DA CHEVRON.....	67
5.3.5 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O ATIVO DA CONOCO PHILLIPS.....	69
5.3.6 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O ATIVO DA BP.....	71
5.3.7 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O ATIVO DA ROYAL DUTCH SHELL.....	73
5.3.8 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O ATIVO DA TOTAL S.A.....	75
5.3.9 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O ATIVO DA PETROBRAS S.A.....	77
5.3.10 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O ATIVO DA PETROCHINA	79
5.3.11 MODELAGEM DA VOLATILIDADE DETERMINÍSTICA PARA O ATIVO DA LUKOIL	81
5.3.12 ANÁLISE CONJUNTA DOS ATIVOS PESQUISADOS.....	83
5.4 PREVISÕES E SIMULAÇÕES DE VOLATILIDADE DOS MODELOS ESTIMADOS	85
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparações entre o perfil de indústrias petrolíferas entre 1970 e 2007	27
Figura 2 – Porcentagem das reservas mundiais de petróleo em função das empresas produtoras	28
Figura 3 – Porcentagem de produção mundial de petróleo para as maiores empresas do setor	28
Figura 4 – Evolução do nível de inventário para vendas de gasolina e derivados	30
Figura 5 – Evolução do preço do barril de petróleo do tipo Brent para o período de janeiro de 2000 à outubro de 2008	54
Figura 6 - Evolução do preço do ativo PETR4 para o período de janeiro de 2000 à fevereiro de 2008	55
Figura 7 - Evolução do preço do ativo BP para o período de janeiro de 2000 à outubro de 2008	56
Figura 8 – Comparação entre volatilidade prevista pelo modelo selecionado e volatilidade simulada pela técnica de Monte Carlo para o ativo PETR4 negociado na BOVESPA.....	87
Figura 9 – Histograma referente a simulação de uma carteira comprada em PETR4 e mantida durante 30 dias considerando como base de dados o segundo período.....	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Volatilidade medida através do índice VIX no período de janeiro de 1990 à janeiro de 2009	20
Gráfico 2 – Evolução dos retornos diários de janeiro de 2000 à fevereiro de 2008 para o ativo da ExxonMobil	59
Gráfico 3 – Evolução dos retornos diários de janeiro de 2000 à outubro de 2008 para o ativo da ExxonMobil	60
Gráfico 4 – Desvios padrões condicionais para o modelo estimado GJR (1,1) referente ao ativo CVX para o primeiro período	84
Gráfico 5 - Desvios padrões condicionais para o modelo estimado GJR (1,1) referente ao ativo CVX para o segundo período	84
Gráfico 6 – Evolução do preço do barril de petróleo do tipo Brent para o primeiro período ..	99
Gráfico 7 - Evolução do preço do barril de petróleo do tipo Brent para o segundo período..	100
Gráfico 8 - Evolução do preço do barril de petróleo do tipo WTI para o primeiro período ..	101
Gráfico 9 - Evolução do preço do barril de petróleo do tipo WTI para o segundo período ...	102
Gráfico 10 - Evolução do preço do ativo da ExxonMobil para o primeiro período	103
Gráfico 11 - Evolução do preço do ativo da ExxonMobil para o segundo período	104
Gráfico 12 - Evolução do preço do ativo da Chevron para o primeiro período	105
Gráfico 13 - Evolução do preço do ativo da Chevron para o segundo período.....	106
Gráfico 14 - Evolução do preço do ativo da ConocoPhillips para o primeiro período	107
Gráfico 15 - Evolução do preço do ativo da ConocoPhillips para o segundo período.....	108
Gráfico 16 - Evolução do preço do ativo da BP para o primeiro período	109
Gráfico 17 - Evolução do preço do ativo da BP para o segundo período.....	110
Gráfico 18 - Evolução do preço do ativo da Royal Dutch Shell para o primeiro período	111
Gráfico 19 - Evolução do preço do ativo da Royal Dutch Shell para o segundo período	112
Gráfico 20 - Evolução do preço do ativo da Total S.A para o primeiro período	113
Gráfico 21 - Evolução do preço do ativo da Total S.A para o segundo período.....	114
Gráfico 22 - Evolução do preço do ativo da Petrobras para o primeiro período.....	115
Gráfico 23 - Evolução do preço do ativo da Petrobras para o segundo período	116
Gráfico 24 - Evolução do preço do ativo da Petrochina para o primeiro período.....	117
Gráfico 25 - Evolução do preço do ativo da Petrochina para o segundo período	118
Gráfico 26 - Evolução do preço do ativo da Lukoil para o primeiro período	119
Gráfico 27 - Evolução do preço do ativo da Lukoil para o segundo período.....	120
Gráfico 28 – Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo Brent para o primeiro período	121
Gráfico 29 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo Brent para o primeiro período	122
Gráfico 30 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo Brent para o segundo período.....	123
Gráfico 31 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo Brent para o segundo período	124
Gráfico 32 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo WTI para o primeiro período.....	125
Gráfico 33 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo WTI para o primeiro período	126
Gráfico 34 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo WTI para o segundo período	127
Gráfico 35 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo WTI para o segundo período	128

Gráfico 36 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da ExxonMobil para o primeiro período	129
Gráfico 37 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da ExxonMobil para o primeiro período	130
Gráfico 38 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da ExxonMobil para o segundo período.....	131
Gráfico 39 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da ExxonMobil para o segundo período	132
Gráfico 40 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Chevron para o primeiro período	133
Gráfico 41 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Chevron para o primeiro período.....	134
Gráfico 42 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Chevron para o segundo período.....	135
Gráfico 43 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Chevron para o segundo período	136
Gráfico 44 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da ConocoPhillips para o primeiro período	137
Gráfico 45 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da ConocoPhillips para o primeiro período.....	138
Gráfico 46 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da ConocoPhillips para o segundo período.....	139
Gráfico 47 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da ConocoPhillips para o segundo período	140
Gráfico 48 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da BP para o primeiro período	141
Gráfico 49 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da BP para o primeiro período	142
Gráfico 50 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da BP para o segundo período.....	143
Gráfico 51 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da BP para o segundo período.....	144
Gráfico 52 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Royal Dutch Shell para o primeiro período	145
Gráfico 53 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Royal Dutch Shell para o primeiro período	146
Gráfico 54 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Royal Dutch Shell para o segundo período.....	147
Gráfico 55 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Royal Dutch Shell para o segundo período.....	148
Gráfico 56 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Total S.A para o primeiro período	149
Gráfico 57 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Total S.A para o primeiro período	150
Gráfico 58 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Total S.A para o segundo período.....	151
Gráfico 59 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Total S.A para o segundo período.....	152
Gráfico 60 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrobras para o primeiro período	153

Gráfico 61 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrobras para o primeiro período	154
Gráfico 62 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrobras para o segundo período.....	155
Gráfico 63 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrobras para o segundo período.....	156
Gráfico 64 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrochina para o primeiro período	157
Gráfico 65 – Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrochina para o primeiro período	158
Gráfico 66 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrochina para o segundo período.....	159
Gráfico 67 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrochina para o segundo período.....	160
Gráfico 68 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Lukoil para o primeiro período	161
Gráfico 69 – Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Lukoil para o primeiro período	162
Gráfico 70 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Lukoil para o segundo período.....	163
Gráfico 71 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Lukoil para o segundo período.....	164
Gráfico 72 – Retornos diários referentes ao barril de petróleo do tipo Brent para o primeiro período.....	165
Gráfico 73 - Retornos diários referentes ao barril de petróleo do tipo Brent para o segundo período.....	166
Gráfico 74 - Retornos diários referentes ao barril de petróleo do tipo WTI para o primeiro período.....	167
Gráfico 75 - Retornos diários referentes ao barril de petróleo do tipo WTI para o segundo período.....	168
Gráfico 76 - Retornos diários referentes ao ativo ExxonMobil para o primeiro período.....	169
Gráfico 77 - Retornos diários referentes ao ativo da ExxonMobil para o segundo período ..	170
Gráfico 78 - Retornos diários referentes ao ativo da Chevron para o primeiro período	171
Gráfico 79 - Retornos diários referentes ao ativo da Chevron para o segundo período.....	172
Gráfico 80 - Retornos diários referentes ao ativo da ConocoPhillips para o primeiro período	173
Gráfico 81 - Retornos diários referentes ao ativo da ConocoPhillips para o segundo período	174
Gráfico 82 - Retornos diários referentes ao ativo da BP para o primeiro período	175
Gráfico 83 - Retornos diários referentes ao ativo da BP para o segundo período.....	176
Gráfico 84 - Retornos diários referentes ao ativo da Royal Dutch Shell para o primeiro período.....	177
Gráfico 85 - Retornos diários referentes ao ativo da Royal Dutch Shell para o segundo período	178
Gráfico 86 - Retornos diários referentes ao ativo da Total S.A. para o primeiro período	179
Gráfico 87 - Retornos diários referentes ao ativo da Total S.A. para o segundo período	180
Gráfico 88 - Retornos diários referentes ao ativo da Petrobras para o primeiro período	181
Gráfico 89 - Retornos diários referentes ao ativo da Petrobras para o segundo período	182
Gráfico 90 - Retornos diários referentes ao ativo da Petrochina para o primeiro período	183
Gráfico 91 - Retornos diários referentes ao ativo da Petrochina para o segundo período	184

Gráfico 92 - Retornos diários referentes ao ativo da Lukoil para o primeiro período	185
Gráfico 93 - Retornos diários referentes ao ativo da Lukoil para o segundo período	186
Gráfico 94 – Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o barril de petróleo do tipo Brent	187
Gráfico 95 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o barril de petróleo do tipo Brent	188
Gráfico 96 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o barril de petróleo do tipo WTI.....	189
Gráfico 97 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o barril de petróleo do tipo WTI.....	190
Gráfico 98 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da ExxonMobil	191
Gráfico 99 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da ExxonMobil	192
Gráfico 100 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Chevron	193
Gráfico 101 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Chevron	194
Gráfico 102 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da ConocoPhillips.....	195
Gráfico 103 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da ConocoPhillips.....	196
Gráfico 104 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da BP	197
Gráfico 105 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da BP	198
Gráfico 106 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Royal Dutch Shell.....	199
Gráfico 107 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Royal Dutch Shell.....	200
Gráfico 108 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Total S.A.....	201
Gráfico 109 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Total S.A.....	202
Gráfico 110 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Petrobras	203
Gráfico 111 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Petrobras	204
Gráfico 112 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Petrochina	205
Gráfico 113 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Petrochina	206
Gráfico 114 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Lukoil.....	207
Gráfico 115 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Lukoil.....	208
Gráfico 116 – Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do barril de petróleo do tipo Brent	209
Gráfico 117 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do barril de petróleo do tipo Brent.....	210

Gráfico 118 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do barril de petróleo do tipo WTI.....	211
Gráfico 119 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do barril de petróleo do tipo WTI.....	212
Gráfico 120 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da ExxonMobil.....	213
Gráfico 121 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da ExxonMobil.....	214
Gráfico 122 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Chevron.....	215
Gráfico 123 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Chevron.....	216
Gráfico 124 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da ConocoPhillips.....	217
Gráfico 125 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da ConocoPhillips.....	218
Gráfico 126 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da BP.....	219
Gráfico 127 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da BP.....	220
Gráfico 128 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Royal Dutch Shell.....	221
Gráfico 129 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Royal Dutch Shell.....	222
Gráfico 130 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Total S.A.....	223
Gráfico 131 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Total S.A.....	224
Gráfico 132 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Petrobras.....	225
Gráfico 133 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Petrobras.....	226
Gráfico 134 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Petrochina.....	227
Gráfico 135 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Petrochina.....	228
Gráfico 136 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Lukoil.....	229
Gráfico 137 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Lukoil.....	230
Gráfico 138 – Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada em barril de petróleo do tipo Brent e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período.....	231
Gráfico 139 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada em barril de petróleo do tipo Brent e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período.....	232
Gráfico 140 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada em barril de petróleo do tipo WTI e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período.....	233

Gráfico 141 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada em barril de petróleo do tipo WTI e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período.....	234
Gráfico 142 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da ExxonMobil e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período.....	235
Gráfico 143 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da ExxonMobil e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período.....	236
Gráfico 144 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Chevron e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período.....	237
Gráfico 145 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Chevron e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período.....	238
Gráfico 146 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da ConocoPhillips e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período.....	239
Gráfico 147 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da ConocoPhillips e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período.....	240
Gráfico 148 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da BP e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período.....	241
Gráfico 149 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da BP e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período.....	242
Gráfico 150 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Royal Dutch Shell e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período.....	243
Gráfico 151 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Royal Dutch Shell e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período.....	244
Gráfico 152 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Total S.A. e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período.....	245
Gráfico 153 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Total S.A. e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período.....	246
Gráfico 154 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Petrobras e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período.....	247
Gráfico 155 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Petrobras e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período.....	248
Gráfico 156 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Petrochina e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período.....	249
Gráfico 157 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Petrochina e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período.....	250

Gráfico 158 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Lukoil e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período	251
Gráfico 159 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Lukoil e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período	252

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Histórico de fusões e aquisições entre 1998 e 2002 para empresas petrolíferas americanas	27
Tabela 2: Balanços contábeis para empresas petrolíferas americanas referentes ao final de 2007	30
Tabela 4: Balanços contábeis para empresa petrolífera francesa referente ao final de 2007 ...	33
Tabela 5: Balanços contábeis para empresa petrolífera chinesa referente ao final de 2007	35
Tabela 6: Balanços contábeis para empresa petrolífera russa referente ao final de 2007	36
Tabela 7: Balanços contábeis para empresa petrolífera brasileira referente ao final de 2007..	37
Tabela 8: Eventos significativos ocorridos na economia dos países analisados no período de 2000 à 2008	47
Tabela 9: Utilização das funções perdas em estudos acadêmicos de previsão de volatilidade	52
Tabela 10: Testes Q e ARCH nas séries de retornos dos ativos negociados na bolsa de valores norte-americana para detecção de heterocedasticidade	57
Tabela 11: Testes Q e ARCH nas séries de retornos dos ativos negociados na bolsa de valores do Reino Unido para detecção de heterocedasticidade	58
Tabela 12: Testes Q e ARCH nas séries de retornos dos ativos negociados na bolsa de valores do Reino Unido para detecção de heterocedasticidade	58
Tabela 13: Testes Q e ARCH nas séries de retornos dos ativos negociados nas bolsas de valores dos países emergentes para detecção de heterocedasticidade.....	59
Tabela 14: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao barril de petróleo do tipo Brent	61
Tabela 15: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o barril de petróleo do tipo Brent	62
Tabela 16: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o barril de petróleo do tipo Brent	62
Tabela 17: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao barril de petróleo do tipo WTI.....	63
Tabela 18: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o barril de petróleo do tipo WTI.....	64
Tabela 19: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o barril de petróleo do tipo WTI	64
Tabela 20: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo XOM negociado na NYSE.....	65
Tabela 21: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo XOM negociado na NYSE	66
Tabela 22: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo XOM negociado na NYSE	66
Tabela 23: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo CVX negociado na NYSE.....	67
Tabela 24: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo CVX negociado na NYSE.....	68
Tabela 25: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo CVX negociado na NYSE.....	68
Tabela 26: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo COP negociado na NYSE.....	69
Tabela 27: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo COP negociado na NYSE.....	70

Tabela 28: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo COP negociado na NYSE.....	70
Tabela 29: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo BP negociado na LSE.....	71
Tabela 30: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo BP negociado na LSE.....	72
Tabela 31: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo BP negociado na LSE.....	72
Tabela 32: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo RDSB negociado na LSE.....	73
Tabela 33: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo RDSB negociado na LSE.....	74
Tabela 34: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo RDSB negociado na LSE.....	74
Tabela 35: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo FP negociado na Euronext.....	75
Tabela 36: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo FP negociado na Euronext.....	76
Tabela 37: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo FP negociado na Euronext.....	76
Tabela 38: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo PETR4 negociado na Bovespa.....	77
Tabela 39: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo PETR4 negociado na Bovespa.....	78
Tabela 40: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo PETR4 negociado na Bovespa.....	78
Tabela 41: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo 0857 negociado na HKSE.....	79
Tabela 42: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo 0857 negociado na HKSE.....	80
Tabela 43: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo 0857 negociado na HKSE.....	80
Tabela 44: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo LKOH negociado na RTS.....	81
Tabela 45: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo LKOH negociado na RTS.....	82
Tabela 46: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo LKOH negociado na RTS.....	82
Tabela 47: Síntese das estimações para os ativos pesquisados nos dois períodos de análise...	83
Tabela 48: Volatilidades estimadas para os dois períodos de análise utilizando os modelos selecionados.....	85
Tabela 49: Estimação das volatilidades de longo prazo para os dois períodos de análise.....	86
Tabela 50: Cálculo das funções perda para cada um dos ativos utilizando como base de dados o primeiro período.....	88
Tabela 51: Cálculo das funções perda para cada um dos ativos utilizando como base de dados o segundo período.....	89

RESUMO

O conhecimento do risco de ativos financeiros é de fundamental importância para gestão ativa de carteiras, determinação de preços de opções e análise de sensibilidade de retornos. O risco é medido através da variância estatística e há na literatura diversos modelos econométricos que servem a esta finalidade. Esta pesquisa contempla o estudo de modelos determinísticos de volatilidade, mais especificamente os modelos GARCH simétricos e assimétricos. O período de análise foi dividido em dois: de janeiro de 2000 à fevereiro de 2008 e à outubro de 2008. Tal procedimento foi adotado procurando identificar a influência da crise econômica originada nos EUA nos modelos de volatilidade. O setor escolhido para o estudo foi o mercado de petróleo e foram escolhidas as nove maiores empresas do setor de acordo com a capacidade produtiva e reservas de petróleo. Além destas, foram modeladas também as *commodities* negociadas na Bolsa de Valores de Nova York: o barril de petróleo do tipo Brent e WTI. A escolha deste setor deve-se a sua grande importância econômica e estratégica para todas as nações. Os resultados encontrados mostraram que não houve um padrão de modelo de volatilidade para todos os ativos estudados e para a grande maioria dos ativos, há presença de assimetria nos retornos, sendo o modelo GJR (1,1) o que mais prevaleceu, segundo a modelagem pelo método da máxima verossimilhança. Houve aderência, em 81% dos casos, dos ativos a um determinado modelo de volatilidade, alterando apenas, como eram esperados, os coeficientes de reatividade e persistência. Com relação a estes, percebe-se que a crise aumentou os coeficientes de reatividade para alguns ativos. Ao se compararem as volatilidades estimadas de curto prazo, percebe-se que o agravamento da crise introduziu uma elevação média de 265,4% em relação ao período anterior, indicando um aumento substancial de risco. Para a volatilidade de longo prazo, o aumento médio foi de 7,9%, sugerindo que os choques reativos introduzidos com a crise, tendem a ser dissipados ao longo do tempo.

Palavras-chave: Volatilidade, Modelos GARCH, Assimetria, Risco, Desvio padrão, Variância.

ABSTRACT

The knowledge of the risk of financial assets is of basic importance for active management of portfolios, determination of prices of options and analysis of sensitivity of returns. The risk is measured through the variance statistics and has in literature several econometrical models that serve to this purpose. This research contemplates the study of deterministic models of volatility, more specifically symmetrical and asymmetrical models GARCH. The period of analysis was divided in two: January of 2000 to the February of 2008 and the October of 2008. Such a proceeding was adopted trying to identify the influence of the economic crisis given rise in U.S.A. in the volatility models. The sector chosen for the study was the oil market and had been chosen the nine bigger companies of the sector in accordance with the productive capacity and reserves of oil. Beyond these, there were modeled also the commodities negotiated in the Stock Exchange of New York: the barrel of oil of the types Brent and WTI. The choice of this sector is due to his great economical and strategic importance for all the nations. The results showed that there was no a standard of model of volatility for all the studied assets and for the majority of them, there is presence of asymmetry in the returns, being the model GJR (1,1) that more prevailed, according to the method of likelihood. There was adherence, in 81 % of the cases, of the assets to a determined model of volatility, altering only the coefficients of reactivity and persistence. Regarding these, it is realized that the crisis increased the coefficients of reactivity for some assets. In relation to the volatilities of short term, it is realized that the aggravation of the crisis introduced an elevation of 265,4% regarding the previous period, indicating a substantial increase of risk. In relation to the volatility of long term, the increase was 7,9 %, suggesting that the reactive shocks introduced with the crisis have a tendency to be dispersed along the time.

Keywords: Volatility, GARCH Models, Asymmetrical, Risk, Standard Deviation, Variance

INTRODUÇÃO

A volatilidade de ativos financeiros é uma medida da variabilidade de preços durante um período de tempo escolhido. Mas quais são os fatores que influenciam a mudança deste parâmetro ao longo do tempo? Segundo Taylor (2005), não há respostas completas e satisfatórias para esta questão. Parte da variação pode ser explicada por alguns fatores, mas não toda a variação.

Alguns estudos mostram que durante grandes crises econômicas e políticas, a volatilidade atinge níveis altíssimos que não são observados comumente. Officer (1973) e Schwert (1990) observaram que a Grande Depressão causou grandes variações nos preços dos ativos no período de 1929 à 1934, atingindo níveis que não foram observados nos anos subsequentes. Hsu (1992) observou que a divulgação da existência de fitas relacionadas ao caso Watergate, durante a presidência de Richard Nixon, promoveram uma grande elevação na volatilidade. A crise nas bolsas de valores em 1987 foi seguida de um período curto de elevadas volatilidades (Schwert, 1990).

Há evidências empíricas de que a divulgação de índices macroeconômicos tais como inflação, PIB e taxa de desemprego coincidem com uma rápida elevação de volatilidade nos EUA (Ederington e Lee (1993); Fleming e Remolona (1999)) e na Inglaterra (Areal e Taylor (2002)). Schwert (1989) mostrou que parte da variação na volatilidade pode ser explicada por inflação, crescimento de renda e produção industrial, mas não a sua maior parte.

De acordo com Black (1976), há um aumento de volatilidade quando o mercado apresenta uma queda nos preços de ativos e um aumento no índice dívida/patrimônio. Tal efeito foi chamado de alavancagem. Contudo, Duffie (1995) observou que o efeito de assimetria é grande, enquanto que mudanças diárias no índice são pequenas e mostrou que o grau de assimetria não é relacionado ao índice e nem ao tamanho da empresa.

Uma outra explicação para a mudança de volatilidade pode ser encontrada através da relação negativa entre retorno e volatilidade. A premissa desse argumento é de que como a volatilidade representa uma medida de risco de um ativo financeiro e é precificada pelo mercado, um aumento de sua magnitude provoca imediatamente um aumento do prêmio exigido pelo investidor e conseqüentemente, uma queda no preço do ativo. Campbell, Hentschel (1992) e Wu (2001) concluíram que notícias sobre dividendos e a mudança no nível de volatilidade são relacionados ao processo gerador de retornos.

Embora atualmente o meio acadêmico e financeiro tenham incorporado a hipótese nos modelos de que a volatilidade varie no tempo, durante anos foi feita a suposição de um parâmetro constante ao longo do tempo. Somente em 1982, Engle propôs um modelo que levasse em consideração a existência de heterocedasticidade nas séries de dados. Desde então, surgiram muitas variações nos modelos, todas com o objetivo de melhor representar o comportamento dos ativos financeiros.

Com o surgimento de muitos modelos variantes, uma questão fundamental é como determinar o modelo que melhor se aproxima dos dados reais. Também é de interesse saber se efeitos extremos da macroeconomia, como crises, afetam as estimações e consequentemente os parâmetros ao longo do tempo.

Dessa forma, a dissertação é apresentada em cinco capítulos, além das referências bibliográficas e apêndices, sendo o primeiro dedicado à exposição do tema e uma breve discussão acerca da natureza da volatilidade e apresentação do problema de pesquisa.

O segundo capítulo apresenta o referencial teórico desta pesquisa que consiste em uma análise do mercado de petróleo, setor escolhido para estudo da volatilidade, através da apresentação de possíveis causas para o aumento de volatilidade dos ativos ligados às empresas petrolíferas e um estudo das teorias clássicas de modelos determinísticos de volatilidade.

A discussão acerca da operacionalização desta pesquisa é apresentada no terceiro capítulo, através da explicação de como as estimações foram implementadas e os modelos selecionados. Um detalhamento maior do algoritmo utilizado tanto para a estimação como para a escolha do modelo é apresentado separadamente no Apêndice A.

A análise de resultados é feita no quarto capítulo, que busca mostrar efeitos da crise nos ativos estudados, através da análise de modelos determinísticos de volatilidade. A ordem de apresentação dos resultados e estimações é representada de acordo com a descrição detalhada do terceiro capítulo.

O quinto capítulo é reservado para conclusões e considerações finais, buscando comparar os resultados obtidos com os objetivos apresentados neste capítulo e apresentar sugestões de futuras pesquisas.

A sessão de Apêndices apresenta, além do algoritmo em MATLAB para estimação e escolha de modelos determinísticos de volatilidade, os gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial para cada ativo e cada período e a simulação de carteiras compradas em cada um dos ativos durante 30 dias a frente do período de estimação.

Contextualização

A atual crise dos títulos subprime ocorrida nos EUA provocou um choque de confiança muito grande nos mercados financeiros mundiais, como pode ser observado no gráfico 1 referente ao índice VIX. Tal índice é calculado através da volatilidade implícita dos preços das opções de compra e venda de ativos listados na S&P 500 e negociados na bolsa de Chicago. Por ser uma medida restrita à bolsa americana e incluir diferentes setores da economia, os quais são sabidos que apresentam valores diferentes de risco (Damodaran, 2007), o VIX é utilizado apenas para indicar o nível médio da volatilidade de mercado.

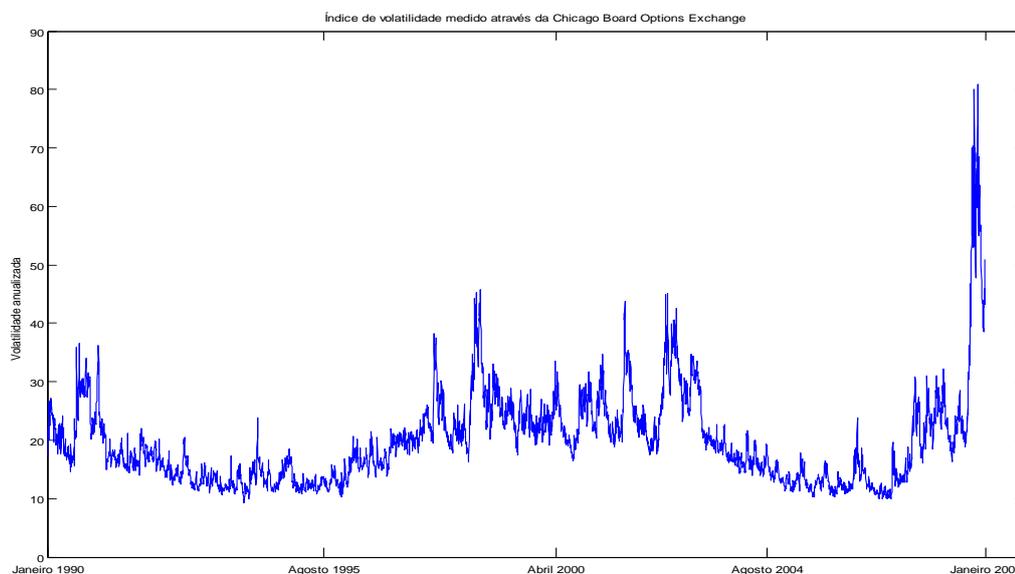


Gráfico 1 – Volatilidade medida através do índice VIX no período de janeiro de 1990 à janeiro de 2009

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

A confiança nos mercados de capitais é refletida diretamente através do aumento de risco em ativos financeiros. Intuitivamente, o aumento da volatilidade significa que a previsão de retornos torna-se cada vez mais incerta e, por isso, o investidor racional tende a exigir um prêmio maior para aceitar esse risco. Este fato foi estudado pelo prêmio Nobel William Sharpe, que definiu um índice cujo objetivo é mensurar o excesso de retorno para cada unidade de risco adicional de um ativo financeiro. Quanto maior o índice de Sharpe, maior o prêmio, para uma certa quantidade de risco.

Partindo dessa premissa, que possui suas origens na Teoria de Alocação de Ativos em Carteiras Eficientes, o cálculo da volatilidade torna-se um parâmetro fundamental para determinar o risco de determinado ativo.

Este parâmetro também é de grande importância para precificação de opções, cujos diversos modelos de apuração utilizam a volatilidade como variável no cálculo do preço.

1. DEFINIÇÃO DA PESQUISA

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

De acordo com a metodologia de pesquisa em ciências humanas, o problema de pesquisa consiste em uma questão ainda sem solução, para a qual se tenta responder através da análise empírica. Para tanto, considerando as discussões acerca da dissertação, as questões pertinentes são:

A atual crise econômica originária dos EUA alterou os modelos de volatilidade, comparados com o período anterior à crise?

E, por consequência, surgem os seguintes questionamentos:

O setor de petróleo possui uma dinâmica igual de volatilidade para todos os ativos relacionados à *commoditie* ou cada ativo segue uma dinâmica distinta?

A volatilidade de longo prazo foi alterada substancialmente com a ocorrência da crise e ela possui valores semelhantes para diversos ativos, independentemente de onde o ativo seja negociado ou da política interna da empresa?

1.2 JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA

Sobre os modelos GARCH, Carol Alexander (2001, p.68) considera:

há atualmente muito interesse acadêmico nos modelos GARCH de modo que, no futuro, é possível que a maioria das instituições financeiras esteja usando aqueles mais sofisticados.

Em quaisquer dos métodos de médias móveis da volatilidade e da correlação, não é feita a suposição de que a volatilidade varie no tempo (Alexander, 2001).

Essa variabilidade no tempo ocorre através do agrupamento de volatilidades e existência de valores muito altos na série de retornos. Tal natureza da série temporal é chamada de heterocedasticidade condicional auto-regressiva. Esses modelos foram estudados inicialmente em 1982 por Rob Engle e há uma extensa bibliografia desde então nessa área.

Se há uma extensa literatura na área há pelo menos 25 anos, por que os modelos baseados em hipóteses não observáveis no mundo real ainda são utilizados pelo mercado financeiro? Parte dessa falta de uso pelo mercado financeiro deve-se a grande quantidade de variações da família GARCH existentes na literatura e, portanto, inexistência de um padrão.

Para um mesmo ativo, há diferentes famílias GARCH que conseguem capturar a série satisfatoriamente (Bollerslev, T., Chow R.Y., Kroner, K. F., 1992).

Ainda segundo a autora Carol Alexander, “as estimativas dos parâmetros do modelo GARCH são sensíveis aos dados históricos utilizados no modelo.”

Desta maneira, o presente estudo justifica-se no sentido de buscar mensurar o efeito da atual crise de títulos subprime no setor de petróleo, através da estimação das volatilidades de curto e longo prazo por meio de modelos determinísticos da família GARCH e identificar se diferentes bases de dados afetam os modelos.

1.3 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Realizar a estimação de vários ativos financeiros através de modelos de volatilidade determinísticos, agrupado em segmento setorial (petróleo), identificando qual o modelo da família GARCH melhor se ajusta às séries de dados e gerar previsões das estruturas a termo da volatilidade em período de tranquilidade e em períodos de crise.

Os objetivos específicos são:

- a) Identificar padrões de modelo de volatilidade dentro do setor analisado, se houver;
- b) Identificar se a atual crise subprime alterou as dinâmicas dos modelos e se a volatilidade de longo prazo foi afetada;
- c) Realizar previsões com o modelo adequado e realizar simulações do comportamento de carteiras teóricas de ativos, através da modelagem de Monte Carlo.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

A volatilidade é uma medida afetada por inúmeros fatores, não sendo totalmente identificáveis. Com o objetivo de elencar os fatores prováveis de elevação de risco, esta sessão apresenta a pesquisa teórica acerca do tema de estudo, bem como a teoria referente aos modelos determinísticos GARCH.

2.1 – MERCADOS DE PETRÓLEO

Por se tratar de uma *commoditie* estratégica, uma vez que o consumo de combustíveis fósseis nos países, em diversas etapas da cadeia produtiva, é muito elevado, o mercado de petróleo reveste-se de grande importância, no que tange ao impacto no desenvolvimento econômico mundial. Neste sentido, esta sessão apresenta o resultado das pesquisas teóricas envolvendo fatores prováveis de aumento de volatilidade neste mercado.

2.1.1 Riscos e incertezas no mercado de petróleo

Conforme mencionado no item 1.1, há evidências empíricas de que o mercado precifica a incerteza. Tal incerteza é refletida economicamente através da observância do nível de volatilidade de ativos financeiros, pois quanto maior a volatilidade de um ativo financeiro, maior é a incerteza sobre seu verdadeiro preço justo.

De acordo com Cordesman e Al-Rodhan (2006), a dinâmica do mercado do petróleo envolve quatro principais áreas de incerteza interdependentes: riscos geoestratégicos, flutuações macroeconômicas, a natureza das reservas petrolíferas e a incerteza com relação à capacidade futura de produção de petróleo.

Os riscos geoestratégicos referem-se às implicações políticas e militares nas áreas produtoras de petróleo e envolvem fatores chave tais como:

- Estabilidade nos países exportadores de gás e petróleo: Esta estabilidade garante certa previsibilidade com relação à oferta das commodities;
- Terrorismo no Golfo e segurança dos campos petrolíferos: Por possuir mais de 65% das reservas mundiais de petróleo comprovadas, um ataque à região elevaria a incerteza sobre o preço da *commoditie*;
- Embargos e sanções: Um acordo dos países membros da OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) para diminuição ou aumento da produção provoca distorções no real preço da *commoditie*;

- Outros fatores: Problemas de falta de segurança em campos petrolíferos e desastres naturais afetam a oferta do produto, elevando a incerteza nos mercados.

As flutuações macroeconômicas referem-se às incertezas relacionadas à previsão de oferta, demanda e preços do barril do petróleo. As principais variáveis que afetam a previsão destes indicadores são:

- A elasticidade de longo prazo da oferta de gás e petróleo: Até o momento, não é sabido exatamente o número de poços exploráveis economicamente e nem o impacto das novas tecnologias que farão com que a extração seja cada vez mais cara;

- O estado da economia global: A alta generalizada de preços do barril do petróleo afeta a economia de várias maneiras com tendência a uma desaceleração do crescimento global e um aumento de inflação;

- Crescimento de novas potências econômicas: De acordo com o FMI (Fundo Monetário Internacional), as economias emergentes serão responsáveis em 2011 por aumento de 40% na demanda referentes à 2007 pela *commoditie*;

- Falta de investimentos: Embora a alta da *commoditie* crie um incentivo para empresas estatais e privadas investirem em pesquisa e desenvolvimento, a inabilidade e os constantes erros de previsão da EIA (U.S. Energy Information Administration), da OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) e da USGS (U.S. Geological Survey) com relação ao preço futuro da *commoditie*, promovem uma interrupção de fluxos de capitais na área de produção, extração e refino (Cordesman e Al-Rodhan (2006)).

A natureza das reservas petrolíferas diz respeito às incertezas acerca da real capacidade de produção dos campos petrolíferos atuais e dos descobertos recentemente. Mais detalhadamente, a indefinição decorre dos seguintes aspectos:

- A verdadeira capacidade das reservas: O USGS promove debates entre analistas sobre a real natureza dos campos e sobre a definição do que é uma reserva descoberta versus desconhecida versus provada;

- Impacto do ganho tecnológico: os modelos atuais de previsão de produção não levam em consideração os avanços tecnológicos, o que pode causar distorções sobre as reservas provadas;

- Habilidade de substituição dos supercampos: os campos gigantes descobertos na Arábia Saudita, Iraque e Kuwait, em 1950 e 1960, estão em declínio de produção, e até o momento, nenhum novo campo com as dimensões destes foram descobertos;

- Taxa de declínio de produção em campos: essa é uma medida que, por muitas vezes, é estimada independentemente do país produtor, pois este, não tem interesse em divulgar tal informação;

- Modelos computacionais não possuem acurácia necessária: segundo a EIA, há evidência de que os modelos computacionais de estimação de reservas erram sistematicamente e não substituem a estimação pelo método de perfuração que exige o emprego de tecnologia com valor agregado alto;

- Politização de reservas: as empresas estatais de produção e refino de petróleo tendem a politizar as reservas, devido a sua importância estratégica. Esse fato leva a uma falta de transparência e credibilidade nas divulgações de empresas estatais.

A incerteza com relação à capacidade futura de produção de petróleo refere-se à falta de um modelo robusto para previsão de demanda e oferta que envolvem fatores como:

- Falta de uma análise paramétrica;
- Atenção insuficiente para as taxas de crescimento das economias mundiais;
- Falta de análise em cada país separadamente;
- Pouca transparência com relação à alternativas ou substitutos da *commoditie*;
- Pouco esforço para justificar as diferentes elasticidades por produtos como carvão, gás, energia nuclear na medida em que preço varia consideravelmente;
- Uso de modelos não realísticos e hipóteses estáticas para modelos.

Cordesman e Al-Rodhan (2006) relacionam esses problemas nos modelos de estimação às previsões da EIA, IEA e OPEC as quais ilustram situações em que o risco político e militar não têm impacto no preço, o que não ocorre na realidade.

2.1.2 Características das empresas participantes no mercado de petróleo

Segundo a API (American Petroleum Institute), o mercado de petróleo há 40 anos era dominado por empresas privadas, principalmente americanas. Hoje, o cenário é muito diferente, com 80% das reservas comprovadas de petróleo nas mãos de empresas estatais, muitas fundadas ao longo desses últimos 30 anos. Tal situação provoca uma acentuada onda de fusões e aquisições entre empresas privadas visando aumentar a eficiência de processos, trocas de tecnologias e acesso mais competitivo ao mercado de capitais.

Entre 1998 e 2002, houve 6 fusões e aquisições envolvendo empresas americanas como mostra a tabela 1.

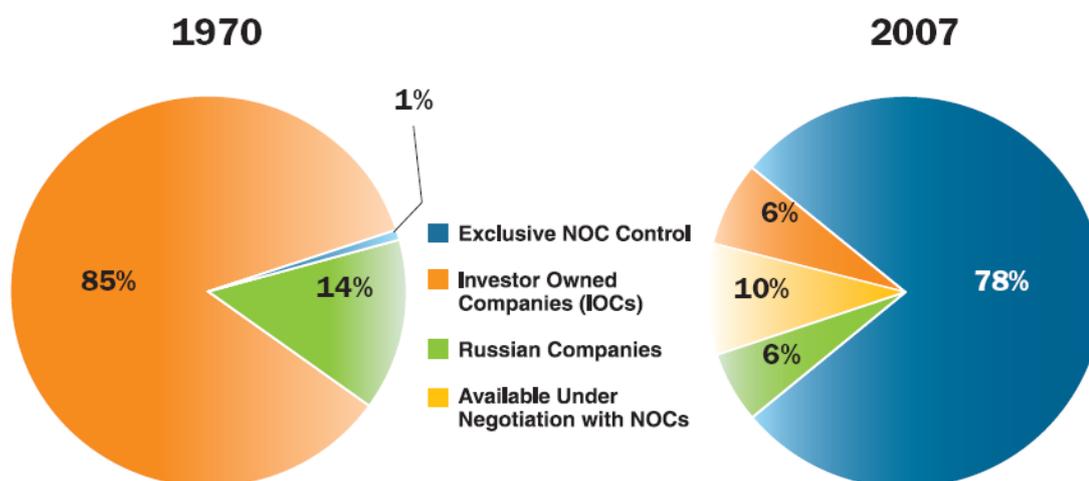
Tabela 1: Histórico de fusões e aquisições entre 1998 e 2002 para empresas petrolíferas americanas

Empresas	Ano de fusão
Exxon e Mobil	1999
BP e Amoco	1998
Total e Petrofina	1999
Chevron e Texaco	2001
Conoco Inc. e Phillips Petroleum Company	2002

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

A figura 1 apresenta a distribuição do controle mundial de reservas por tipo de empresa.

National Oil Companies (NOCs) Increasingly Control the World's Oil Reserves



Source: PFC Energy

Figura 1 – Comparações entre o perfil de indústrias petrolíferas entre 1970 e 2007

Fonte – PFC Energy¹

Apesar de as empresas norte-americanas buscarem fusões e aquisições, este fato provavelmente não alterará no curto prazo, a estrutura de capital das empresas participantes do mercado de petróleo.²

As figuras 2 e 3 mostram respectivamente as empresas que possuem as maiores reservas comprovadas de barris de petróleo e as maiores empresas produtoras de petróleo.

¹ Disponível em http://www.pfcenergy.com/contentDispatcher.aspx?id=4661&name=PFC_Energy_International

² Fonte: American Petroleum Institute, disponível em http://www.pfcenergy.com/contentDispatcher.aspx?id=4661&name=PFC_Energy_International

2006 Largest Oil and Gas Companies (percent of worldwide reserves)

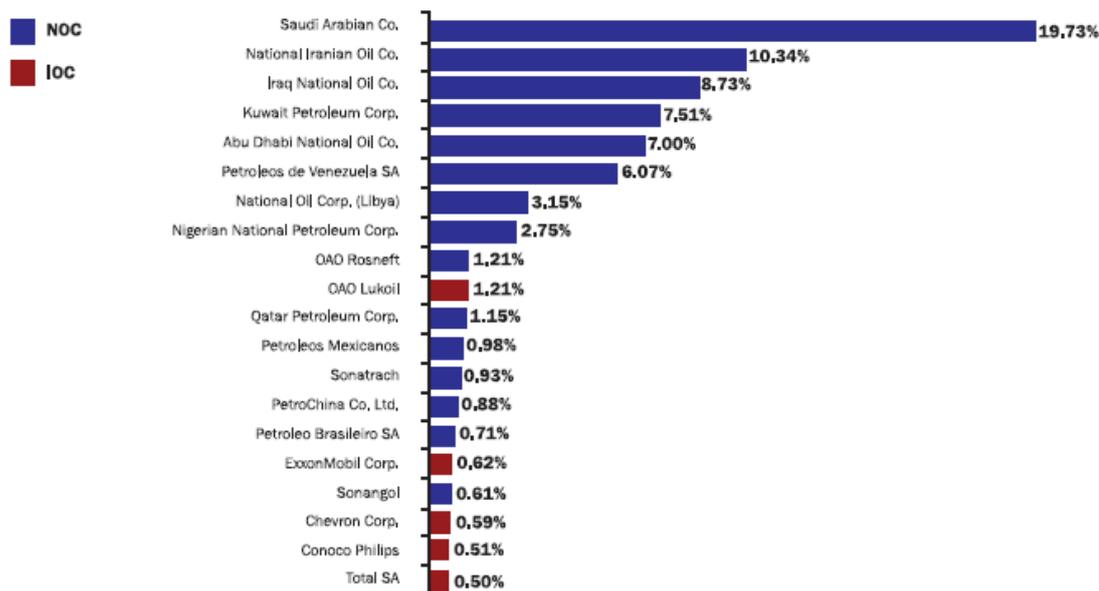


Figura 2 – Porcentagem das reservas mundiais de petróleo em função das empresas produtoras³

Fonte - PFC Energy

2006 Largest Oil and Gas Companies (percent of worldwide production)

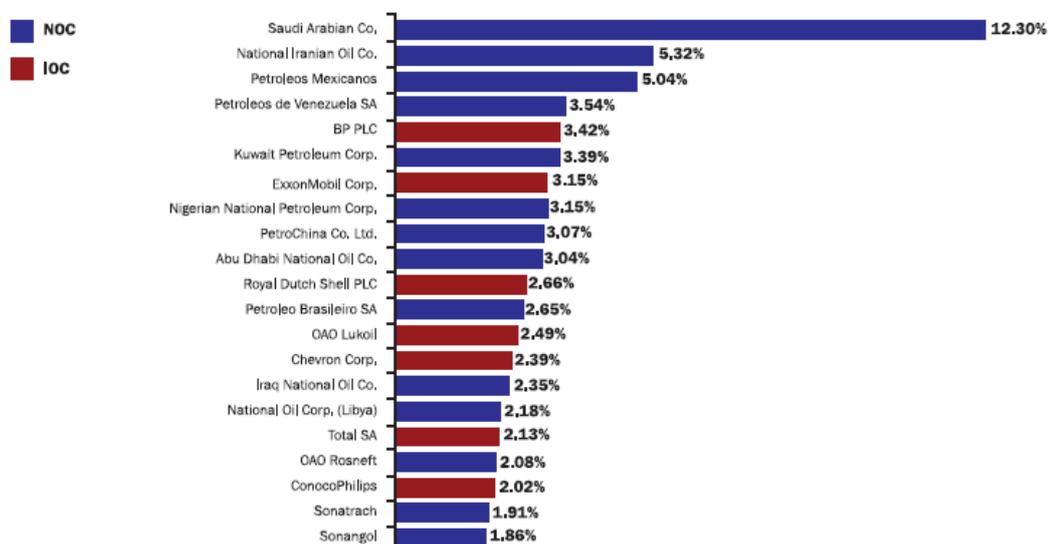


Figura 3 – Porcentagem de produção mundial de petróleo para as maiores empresas do setor

Fonte – PFC Energy

Entre as 21 maiores empresas produtoras de petróleo, apenas 9 são negociadas em Bolsa de Valores: British Petroleum PLC, ExxonMobil Co., PetroChina Co. Ltd., Royal Dutch Shell PLC, Petroleo Brasileiro AS, OAO Lukoil, Chevron Corp., Total S. A. e

³ NOC significa controle estatal de empresa e IOC significa controle privado.

ConocoPhillips. Por serem as maiores empresas produtoras de petróleo atualmente e serem negociadas em Bolsa, decidiu-se pela utilização da série de preços das ações dessas empresas para o estudo de volatilidade no mercado de petróleo.

2.1.3 Empresas de Petróleo dos EUA

O fato de terem ocorridas muitas fusões e aquisições nos últimos anos no mercado estadunidense não alterou a influência dessas empresas na formação de preço, o que é muito preocupante para o mercado interno americano, pois “análises históricas sugerem que variações nos preços do barril de petróleo explicam cerca de 97% da variação do preço da gasolina para o consumidor final. No período de 1918 a 2006, um aumento de \$1 no barril provocou, em média, um aumento de 2,5 centavos de dólar no preço da gasolina”⁴.

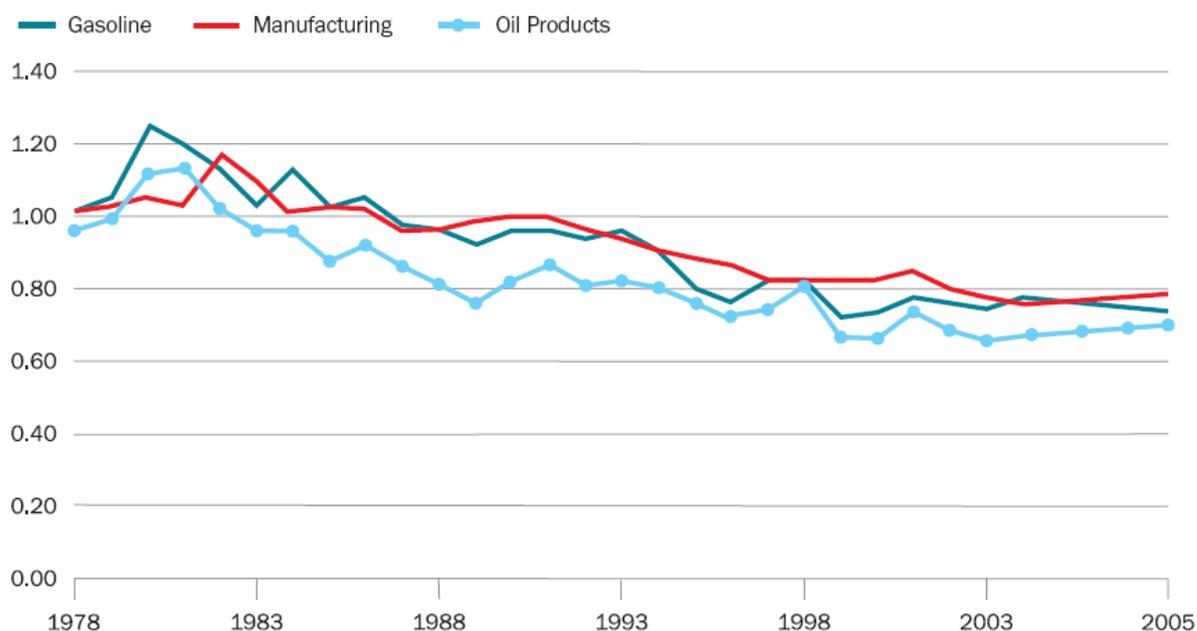
Além de o preço do barril do petróleo influenciar diretamente o preço da gasolina nos EUA, custos com energia elétrica também são repassados para o consumidor embora em pequena porcentagem quando comparada à gasolina. Esses custos impactam principalmente a taxa de inflação da economia americana.

A forte elevação recente (2008) da volatilidade no preço da gasolina para o consumidor final é atribuída, além da crise, à queda de níveis de inventário. Entretanto, a API argumenta que “os preços da gasolina foram muito menos voláteis entre 1999 e 2006 que em 1979 e 1992, quando os níveis de inventário eram substancialmente maiores. A evidência sugere que, não é o nível de inventário, mas sim o preço do barril de petróleo, que explica a maior parte da volatilidade do preço.”

A figura 4 apresenta o nível de inventário desde 1978.

⁴ Informação disponível no site da API.

Index of Inventory Levels to Sales for Gasoline, Oil Products and Manufacturing (1978–2005)



Sources: Manufacturing inventories and sales from the *Economic Report of the President*. Gasoline stocks and sales from the *EIA/DOE Annual Energy Review*.

Figura 4 – Evolução do nível de inventário para vendas de gasolina e derivados

Fonte: Annual Energy Review

Entre as nove empresas que a pesquisa analisa, três delas são americanas: ExxonMobil Corp., Chevron Corp. e ConocoPhillips. A tabela 2 apresenta os balanços contábeis.

Tabela 2: Balanços contábeis para empresas petrolíferas americanas referentes ao final de 2007

	ConocoPhillips	ExxonMobil	Chevron Corp.
Tipo	Privada	Privada	Privada
Sede	Texas	Texas	Califórnia
Negociação	NYSE	NYSE	NYSE
Valor de Mercado	US\$ 138.19	US\$ 501.17	US\$ 196.68
Receita	US\$ 188.52	US\$ 404.55	US\$ 220.90
Lucro Operacional	(US\$ 23.27)	US\$ 70.47	US\$ 32.17
Lucro Líquido	(US\$ 11.89)	US\$ 40.61	US\$ 18.68
Total Ativos	US\$ 177.75	US\$ 242.08	US\$ 148.78
Total Equity	US\$ 88.93	US\$ 121.76	US\$ 77.09
Empregados	32.600	106.100	60.000

Fonte: Balanços contábeis disponíveis nos sites das empresas^{5,6,7}

⁵ Os sites visitados para a pesquisa dos balanços contábeis são:

- ExxonMobil Corporation: <http://ir.exxonmobil.com/phoenix.zhtml?c=115024&p=irol-irhome>
- Chevron Corporation: <http://www.chevron.com/news/publications/#b2>
- ConocoPhillips: http://www.conocophillips.com/investor/financial_reports/index.htm

⁶ Valor de mercado é referente à dezembro de 2008 e os demais índices são referentes à dezembro de 2007.

⁷ Valores em Bilhões de dólares.

A ExxonMobil foi formada em 1999, pela fusão da Exxon e da Mobil, tornando-se a maior empresa privada do mundo em referência às receitas. Suas reservas somam 68 bilhões de barris ao final de 2008 e possui expectativa de duração por, pelo menos, 14 anos.⁸ Embora seja a maior empresa privada do mundo em termos de receitas, sua produção é cerca de 3% da mundial e suas reservas de óleo e gás são menos de 1% do total.⁹ A empresa possui divisões tanto na exploração e produção do óleo cru como no refino e distribuição de derivados.

A Chevron Corporation foi formada por várias fusões e aquisições ao longo de seus 129 anos, mudando de nome por diversas vezes. Tem sua origem na Standard Oil of California, que foi uma das “Sete Irmãs” durante o domínio de empresas privadas em meados no século XX. Adquiriu o nome Chevron através da fusão desta última com a Gulf Oil. A empresa atua em todas as etapas do mercado de petróleo: exploração, produção, refino, transporte, produção de hidrocarbonetos e geração de energia elétrica. Além de combustíveis fósseis, a empresa possui uma divisão de energias renováveis, com investimentos da ordem de 300 milhões de dólares anuais para produção de células fotovoltaicas e de hidrogênio.

A ConocoPhillips também atua nas três principais áreas de mercado de petróleo através da exploração e produção, refino e transporte e estocagem e comercialização. É a segunda maior empresa americana de refino e a quinta maior do mundo nesta área entre empresas privadas. Possui uma divisão para produção de hidrocarbonetos ligados a produção de embalagens plásticas.

⁸ Informação disponível em http://findarticles.com/p/articles/mi_m0EIN/is_2008_Feb_15/ai_n24264728

⁹ Informação disponível em http://www.ft.com/cms/s/2/471ae1b8-d001-11db-94cb-000b5df10621,dwp_uuid=0bda728c-ccd0-11db-a938-000b5df10621.html

2.1.4 Empresas de Petróleo da Inglaterra

A tabela 3 apresenta os dados das duas empresas britânicas entre as maiores produtoras de petróleo.

Tabela 3: Balanços contábeis para empresas petrolíferas britânicas referentes ao final de 2007

	BP	Royal Dutch Shell
Tipo	Privada	Privada
Sede	Londres	Londres
Negociação	NYSE/LSE	NYSE/LSE
Valor de Mercado	US\$ 204.78	US\$ 256.03
Receita	US\$ 291.44	US\$ 355.78
Lucro Operacional	(US\$ 32.35)	US\$ 48.99
Lucro Líquido	US\$ 20.85	US\$ 31.33
Total Ativos	US\$ 236.08	US\$ 269.47
Total Equity	US\$ 93.69	US\$ 123.96
Empregados	96.200	104.000

Fonte: Balanços contábeis disponíveis nos sites das empresas^{10,11,12}

A BP, mais conhecida anteriormente como British Petroleum, atua nos segmentos de exploração, transporte, refino e produção de derivados acetilenos e aromáticos. Além de combustíveis fósseis, a BP possui uma divisão de energia solar que produz painéis fotovoltaicos para indústrias e residências.¹³

Assim como nos EUA, o preço da gasolina para o consumidor final também é muito correlacionado com as variações do preço do petróleo. Os preços da gasolina envolve uma “complexa equação”, pois eles são reflexos da oferta que é afetada por questões geopolíticas e eventos climáticos; da demanda que é afetada por estações do ano ou outros fatores como pressão ambiental por novos produtos; pelos impostos que na Inglaterra e muitos países da Europa atingem 70% do preço total da gasolina e por variáveis macroeconômicas como o câmbio.¹⁴

¹⁰ Os sites visitados para a pesquisa dos balanços contábeis são:

a) BP: <http://www.bp.com/subsection.do?categoryId=717&contentId=2002211>

b) Royal Dutch Shell:

http://www.shell.com/home/content/investor/news_and_library/press_releases/2009/q4_2008_results_newsitem_29012009.html

¹¹ Valor de mercado é referente à dezembro de 2008 e os demais índices são referentes à dezembro de 2007.

¹² Valores em Bilhões de dólares.

¹³ Informações disponíveis em www.bp.com

¹⁴ Informações disponíveis em:

<http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9021515&contentId=7040015>

A Royal Dutch Shell é a segunda maior empresa privada do setor de energia do mundo e atua nos segmentos de exploração, refino e transporte de derivados de petróleo, mantendo também uma divisão de energia renovável ligada à produção de energia eólica e solar. A empresa é mais conhecida pelo nome Shell, porém ela é resultado da fusão do Grupo Shell, uma empresa britânica de transporte e comercialização de petróleo, com a empresa Royal Dutch Petroleum Company, uma empresa holandesa de exploração de produção de petróleo. Esta unificação ocorreu em julho de 2005, com a empresa listada na bolsa de valores londrina e holandesa.

2.1.5 Empresas de Petróleo na França

A única empresa francesa que figura entre as 20 maiores do mundo do setor de energia é a Total S.A, cujas operações envolvem a exploração, o transporte, o refino e a comercialização de derivados do petróleo. A empresa também possui uma divisão de pesquisa e desenvolvimento em energias renováveis. Os resultados da empresa são apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Balanços contábeis para empresa petrolífera francesa referente ao final de 2007

	Total SA
Tipo	Privada
Sede	Paris
Negociação	NYSE/Euronext
Valor de Mercado	US\$ 181.33
Receita	US\$ 136.82
Lucro Operacional	US\$ 13.18
Lucro Líquido	US\$ 25.50
Total Ativos	US\$ 113.54
Total Equity	US\$ 44.86
Empregados	96.440

Fonte: Balanços contábeis disponíveis nos sites das empresas^{15,16,17}

Com relação ao mercado interno e mais especificamente ao preço da gasolina para o consumidor final, uma entrevista do presidente da divisão de refino e comercialização da

¹⁵ Os sites visitados para a pesquisa dos balanços contábeis são:

Total: http://www.total.com/en/finance/presentations/2008-results-outlook_17356.htm

¹⁶ Valores em Bilhões de dólares

¹⁷ Valor de mercado é referente à dezembro de 2008 e os demais índices são referentes à dezembro de 2007

Total S.A., Jean-Paul Vettier¹⁸, revela que “a França possui as maiores taxas de impostos da Europa incidente sobre o preço da gasolina. [...] Isso diminui a margem de lucro e o poder da empresa de repassar subsídios ao consumidor.” Ainda de acordo com o presidente, o governo, com uma taxa de imposto ao redor de 75%, é que tem margem para conceder benefícios, o que não o faz até o momento presente.

2.1.6 Empresas de Petróleo na China

A Petrochina é maior empresa produtora de petróleo e gás da China e atua nos segmentos de exploração, produção, refino e comercialização de petróleo e seus derivados. A maior acionista da empresa é a China National Petroleum Corporation (CNPC), empresa de petróleo e gás estatal chinesa, que detém aproximadamente 86% das ações da Petrochina. Além de vender derivados do petróleo no mercado interno, também é exportadora.

Dentre as empresas estudadas, a única que não possui uma divisão específica para energias renováveis é a Petrochina.

Segundo o artigo da Scientific American, cujo título é “The Price of Gas in China”¹⁹, a China possui uma taxa de crescimento da frota de veículos da ordem de 20% ao ano e suas cidades não investem suficientemente em urbanização. O resultado provável é um aumento da demanda por petróleo nos próximos anos e grande expansão da poluição nas cidades, uma vez que o próprio governo subsidia o preço da gasolina para o consumidor final, causando perdas de lucro e competitividade das refinarias do país.

¹⁸ Disponível em http://www.total.com/en/group/news/news_2005/051026_fuel_prices_8062.htm

¹⁹ Disponível em <http://www.sciam.com/article.cfm?id=the-price-of-gas-in-china>

Tabela 5: Balanços contábeis para empresa petrolífera chinesa referente ao final de 2007

	PetroChina
Tipo	Privada
Sede	Pequim
Negociação	NYSE/SSE/SEHK
Valor de Mercado	US\$ 423.99
Receita	US\$ 114.31
Lucro Operacional	US\$ 27.98
Lucro Líquido	US\$ 19.93
Total Ativos	US\$ 145.13
Total Equity	US\$ 100.40
Empregados	464.000

Fonte: Balanços contábeis disponíveis nos sites das empresas^{20,21,22}

2.1.7 Empresas de Petróleo na Rússia

A Lukoil, conhecida também por OAO Lukoil, é a maior empresa russa produtora de petróleo e é a segunda maior empresa pública em termos de reservas comprovadas de óleo e gás, perdendo a posição apenas para a ExxonMobil. Atua nos segmentos de extração, produção, refino e comercialização de petróleo e seus derivados. A empresa não possui divisão específica para pesquisa e desenvolvimento de energias renováveis.

O resultado operacional pode ser observado na tabela 6.

²⁰ Os sites visitados para a pesquisa dos balanços contábeis são:

Petrochina: http://www.petrochina.com.cn/resource/pdf/xwygg/ew_20080912_00857_01_InterimReport.pdf

²¹ Valores em Bilhões de dólares

²² Valor de mercado é referente à dezembro de 2008 e os demais índices são referentes à dezembro de 2007

Tabela 6: Balanços contábeis para empresa petrolífera russa referente ao final de 2007

	Lukoil
Tipo	Privada
Sede	Moscou
Negociação	RTS
Valor de Mercado	US\$ 423.99
Receita	US\$ 67.68
Lucro Operacional	US\$ 10.48
Lucro Líquido	US\$ 7.49
Total Ativos	US\$ 120.3
Total Equity	US\$ 95.6
Empregados	150.000

Fonte: Balanços contábeis disponíveis nos sites das empresas^{23,24,25}

De acordo com a matéria “*Struggling Stocks Spur New Record Oil Prices*” do The MoscowTimes.com, publicada em 30 de junho de 2008²⁶, “a inflação na Rússia atingiu 15,1% em bases anualizadas referentes a maio de 2008, graças aos preços recordes da gasolina.” Essa informação mostra como o preço do barril afeta diretamente à economia russa.

2.1.8 Empresas de Petróleo no Brasil

A Petrobras é uma empresa conhecida mundialmente por sua liderança em tecnologia de exploração de petróleo em águas profundas e ultras profundas, anunciando descobrimento de campos gigantes de petróleo ao longo dos últimos dois anos. Por sua grande participação no mercado brasileiro, possui hoje uma posição de quase monopólio cuja integralidade foi quebrada através da Lei 9.478. A empresa também é reconhecida por ser líder na produção de etanol derivada da cana-de-açúcar e por incentivar o uso de biocombustíveis.

O maior faturamento da empresa deriva do mercado interno através da exploração de campos exclusivos, produção de distribuição de gás e derivados de petróleo e com relação ao mercado externo, a maior parte dos ganhos é relacionada à venda de tecnologias e não à produção de petróleo em si.

Com relação à participação acionária, o governo detém a maioria das ações, possuindo o direito de intervir na companhia. Um exemplo da ação do governo na empresa é através da

²³ Lukoil: http://www.lukoil.com/static_6_5id_285_.html

²⁴ Valores em Bilhões de dólares

²⁵ Valor de mercado é referente à dezembro de 2008 e os demais índices são referentes à dezembro de 2007

²⁶ Disponível em <http://www.moscowtimes.ru/article/1038/42/368622.htm>

política de preços para seus derivados. Segundo Adriano Pires, em reportagem divulgada no Jornal O Globo²⁷, a Petrobras possui uma política heterodoxa de preços, pois adota diferentes ajustes dependendo do combustível: “o querosene de aviação terá seu preço aumentado em 4,5% (2008). Enquanto isso, o GLP, a gasolina e o diesel continuam sem qualquer ajuste nos seus preços.” Em entrevista dado ao Jornal Valor Econômico, no dia 13 de dezembro de 2005, Gabrielli, presidente da Petrobras, afirmou que a política de preços, instaurada em 2003, é a de “acompanhar no médio prazo os preços internacionais em função dos fundamentos de oferta e demanda, evitando-se trazer para o mercado interno eventual volatilidade causada por fenômenos climáticos, ameaças políticas ou outros eventos de natureza temporária e localizada”.

A tabela 7 apresenta os balanços referentes à empresa Petrobras.

Tabela 7: Balanços contábeis para empresa petrolífera brasileira referente ao final de 2007

	Petrobras
Tipo	Estatal
Sede	Rio de Janeiro
Negociação	Bovespa/Merval/NYSE
Valor de Mercado	US\$ 295.6
Receita	US\$ 96.3
Lucro Operacional	US\$ 19.3
Lucro Líquido	US\$ 12.1
Total Ativos	US\$ 145.13
Total Equity	US\$ 100.40
Empregados	68.000

Fonte: Balanços contábeis disponíveis nos sites das empresas^{28,29,30}

²⁷ Disponível em http://oglobo.globo.com/blogs/adriano/post.asp?t=a-heterodoxa-politica-de-precos-da-petrobras&cod_Post=75025&a=72

²⁸ Dados disponíveis em:

http://www2.petrobras.com.br/portal/frame_ri.asp?pagina=/ri/port/index.asp&lang=pt&area=ri

²⁹ Valores em Bilhões de dólares

³⁰ Valor de mercado é referente à dezembro de 2008 e os demais índices são referentes à dezembro de 2007

3 – MODELOS DETERMINÍSTICOS DE CÁLCULO DE VOLATILIDADE

3.1 - Introdução

A maioria das séries econômicas não possui média constante e algumas delas apresentam períodos relativamente tranquilos seguidos de períodos de alta volatilidade. Uma variável estocástica com variância constante é chamada de homocedástica ao contrário de heterocedástica.

Investidores estão interessados em retornos da volatilidade durante o período de manutenção da carteira de ativos, e não em períodos históricos. Este fato sugere a importância da estimação e previsão do risco associado à uma carteira particular. De acordo com Enders (2004, p. 112), a variância não condicional passa a ser não mais importante se um investidor planeja comprar em t e vender em $t+1$. Nesse sentido, modelos que incorporem esse fato passam a ser muito importantes para estudar dados de ativos com grande volatilidade.

3.2 - Modelos ARCH

O modelo clássico de regressão linear assume que a variância do processo é constante, ou seja, homocedástico. A diferença fundamental para os modelos ARCH é que é adicionada uma segunda equação ao modelo de regressão, que é justamente a equação da variância condicional.

Como o objetivo dos modelos ARCH é a estimação da variância, para a equação da modelagem da média é comum utilizar a forma mais simples possível que é $r_t = c + \varepsilon_t$, onde r_t é o retorno, c é uma constante e ε_t é o desvio médio do retorno (Alexander, 2001, p.78). Em casos onde haja uma quebra estrutural, ou seja, o retorno médio mude de valor ao longo do período analisado, pode-se incluir uma variável *dummy* na média condicional.

Engle, em 1982, mostra que é possível simular simultaneamente a média e a variância das séries de dados e propõe o seguinte modelo heterocedástico:

$$X_t = \sigma_t \varepsilon_t \text{ e } \sigma_t^2 = c_0 + b_1 X_{t-1}^2 + \dots + b_p X_{t-p}^2 \quad (1)$$

Onde ε_t é um processo ruído branco e ε_t e σ_{t-1} são independentes um do outro.

É possível mostrar que os elementos da seqüência de σ_t têm média zero e são não correlacionados (Enders, 1995).

A importância da equação (1) deve-se ao fato de que a variância condicional σ_t é dependente do valor realizado σ_{t-1}^2 . Se o valor realizado σ_{t-1}^2 é alto, a variância condicional em t também tende a ser alta.

A equação (1) pode ser estendida para maiores defasagens, onde a variância contemporânea é a média ponderada pelos índices b_i dos retornos ao quadrado não-esperados do passado (Alexander, 2001).

O ponto chave é que os erros não são independentes uma vez que eles estão relacionados através de seus segundo momentos. Essa característica das séries é que permite o aparecimento de agrupamento de volatilidades. A variância condicional, por si só, é um processo autoregressivo resultando em heterocedasticidade.

Se estendermos a equação para p defasagens e elevarmos os dados da equação ao quadrado, percebe-se que tanto o movimento positivo quanto negativo do mercado não faz diferença, pois os termos tornam-se todos positivos.

Assim como nos modelos ARIMA, os modelos da família ARCH devem possuir características que os tornem estáveis. As condições necessárias e suficientes para um processo estritamente estacionário $\{X_t, t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ com $E\{X_t^2} < \infty\}$ é $\sum_{j=1}^p b_j < 1$. (Fan, J. e Yao, Q., 2003)

Definindo-se curtose como uma medida para caudas pesadas da distribuição, tem-se que os modelos ARCH possuem caudas mais pesadas que aquelas séries do tipo ruído branco na qual a série X_t é definida. (Fan, J. e Yao, Q., 2003)

É importante ressaltar que, conforme Alexander (2001), os modelos ARCH não são adequados para o mercado financeiro uma vez que o modelo GARCH é melhor para estimação e captura do comportamento das séries. Pode-se demonstrar que conforme as defasagens no modelo ARCH aumentam, há uma convergência para o modelo GARCH (1,1). (Alexander, 2001)

Quanto maior o número de defasagens do modelo ARCH, mais difícil torna-se a estimação dos parâmetros pelo fato de tornar a função verossimilhança muito plana. (Alexander, 2001)

3.3 Modelos GARCH

Bollerslev (1986) estendeu o modelo de Engle visto em (1) ao permitir que a variância condicional seja um processo autoregressivo de médias móveis (ARMA). Formalmente, o modelo passa a ter a seguinte configuração:

$$X_t = \sigma_t \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{i=1}^p b_i X_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q a_j \sigma_{t-j}^2 \quad (3)$$

A importância desse modelo é que a variância condicional de ε_t é um processo ARMA dada pela equação (3). Percebe-se que as equações (2) e (3) descrevem um ARCH (p,q) generalizado, ou seja, um GARCH (p,q) que permitem ambas as componentes autoregressivas e de médias móveis estarem presentes na variância.

O cálculo dos coeficientes b_i e a_j tem interpretação muito importante: valores elevados para os a_j indicam que choques na variância possuem decaimento muito lento, indicam persistência de volatilidade enquanto que grandes valores de b_i indicam movimentos de mercado muito intenso. (Alexander, 2001)

As condições necessárias e suficientes para um processo estritamente estacionário $\{X_t, t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ com $E\{X_t^2} < \infty\}$ é $(\sum_{j=1}^p b_j + \sum_{j=1}^q a_j) < 1$. (Fan, J. e Yao, Q., 2003)

A utilização de modelos GARCH são úteis para realizar a previsão de séries de retornos de ativos financeiros em um horizonte curto de tempo uma vez que para estes modelos, a previsão do desvio padrão condicional aproxima-se do desvio padrão não condicional de σ_t à medida em que avançamos na previsão (Tsay, 2005). O valor do desvio padrão não condicional é dado pela equação (4):

$$\sigma = \sqrt{\frac{c_0}{1 - \sum_{i=1}^p b_i - \sum_{j=1}^q a_j}} \quad (4)$$

A prova da equação 4 parte da condição necessária e suficiente de estacionaridade. Partindo da equação 3, temos que:

$$EX_t^2 = E\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{i=1}^p b_i EX_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q a_j E\sigma_{t-j}^2 \text{ implicando em}$$

$$EX_t^2 = c_0 + (\sum_{i=1}^p b_i + \sum_{j=1}^q a_j) EX_t^2, \text{ isto é, } EX_t^2 = \frac{c_0}{1 - \sum_{i=1}^p b_i - \sum_{j=1}^q a_j}, \text{ o que completa a}$$

prova.

3.4 Modelos GJR

Uma limitação do modelo GARCH é que ele não considera efeitos assimétricos. Um modelo muito conhecido que leva em conta os efeitos de assimetria entre retornos positivos e negativos foi proposto por Glosten, Jagannathan e Runkle (1993) e é conhecido como modelo GJR. É comum nos mercados acionários a ocorrência de efeitos de assimetria em que notícias ruins provocam muito mais volatilidade que notícias boas. Isso pode ser justificado pelo fato de que, no curto prazo, o patrimônio da empresa diminui enquanto que o passivo permanece constante. Isso faz com que a razão passivo/patrimônio se eleve, indicando uma situação mais alavancada. (Alexander, 2001)

Uma forma simples de detectar o agrupamento de volatilidades é através do método de Box-Pierce que testa se há autocorrelação na série. Para isto, deve-se elevar a série de retornos ao quadrado e realizar o teste. Ressalta-se que o cálculo dessa estatística não é suficiente (Alexander, 2001), sendo necessária a realização de outro teste. (Wooldridge, 2003)

Para tornar o teste suficiente, pode-se calcular o coeficiente de autocorrelação de primeira ordem entre os retornos defasados e os retornos correntes ao quadrado.

$$\frac{\sum_{t=2}^T r_t^2 r_{t-1}}{\sqrt{\sum_{t=2}^T r_t^4 \sum_{t=2}^T r_{t-1}^2}} \quad (5)$$

Se o resultado da equação (5) for negativo e o teste Box-Pierce apresentar resultado significativamente diferente de zero, há efeitos de assimetria na série, não sendo capturada pelo GARCH simétrico.

Embora o modelo tenha várias formas, a mais conhecida e utilizada é dada pela equação (6). É importante dizer que todas as variantes do modelo levam ao mesmo resultado (Tsay, 2005).

$$\sigma_t^2 = K + \sum_{i=1}^p G_i \sigma_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q A_j \varepsilon_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^q L_j S_{t-j} \varepsilon_{t-j}^2, \text{ onde:}$$

$$S_{t-j} = 1 \text{ se } \varepsilon_{t-j} < 0 \text{ caso contrário } S_{t-j} = 0 \text{ (6) sujeitos à:}$$

$$\sum_{i=1}^p G_i + \sum_{j=1}^q A_j + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^q L_j < 1; G_i \geq 0; A_j \geq 0 \text{ e } A_j + L_j \geq 0$$

O efeito assimétrico é obtido através da soma de coeficientes L_j e A_j , o que somente ocorre quando há um choque negativo. É importante perceber que quando os coeficientes L_j são nulos, obtém-se o modelo GARCH (p,q) analisado na sessão anterior. Isso é útil para utilização de testes de máxima verossimilhança, em que são comparados modelos não restritos a modelos restritos. Neste caso, pode-se interpretar que o GARCH (p,q) é o modelo restrito do GJR (p,q), quando os coeficientes de assimetria são todos iguais a zero.

3.5 Estimação

Para a correta estimação dos modelos, sempre se deve considerar as condições necessárias e suficientes para a estacionaridade. O objetivo dos métodos que serão apresentados é a estimação dos momentos de segunda ordem que são mais difíceis de serem estimados que os de primeira ordem (Fan, J. e Yao, Q., 2003). Grandes tamanhos de amostras são necessários para obtenção de estimativas consistentes. Há três principais métodos de estimação: o mais conhecido e utilizado tanto no meio acadêmico quanto no mercado financeiro é o método do estimador de máxima verossimilhança (Alexander, 2001), o segundo método é o estimador de Whittle e o terceiro é o estimador de mínimo desvio absoluto.

3.6 Estimador de máxima verossimilhança

Os modelos ARCH, GARCH e GJR freqüentemente utilizados como estimadores são aqueles derivados da função de verossimilhança Gaussiana. Supondo um modelo ARCH, o logaritmo da função de verossimilhança baseada nas observações X_1, X_2, \dots, X_T ignorando as constantes é:

$$\sum_{t=p+1}^T \left(\log \sigma_t^2 + \frac{X_t^2}{\sigma_t^2} \right), \text{ onde } \sigma_t^2 = c_0 + \sum_{j=1}^p b_j X_{t-j}^2 \quad (7)$$

O valor máximo dos estimadores de máxima verossimilhança é definido como aquele que minimiza a função dada pela equação 7. É importante ressaltar que a função de verossimilhança é dada pelas funções densidade de probabilidade condicionais X_{p+1}, \dots, X_T

dados X_p, \dots, X_1 uma vez que a função de densidade de probabilidade não condicional que envolve a função densidade conjunta de X_1, \dots, X_p não é acessível (Fan, J. e Yao, Q., 2003).

Para um modelo GARCH geral qualquer, a variância condicional σ_t^2 não pode ser expressa em um número finito de observações passadas X_{t-1}, X_{t-2}, \dots . Logo, o estimador de máxima verossimilhança $(\hat{\mathbf{b}}, \hat{\mathbf{a}}, \hat{c}_0)$ onde $\mathbf{b} = (b_1, \dots, b_p)$ e $\mathbf{a} = (a_1, \dots, a_q)^T$ é calculado através da minimização da função:

$$l_v(c_0, \mathbf{b}, \mathbf{a}) = \sum_{t=v}^T (\log \tilde{\sigma}_t^2 + \frac{X_t^2}{\tilde{\sigma}_t^2}), \text{ tal que } v > p, v \in Z \text{ e } p \in Z \quad (8)$$

O cálculo numérico acima já está embutido em uma rotina do MATLAB, pertencente ao pacote *Econometrics Toolbox*. Esse mesmo pacote contém a generalização da equação 8, da seguinte forma:

$$l_v(c_0, \mathbf{b}, \mathbf{a}) = \sum_{t=v}^T (\log \tilde{\sigma}_t - \log f(\frac{X_t}{\tilde{\sigma}_t})) \quad (9)$$

A função $f(\cdot)$ é uma função de densidade de probabilidade de ε_t podendo ser uma distribuição t , Gaussiana ou outra distribuição conhecida.

3.7 Estimador de Whittle

Embora seja pouco usado na prática, pois possui pouca eficiência quando comparado com o estimador de máxima verossimilhança, esse método é cada vez mais utilizado quando se utiliza o tratamento espectral da série (Fan, J. e Yao, Q., 2003).

Para um modelo GARCH (p,q), pode-se escrever a variância condicional como:

$$\sigma_t^2 = \frac{c_0}{1 - \sum_{j=1}^q a_j} + \sum_{j=1}^p d_j X_{t-j}^2, d_j \geq 0 \text{ e } \sum_{j=1}^{\infty} d_j = \sum_{i=1}^p \frac{b_i}{1 - \sum_{j=1}^q a_j} \quad (10)$$

Fazendo $Y_t = X_t^2$, tem-se que a nova série obtida é um processo AR infinito: (Fan, J. e Yao, Q., 2003):

$$Y_t = \frac{c_0}{(1 - \sum_{j=1}^q a_j)} + \sum_{j=1}^{\infty} d_j Y_{t-j} + e_t, \text{ onde } e_t = (\varepsilon_t^2 - 1) \left\{ \frac{c_0}{(1 - \sum_{j=1}^q a_j)} + \sum_{j=1}^{\infty} d_j Y_{t-j} \right\}$$

(11)

Logo, a densidade espectral do processo Y_t é dada por:

$$g(\omega) = \frac{\sigma_e^2}{2\pi} \left| 1 - \sum_{j=1}^{\infty} d_j e^{ij\omega} \right|^{-2} \quad (12)$$

De acordo com Giraitis e Robinson (2001), os estimadores de Whittle para os b_i e a_j são obtidos pela minimização da função:

$$\sum_{j=1}^{T-1} \frac{I_T(\omega_j)}{g(\omega_j)}, \omega_j = \frac{2\pi j}{T}, I_T(\cdot) \text{ é o periodograma de } \{Y_T\} \quad (13)$$

3.8 Estimador de Mínimo Desvio Absoluto

A estimação por este método consiste na parametrização do modelo da equação 3 de tal modo que $E(\varepsilon_t) = 0$ e a mediana, ao invés da variância, de ε_t^2 é igual a 1. Dessa forma, os parâmetros c_0 e b_i diferem do modelo original por uma constante enquanto que os a_j permanecem os mesmos (Fan, J. e Yao, Q., 2003).

A vantagem desse método em relação aos demais é que quando ε_t possui distribuição com caudas muito pesadas, a convergência é mais rápida que os outros métodos. Entretanto, quando não ocorre este tipo de distribuição para ε_t , o método de máxima verossimilhança é o que possui convergência mais rápida.

4 - METODOLOGIA

4.1 Método e técnica de pesquisa

O método de pesquisa utilizado na presente dissertação, segundo definição de Maria Helena Michel (2005, p. 57), é o método econométrico que segundo a autora:

tem como objetivo o estudo do aspecto quantitativo das relações entre os fenômenos econômicos, e que afetam as situações patrimoniais, financeiras e contábeis de qualquer ente (pessoa física, entidade não lucrativa, empresa ou pessoa de direito público, como o Estado, a União, o município, autarquias, entre outros). Este método está calcado em três campos do conhecimento: a teoria econômica ou contábil, fornecendo os princípios e leis; a matemática, fornecendo a linguagem ideal ou a forma de expressão simbólica para esses campos do conhecimento; e a estatística, que trabalha com os dados numéricos da observação, permitindo estabelecer uma relação entre a realidade observada e a teoria existente.

Ainda segundo a mesma autora (2005, p. 33), a pesquisa caracteriza-se como quantitativa, pois:

usa a quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento destas, através de técnicas estatísticas, desde as mais simples como percentual, média, desvio-padrão, às mais complexas, como coeficiente de correlação, análise de regressão, etc.

O método econométrico refere-se à consecução do objetivo principal desta dissertação, que é a estimação de cada ativo financeiro. Serão comparados modelos da família ARCH, mais particularmente os modelos GARCH e GJR. Com uma pesquisa empírica, que segundo Maria Helena Michel “procura traduzir os resultados em dimensões mensuráveis. Por este motivo, tende a ser quantitativa, na medida do possível.”, serão coletados todos os dados necessários para o estudo fornecidos através do software Economática e do site financeiro do Google³¹. O período de análise dos dados de fechamento diários será de janeiro de 2000 a outubro de 2008, sujeitos à disponibilidade de dados. Caso haja grupamentos ou desdobramentos de ações, o preço será ajustado de forma a compensar tal fato. Com os dados obtidos, as séries serão estimadas através do software MATLAB que possui rotinas específicas para modelagem de volatilidade. Cada parâmetro estimado será interpretado e comparado com as estimações dos demais ativos, objetivando determinar algum tipo de padrão. Para a comparabilidade de modelos, será apresentada a teoria da função de máxima verossimilhança. O primeiro passo consiste em realizar os testes Q (Box Pierce) e ARCH de Engel (Engle, 1982) para verificar correlação persistente com relação ao segundo momento,

³¹ Disponível em www.google.com/finance

ou seja, variância. Se não houver efeitos ARCH, a série poderá ser modelada pela média, através da modelagem clássica ARIMA e buscar-se-á as razões pelas quais a série é *homocedástica*. Sendo a série *heterocedástica*, de acordo com Bollerslev, T., Chow R.Y. e Kroner, K. F. (1992, pp 5-59), ela pode ser modelada de diferentes maneiras, e as comparações entre os modelos será feita através da análise do método da máxima verossimilhança quando possível. Se não houver relação de restrição entre modelos, será utilizado o método de AIC e BIC.

4.2 Escolha da amostra

A amostra escolhida para o estudo consiste de nove empresas, cuja justificativa de escolha encontra-se na sessão referente ao estudo de mercado de petróleo.

Para cada empresa, foram obtidos o valor de fechamento do preço da ação de 03 de janeiro de 2000 à 17 de outubro de 2008, resultando em 2213 dados, com exceção das empresas Total S.A e Petrochina, que possuem como início de séries de preços o período de janeiro de 2003 e abril de 2000, respectivamente. Foram pesquisadas várias bases de dados³², porém, para estas duas empresas não foi possível obter as séries desde janeiro de 2000.

A escolha inicial e final da amostra foi estipulada pelo pesquisador, não tendo nenhum fato relevante para a tomada de decisão. Com relação ao tamanho da amostra, segundo Alexander (2001) “deve-se usar muitos anos de dados diários, o suficiente para se assegurar que as estimativas dos parâmetros sejam relativamente estáveis conforme a janela de dados é rolada [...]” Ressalta-se que o período escolhido incluiu crises e fatos que contribuíram para elevação da volatilidade tais como o ataque terrorista às torres gêmeas em 11 de setembro de 2001 nos EUA, transição para um governo de oposição em junho de 2002 no Brasil e a atual crise dos títulos subprime.

O detalhamento dos eventos encontra-se na Tabela 8.

³² Além do *software* Economatica e dos sites *Google Finance* e *Yahoo Finance*, foram pesquisados os sites das Bolsas de Valores Euronext e da China, não sendo possível obter a série para janeiro de 2000.

Tabela 8: Eventos significativos ocorridos na economia dos países analisados no período de 2000 à 2008

Período	Evento
Abril 2000	Bolha da Internet ocorrida na NASDAQ.com
Setembro de 2001	Ataque terrorista às torres gêmeas
Abril de 2002 à Dezembro de 2002	Período pré-eleitoral, com possível vitória de um governo de oposição no Brasil
Janeiro de 2003 à Setembro de 2003	Período de estabilização de novo governo
Junho de 2007 à Setembro de 2007	Início do “estouro da bolha” de títulos subprime nos EUA
Junho de 2008	Preços recordes para o preço do barril de petróleo
Julho de 2008 à Outubro de 2008	Agravamento da crise de títulos subprime, com conseqüências em todo o mundo

Fonte: Adaptado de Goulart, 2004

Segundo Alexander (pg. 98), “se as estimativas dos parâmetros do modelo GARCH variam consideravelmente, quando o modelo é estimado de forma móvel ao longo do tempo, pode ser que o modelo não esteja bem especificado. De fato, há alguma evidência que sugere que a especificação do modelo GARCH depende do regime de mercado corrente.”

Como os modelos da família GARCH não são rígidos em seus parâmetros, necessitando de reestimações freqüentes, a amostra de 2213 dados foi dividida em duas: de 03 de janeiro de 2000 à 29 de fevereiro de 2008 e à 17 de outubro de 2008. Devido ao agravamento da crise dos títulos subprime, principalmente em meados de 2008, a volatilidade observada nos mercados financeiros globais foi atipicamente alta neste período. Pretende-se, com a divisão da amostra, identificar se a crise provocou uma mudança significativa nos parâmetros dos modelos estimados em relação aos períodos de relativa tranqüilidade.

A data estipulada como reflexo da crise foi escolhida, observando-se que os preços dos ativos sofrem queda substancial de seu preço a partir de março de 2008, com o agravamento da situação econômica mundial. Entretanto, a origem dos problemas de crédito ligados a hipotecas de alto risco ocorre em 2007, quando é revelada ao público, a grande exposição de instituições financeiras a ativos lastreados nestes títulos de alto risco.

O agravamento da crise atual tem seu ápice em agosto e setembro de 2008 com a estatização da Fannie Mae (*Federal National Mortgage Association*) e a Freddie Mac (*Federal Home Loan Mortgage Corporation*), ambas as empresas ligadas ao mercado hipotecário e com o pedido de concordata do banco de investimentos *Lehman Brothers* e a venda da corretora *Merrill Lynch* ao *Bank of America*.

4.3 Tratamento de dados

Conforme explicitado no item 3.2, para cada empresa observada, foram obtidas duas amostras com preços de fechamento de ações. Essas duas amostras foram transformadas, utilizando o programa MATLAB, em séries de retorno, através da seguinte fórmula:

$$r_t = \ln \left(\frac{p_t}{p_{t-1}} \right)$$

O Apêndice A apresenta o comando referente a essa transformação.

4.4 Testes de heterocedasticidade

A análise do gráfico da série de retornos fornece qualitativamente características importantes, tais como tendências de reversão à média, sazonalidades e ciclos. Também é possível analisar fatores externos que contribuíram para o formato da curva em determinados períodos.

A segunda etapa de análise consiste em obter os gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial das séries de retorno para observância de alguma estrutura condicional em relação ao primeiro momento e das séries de retorno ao quadrado para verificar a necessidade de alguma estrutural condicional com relação ao segundo momento.

A função de autocorrelação (ACF) é obtida computacionalmente através do uso das equações de Yule-Walker:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= a_1 \rho_0 + a_2 \rho_1 \\ \rho_s &= a_1 \rho_{s-1} + a_2 \rho_{s-2} \end{aligned}$$

Os valores de ρ_s obtidos através da equação diferença fornecem características específicas para cada modelo.

A função de autocorrelação parcial (PACF) é uma modificação do método anterior ao eliminar as correlações indiretas.

O correlograma é obtido computacionalmente através das seguintes equações:

$$\begin{aligned} \phi_{11} &= \rho_1 \\ \phi_{ss} &= \frac{\rho_s - \sum_{j=1}^{s-1} \phi_{s-1,j} \rho_{s-j}}{1 - \sum_{j=1}^{s-1} \phi_{s-1,j} \rho_j} \end{aligned}$$

Os comandos referentes à obtenção dos gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial encontram-se no Apêndice A.

A terceira etapa de análise consiste em quantificar os efeitos observados nos passos anteriores através de dois testes estatísticos: o teste de Ljung-Box-Pierce, conhecido com teste Q e o teste de detecção de efeitos ARCH de Engle.

Segundo Alexander (2001), “o teste de Box-Pierce LM é um teste básico a respeito da significância da autocorrelação. Pode ser aplicado aos retornos ao quadrado para se testar a heterocedasticidade condicional dos dados.”

O teste Q é calculado da forma (Box, Pierce, 1994.):

$$Q = T(T + 2) \sum_{k=1}^s \frac{r_k^2}{T - k}$$

em que:

T : tamanho da amostra

$(r_k)^2$: amostra da autocorrelação ao quadrado até a defasagem k

As hipóteses do teste são:

H_0 : não há autocorrelação nos dados até a defasagem k

H_1 : rejeição da hipótese nula

O teste segue uma distribuição Qui-Quadrada com (s-p-q) graus de liberdade.

O teste ARCH de Engle consiste na estimação de um modelo de regressão cujos resíduos são tratados da seguinte forma:

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2$$

O teste tem uma distribuição Qui-Quadrada cujas hipóteses são:

H_0 : não há efeitos ARCH, ou seja, $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_q$

H_1 : rejeição da hipótese nula

O teste Q foi realizado em todas as empresas analisadas para as séries de retorno ao quadrado e o teste ARCH de Engle foi realizado nas séries de retorno de todas as empresas. Ambos os comandos encontram-se detalhados no Apêndice A.

4.5 Estimação do modelo

Uma vez detectada a presença de heterocedasticidade, é conveniente o uso da família GARCH para a modelagem de dados. Os diversos modelos da família ARCH e os métodos de estimação foram discutidos em sessões anteriores.

Uma forma de verificar se o modelo escolhido está bem ajustado é realizar os testes de Box-Pierce e ARCH de Engle nos resíduos. Segundo Alexander (pg. 105), “se não há autocorrelação nos retornos padronizados ao quadrado, então o modelo GARCH está bem especificado. Mas o que acontece se vários modelos GARCH explicam igualmente bem os efeitos GARCH? Nesse caso, deve-se escolher o modelo GARCH que forneça a verossimilhança mais elevada.”

Segundo Hamilton (pg.142-144), o teste da razão da máxima verossimilhança pode ser usado para comparar diferentes estimações. Este teste tem distribuição Qui-Quadrada com graus de liberdade igual ao número de restrições impostas. As hipóteses do teste são:

H_0 : aceitação do modelo restrito

H_1 : rejeição do modelo restrito

Nesta pesquisa foi utilizada uma rotina do MATLAB em que o usuário informa os graus de “p” e “q” e o modelo da família a ser estimada. O pesquisador optou por comparar os modelos dois a dois. Por exemplo, supondo que os parâmetros de um modelo GARCH (2,1) e um GARCH (1,1) convergiram em seus parâmetros e não apresentaram heterocedasticidade nos resíduos, o primeiro modelo é o não restrito e o segundo é o restrito. Desta forma, foi utilizada a rotina de programação que realiza o teste da razão da máxima verossimilhança, cujo detalhamento encontra-se no Apêndice A.

A opção por escolher o modelo mais adequado de acordo com o teste da razão da máxima verossimilhança na previsão pós-amostra, deve-se ao fato de que outros testes referentes à variância condicional apresentam problemas, como é o caso do critério da raiz do erro quadrático médio (REQM), mais adequado para testes de previsão na média. (Makridakis,1993)

Seguindo a mesma crítica ao teste, Alexander (pg. 131), afirma que:

Uma abordagem popular de avaliar a exatidão da previsão da volatilidade consiste no uso da REQM para se comparar a previsão da variância com o retorno ao quadrado apropriado. A diferença entre a previsão da variância e do retorno ao quadrado é considerada como o erro de previsão. Esses erros são elevados ao quadrado e somados ao longo de um grande período pós-amostra e, então, é extraída a raiz quadrada para se obter a REQM pós-amostra entre a previsão da variância e dos retornos ao quadrado. Contudo, esses testes REQM normalmente produzem resultados pobres, pois, embora a expectativa do retorno ao quadrado seja a variância, há um erro-padrão muito grande ao redor dessa expectativa. Ou seja, os retornos ao quadrado oscilam excessivamente enquanto as previsões da variância permanecem mais estáveis.

Outro teste muito popular utilizado para aferir o desempenho de modelos de previsão de volatilidade é o R^2 , obtido através da regressão da volatilidade observada contra a

volatilidade prevista. De acordo com Goulart (2004), a equação de regressão é expressa da forma:

$$vol_{real,i} = \alpha + \beta \cdot vol_{prevista,i} + v_t$$

Onde:

$vol_{real,i}$: volatilidade real para a observação i ;

$vol_{prevista,i}$: volatilidade prevista para a observação i ;

α : constante da regressão;

β : coeficiente de inclinação;

v_t : erro da regressão.

Em tese, para um modelo bem especificado, o lado esquerdo da equação deveria ser igual ao lado direito, levando a conclusão de que α deve ser nulo e β unitário. Entretanto, os valores das variáveis são estimados e nesse sentido, o R^2 mede reflexos de uma variável prevista pelo modelo com uma verdadeira variância condicional dos retornos, o que torna a interpretação duvidosa (Andersen e Bollerslev (1998, p.6)).

Poon e Granger (2003) pesquisaram os vários critérios de aferição do desempenho de previsão da volatilidade utilizados por pesquisadores em artigos e working papers, e chegaram à conclusão de que não há unanimidade de escolha e nem um melhor método que outro. O detalhamento do estudo pode ser observada na tabela 9.

Tabela 9: Utilização das funções perdas em estudos acadêmicos de previsão de volatilidade

Critério ³³	Frequência de utilização em estudos acadêmicos	Percentual (%)
Erro Absoluto Médio (EAM) ³⁴	34	19,1
Regressão Linear (R ²)	33	18,5
Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM) ³⁵	32	18,0
Erro Quadrático Médio (EQM) ³⁶	17	9,6
Erro Médio (EM) ³⁷	14	7,9
Média Absoluta dos Erros Percentuais (MAEP) ^{38,39}	12	6,7
Outros	36	20,2

Fonte: Adaptada de Poon e Granger, 2003

Como não há um consenso sobre o método estatístico mais eficiente para aferir a previsão de volatilidade, a arbitrariedade de escolha é alta como comprova o estudo de Poon e Granger (2003). Pelos argumentos apresentados, o pesquisador optou por utilizar o teste da razão da máxima verossimilhança para especificação do modelo. Quando não foi possível a utilização desse método, foi escolhida a análise pelos critérios funcionais de AIC e BIC.

Para comprovar se o modelo foi bem especificado, foram realizados os testes Q e ARCH de Engle nos resíduos para comprovar ausência de termos sistemáticos nos resíduos.

4.6 Previsão e Simulação

Um dos objetivos da modelagem de ativos financeiros pela família GARCH é a obtenção da estrutura a termo da volatilidade condicional. Após a escolha do modelo da família GARCH pelo método da razão da máxima verossimilhança, foram realizadas duas técnicas para previsão de volatilidades: a previsão da volatilidade para 30 dias utilizando o modelo estimado e a simulação da volatilidade para 30 dias utilizando 20.000 possíveis

³³ Todos os critérios estudados são referentes às funções perdas, encontradas em Poon e Granger (2003) e Walsh e Tson (1998).

³⁴ $EAM = \frac{1}{n} [\sum_{i=1}^n (|vol_{real,i} - vol_{prevista,i}|)]$

³⁵ $REQM = \frac{1}{\sqrt{n}} [\sum_{i=1}^n (vol_{real,i} - vol_{prevista,i})^2]^{\frac{1}{2}}$

³⁶ $EQM = \frac{1}{n} [\sum_{i=1}^n (vol_{real,i} - vol_{prevista,i})^2]$

³⁷ $EM = \frac{1}{n} [\sum_{i=1}^n (vol_{real,i} - vol_{prevista,i})]$

³⁸ $MAEP = \frac{100}{n} [\sum_{i=1}^n \left| \frac{vol_{real,i} - vol_{prevista,i}}{vol_{real,i}} \right|]$

³⁹ A volatilidade real ou instantânea é definida como (Brooks, 2002): $\sigma_{real,i}^2 = (r_i - \bar{r})^2$, onde r_i é o retorno para o dia i e \bar{r} é o retorno médio de todo o período analisado. Ressalta-se que essa definição é contestada por muitos autores (Andersen e Bollerslev, 1998a), uma vez que esta é uma variável não observável.

cenários, através do método de Monte Carlo. Os resultados obtidos através da previsão são apresentados em tabelas, com os valores da volatilidade anualizados e em gráficos onde também é apresentada a simulação pela técnica de Monte Carlo. Esta última também permite a obtenção de um histograma referente a compra de determinado ativo e manutenção em carteira durante 30 dias⁴⁰. Conforme comentado no item 2.2.1 desta dissertação, uma das aplicações práticas da estimação de volatilidade condicional é o gerenciamento de carteiras à curtíssimo prazo.

4.7 Operacionalização da pesquisa

As estimações de parâmetros, os testes estatísticos e cálculos necessários para consecução dos objetivos desta pesquisa foram feitos no software MATLAB, versão 7.7.0 da MathWorks.

4.8 Limitações da pesquisa

Outros modelos de cálculo de volatilidade, como os estocásticos, não foram utilizados nesta pesquisa, apesar de esta ter como objetivo o estudo de modelos determinísticos no cálculo de volatilidade em períodos econômicos de expansão e recessão.

A pesquisa limita-se a um modelo de volatilidade assimétrico, o GJR, entretanto há na literatura outros que capturam tal fenômeno tais como o EGARCH.

⁴⁰ Ao leitor interessado, os gráficos dos histogramas são apresentados na sessão de Apêndices.

5 – ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 Características da série de preços dos ativos analisados

Embora o objetivo desta pesquisa seja o de modelar séries de retornos, o comportamento dos preços dos ativos fornece, qualitativamente, informações acerca de tendência de crescimento da série, semelhanças entre diferentes ativos e influência do mercado de capitais local. Neste sentido, observa-se que os ativos analisados seguiram, de forma bastante semelhante, uma tendência de crescimento no início do período até meados de fevereiro de 2008, período em que começou a reversão de tendência de preços para todos os ativos analisados.

A figura 5 apresenta o comportamento da série de preços para o barril de petróleo do tipo Brent para todo o período de análise.⁴¹

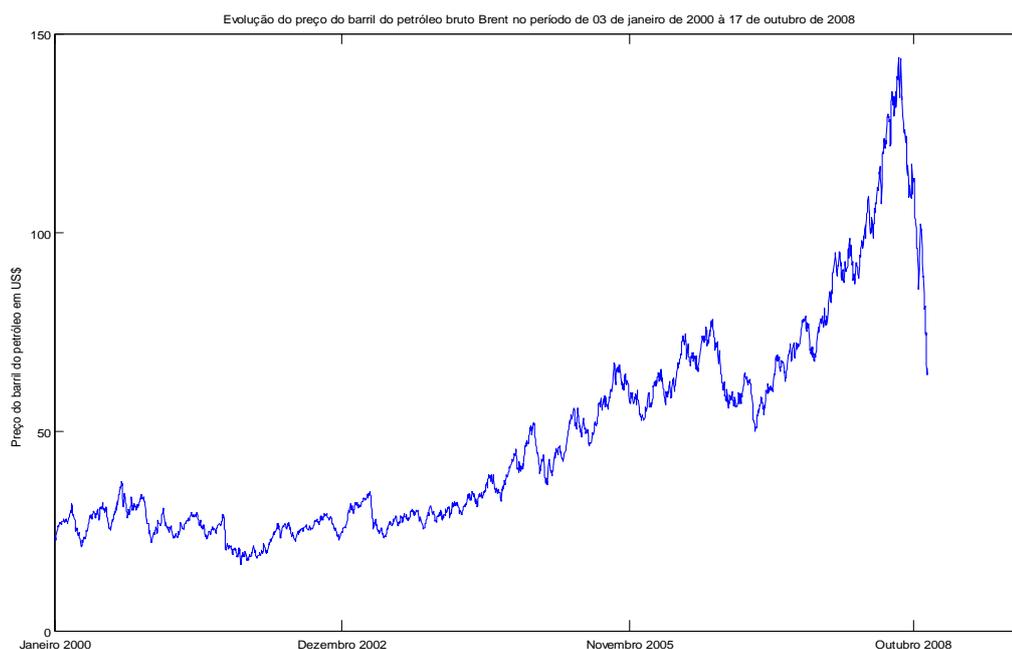


Figura 5 – Evolução do preço do barril de petróleo do tipo Brent para o período de janeiro de 2000 à outubro de 2008

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Esse comportamento da série de preços pode ser explicado pelo forte crescimento econômico mundial experimentado no período de 2001 a 2008, cujo efeito foi o aumento de demanda da *commoditie* nos mercados mundiais, não acompanhado pelo aumento de oferta⁴².

⁴¹ Os gráficos de todos os ativos analisados encontram-se no Anexo B, separados por período de análise.

Nos mercados emergentes, percebe-se que os ativos apresentaram uma tendência de crescimento nos preços antes da crise muito maior que nos países desenvolvidos.

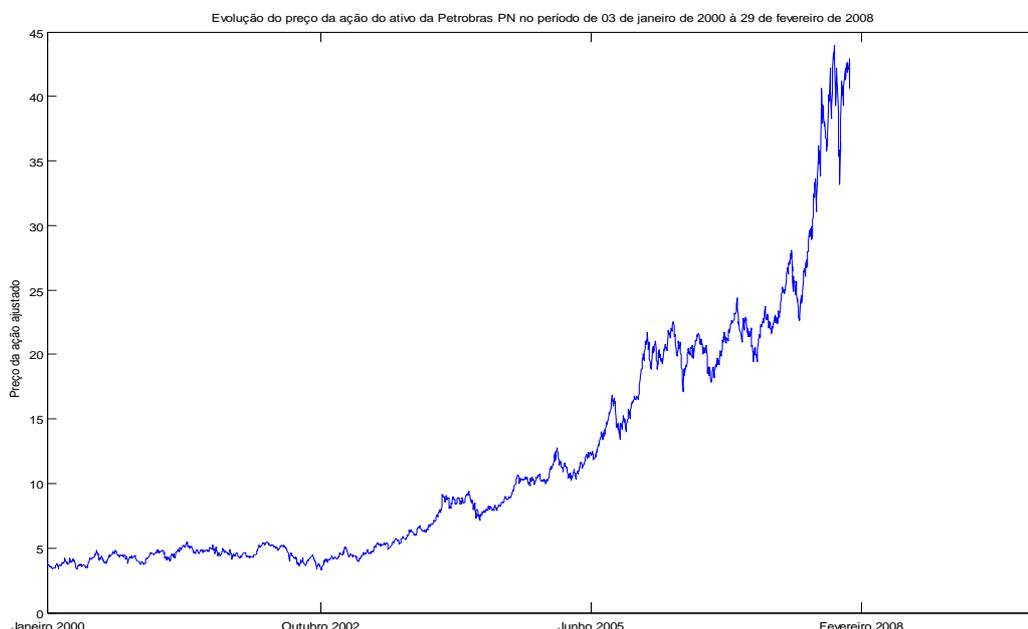


Figura 6 - Evolução do preço do ativo PETR4 para o período de janeiro de 2000 à fevereiro de 2008

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

O efeito da localização de negociação de ativo parece indicar que o mercado de capitais tem efeito direto sobre o comportamento dos ativos. Nota-se que os gráficos dos ativos da ConocoPhillips, ExxonMobil e Chevron, negociados na NYSE, apresentam semelhanças comuns como taxa de crescimento e variações de tendência. Ao agrupar-se os ativos negociados nos mercados emergentes estudados, percebe-se o mesmo padrão.

Os ativos negociados na LSE, da Royal Dutch Shell e BP, são os únicos que não apresentaram valorização de preço entre o início e o fim da série estudada e apresentam comportamento de preços muito destoante dos demais ativos.

Tal comportamento pode ser explicado pelo fato de que as duas empresas sofreram prejuízos substanciais entre 2001 e 2008 relacionados a problemas de meio de ambiente,

⁴² Uma discussão detalhada sobre os motivos pelos quais o barril de petróleo subiu rapidamente de preço é encontrada no artigo “Explaining the price of oil – Is it a peak oil or a speculative bubble? Neither, really..”, publicado na revista *The Economist*.”

reestruturação societária e concorrência com setores de energia renovável dos EUA, os quais promovem grandes subsídios para empresas americanas⁴³.

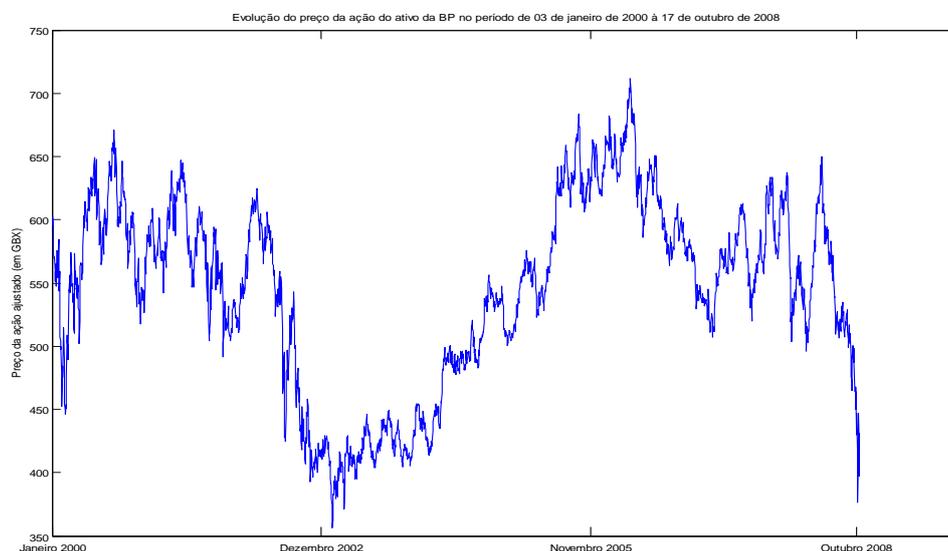


Figura 7 - Evolução do preço do ativo BP para o período de janeiro de 2000 à outubro de 2008

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.2 Características estatísticas da série de retornos dos ativos analisados

A abordagem qualitativa da presença de heterocedasticidade nas séries de dados pode ser observada nos gráficos do apêndice C, os quais retratam a autocorrelação e autocorrelação parcial da série de retornos ao quadrado. Desta análise, conclui-se que todas as séries pesquisadas apresentaram autocorrelação serial de segunda ordem.

As tabelas 10 a 13 evidenciam a hipótese de que as séries de retornos são heterocedásticas, uma vez que a hipótese nula ($H_0 = 1$) foi rejeitada nos testes Q e ARCH para todas as séries e subperíodos utilizados.

Para uma melhor visualização dos resultados, as tabelas foram agrupadas de acordo com o critério de localização de negociação do ativo.

⁴³ As discussões acerca dos problemas envolvendo energias renováveis e falta de subsídios pelo governo britânico é encontrada no artigo “Seabed supplies a cure for global warming crisis”, publicada na revista The Guardian.

Tabela 10: Testes Q e ARCH nas séries de retornos dos ativos negociados na bolsa de valores norte-americana para detecção de heterocedasticidade

Ativo	20 Defasagens	Primeiro	Segundo	Primeiro	Segundo
		Período	Período	Período	Período
		Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
ExxonMobil	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	645.372	1128.9	258.257	781.520
Chevron	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	435.4491	1117.6000	193.8556	1028.6000
ConocoPhillips	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	232.3428	1313.0000	121.9634	757.2751
Brent	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	129.5584	142.0181	98.2475	114.0641
WTI	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	178.1792	328.2224	124.4803	211.2024

* Valor crítico de 24.9958 a 5% de significância estatística

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados estatísticos utilizados para detecção de heterocedasticidade dos retornos mostram que a estatística dos testes apresenta um valor muito maior no segundo subperíodo que no primeiro. Este fato sugere que, para estes ativos, a crise acentuou a característica de variância dos retornos, ou seja, as incertezas econômicas provenientes da crise provocaram um aumento de movimentos extremos dos ativos.

Ao agruparem-se os ativos de acordo com a localização de negociação de seu título, não fica caracterizado que o grau de heterocedasticidade é o mesmo para todos, uma vez que os valores das estatísticas são bastantes diferentes um dos outros. Tal fato pode ser explicado que, a despeito de todas as empresas operarem com base em uma mesma *commoditie* e, portanto, estarem sujeitas aos mesmos tipos de características desse mercado, cada empresa possui uma estrutura de governança, capacidade tecnológica e identidades próprias, que as diferenciam entre si, refletindo no comportamento do ativo.

Tabela 11: Testes Q e ARCH nas séries de retornos dos ativos negociados na bolsa de valores do Reino Unido para detecção de heterocedasticidade

Ativo	20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
		Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
BP	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	1145.9000	1470.5000	328.6291	536.5588
Royal Dutch Shell	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	1,051.600	1,359.8	346.694	538.665

* Valor crítico de 24.9958 a 5% de significância estatística

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Com relação aos ativos negociados no mercado acionário londrino, percebe-se que há uma aproximação muito grande dos valores da estatística para os ativos da BP e Royal Dutch Shell. Em relação ao mercado americano e ao período analisado, os valores das estatísticas foram muito menores para empresas britânicas, sugerindo que os movimentos de preços tendem a ser menos extremados.

Observa-se também que os valores das estatísticas para as séries de preço dos barris de petróleo do tipo Brent e WTI, negociados na NYSE, são próximos entre si e distante dos ativos das empresas analisadas. Esse comportamento pode ser explicado pelo mesmo argumento citado anteriormente de que cada empresa possui particularidades próprias, e isso reflete no seu comportamento de preço.

Tabela 12: Testes Q e ARCH nas séries de retornos dos ativos negociados na bolsa de valores do Reino Unido para detecção de heterocedasticidade

Ativo	20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
		Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Total S.A	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	500.5012	1788.2000	178.3476	768.9137

* Valor crítico de 24.9958 a 5% de significância estatística

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

A tabela 12 referente ao ativo da Total S.A, negociada na Euronext, evidencia a forte presença de autocorrelação serial de segunda ordem nos dados, bem como a tabela 13 que retrata os ativos negociados em mercados emergentes: Brasil, China e Rússia.

Tabela 13: Testes Q e ARCH nas séries de retornos dos ativos negociados nas bolsas de valores dos países emergentes para detecção de heterocedasticidade

Ativo	20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
		Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Petrobras	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	645.372	1128.9	258.257	781.520
Petrochina	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	435.4491	1117.6000	193.8556	1028.6000
Lukoil	H ₀	1	1	1	1
	Estatística *	232.3428	1313.0000	121.9634	757.2751

* Valor crítico de 24.9958 a 5% de significância estatística

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Todas as tabelas referentes aos testes de heterocedasticidade mostraram que a crise acentuou o movimento extremo de ativos, através do aumento do valor da estatística. Tal fato é pertinente com o observado nos mercados financeiros mundiais, através do aumento da incerteza associada à economia.

Corroborando com os argumentos acima, os gráficos 2 e 3, que representam respectivamente os retornos diários referentes ao ativo da ExxonMobil negociado na NYSE no primeiro período de análise e no segundo período, mostram a presença de agrupamento de volatilidade e diferentes grau de assimetria de retornos negativos e positivos. Desta forma, através dos testes estatísticos utilizados e da análise qualitativa das séries de retornos e dos gráficos de autocorrelação e autocorrelação serial, pode-se concluir que o uso das séries da família GARCH é adequado para a pesquisa.

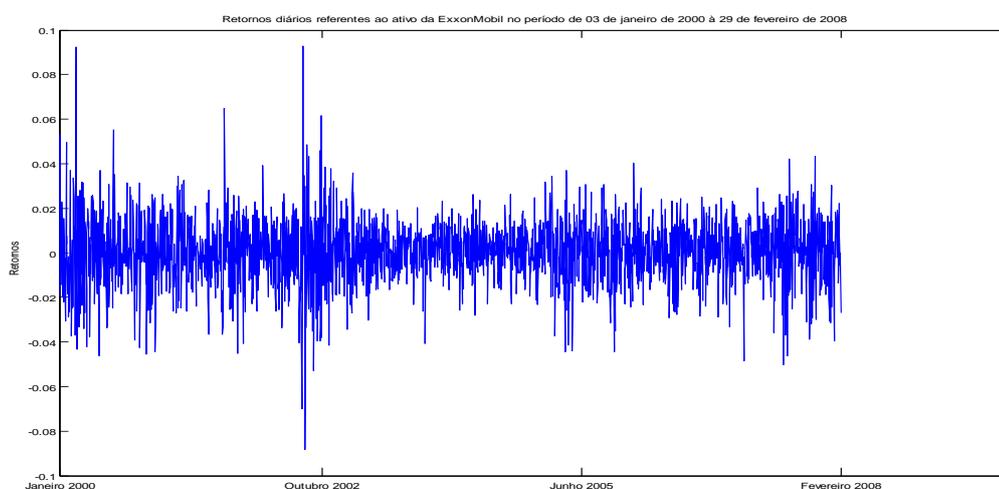


Gráfico 2 – Evolução dos retornos diários de janeiro de 2000 à fevereiro de 2008 para o ativo da ExxonMobil

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

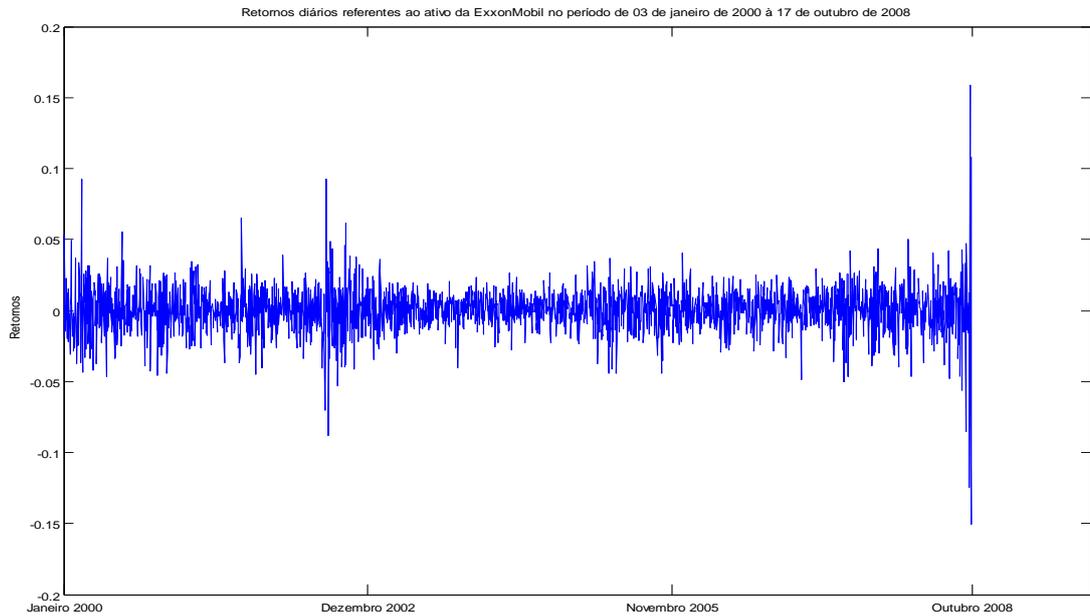


Gráfico 3 – Evolução dos retornos diários de janeiro de 2000 à outubro de 2008 para o ativo da ExxonMobil

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Salienta-se que os gráficos de retornos para todos os períodos e todos os ativos estudados encontram-se referenciados no Apêndice D.

5.3 Escolha de modelos determinísticos de volatilidade para os ativos

Conforme explicitado em tópico específico do capítulo de metodologia, a escolha do modelo mais adequado para a geração da estrutura a termo da volatilidade foi feita utilizando-se o Método da Máxima Verossimilhança, onde os modelos foram comparados dois a dois, sendo o modelo restrito obtido do não restrito, através de imposições de valores nulos em seus parâmetros. Entretanto, nos casos onde a comparação por este método não foi possível, utilizou-se os critérios de Akaike e Schwart. A opção por este método encontra-se justificada na metodologia de pesquisa.

Nesta seção, opta-se por apresentar a estimação detalhada de cada ativo, pois se considera que o objetivo principal da pesquisa é analisar a aderência dos ativos aos modelos estimados em períodos de tranquilidade e crise.

5.3.1 Modelagem da volatilidade determinística para o barril de petróleo do tipo Brent

A tabela 14 apresenta a comparação de modelos dentro dos dois períodos de análise.

Tabela 14: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao barril de petróleo do tipo Brent

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9551.8	-9929.2	0	-10660	-10637	0
NR**	GARCH (2,1)	-9949.8	-9921.6		-10658	-10630	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9551.8	-9929.2	1	-10660	-10637	1
NR**	GARCH (1,2)	-9962.2	-9934		-10674	-10646	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9551.8	-9929.2	1	-10660	-10637	1
NR**	GJR (1,1)	-9968.3	-9940.1		-10688	-10659	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-9968.3	-9940.1	1	-10688	-10659	1
NR**	GJR (2,1)	-9972.8	-9938.9		-10691	-10657	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-9968.3	-9940.1	1	-10688	-10659	1
NR**	GJR (1,2)	-9975.4	-9935.9		-10694	-10654	
	Conclusão	Para os dois períodos analisados, o único modelo que apresentou todos os coeficientes significantes à 5 % foi o GJR (1,1)					

* Modelo Restrito

** Modelo Não Restrito

*** Modelo Restrito

**** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Pelos resultados apresentados e pela metodologia utilizada, em tese, os modelos GJR (1,2), GJR (2,1) e GJR (1,1) poderiam ser selecionados. Entretanto, ao estimar-se os três modelos, apenas o GJR(1,1) apresenta todos os coeficientes significativamente diferentes de zero para os dois períodos. O resultado da estimação para ambos os períodos encontra-se evidenciado na tabela 15.

Tabela 15: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o barril de petróleo do tipo Brent

Primeiro Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.0010531	0.00047893	2.1988
K	0.000038348	0.000007049	5.4402
GARCH (1)	0.85164	0.018676	45.5999
ARCH(1)	0.02461	0.012449	2.0768
Alavancagem	0.097316	0.016562	5.8757
Segundo Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00088827	0.00046409	1.914
K	0.000038391	6.4066E-06	5.9924
GARCH (1)	0.85579	0.016799	50.9415
ARCH(1)	0.013916	0.011031	2.0615
Alavancagem	0.11584	0.015921	7.2756

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Conclui-se dos resultados que há a presença do efeito alavancagem para os períodos, com intensificação desta característica no período com crise. O coeficiente de persistência praticamente não alterou e o de reatividade, apresentou diferença substancial, muito embora parte desta reatividade também seja capturada pelo coeficiente de assimetria.

Independentemente do período de estimação, o modelo GJR (1,1) mostrou-se corretamente especificado, pois os testes estatísticos nos resíduos não apresentaram fatores sistêmicos, como mostra a tabela 16.

Tabela 16: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o barril de petróleo do tipo Brent

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
p-Valor	0.2780	0.2050	0.2594	0.1875
Estatística	23.2235	24.9073	23.6192	25.3744
Valor Crítico	31.4104	31.4104	31.4104	31.4104

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.3.2 Modelagem da volatilidade determinística para o barril de petróleo do tipo WTI

A tabela 17 apresenta a comparação de diferentes modelos da família GARCH para a escolha daquele mais adequado para previsão da estrutura a termo da volatilidade para o barril de petróleo do tipo WTI.

Tabela 17: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao barril de petróleo do tipo WTI

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9555.1	-9532.6	1	-10231	-10208	1
NR**	GARCH (2,1)	-9557.8	-9529.7		-10237	-10208	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9555.1	-9532.6	0	-10231	-10208	0
NR**	GARCH (1,2)	-9553.1	-9525		-10229	-10200	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9555.1	-9532.6	0	-10231	-10208	0
NR**	GJR (1,1)	-9554.6	-9526.5		-10230	-10201	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-9554.6	-9526.5	1	-10230	-10201	1
NR**	GJR (2,1)	-9557.6	-9523.9		-10235	-10201	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-9554.6	-9526.5	0	-10230	-10201	0
NR**	GJR (1,2)	-9550.6	-9511.2		-10226	-10186	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (2,1)	-9557.8	-9529.7	0	-10237	-10208	0
NR**	GJR (2,1)	-9557.6	-9523.9		-10235	-10201	
	Conclusão	Para os dois períodos analisados, o modelo selecionado é o GARCH (2,1)					

- * Modelo Restrito
 ** Modelo Não Restrito
 *** Modelo Restrito
 **** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados apresentados sugerem que o modelo GARCH (2,1) é adequado para ambos os períodos, segundo a metodologia utilizada.

A tabela 18 apresenta testes de diagnóstico nos resíduos que comprovam a boa aderência dos modelos aos dados.

Tabela 18: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o barril de petróleo do tipo WTI

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
p-Valor	0.5118	0.4624	0.4673	0.4186
Estatística	19.1546	19.9281	19.8509	20.6396
Valor Crítico	31.4104	31.4104	31.4104	31.4104

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados das estimações encontram-se evidenciados na tabela 19.

Tabela 19: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o barril de petróleo do tipo WTI

Primeiro Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00096404	0.00049079	1.9643
K	2.3646×10^{-5}	6.4225×10^{-6}	3.6817
GARCH (1)	0.2959	0.10229	2.8927
GARCH (2)	0.58727	0.097542	6.0206
ARCH(1)	0.075984	0.009545	7.9606
Segundo Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.0010317	0.00047077	2.1915
K	3.928×10^{-5}	8.1368×10^{-6}	4.8275
GARCH (1)	0.20217	0.058838	3.436
GARCH (2)	0.62094	0.060502	10.263
ARCH(1)	0.1147	0.011518	9.9589

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Pode-se concluir que este ativo possui como característica uma volatilidade muito persistente, pois possui dois coeficientes de defasagem com relação à volatilidade presente. Este efeito é mais pronunciado que o da alavancagem, uma vez que pela metodologia utilizada, não há coeficientes de assimetria.

A crise aumentou o coeficiente de reação do modelo indicando que após os eventos ocorridos, a volatilidade passa a reagir de forma mais abrupta aos movimentos de mercado.

Um resultado importante que independe do evento ocorrido foi que o ativo aderiu ao modelo GARCH (2,1)

5.3.3 Modelagem da volatilidade determinística para o ativo da ExxonMobil

O ativo negociado sob o código XOM, na bolsa de valores de Nova Iorque (NYSE), foi utilizado para a análise de modelagem determinística da volatilidade. As comparações entre diversos modelos encontram-se evidenciadas na tabela 20.

Tabela 20: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo XOM negociado na NYSE

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV ^{***}	AIC	BIC	Teste RMV ^{***}
R [*]	GARCH (1,1)	-11637	-11615	0	-12395	-12372	0
NR ^{**}	GARCH (2,1)	-11637	-11609		-12394	-12365	
		AIC	BIC	Teste RMV ^{***}	AIC	BIC	Teste RMV ^{***}
R [*]	GARCH (1,1)	-11637	-11615	0	-12395	-12372	0
NR ^{**}	GARCH (1,2)	-11635	-11607		-12393	-12364	
		AIC	BIC	Teste RMV ^{***}	AIC	BIC	Teste RMV ^{***}
R [*]	GARCH (1,1)	-11637	-11615	1	-12395	-12372	1
NR ^{**}	GJR (1,1)	-11650	-11622		-12414	-12385	
		AIC	BIC	Teste RMV ^{***}	AIC	BIC	Teste RMV ^{***}
R [*]	GJR (1,1)	-11650	-11622	0	-12414	-12385	0
NR ^{**}	GJR (2,1)	-11650	-11616		-12412	-12378	
		AIC	BIC	Teste RMV ^{***}	AIC	BIC	Teste RMV ^{***}
R [*]	GJR (1,1)	-11650	-11622	0	-12414	-12385	0
NR ^{**}	GJR (1,2)	-11646	-11607		-12410	-12370	
	Conclusão	Para os dois períodos, o teste da razão da máxima verossimilhança indicou o GJR (1,1) como o modelo mais adequado					

- * Modelo Restrito
- ** Modelo Não Restrito
- *** Modelo Restrito
- **** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Pelos resultados apresentados, percebe-se que para este ativo, o efeito alavancagem é presente e que o modelo GJR (1,1) apresentou aderência aos dados para os dois períodos.

Os coeficientes estimados para os dois subperíodos são apresentados na tabela 21.

Tabela 21: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo XOM negociado na NYSE

Primeiro Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00046863	0.00029826	1.5712
K	5.4507E-06	1.3213E-06	4.1252
GARCH (1)	0.91269	0.011492	79.4196
ARCH(1)	0.027246	0.0095845	2.8427
Alavancagem	0.066318	0.015021	4.4151
Segundo Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00033688	0.00029374	1.1469
K	-4.8753E-06	1.1454E-06	4.2566
GARCH (1)	0.9127	0.010162	89.8175
ARCH(1)	0.028139	0.0094076	2.9911
Alavancagem	0.078621	0.015288	5.1428

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

O efeito da crise sobre este ativo foi de aumentar o efeito alavancagem e a reatividade a movimentos de mercado, embora os valores sejam muito próximos.

Os testes de diagnóstico nos resíduos dos modelos estimados são apresentados na tabela 22.

Tabela 22: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo XOM negociado na NYSE

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0	0	0	0
p-Valor	0.9551	0.6521	0.9812	0.5689
Estatística	10.638	17.014	9.144	18.281
Valor Crítico	31.410	31.410	31.410	31.410

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.3.4 Modelagem da volatilidade determinística para o ativo da Chevron

O resultado das estimações do ativo da Chevron, negociado sob a sigla CVX na bolsa de valores nova-iorquina, encontram-se detalhados na tabela 23.

Tabela 23: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo CVX negociado na NYSE

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11691	-11669	0	-12447	-12424	0
NR**	GARCH (2,1)	-11689	-11661		-12445	-12416	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11691	-11669	0	-12447	-12424	0
NR**	GARCH (1,2)	-11688	-11660		-12445	-12416	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11691	-11669	1	-12447	-12424	1
NR**	GJR (1,1)	-11713	-11685		-12472	-12443	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-11713	-11685	0	-12472	-12443	0
NR**	GJR (2,1)	-11711	-11677		-12470	-12436	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-11713	-11685	0	-12472	-12443	0
NR**	GJR (1,2)	-11710	-11670		-12470	-12430	
	Conclusão	Para os dois períodos, o teste da razão da máxima verossimilhança indicou o GJR (1,1)					

* Modelo Restrito

** Modelo Não Restrito

*** Razão da Máxima Verossimilhança

**** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados apresentados indicam a presença do efeito alavancagem nos dois períodos e a aderência do ativo ao modelo GJR (1,1), independentemente dos subperíodos.

A tabela 24 apresenta os coeficientes dos modelos estimados.

Tabela 24: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo CVX negociado na NYSE

Primeiro Período			
Coefficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00050507	0.00029269	1.7256
K	5.5327E-06	0.000001222	4.5278
GARCH (1)	0.91764	0.011732	78.2152
ARCH(1)	0.017023	0.01032	2.0496
Alavancagem	0.074521	0.014665	5.0814
Segundo Período			
Coefficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00044519	0.00028817	1.5449
K	4.8952×10^{-6}	1.0856×10^{-6}	4.5094
GARCH (1)	0.91293	0.010811	84.4461
ARCH(1)	0.023856	0.010074	2.3682
Alavancagem	0.086025	0.015102	5.6962

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Com relação aos coeficientes, percebe-se que no segundo período, o efeito alavancagem ficou mais pronunciado, bem como o coeficiente de reação. O resultado desta combinação é um movimento de volatilidade mais “pontigudo”, quando comparado com o primeiro período.

Os testes de diagnóstico nos resíduos dos modelos estimados são apresentados na tabela 25.

Tabela 25: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo CVX negociado na NYSE

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
p-Valor	0.9008	0.2511	0.8968	0.1957
Estatística	12.4224	23.8032	12.5254	25.1515
Valor Crítico	31.4104	31.4104	31.4104	31.4104

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados apresentados mostram a adequabilidade de escolha dos modelos.

5.3.5 Modelagem da volatilidade determinística para o ativo da ConocoPhillips

O ativo negociado da ConocoPhillips na NYSE possui o código COP. A tabela 26 apresenta os resultados das estimações dos modelos para os dois períodos de análise.

Tabela 26: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo COP negociado na NYSE

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11078	-11055	1	-11797	-11774	1
NR**	GARCH (2,1)	-11083	-11055		-11799	-11771	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11078	-11055	0	-12447	-12424	0
NR**	GARCH (1,2)	-11076	-11048		-11795	-11767	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11078	-11055	1	-12447	-12424	1
NR**	GJR (1,1)	-11081	-11053		-11802	-11773	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-11081	-11053	1	-11802	-11773	1
NR**	GJR (2,1)	-11084	-11051		-11804	-11770	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-11081	-11053	0	-11802	-11773	0
NR**	GJR (1,2)	-11077	-11038		-11799	-11759	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (2,1)	-11083	-11055	0	-11802	-11773	1
NR**	GJR (2,1)	-11084	-11051		-11799	-11759	
	Conclusão	Para o primeiro período, o modelo previsto pela metodologia foi o GARCH (2,1) e para o segundo, o GJR(2,1)					

* Modelo Restrito

** Modelo Não Restrito

*** Razão da Máxima Verossimilhança

**** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Dos resultados apresentados, conclui-se que o evento da crise afetou a dinâmica de curto prazo da volatilidade, de tal maneira que não houve aderência a somente um tipo de modelo de volatilidade determinística. Tal evento teve como consequência o acréscimo do efeito alavancagem, não presente estatisticamente no primeiro período.

Os valores dos coeficientes para os dois modelos estimados, para cada um dos períodos, encontram-se explicitados na tabela 27.

Tabela 27: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo COP negociado na NYSE

Primeiro Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00084835	0.00034639	2.4492
K	3.1539×10^{-6}	1.3214×10^{-6}	2.3837
GARCH (1)	0.15356	0.10227	2.5015
GARCH (2)	0.76152	0.10006	7.6105
ARCH(1)	0.075426	0.010563	7.1404
Segundo Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00065355	0.00034304	1.9051
K	3.9891×10^{-6}	1.3874×10^{-6}	2.8753
GARCH (1)	0.43849	0.21222	2.0662
GARCH (2)	0.47071	0.20125	2.3389
ARCH(1)	0.054632	0.016961	3.221
Alavancagem	0.051621	0.020186	2.5573

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados apresentados mostram que, após o agravamento da crise, as volatilidades para este ativo se tornaram mais concentradas em torno de eventos extremos do mercado devido à diminuição dos coeficientes de persistência e aparecimento do coeficiente de alavancagem.

A tabela 28 mostra que os testes de diagnóstico nos resíduos dos modelos estimados não apresentou existência de termos sistemáticos.

Tabela 28: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo COP negociado na NYSE

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
p-Valor	0.4914	0.7206	0.4528	0.6360
Estatística	19.4722	15.9360	20.0819	17.2598
Valor Crítico	31.4104	31.4104	31.4104	31.4104

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.3.6 Modelagem da volatilidade determinística para o ativo da BP

As estimações para o ativo da BP, negociado sob o código BP na bolsa de Londres, são apresentados na tabela 29 e os resultados dos coeficientes estimados na tabela 30.

Tabela 29: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo BP negociado na LSE

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11433	-11411	0	-12215	-12192	0
NR**	GARCH (2,1)	-11432	-11404		-12214	-12185	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11433	-11411	0	-12215	-12192	0
NR**	GARCH (1,2)	-11431	-11403		-12213	-12184	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11433	-11411	1	-12215	-12192	1
NR**	GJR (1,1)	-11444	-11416		-12228	-12199	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-11444	-11416	0	-12228	-12199	0
NR**	GJR (2,1)	-11442	-11408		-12226	-12192	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-11444	-11416	0	-12228	-12199	0
NR**	GJR (1,2)	-11440	-11401		-12224	-12184	
	Conclusão	Para ambos os períodos, o modelo GJR (1,1) apresentou com o mais adequado					

* Modelo Restrito

** Modelo Não Restrito

*** Razão da Máxima Verossimilhança

**** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Tabela 30: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo BP negociado na LSE

Primeiro Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	2.2646E-05	0.00030712	0.0737
K	5.0822E-06	1.1699E-06	4.3441
GARCH (1)	0.90005	0.01146	78.5376
ARCH(1)	0.043804	0.012881	3.4006
Alavancagem	0.072854	0.018335	3.9734
Segundo Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	-1.9873E-05	0.00030712	0.0653
K	5.1478E-06	1.2001E-06	4.2894
GARCH (1)	0.89889	0.010644	84.4534
ARCH(1)	0.044651	0.012833	3.4795
Alavancagem	0.078752	0.018122	4.3456

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados sugerem que a crise pouco afetou o modelo estimado no primeiro período, uma vez que os parâmetros de persistência e reação foram praticamente os mesmos para os dois períodos. Entretanto, nota-se que a constante C tornou-se negativa. Tal fato pode ser explicado pela grande queda do preço do ativo durante o agravamento da crise, o que com que a média dos retornos caísse.

O modelo GJR(1,1) apresentou aderência aos dados para ambos os períodos, evidenciando a presença do efeito de assimetria dos retornos.

Os testes nos resíduos dos modelos estimados são apresentados na tabela 31.

Tabela 31: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo BP negociado na LSE

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
p-Valor	0.7833	0.6136	0.7166	0.5709
Estatística	14.8782	17.6016	15.9990	18.2500
Valor Crítico	31.4104	31.4104	31.4104	31.4104

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.3.7 Modelagem da volatilidade determinística para o ativo da Royal Dutch Shell

O título da Royal Dutch Shell modelado por esta pesquisa é o de código RDSB, negociado na LSE. O resultado das estimações dos modelos e as escolhas dos mais adequados encontram-se evidenciados na tabela 32.

Tabela 32: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo RDSB negociado na LSE

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11449	-11427	0	-12220	-12197	0
NR**	GARCH (2,1)	-11448	-11419		-12219	-12190	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11449	-11427	0	-12220	-12197	0
NR**	GARCH (1,2)	-11447	-11419		-12218	-12190	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-11449	-11427	1	-12220	-12197	1
NR**	GJR (1,1)	-11461	-11432		-12232	-12204	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-11461	-11432	0	-12232	-12204	0
NR**	GJR (2,1)	-11459	-11425		-12230	-12196	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-11461	-11432	0	-12232	-12204	0
NR**	GJR (1,2)	-11457	-11418		-12228	-12188	
	Conclusão	Para ambos os períodos, o modelo GJR (1,1) apresentou-se como o mais adequado					

* Modelo Restrito

** Modelo Não Restrito

*** Razão da Máxima Verossimilhança

**** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados evidenciam que a série apresentou aderência ao modelo GJR (1,1), indicam que o efeito de assimetria é presente nos retornos observados.

A tabela 33 apresenta os valores dos coeficientes para os modelos estimados.

Tabela 33: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo RDSB negociado na LSE

Primeiro Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	6.7744E-05	0.0003104	0.2182
K	5.7779E-06	9.4662E-07	6.1038
GARCH (1)	0.90112	0.011279	79.8949
ARCH(1)	0.041134	0.0123	3.3443
Alavancagem	0.069624	0.01559	4.4658
Segundo Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00003591	0.00030668	0.1171
K	5.3771E-06	9.1989E-07	5.8454
GARCH (1)	0.90195	0.010836	83.2388
ARCH(1)	0.046055	0.01176	3.9162
Alavancagem	0.067742	0.014396	4.707

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os modelos estimados para ambos os períodos possuem valores de coeficientes muito próximos entre si, com apenas um aumento do coeficiente de reação do modelo. Isso demonstra que a crise, ao provocar uma diminuição abrupta no valor dos ativos, teve como efeito aumentar os movimentos extremos da volatilidade.

A tabela 34 mostra os resultados dos testes Q e ARCH nos resíduos dos modelos estimados.

Tabela 34: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo RDSB negociado na LSE

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0	0	0	0
p-Valor	0.1651	0.5407	0.172	0.5284
Estatística	26.022	18.710	25.814	18.899
Valor Crítico	31.410	31.410	31.410	31.410

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.3.8 Modelagem da volatilidade determinística para o ativo da Total S.A

O título da Total S.A. escolhido para a modelagem foi o papel de código FP, negociado na bolsa europeia Euronext. Os resultados estimados encontram-se na tabela 35.

Tabela 35: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo FP negociado na Euronext

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-8095.8	-8075	0	-8919.8	-8898.5	0
NR**	GARCH (2,1)	-8093.8	-8067.8		-8917.8	-8891.2	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-8095.8	-8075	0	-8919.8	-8898.5	0
NR**	GARCH (1,2)	-8093.9	-8067.9		-8917.8	-8891.2	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-8095.8	-8075	1	-8919.8	-8898.5	1
NR**	GJR (1,1)	-8108.5	-8082.4		-8934.5	-8907.9	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-8108.5	-8082.4	0	-8934.5	-8907.9	0
NR**	GJR (2,1)	-8106.5	-8075.2		-8932.5	-8900.6	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-8108.5	-8082.4	0	-8934.5	-8907.9	0
NR**	GJR (1,2)	-8105.1	-8068.6		-8930.9	-8893.7	
	Conclusão	Para ambos os períodos, o modelo GJR (1,1) apresentou-se como o mais adequado					

- * Modelo Restrito
- ** Modelo Não Restrito
- *** Razão da Máxima Verossimilhança
- **** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados dos coeficientes dos modelos estimados são apresentados na tabela 36.

Tabela 36: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo FP negociado na Euronext

Primeiro Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.0004071	0.00030244	1.346
K	9.0843×10^{-6}	2.1643×10^{-6}	4.1974
GARCH (1)	0.84657	0.027023	31.3278
ARCH(1)	0.031251	0.019504	2.6023
Alavancagem	0.12204	0.030817	3.96
Segundo Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00035016	0.00029714	1.1784
K	8.0565×10^{-6}	1.8529×10^{-6}	4.348
GARCH (1)	0.84935	0.023921	35.5064
ARCH(1)	0.043712	0.018022	2.4254
Alavancagem	0.12492	0.028747	4.3455

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados mostram que o modelo GJR (1,1) aderiu aos dados da série para os dois períodos. O coeficiente de reação apresentou um aumento substancial para o segundo período, indicando que a crise provocou o aumento de movimentos abruptos na volatilidade.

Os testes de diagnóstico nos resíduos dos modelos GJR (1,1) estimados são apresentados na tabela 37.

Tabela 37: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo FP negociado na Euronext

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
p-Valor	0.2269	0.2648	0.1615	0.1685
Estatística	24.3624	23.5035	26.1321	25.9203
Valor Crítico	31.4104	31.4104	31.4104	31.4104

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.3.9 Modelagem da volatilidade determinística para o ativo da Petrobras S.A

O papel utilizado para esta pesquisa para a modelagem da série da Petrobras S.A foi o de código PETR4, negociado na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA).

Os resultados das comparações entre os diferentes modelos e os coeficientes estimados dos modelos selecionados para cada um dos períodos são apresentados nas tabelas 38 e 39.

Tabela 38: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo PETR4 negociado na Bovespa

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9935.6	-9913.1	0	-10578	-10555	0
NR**	GARCH (2,1)	-9933.6	-99055		-10576	-10548	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9935.6	-9913.1	0	-10578	-10555	0
NR**	GARCH (1,2)	-9937.7	-9909.7		-10580	-10552	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9935.6	-9913.1	1	-10578	-10555	1
NR**	GJR (1,1)	-9973.7	-9945.6		-10619	-10590	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-9973.7	-9945.6	0	-10619	-10590	0
NR**	GJR (2,1)	-9971.7	-9938		-10617	-10583	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-9973.7	-9945.6	1	-10619	-10590	1
NR**	GJR (1,2)	-9978.2	-9939		-10622	-10582	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,2)	-9937.7	-9909.7	0	-10580	-10552	0
NR**	GJR (1,2)	-9978.2	-9939		-10622	-10582	
	Conclusão	Para ambos os períodos, o modelo GARCH (1,2) apresentou-se superior pelo Método da Máxima Verossimilhança					

* Modelo Restrito

** Modelo Não Restrito

*** Razão da Máxima Verossimilhança

**** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Tabela 39: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo PETR4 negociado na Bovespa

Primeiro Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.0017351	0.00044236	3.9223
K	3.8398E-05	8.8152E-06	4.3559
GARCH (1)	0.80196	0.031576	25.3945
ARCH (1)	0.049135	0.017519	2.8046
ARCH(2)	0.066268	0.022796	2.907
Segundo Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.0016225	0.00043401	3.7384
K	3.2217E-05	7.0249E-06	4.5862
GARCH (1)	0.81713	0.025293	32.3069
ARCH (1)	0.054981	0.018254	3.0121
ARCH(2)	0.065898	0.022353	2.9481

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados apresentados mostram para ambos os períodos, o modelo GARCH (1,2) foi adequado para descrever o comportamento da variância do ativo. Percebe-se que o efeito de assimetria não prevalece para este ativo, entretanto, o efeito reativo é muito elevado, pois há dois graus de defasagem para esta característica. O coeficiente de persistência é extremamente baixo, indicando que o ativo sofre muita influência de movimentos extremos de mercado. Tipicamente, uma série com essas características possuem volatilidade muito “pontiaguda” e de decaimento relativamente rápido.

A tabela 40 apresenta os testes de diagnóstico nos resíduos dos modelos estimados.

Tabela 40: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo PETR4 negociado na Bovespa

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
p-Valor	0.9666	0.9502	0.9762	0.9581
Estatística	10.0846	10.8407	9.5087	10.5050
Valor Crítico	31.4104	31.4104	31.4104	31.4104

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.3.10 Modelagem da volatilidade determinística para o ativo da Petrochina

O ativo modelado para esta pesquisa foi o de código 0857, título da Petrochina negociado na Bolsa de Valores de Hong Kong.

As comparações entre os diversos modelos e os coeficientes estimados dos modelos selecionados pelo método da máxima verossimilhança encontram-se nas tabelas 41 e 42.

Tabela 41: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo 0857 negociado na HKSE

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-10066	-10043	0	-10680	-10657	0
NR**	GARCH (2,1)	-10065	-10037		-10679	-10650	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-10066	-10043	0	-10680	-10657	0
NR**	GARCH (1,2)	-10064	-10036		-10678	-10649	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-10066	-10043	1	-10680	-10657	1
NR**	GJR (1,1)	-10065	-10037		-10683	-10655	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-10065	-10037	0	-10683	-10655	0
NR**	GJR (2,1)	-10065	-10033		-10682	-10648	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-10065	-10037	0	-10683	-10655	0
NR**	GJR (1,2)	-10063	-10031		-10682	-10648	
	Conclusão	Para ambos os períodos, o modelo selecionado é o GJR(1,1)					

* Modelo Restrito

** Modelo Não Restrito

*** Razão da Máxima Verossimilhança

**** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Tabela 42: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo 0857 negociado na HKSE

Primeiro Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.0016266	0.00042442	3.8325
K	4.0248E-06	6.6037E-07	6.0948
GARCH (1)	0.94649	0.0048765	194.0932
ARCH(1)	0.047434	0.0044733	10.6037
Alavancagem	0.018428	0.0091258	3.1151
Segundo Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.0013337	0.0004343	3.071
K	5.8564E-06	7.7422E-07	7.5642
GARCH (1)	0.93122	0.0058872	158.1753
ARCH(1)	0.047061	0.005008	9.3972
Alavancagem	0.028428	0.0091258	3.1151

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados apresentados mostram que a crise afetou o coeficiente de alavancagem, indicando que a mesma introduziu um aumento de assimetria. Uma característica evidente nos dois períodos é o alto coeficiente de persistência da volatilidade, indicando que a mesma tem um tempo de decaimento grande.

Os testes nos resíduos dos modelos estimados são apresentados na tabela 43.

Tabela 43: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo 0857 negociado na HKSE

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0	0	0	0
p-Valor	0.9912	0.9932	0.9927	0.9936
Estatística	8.092	7.790	7.862	7.707
Valor Crítico	31.410	31.410	31.410	31.410

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.3.11 Modelagem da volatilidade determinística para o ativo da Lukoil

O ativo referente à Lukoil negociado na bolsa de valores de Moscou possui como código LKOH. Os resultados das comparações e os valores dos coeficientes dos modelos selecionados são apresentados nas tabelas 44 e 45.

Tabela 44: Testes estatísticos de escolha dos modelos referentes ao ativo LKOH negociado na RTS

Tipo		Primeiro Período			Segundo Período		
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9530	-9507.5	0	-10122	-10999	0
NR**	GARCH (2,1)	-9528	-9499.9		-10120	-10091	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9530	-9507.5	1	-10122	-10999	1
NR**	GARCH (1,2)	-9532	-9503.9		-10124	-10095	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GARCH (1,1)	-9530	-9507.5	1	-10122	-10999	1
NR**	GJR (1,1)	-9545.9	-9517.9		-10141	-10112	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-9545.9	-9517.9	0	-10141	-10112	0
NR**	GJR (2,1)	-9543.9	-9510.2		-10139	-10105	
		AIC	BIC	Teste RMV***	AIC	BIC	Teste RMV***
R*	GJR (1,1)	-9545.9	-9517.9	0	-10141	-10112	0
NR**	GJR (1,2)	-9545.6	-9506.3		-10141	-10101	
	Conclusão	Como não há relação direta de restrição entre os modelos GJR (1,1) e GARCH (1,2), optou-se por utilizar os critérios AIC e BIC. Por este método, o modelo GJR (1,1) foi selecionado para os dois períodos.					

* Modelo Restrito

** Modelo Não Restrito

*** Razão da Máxima Verossimilhança

**** Testes estatísticos ao nível de 5% de significância

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Tabela 45: Estimação dos coeficientes dos modelos selecionados para o ativo LKOH negociado na RTS

Primeiro Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00098223	0.00048667	2.0183
K	3.2182×10^{-5}	4.0709×10^{-6}	7.9054
GARCH (1)	0.83611	0.015882	52.6438
ARCH(1)	0.064162	0.012333	5.2023
Alavancagem (1)	0.089935	0.017384	5.1736
Segundo Período			
Coeficientes	Valores	Desvio Padrão	Estatística t
C	0.00085556	0.00047896	1.7863
K	2.7089×10^{-5}	3.3838×10^{-6}	8.0056
GARCH (1)	0.85041	0.014026	60.6328
ARCH(1)	0.063912	0.011654	5.484
Alavancagem (1)	0.093639	0.016802	5.573

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Para os dois períodos de análise, os valores estatísticos mostraram que há a presença do efeito de assimetria, com aumento de valor para o segundo período. O coeficiente de persistência é relativamente baixo, indicando uma tendência de declínio rápido de volatilidades extremas.

A tabela 46 apresenta o resultado dos testes de diagnóstico nos resíduos dos modelos estimados.

Tabela 46: Testes estatísticos Q e ARCH para detecção de heterocedasticidade nos resíduos dos modelos estimados para o ativo LKOH negociado na RTS

20 Defasagens	Primeiro Período	Segundo Período	Primeiro Período	Segundo Período
	Teste Q	Teste Q	Teste ARCH	Teste ARCH
Hipótese Nula	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
p-Valor	0.7930	0.3581	0.7700	0.3412
Estatística	14.7049	21.6796	15.1122	21.9876
Valor Crítico	31.4104	31.4104	31.4104	31.4104

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.3.12 Análise conjunta dos ativos pesquisados

A tabela 47 apresenta a síntese das estimações de modelos para os dois períodos de análise, para todos os ativos pesquisados.

Tabela 47: Síntese das estimações para os ativos pesquisados nos dois períodos de análise

Negociação	Ativo	Primeiro Período	Segundo Período	Método de escolha dos modelos
NYMEX	Barril de petróleo do tipo WTI	GARCH (2,1)	GARCH (2,1)	RMV*
NYSE	ExxonMobil (XOM)	GJR(1,1)	GJR(1,1)	RMV*
NYSE	Chevron (CVX)	GJR(1,1)	GJR(1,1)	RMV*
NYSE	ConocoPhillips (COP)	GARCH (2,1)	GJR (2,1)	RMV*
NYSE	Barril de petróleo do tipo Brent	GJR(1,1)	GJR(1,1)	RMV*
LSE	BP (BP)	GJR(1,1)	GJR(1,1)	RMV*
LSE	Royal Dutch Shell (RDSB)	GJR(1,1)	GJR(1,1)	RMV*
Euronext	Total (FP)	GJR(1,1)	GJR(1,1)	RMV*
HKSE	Petrochina (0857)	GJR (1,1)	GJR(1,1)	RMV*
BOVESPA	Petrobras (PETR4)	GARCH (1,2)	GARCH (1,2)	RMV*
RTS	Lukoil (LKOH)	GJR(1,1)	GJR(1,1)	AIC e BIC

* Teste da Razão da Máxima Verossimilhança

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados demonstram que para a maioria dos ativos pesquisados (81%) houve aderência a um tipo de modelo, independentemente do período escolhido, embora os coeficientes tenham se alterado após a crise.

Não ocorreu nenhum tipo de padrão para todos os ativos, porém o modelo GJR (1,1) foi o que mais prevaleceu, indicando que há estatisticamente efeitos de assimetria nas séries de retornos.

Analisando-se os resultados por localização de negociação, apenas os ativos negociados na London Stock Exchange apresentaram o mesmo tipo de modelo determinístico que o foi GJR (1,1). Para os mercados emergentes, não ocorreu este tipo de padronização.

Em termos de reatividade, o ativo que apresentou essa característica mais fortemente foi o da Petrobras, negociado na Bolsa de Valores de São Paulo.

De maneira geral, os gráficos 4 e 5 retratam, qualitativamente, que a crise elevou a volatilidade condicional para patamares muito elevados para todos os ativos⁴⁴.

⁴⁴ Os gráficos dos desvios padrões condicionais para cada um dos modelos estimados, e em cada período, são apresentados no Apêndice E.

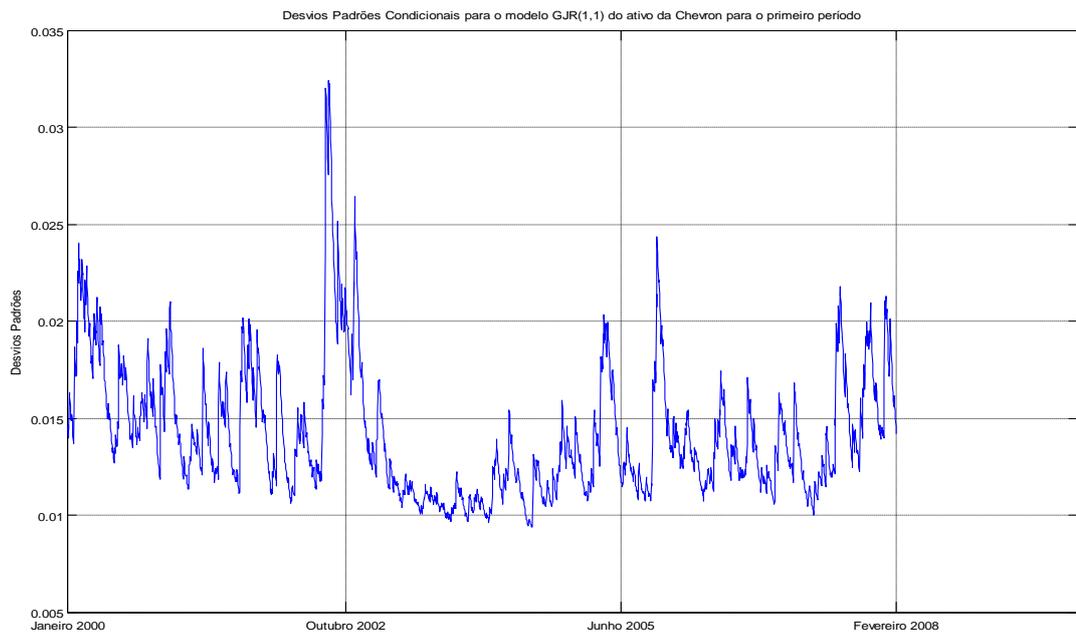


Gráfico 4 – Desvios padrões condicionais para o modelo estimado GJR (1,1) referente ao ativo CVX para o primeiro período

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

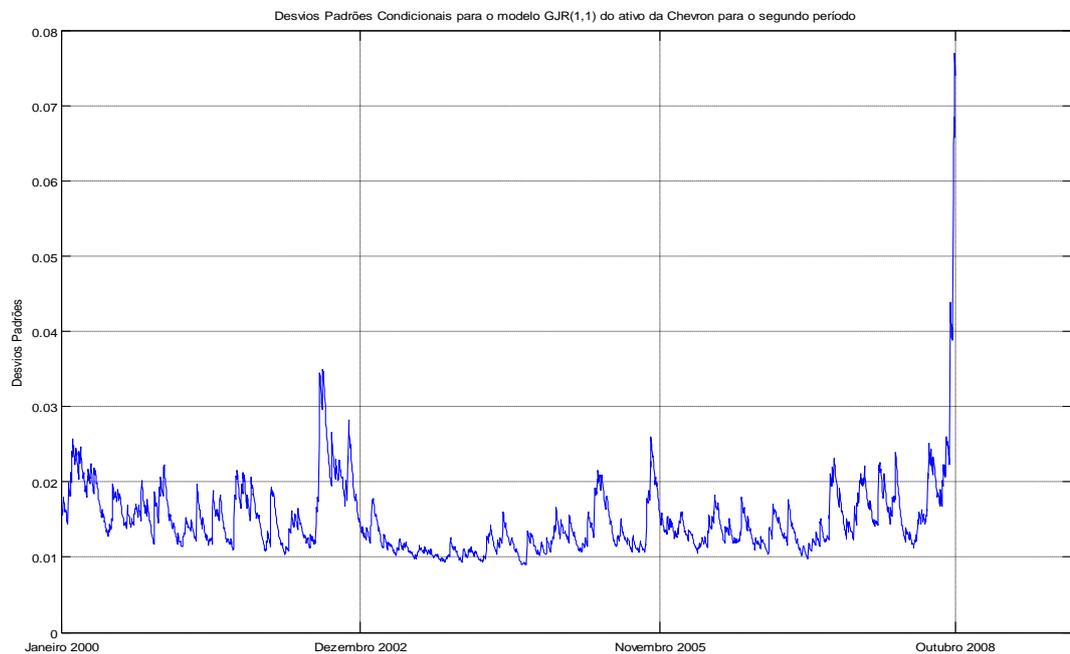


Gráfico 5 - Desvios padrões condicionais para o modelo estimado GJR (1,1) referente ao ativo CVX para o segundo período

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

5.4 Previsões e simulações de volatilidade dos modelos estimados

Uma das principais aplicações dos modelos de volatilidade determinística é a previsão de volatilidade futura. Após a estimação de modelos, o algoritmo apresentado no Apêndice A prevê a estimação de volatilidade futura para 30 dias. Para fins de determinação do impacto da crise nos diversos ativos, somente foi utilizada a previsão de um dia, cujos resultados anualizados são apresentados na tabela 48.

Tabela 48: Volatilidades estimadas para os dois períodos de análise utilizando os modelos selecionados

Ativo	Volatilidades estimadas anualizadas		Aumento percentual (%)
	Período 1	Período 2	
Brent	0.279391338	0.793725393	184.1
WTI	0.32225251	0.717527756	122.7
ExxonMobil	0.247642323	1.095341043	342.3
Chevron	0.255579577	1.123915157	339.8
ConocoPhillips	0.325427411	1.123915157	245.4
BP	0.276216437	0.865160679	213.2
Royal Dutch Shell	0.260341929	0.90802185	248.8
Total S.A	0.198431348	1.011206151	409.6
Petrobras	0.330189764	1.022318307	209.6
Petrochina	0.663554429	0.944533218	42.3
Lukoil	0.304790551	2.016062499	561.5
Média (%)			265.4

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

O agravamento da crise subprime introduziu nas séries de retornos pesquisadas, um aumento médio percentual de 265,4% no nível de volatilidade, embora esta seja uma medida muito dependente do período de escolha para o segundo período. Um exemplo disso é o caso do ativo da Petrochina, uma vez que no primeiro período já possuía um nível de volatilidade elevado. Pode-se concluir dos resultados apresentados que, para os ativos negociados na LSE, o aumento médio foi menor que os ativos negociados na NYSE e em mercados emergentes. Uma das razões possíveis para esse comportamento deve-se ao fato de que a crise tem origem no mercado americano e em tese, seria a primeira economia a sofrer com os problemas macroeconômicos advindos desse fato.

Apesar de a tabela 48 refletir o aumento da incerteza, através do aumento de risco, é muito provável que a crise tenha afetado a volatilidade dos ativos em momentos diferentes e em intensidades diferentes, principalmente quando se utiliza dados diários, como foi o caso desta pesquisa.

Além da estimação para 30 dias, o algoritmo também foi desenvolvido para fornecer a volatilidade de longo prazo, obtida através dos valores dos coeficientes estimados e das expressões de cálculos mostradas no capítulo de metodologia.

A tabela 49 apresenta os resultados para a estimação de longo prazo.

Tabela 49: Estimação das volatilidades de longo prazo para os dois períodos de análise

Ativo	Volatilidades estimadas anualizadas		Aumento percentual (%)
	Período 1	Período 2	
Brent	0.358763878	0.365113681	1.8
WTI	0.38257564	0.398450147	4.1
ExxonMobil	0.225418012	0.249229774	10.6
Chevron	0.22224311	0.247642323	11.4
ConocoPhillips	0.288916043	0.312727805	8.2
BP	0.255579577	0.276216437	8.1
Royal Dutch Shell	0.252404675	0.273041535	8.2
Total S.A	0.193668996	0.214305856	10.7
Petrobras	0.341301919	0.361938779	6.0
Petrochina	0.409562303	0.44448622	8.5
Lukoil	0.38416309	0.419087008	9.1
Média de aumento percentual (%)			7.9

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados mostram que historicamente, os ativos negociados em mercados emergentes possuem um nível de volatilidade maior que nos países desenvolvidos, como pode ser observado através dos títulos da Petrobras, Petrochina e Lukoil. Uma possível explicação deve-se às notas de créditos de seus países sede, que são menores que as de países desenvolvidos, refletindo intrinsecamente no risco associado.

As *commodities* analisadas também possuem elevada volatilidade em comparação com papéis de empresas petrolíferas localizadas em países desenvolvidos, aproximando-se bastante dos valores de empresas provenientes dos mercados emergentes. Tal fato pode ser argumentado que, a despeito de seus contratos derivados serem negociados em bolsa de valores de países desenvolvidos, as incertezas de produção e problemas geopolíticos influenciam a volatilidade destes ativos mais diretamente do que nas empresas.

O aumento percentual médio de volatilidade de longo prazo representa satisfatoriamente o resultado de todos os ativos, com exceção do barril de petróleo do tipo Brent, que apresentou baixíssima variação percentual. Esse resultado médio comprova que no longo prazo, os ativos tendem a voltar para níveis históricos de volatilidade, independentemente do evento ocorrido. Isso sugere que as incertezas tendem a diminuir na

medida em que a economia se recupera. A rapidez de convergência para o nível de longo prazo e a persistência a choques de volatilidade foram discutidas no tópico 4.3, para cada um dos ativos.

Além da previsão de 30 dias através dos modelos selecionados, foi feita uma simulação, utilizando a técnica de Monte Carlo, através de 20.000 possíveis trajetórias para a série de retornos e os gráficos obtidos para cada um dos ativos e subperíodos encontram-se no Apêndice F.

Um gráfico típico é o representado na figura 8, em que são comparadas a previsão pelo modelo e a simulação por Monte Carlo. Para o ativo da Petrobras, a figura 8 mostra que a previsão e simulação são muito próximas entre si.

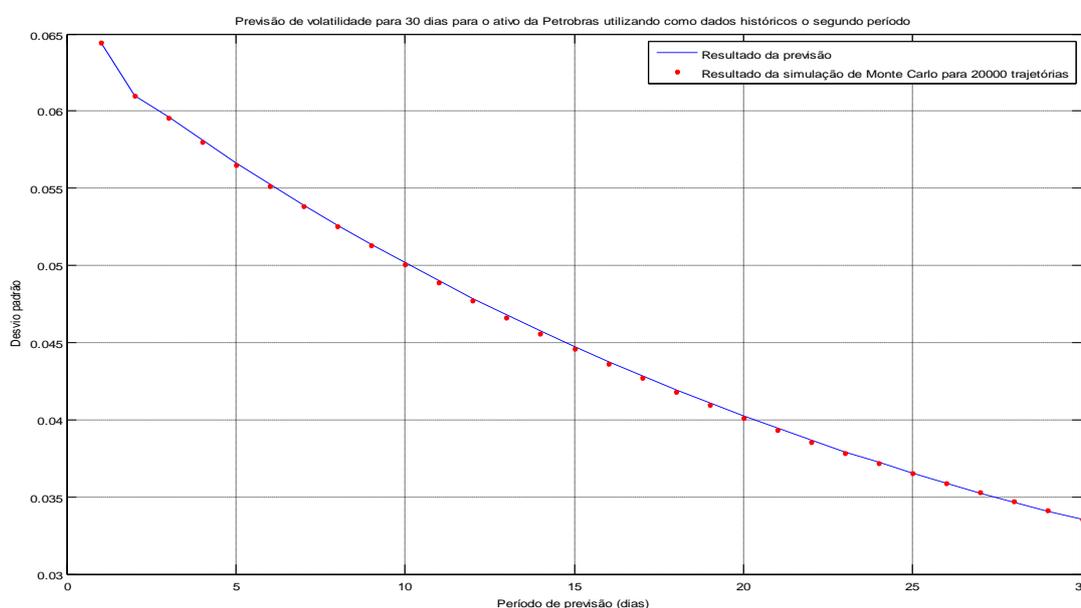


Figura 8 – Comparação entre volatilidade prevista pelo modelo selecionado e volatilidade simulada pela técnica de Monte Carlo para o ativo PETR4 negociado na BOVESPA

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Esta técnica de simulação também permite a obtenção dos histogramas de retornos, considerando um horizonte de tempo qualquer. Para a simulação, foi escolhida uma janela de 30 dias em que o ativo era mantido em carteira (comprado). Os gráficos referentes a essa operacionalização encontram-se no Apêndice G e um exemplo é mostrado na figura 9.

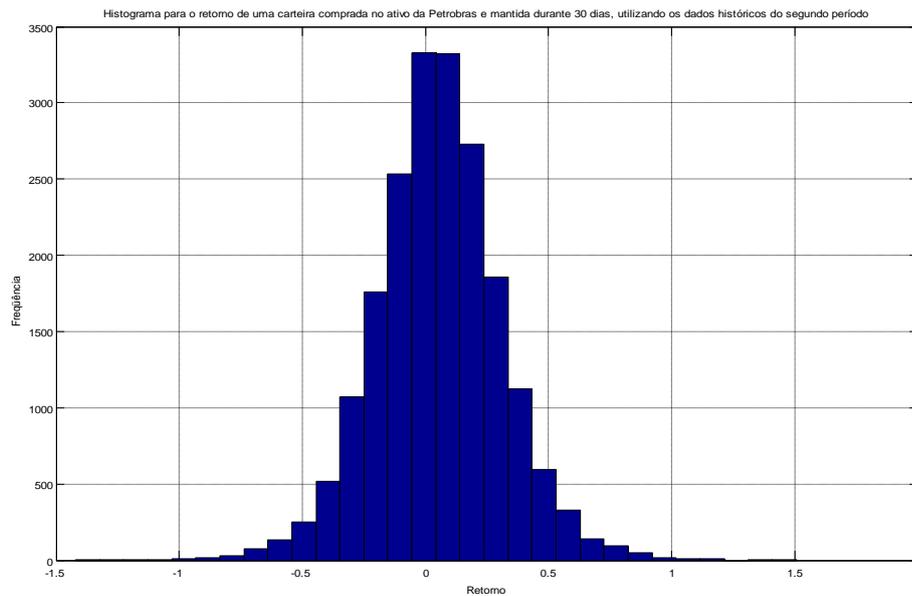


Figura 9 – Histograma referente a simulação de uma carteira comprada em PETR4 e mantida durante 30 dias considerando como base de dados o segundo período

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Com relação à comparação entre o que modelo previu e o que ocorreu de fato no mercado, as tabelas 50 e 51 apresentam os valores das funções perdas, discutidas na sessão de metodologia, considerando uma janela de um dia (D+1) para os dois períodos de análise.

Tabela 50: Cálculo das funções perda para cada um dos ativos utilizando como base de dados o primeiro período

Ativo	Primeiro Período					
	Volatilidade estimada	Volatilidade real	Erro médio	Erro quadrático médio	Erro absoluto médio	Média absoluta dos erros percentuais (%)
Brent	0.0176	0.008485829	-0.009114171	8.30681E-05	0.009114171	107.4046079
WTI	0.0203	0.005591385	-0.014708615	0.000216343	0.014708615	263.0585348
ExxonMobil	0.0156	0.008065023	-0.007534977	5.67759E-05	0.007534977	93.42783786
Chevron	0.0161	0.005698023	-0.010401977	0.000108201	0.010401977	182.5541433
ConocoPhillips	0.0205	0.008028312	-0.012471688	0.000155543	0.012471688	155.346335
BP	0.0174	0.010079318	-0.007320682	5.35924E-05	0.007320682	72.6307299
Royal Dutch Shell	0.0164	0.022165312	0.005765312	3.32388E-05	0.005765312	26.01051481
Total S.A.	0.0125	0.008118152	-0.004381848	1.92006E-05	0.004381848	53.97593529
Petrobras	0.0208	0.008080024	-0.012719976	0.000161798	0.012719976	157.4249899
Petrochina	0.0418	0.048202909	0.006402909	4.09972E-05	0.006402909	13.28324146
Lukoil	0.0192	0.025275453	0.006075453	3.69111E-05	0.006075453	24.03697016
Média			-0.005491842	8.77881E-05	0.008808874	104.4685309

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Tabela 51: Cálculo das funções perda para cada um dos ativos utilizando como base de dados o segundo período

Ativo	Segundo Período					
	Volatilidade estimada	Volatilidade real	Erro médio	Erro quadrático médio	Erro absoluto médio	Média absoluta dos erros percentuais (%)
Brent	0.05	0.020523552	-	0.000868861	0.029476448	143.6225502
WTI	0.0452	0.029399326	-	0.000249661	0.015800674	53.74502326
ExxonMobil	0.069	0.086198603	0.017198603	0.000295792	0.017198603	19.95229869
Chevron	0.0708	0.10117975	0.03037975	0.000922929	0.03037975	30.02552354
ConocoPhillips	0.0708	0.08489643	0.01409643	0.000198709	0.01409643	16.60426738
BP	0.0545	0.099293056	0.044793056	0.002006418	0.044793056	45.11197263
Royal Dutch Shell	0.0572	0.101454854	0.044254854	0.001958492	0.044254854	43.62024329
Total S.A.	0.0637	0.068618195	0.004918195	2.41886E-05	0.004918195	7.167478737
Petrobras	0.0644	0.098479057	0.034079057	0.001161382	0.034079057	34.60538514
Petrochina	0.0595	0.078572822	0.019072822	0.000363773	0.019072822	24.27407027
Lukoil	0.127	0.063512518	-	0.00403066	0.063487482	99.9605819
Média			0.009093469	0.001098261	0.028868852	47.15358137

Fonte – Elaborada pelo autor da dissertação

Os resultados apresentados são divergentes no que tange aos valores das funções perdas, uma vez que de um período para outro, alguns valores cresceram enquanto que outros decaíram. Em função da falta de uma metodologia para definir a *proxy* para a volatilidade real ou instantânea, o pesquisador optou por não utilizar essas funções como critério de escolha de modelos.⁴⁵

⁴⁵ A justificativa de tal decisão foi discutida no capítulo de Metodologia.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise qualitativa das séries de retornos para os ativos ligados ao setor petrolífero confirmou a existência de heterocedasticidade, comprovando que a volatilidade não é constante ao longo do tempo e que os modelos que utilizam tal hipótese são mais verossímeis.

A existência do efeito alavacagem foi verificada para nove ativos entre os onze estudados, evidência que para o mercado de petróleo, existe agrupamento de volatilidades de acordo com a direção do retorno. Tal efeito é mais pronunciado com o agravamento da crise como comprovam as estimações dos coeficientes de alavancagem.

Além disso, a análise por localização de negociação do título comprovou que a crise afetou mais fortemente as volatilidades de retornos para empresas americanas e mercados emergentes, do que para empresas européias. Isso pode ser explicado pelo fato de que a crise tem origem no mercado americano e que empresas de países emergentes são muito exportadoras e dependentes desse mercado. De maneira geral, a crise foi responsável por uma elevação média de 265% no nível de volatilidade, considerando o período de análise desta pesquisa. Tal resultado corrobora estudos anteriores indicados na Introdução de que crises em geral afetam sobremaneira o nível de volatilidade de curto prazo.

Quando se comparam as volatilidades de longo prazo, percebe-se que as mesmas possuem pouca elevação em função da crise, mostrando que, historicamente, as incertezas associadas às economias tendem a diminuir e que a elevação muito grande de volatilidade em um período, tende a decair. Tal decaimento é obtido através dos coeficientes de reação e persistência, obtidos através de modelos determinísticos.

A análise dos coeficientes de cada ativo mostrou que para as empresas Royal Dutch Shell, BP, ConocoPhillips, Chevron, ExxonMobil, Petrochina e para o barril de petróleo do tipo Brent, a mudança no nível de volatilidade tende a permanecer por mais tempo enquanto para os demais ativos, o contrário ocorre. Com relação a choques na variância condicional, o ativo da Petrobras exibiu uma sensibilidade muito alta a esse parâmetro, indicando que a série tende a ser muito afetada por movimentos extremos de mercado.

A maioria dos ativos pesquisados apresentou como modelo adequado o GJR (1,1), indicando que não são necessárias muitas defasagens para capturar as dinâmicas das séries. A aderência ao modelo estimado para o primeiro período foi comprovada para a maior parte, 82%, dos ativos estudados.

Como limitações da pesquisa, pode-se argumentar que a crise afeta os ativos de empresas em momentos diferentes, e não em um dia específico. Seguindo este raciocínio, a crise não ocorre em um dia específico e sim em um período determinado, na medida em que se conhecem os dados macroeconômicos. Neste sentido, o índice médio proposto por este trabalho pode sofrer alterações, dependendo da janela de escolha. O ativo da Petrochina modelado por este trabalho apresentou uma variação muito pequena no nível de volatilidade de um período para outro, não significando que a crise pouco afetou o ativo. No outro extremo, para o ativo da Lukoil que apresentou variação percentual de aproximadamente 550%, não se pode concluir que a crise afetou mais este ativo. Entretanto, é provável que o uso do índice médio elimine um pouco estas distorções, permitindo uma interpretação direta para o setor de petróleo.

A opção por não usar testes de especificação fora da amostra reflete os aspectos discutidos na sessão de metodologia sobre os possíveis vieses de cada uma das funções perdas. A própria medição de volatilidade real ou instantânea é questionada pelos acadêmicos, por não ser uma medida diretamente observável e não se tem evidências empíricas da melhor forma de cálculo: se mensal, semanal, diário ou intradia. Tal argumento considera como de fundamental importância o estudo dessas variáveis para pesquisas futuras.

Esta pesquisa limita-se aos estudos de modelos determinísticos e desta forma, um argumento pertinente é a replicação da mesma utilizando métodos estocásticos de volatilidade, cujas especificações ganham cada vez mais uso pela sua facilidade de implementação, através do método de filtro de Kalman, e boa aderência às comparações de previsão.

Há na literatura diversos outros modelos determinísticos de captura de volatilidade que não foram incluídos na pesquisa devido a amplitude de especificações. Um estudo futuro utilizando a mesma base de dados, porém com modelos diferentes seria uma alternativa.

Por fim, sugere-se a replicação dessa pesquisa considerando setores da economia como tecnologia, mineração, serviços e outros. Há evidências de que a crise afeta os setores econômicos de uma maneira diferente, que pode se refletir em uma mudança de nível de volatilidade maior ou menor que a calculada por esta pesquisa.⁴⁶

⁴⁶ Uma análise de risco para cada setor pode ser encontrada em “The Dark Side of Valuation” de Aswath Damodaran.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, C. 2001. *Modelos de Mercado: Um Guia para a Análise de Informações Financeiras*, Primeira Edição, Editora Saraiva, São Paulo.

ANDERSEN, T. G.; BOLLERSLEV, T. Deutsche mark-dollar volatility: Intraday activity patterns, macroeconomic announcements, and longer run dependencies. *Journal of Finance*, v. 53, n° 1, p. 219-265, Fev 1998.

AMIN, K.; NG, V. Option valuation with systematic stochastic volatility. *Journal of Finance*, v. 48, p. 881-910, 1993.

AREAL, N. M. P. C. e TAYLOR S. J. 2002. The realized volatility of FTSE-100 futures prices. *Journal of Futures Markets* 22:627-648.

BLACK, F. 1976. Studies of stock price volatility changes. *Proceedings of the American Statistical Association, Business and Economic Statistics Section*, pp. 177-181.

BOLLERSLEV, T., CHOW R.Y., KRONER, K. F., 1992. ARCH Modeling in Finance: A review of the theory and empirical evidence, *Journal of Econometrics*, Vol. 52, pp 5-59.

BOX, G. E. P., JENKINS, G.M. e REISEL, G.C. 1994. *Time Series Analysis, Forecasting and Control*, Third Edition, Prentice Hall, New Jersey.

BRENNER, R. J.; KRONER, K. F. Arbitrage, cointegration, and testing the unbiasedness hypothesis in financial markets. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 30, n. 1, p. 23-42, 1995.

BROOKS, C. *Introduction to financial econometrics*. Cambridge University Press. 2002.

CAMPBELL, J. Y. e HENTSCHEL, L. 1992. No news is good news: an asymmetric model of changing volatility in stock returns. *Journal of Financial Economics* 31:281-318.

CORDESMAN A. H. e AL-RODHAN K. R. 2006. *The Global Oil Market – Risks and Uncertainties*. Significant issues series; v.28, n° 1.

DAMODARAN, A. 2005. *The Dark Side of Valuation*. First Edition. FT Press. New York.

DUFFEE, G. R. 1995. Stock returns and volatility: a firm-level analysis. *Journal of Financial Economics* 37:399-420.

EDERINGTON, L. H. e LEE J. H. 1993. How markets process information: news releases and volatility. *Journal of Finance* 49: 1161-1191.

ENDERS, W. 1995. *Applied Econometric Time Series*, Second Edition, John Wiley & Sons, Nova York.

ENGLE, R. F. ; ROSENBERG, J. Hedging options in a GARCH environment: Testing the term structure of stochastic volatility models. *UCSD discussion paper*, Oct., 1994.

ENGLE, Robert F. 1982. Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with estimates of the variance of United Kingdom Inflation, *Econometrica*, Vol. 50, pp. 987-1007.

FAN, J.; YAO, Q. *Nonlinear Time Series – Nonparametric and Parametric Methods*. First Edition. Springer, New York, 2003.

FLEMING, M. J. e REMOLONA, E. M. 1999. Price formation and liquidity in the U.S. Treasury market: the response to public information. *Journal of Finance* 54: 1901-1915.

GIRAITIS, L.; ROBINSON, P. M. Whittle estimation of ARCH models. *Econometric Theory*, 17, p. 608-623, 2001.

GLOSTEN, L. R., JAGANNATHAN R. e RUNKLE D. 1993. Relationship between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *Journal of Finance* 48:1779-1801.

GOULART, C. P. Risco de Câmbio no mercado interbancário brasileiro: um estudo comparativo entre modelos de predição de volatilidade. *Dissertação apresentada ao CEPEAD da UFMG em março de 2004*.

HAFNER, C. M.; HARDLE, W. Discrete time option pricing with flexible volatility estimation. *Finance and stochastic*, v. 4, p. 189-207, 2000.

HAMILTON, J. D. 1994. *Time Series Analysis*, Princeton, New Jersey, pp. 109.

HULL, J. ; WHITE, A. The pricing of options on assets with stochastic volatilities. *Journal of Finance*, v.42, p.281-300, 1987.

HSU, D. A. 1980. Further analyses of position errors in navigation. *Journal of Navigation* 33: 452-474.

MAKRIDAKIS, S. Accuracy measures: Theoretical and practical concerns. *International Journal of Forecasting*, v. 9, p. 527-529, 1993.

MICHEL, M. H. *Metodologia e Pesquisa Científica em Ciências Sociais*, Primeira Edição, Editora Atlas, 2005.

OFFICER, R. R. 1973. The variability of the market factor of the New York Stock Exchange. *Journal of Business* 46: 434-453.

PENG, L.; YAO, Q. *Least absolute deviations estimation for ARCH and GARCH models*. Preprint.

POON, S.; GRANGER, C. W. J. Forecasting volatility in financial markets: a review. *Journal of Economic Literature*, v.41, p. 478-539, 2003.

SCHWERT, G. W. 1989. Why does stock market volatility change over time? *Journal of Finance* 44: 1115-1153.

_____. 1990a. Stock volatility and the crash of '87. *Review of Financial Studies* 3:77-102.

_____. 1990b. Stock market volatility. *Financial Analysts Journal* 46(May): 23-34.

TAYLOR, S. J. *Asset Price Dynamics, Volatility, and Prediction*, Princeton University Press, New Jersey, 2005.

TSAY, R.. *Analysis of Financial Time Series*, Second Edition, John Wiley & Sons, New Jersey, 2005.

WALSH, D. M.; TSOU, G. Y. Forecasting index volatility: sampling interval and non-trading effects. *Applied Financial Economics*, v.8, p. 477-485, 1998.

WOOLDRIDGE, J. M. *Introductory econometrics: a modern approach*. Michigan: Thomson South-Western, 2003.

WU, G. 2001. The determinants of asymmetric volatility. *Review of Financial Studies* 14:837-859.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Programação em MATLAB para estimação dos modelos

%Gráfico do preço da ação

```
plot([0:(size(A)-1)],A)
set(gca,'XTick',[1 690 1370 2051])
set(gca, 'XTickLabel',{'Janeiro 2000' 'Outubro 2002' 'Junho 2005' 'Fevereiro 2008'})
ylabel('Preço do barril do petróleo em US$')
title('Evolução do preço do barril do petróleo WTI no período de 03 de janeiro de 2000 à 29 de fevereiro de 2008')
```

%Gráfico de retornos

```
plot([0:(size(B)-1)],B)
set(gca,'XTick',[1 690 1370 2050])
set(gca, 'XTickLabel',{'Janeiro 2000' 'Outubro 2002' 'Junho 2005' 'Fevereiro 2008'})
ylabel('Retornos')
title('Retornos diários referentes ao barril de petróleo WTI no período de 03 de janeiro de 2000 à 29 de fevereiro de 2008')
```

%Gráfico das autocorrelações para a série de retornos

```
autocorr(B)
xlabel('Lags')
ylabel('Autocorrelações')
title('Gráfico das autocorrelações para a série de retornos do barril do petróleo WTI para o primeiro período')
```

%Gráfico das autocorrelações para a série de retornos ao quadrado

```
autocorr(B.^2)
xlabel('Lags')
ylabel('Autocorrelações')
title('Gráfico das autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do barril do petróleo WTI para o primeiro período')
```

%Gráfico das autocorrelações parciais para a série de retornos

```
parcorr(B)
xlabel('Lags')
ylabel('Autocorrelações parciais')
title('Gráfico das autocorrelações parciais para a série de retornos do barril do petróleo WTI para o primeiro período')
```

%Gráfico das autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado

```
parcorr(B.^2)
xlabel('Lags')
ylabel('Autocorrelações parciais')
title('Gráfico das autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do barril do petróleo WTI para o primeiro período')
```

```

% Teste Q para presença de heterocedasticidade
[H,pValue,Stat,CriticalValue]=lbqtest((B-mean(B)).^2,[10 15 20]',0.05);
[H pValue Stat CriticalValue]

% Teste ARCH para presença de heterocedasticidade
[H,pValue,Stat,CriticalValue]=archtest((B-mean(B)),[10 15 20]',0.05);
[H pValue Stat CriticalValue]

%Comparação entre modelos

spec11 = garchset('VarianceModel','GARCH','P',1,'Q',1,...
'Display','off');
[coeff11,errors11,LLF11,innovations11,sigmas11,summary11] = garchfit(B);
garchdisp(coeff11,errors11)

spec21 = garchset('VarianceModel','GARCH','P',2,'Q',1,...
'Display','off');
[coeff21,errors21,LLF21,innovations21,sigmas21,summary21] = garchfit(spec21,B);
garchdisp(coeff21,errors21)

% Teste da máxima verossimilhança
[H,pValue,Stat,CriticalValue]=lratiotest(LLF21,LLF11,1,0.05);
[H,pValue,Stat,CriticalValue]

spec12 = garchset('VarianceModel','GARCH','P',1,'Q',2,...
'Display','off');
[coeff12,errors12,LLF12,innovations12,sigmas12,summary12] = garchfit(spec12,F);
garchdisp(coeff12,errors12)

% Teste da máxima verossimilhança
[H,pValue,Stat,CriticalValue]=lratiotest(LLF12,LLF11,1,0.05);
[H,pValue,Stat,CriticalValue]

spec12 = garchset('VarianceModel','EGARCH','P',1,'Q',1,...
'Display','off');
[coeff12,errors12,LLF12,innovations12,sigmas12,summary12] = garchfit(spec12,F);
garchdisp(coeff12,errors12)

% Teste da máxima verossimilhança
[H,pValue,Stat,CriticalValue]=lratiotest(LLF12,LLF11,1,0.05);
[H,pValue,Stat,CriticalValue]

% Forecasting
% Simulação

```

```

spec = garchset('VarianceModel','EGARCH','P',1,'Q',2,...
'Display','off');
[coeff,errors,LLF,eFit,sFit] = garchfit(spec,B);
garchdisp(coeff,errors)
horizon = 1000;
[sigmaForecast,meanForecast,sigmaTotal,meanRMSE]=garchpred(coeff,B,horizon);

%MonteCarlo
nPaths = 20000;
randn('state',0);
rand('twister',0);
[eSim,sSim,ySim]=garchsim(coeff,horizon,nPaths,[],[],eFit,sFit,B);
figure
plot(sigmaForecast, '-b')
hold('on')
grid('on')
plot(sqrt(mean(sSim.^2,2)),'.r')
title('Previsão de volatilidade para 30 dias')
legend('Resultado da previsão','Resultado da simulação de Monte Carlo para 20000 trajetórias')
xlabel('Período de previsão (dias)')
ylabel('Desvio padrão')
figure(2)
plot(meanForecast,'.-b')
hold('on')
grid('on')
plot(mean(ySim,2),'.r')
title('Previsão dos Retornos para 30 dias')
legend('Resultados da previsão','Resultados da simulação',4)
xlabel('Período de Previsão (em dias)')
ylabel('Retorno')
holdingPeriodReturns = log(ret2price(ySim,1));
figure(3)
plot(sigmaTotal,'.-b')
hold('on')
grid('on')
plot(std(holdingPeriodReturns(2:end,:)),'.r')
title('Previsão do desvio padrão de uma carteira comprada no ativo da ExxonMobil durante 30 dias')
legend('Resultados estimados','Resultados simulados pelo método de Monte Carlo para 20000 trajetórias')
xlabel('Período de estimação')
ylabel('Desvio Padrão')
figure(4)
plot(meanRMSE,'.-b')
hold('on')
grid('on')
plot(std(ySim),'.r')

```

```

title('Desvio padrão da estimativa de retornos')
legend('Resultados estimados','Resultados simulados pelo método de Monte Carlo para 20000 trajetórias')
xlabel('Período de previsão (em dias)')
ylabel('Desvio padrão')
figure(5)
hist(holdingPeriodReturns(end,:),30)
grid('on')
title('Histograma para o retorno de uma carteira comprada no ativo da ExxonMobil e mantida durante 30 dias')
xlabel('Retorno')
ylabel('Frequência')
figure(6)
hist(ySim(end,:),30)
grid('on')
title('Retornos simulados no horizonte de previsão (Trigésimo dia)')
xlabel('Retornos')
ylabel('Frequência')

%Testes nos resíduos do modelo estimado

spec = garchset('VarianceModel','EGARCH','P',1,'Q',1,...
'Display','off');
[coeff,errors,LLF,innovations,sigmas,summary] = garchfit(spec,B);
garchdisp(coeff,errors)

autocorr((innovations./sigmas).^2)
[H,pValue,Stat,CriticalValue]=lbqtest((innovations./sigmas).^2,[10 15 20]',0.05);
[H pValue Stat CriticalValue]

[H,pValue,Stat,CriticalValue]=archtest(innovations./sigmas,[10 15 20]',0.05);
[H pValue Stat CriticalValue]

%Gráfico do desvio condicional para o modelo estimado
garchplot(sigmas)
set(gca,'XTick',[1 690 1370 2050])
set(gca, 'XTickLabel',{'Janeiro 2000' 'Outubro 2002' 'Junho 2005' 'Fevereiro 2008'})
ylabel('Desvios Padrões')
title('Desvios Padrões Condicionais para o modelo EGARCH(1,1) do ativo da ExxonMobil para o primeiro período')

[P,DW]=dwtest(innovations./sigmas,B)

```

APÊNDICE B – Gráficos de análise qualitativa, antes da estimação de modelos

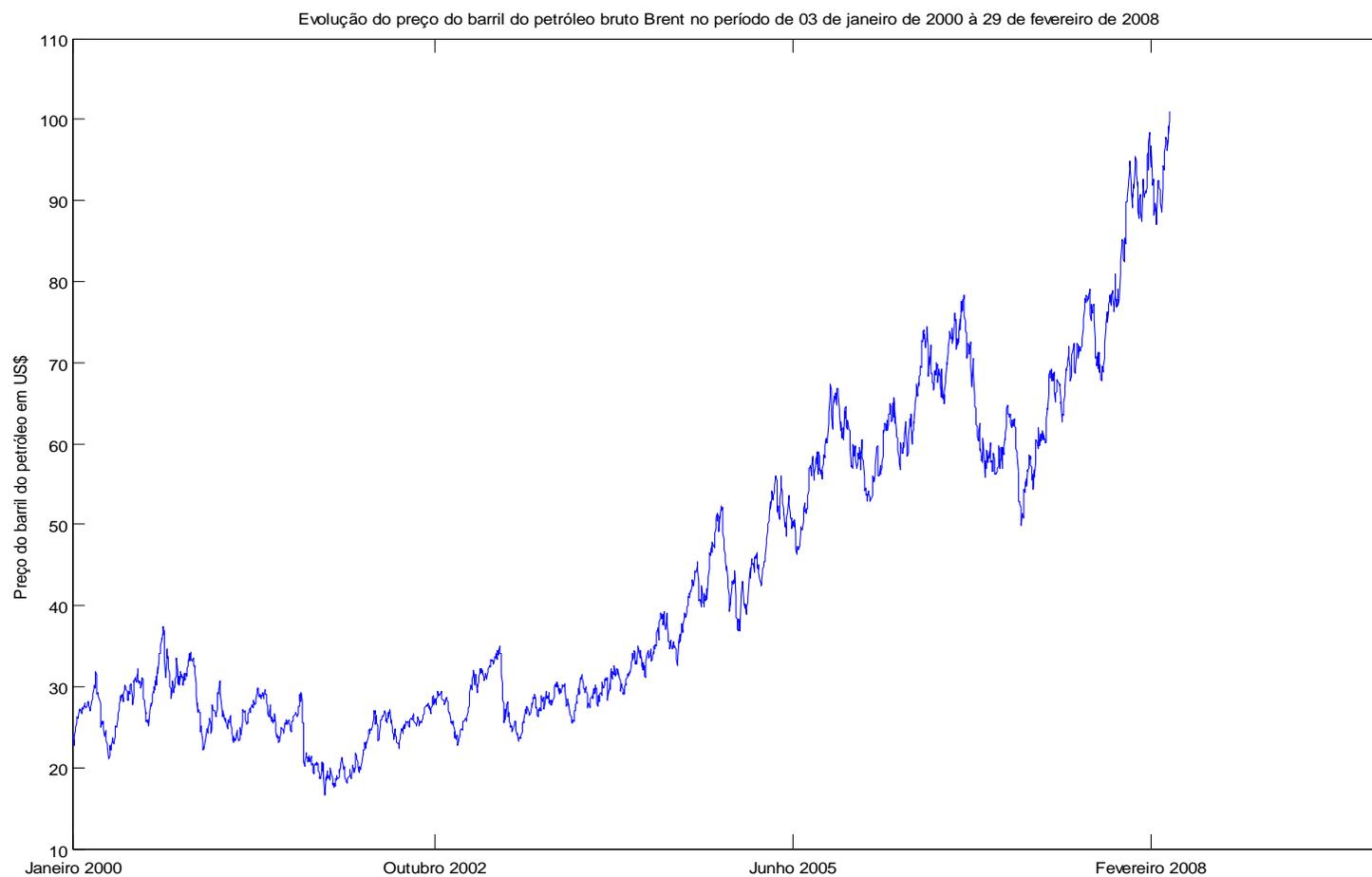


Gráfico 6 – Evolução do preço do barril de petróleo do tipo Brent para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

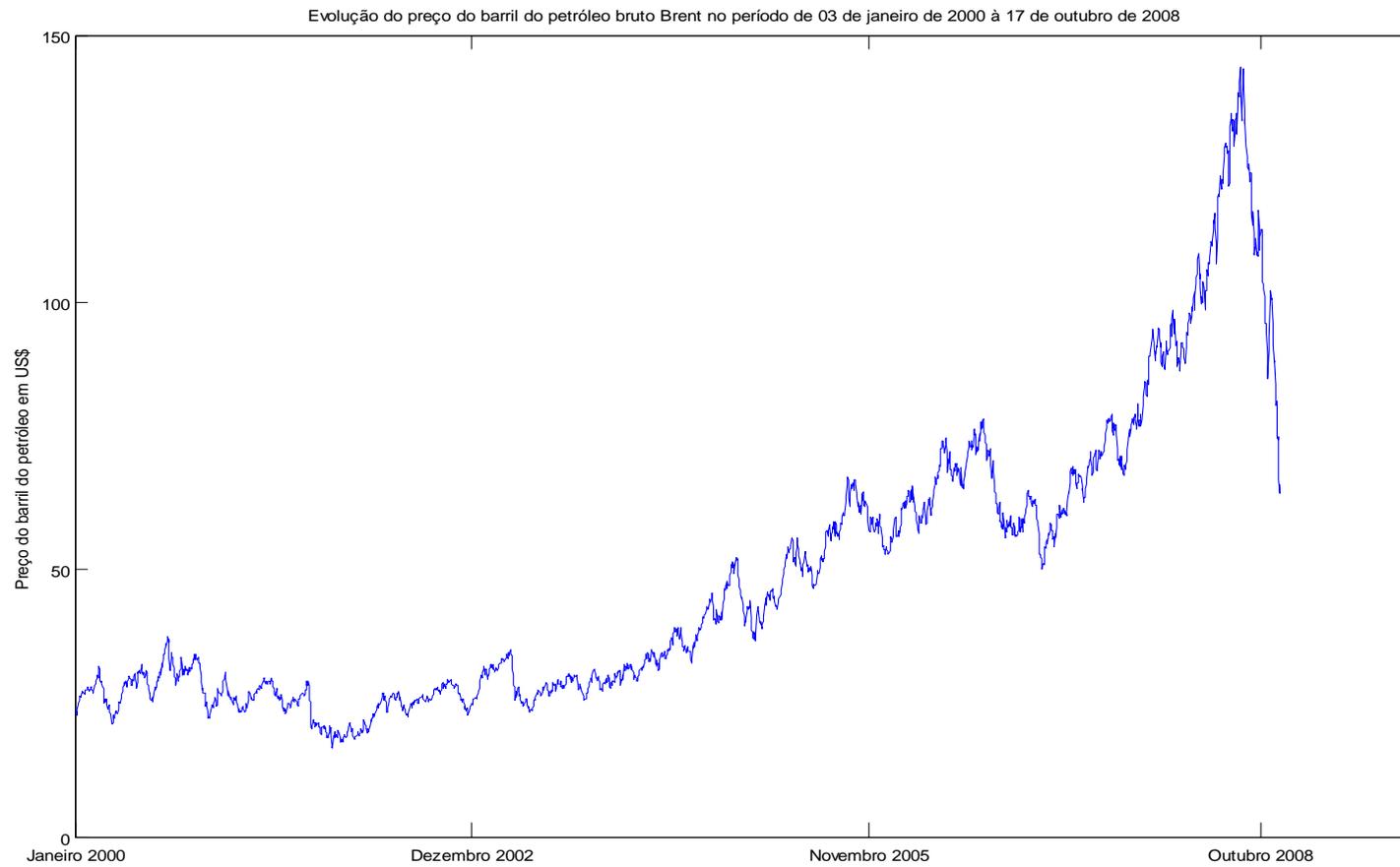


Gráfico 7 - Evolução do preço do barril de petróleo do tipo Brent para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

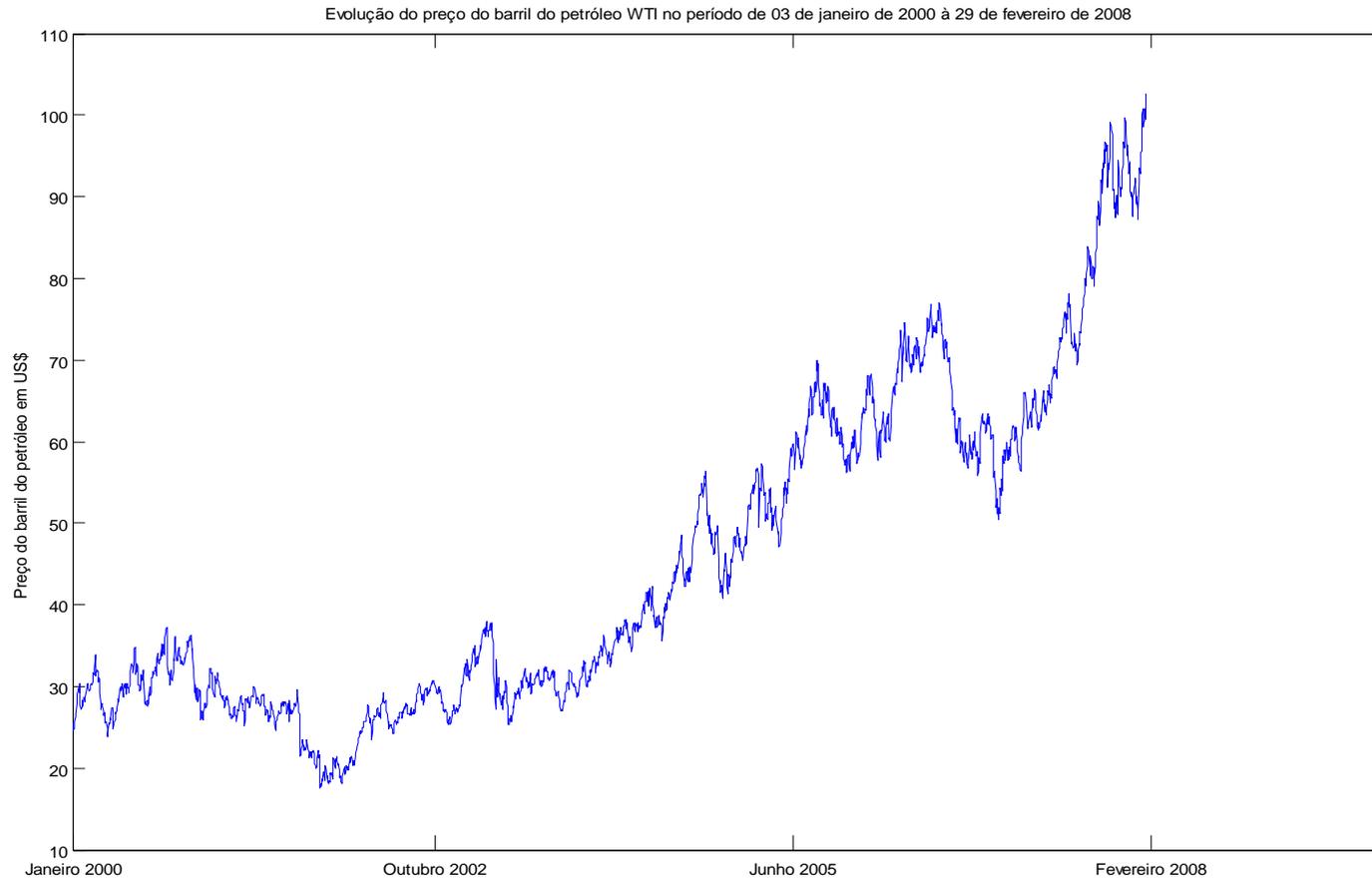


Gráfico 8 - Evolução do preço do barril de petróleo do tipo WTI para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

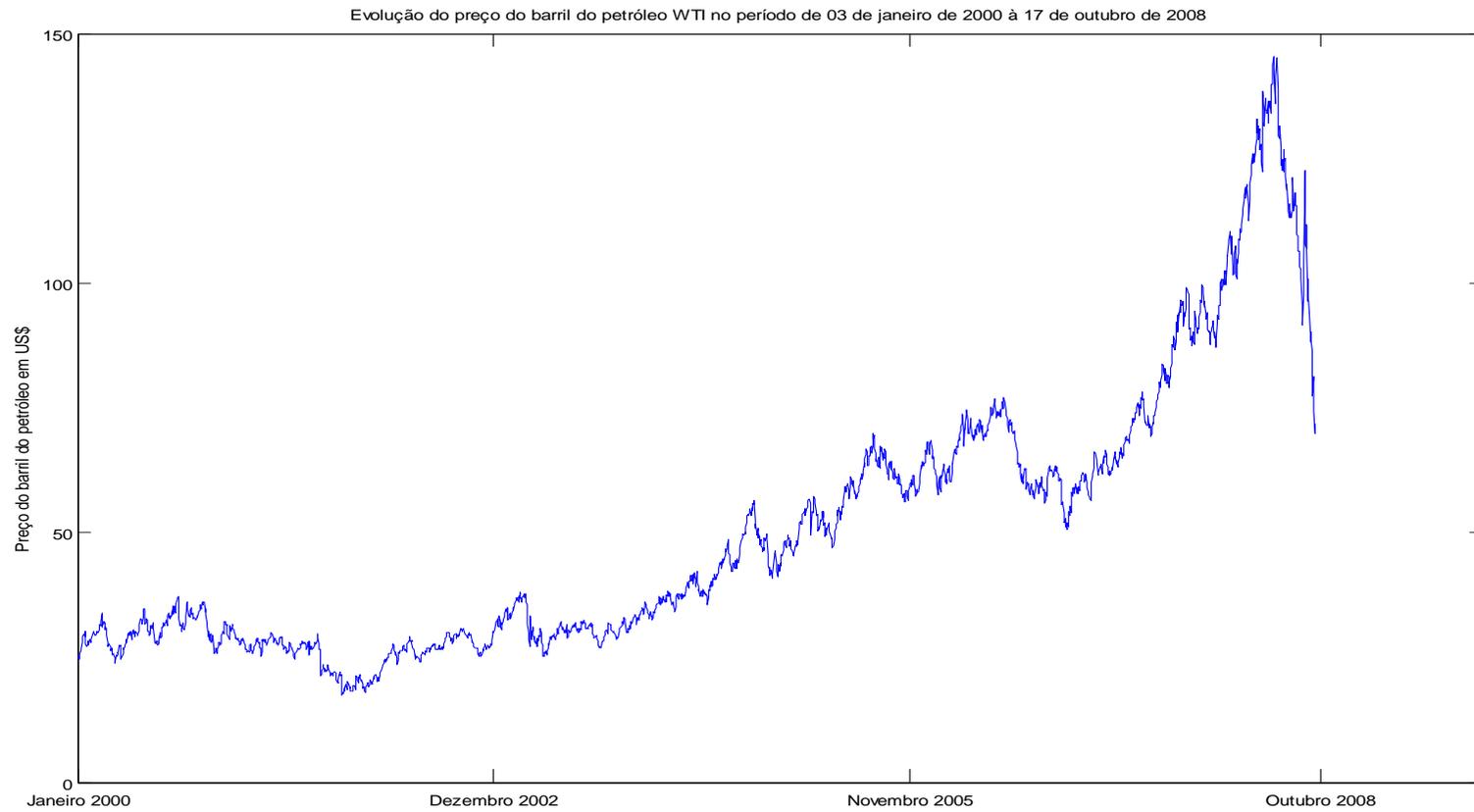


Gráfico 9 - Evolução do preço do barril de petróleo do tipo WTI para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

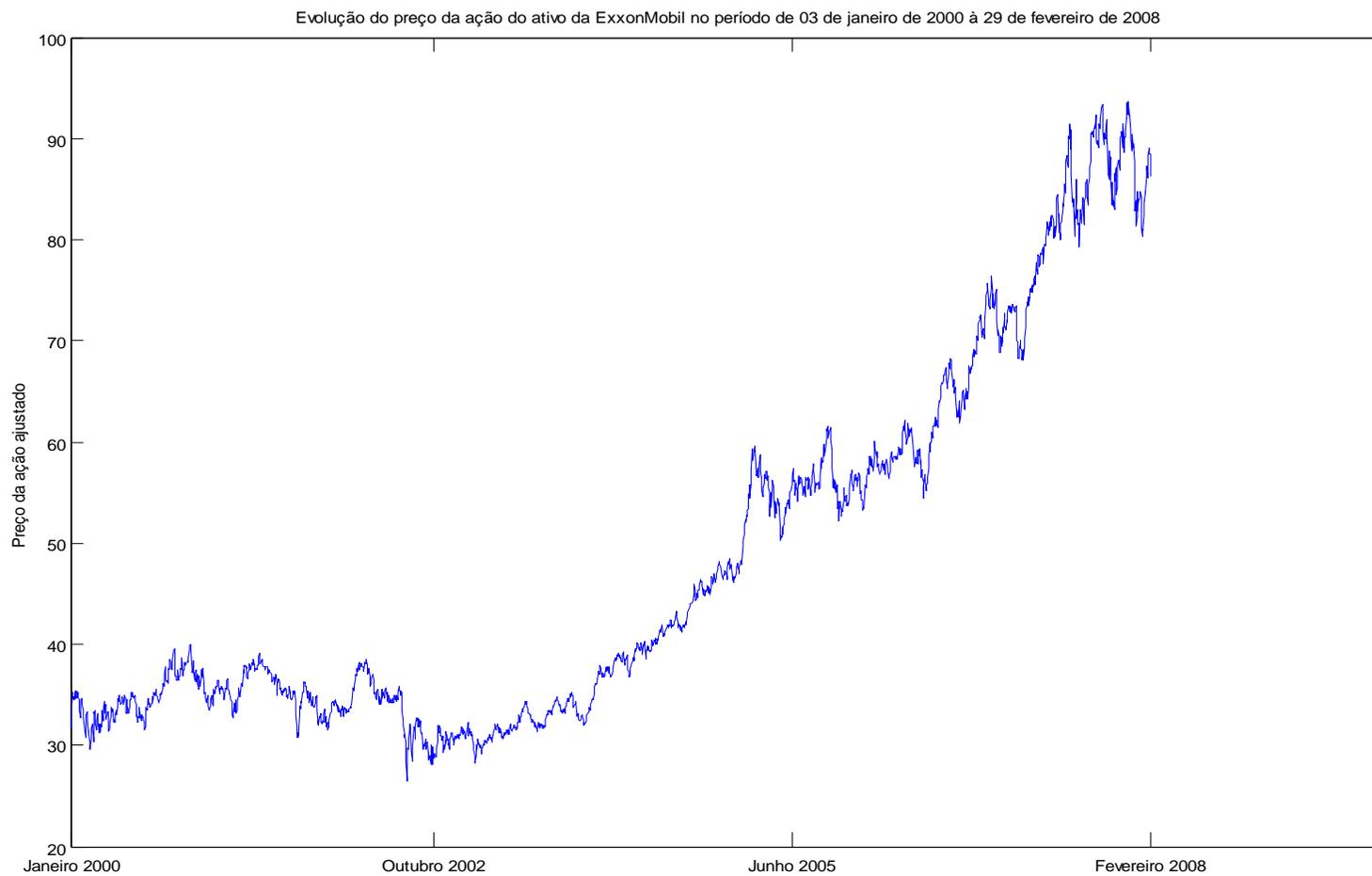


Gráfico 10 - Evolução do preço do ativo da ExxonMobil para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

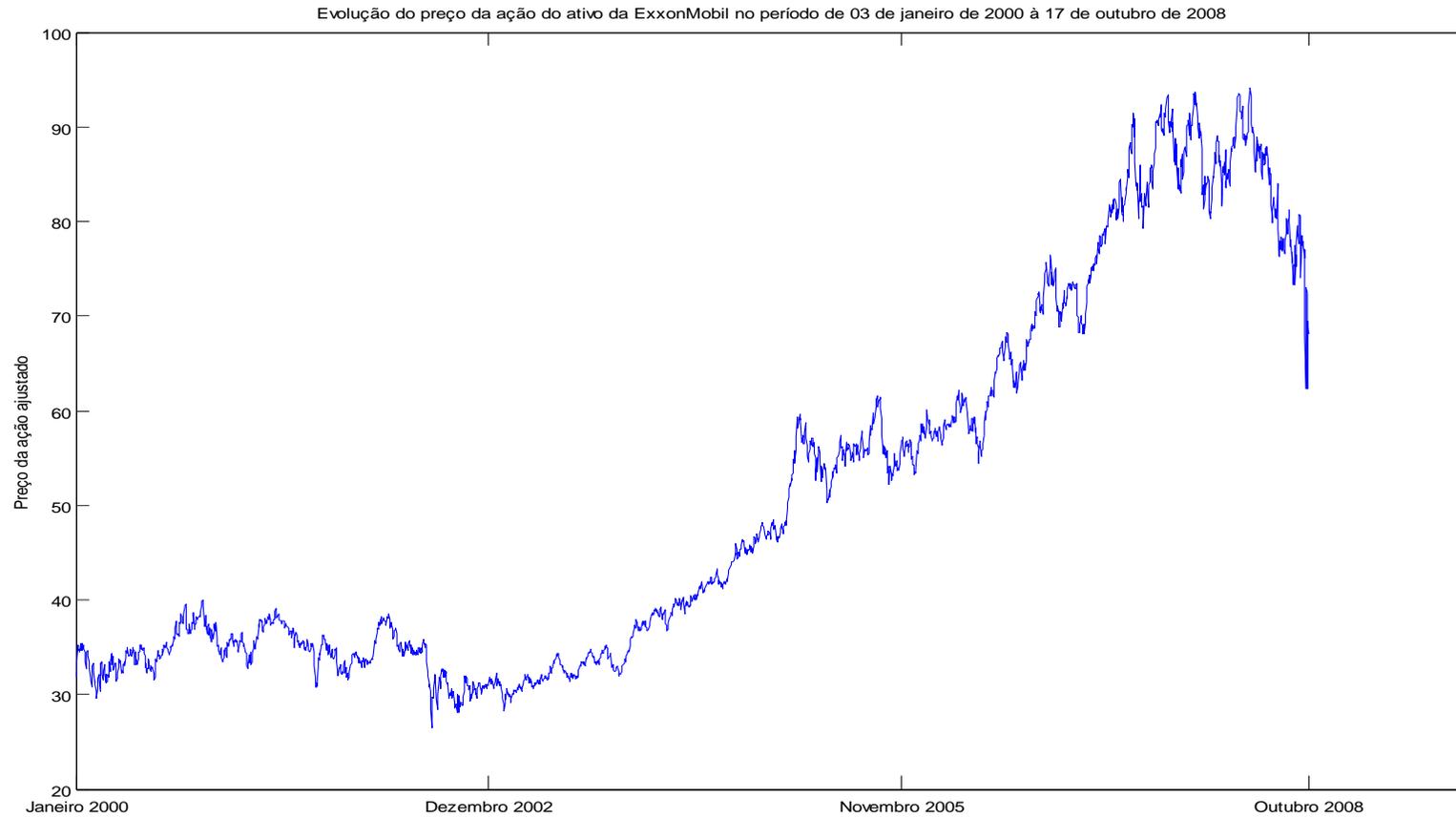


Gráfico 11 - Evolução do preço do ativo da ExxonMobil para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

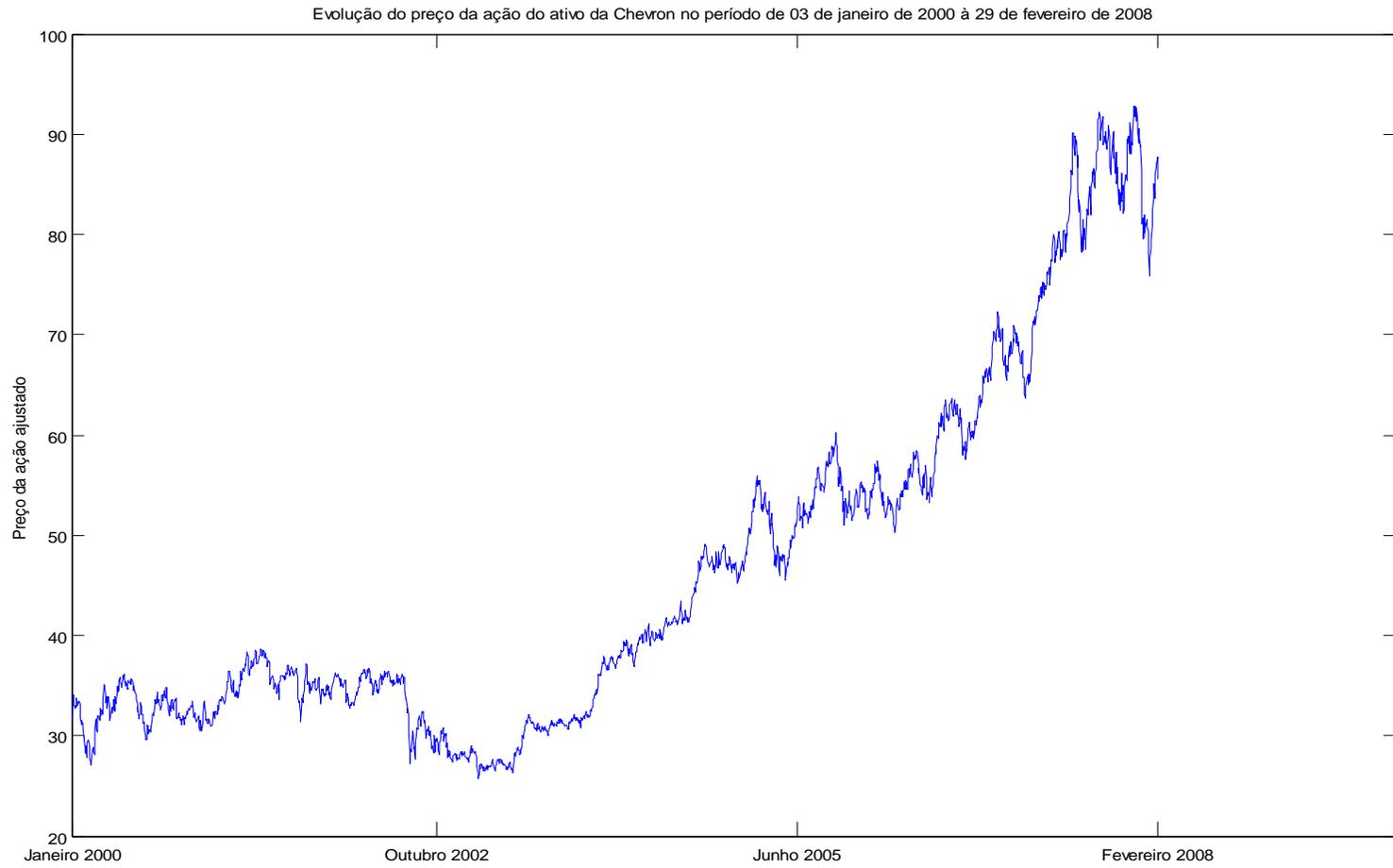


Gráfico 12 - Evolução do preço do ativo da Chevron para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

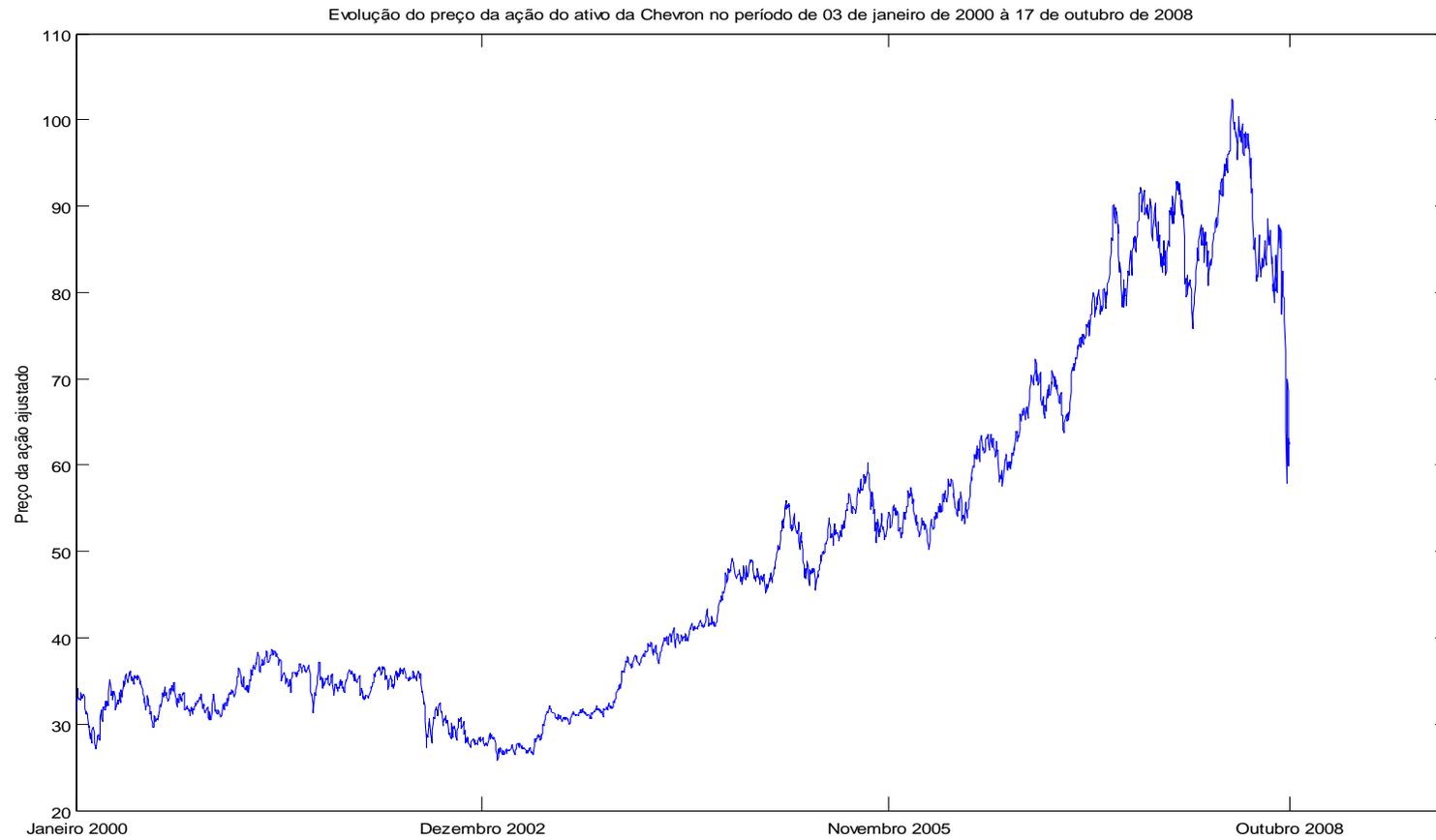


Gráfico 13 - Evolução do preço do ativo da Chevron para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

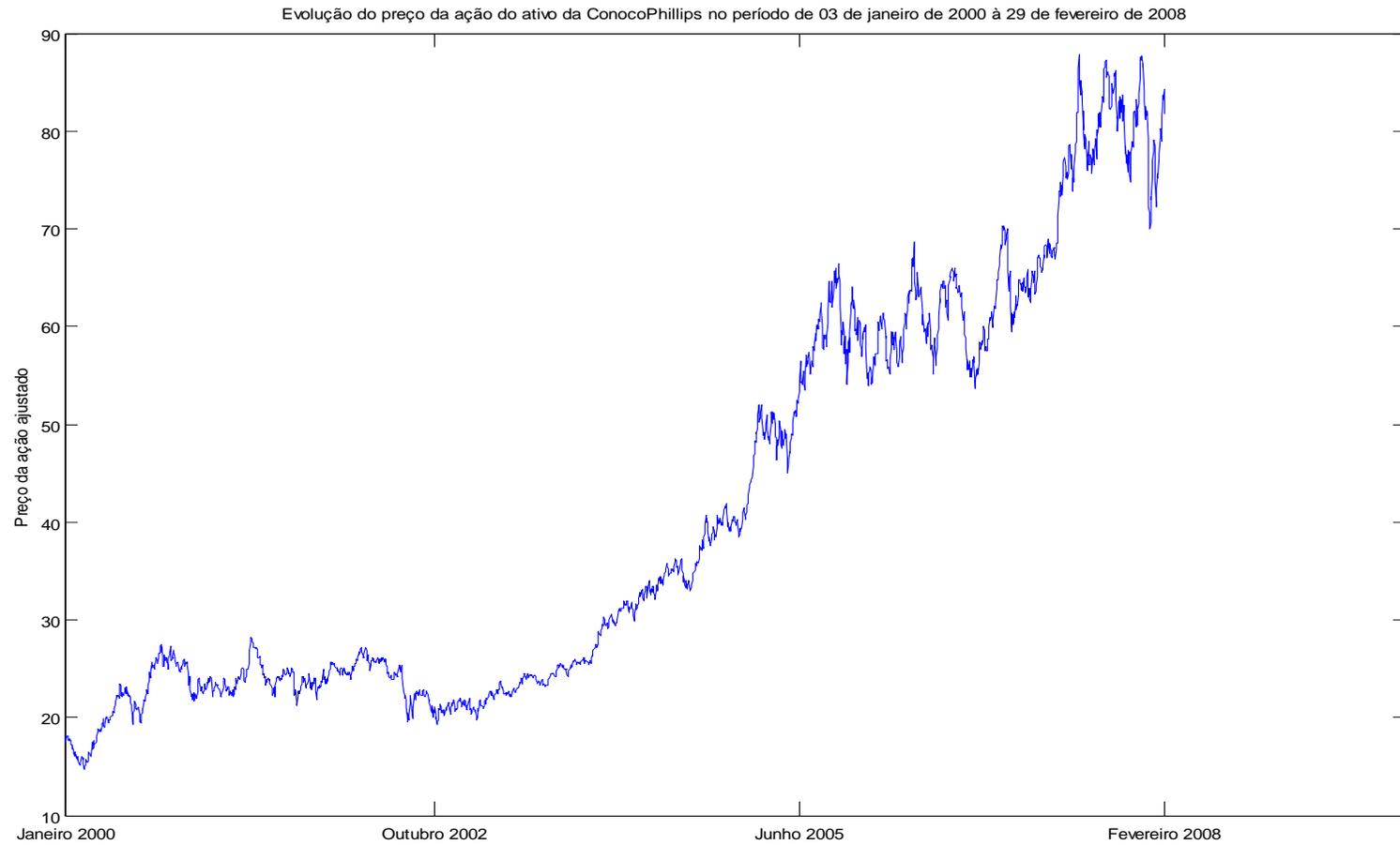


Gráfico 14 - Evolução do preço do ativo da ConocoPhillips para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

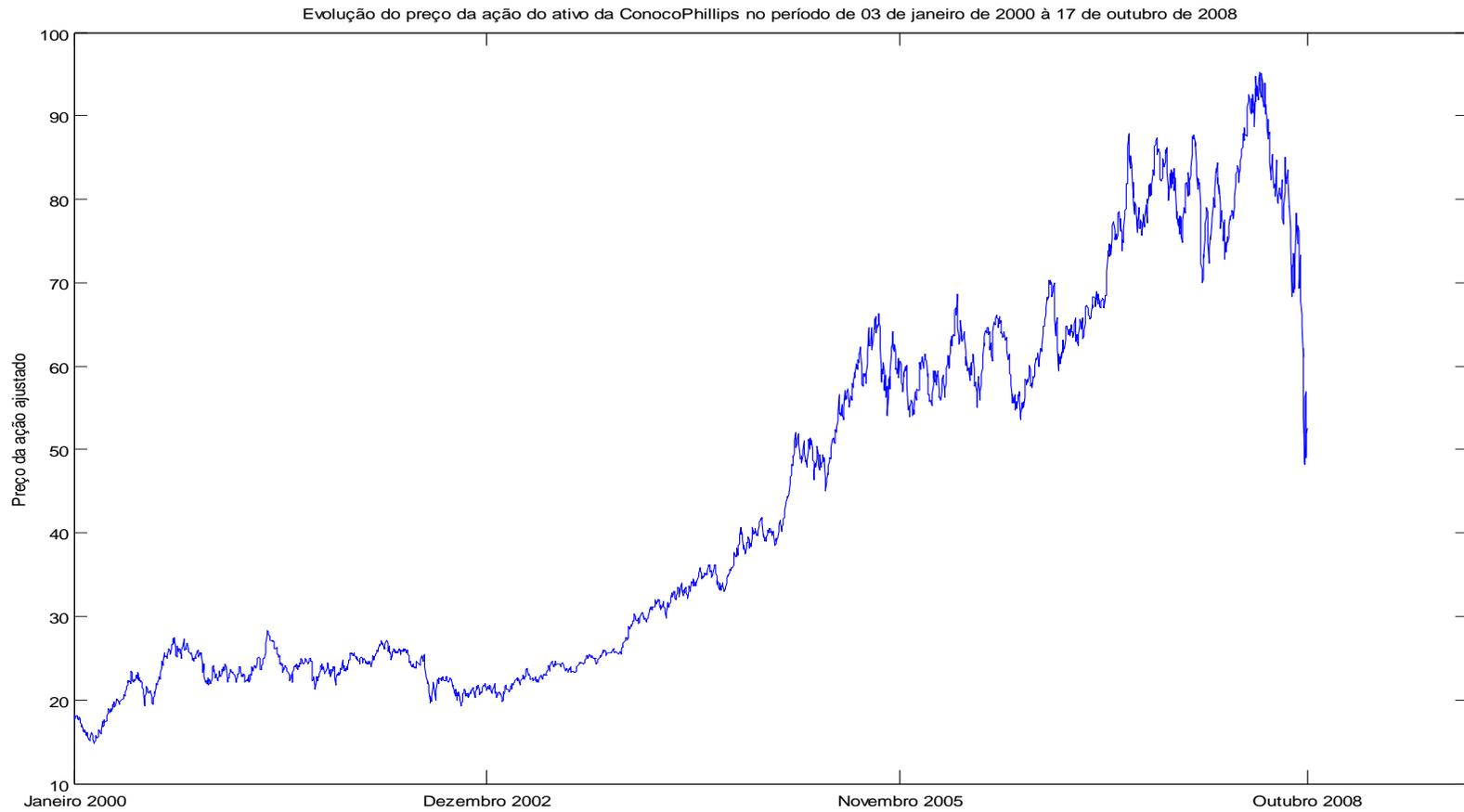


Gráfico 15 - Evolução do preço do ativo da ConocoPhillips para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

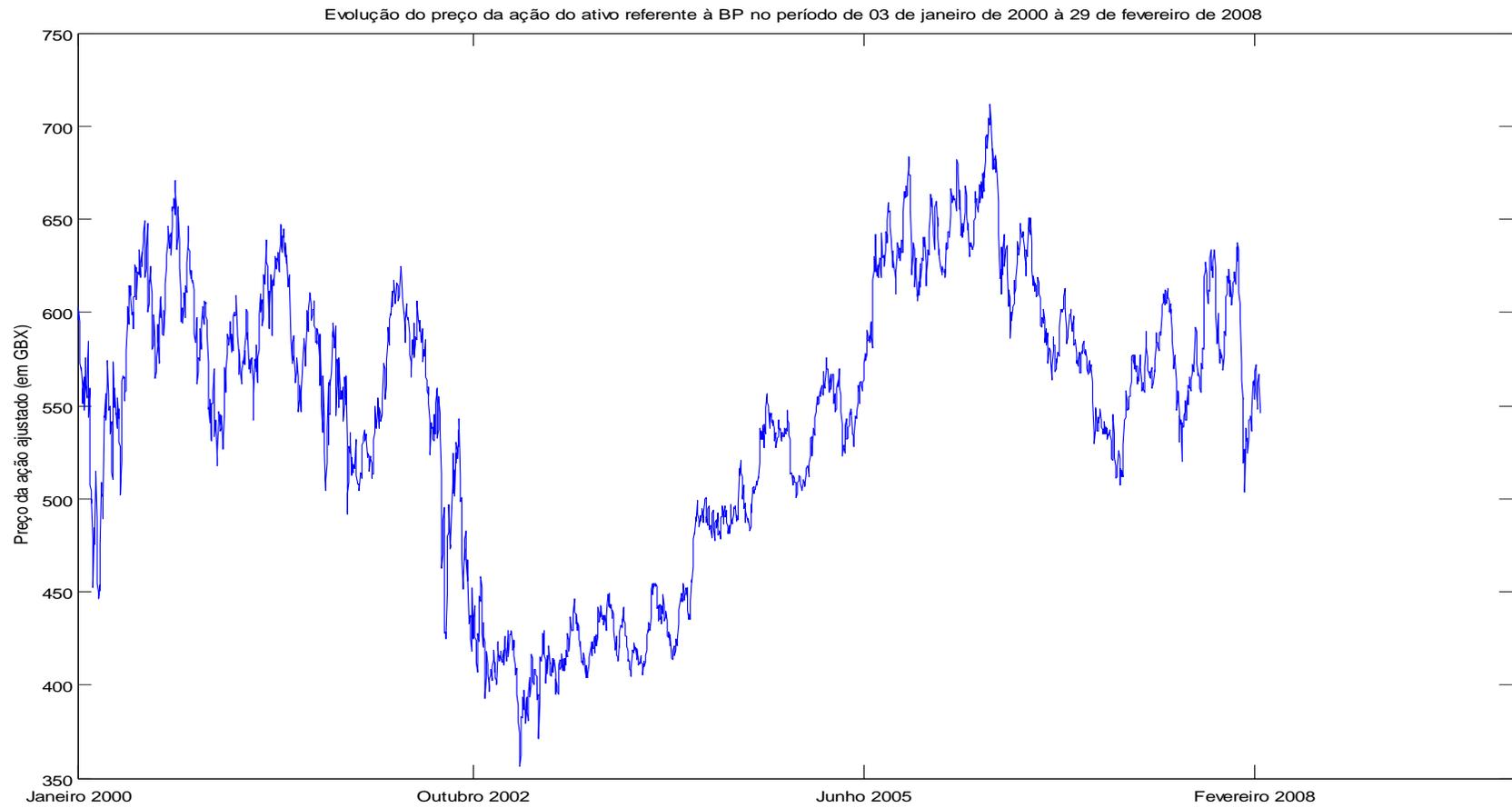


Gráfico 16 - Evolução do preço do ativo da BP para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

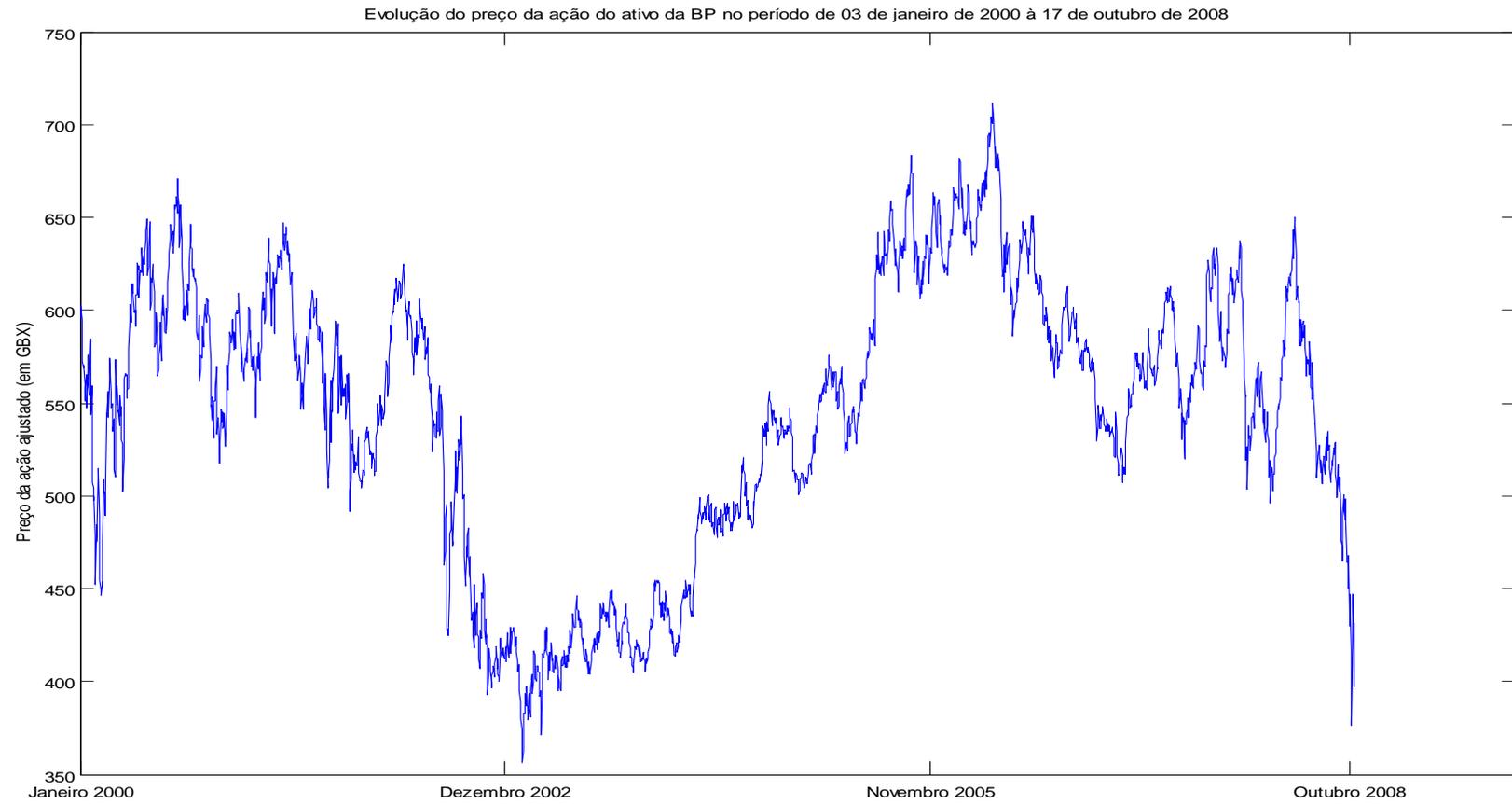


Gráfico 17 - Evolução do preço do ativo da BP para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

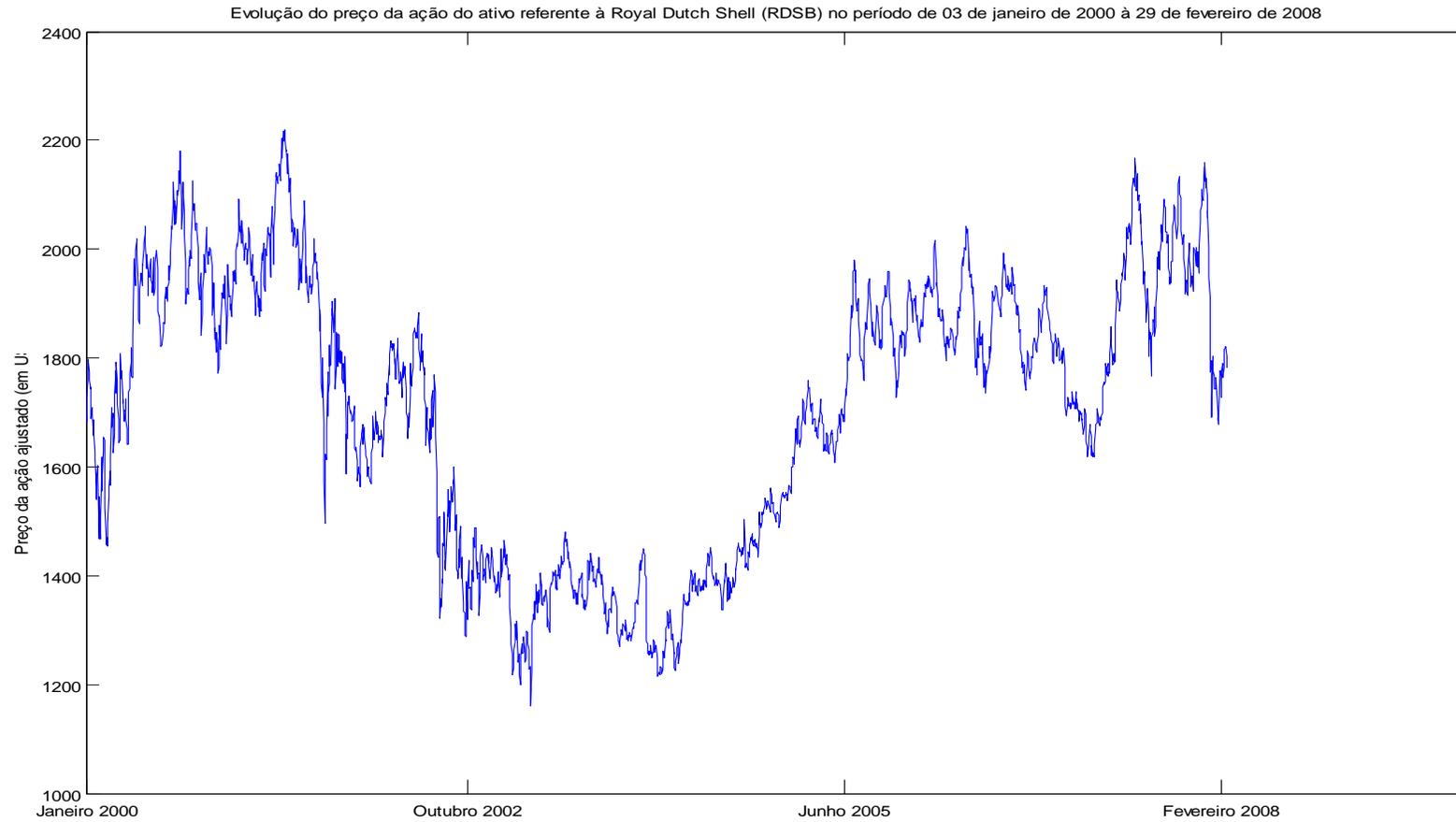


Gráfico 18 - Evolução do preço do ativo da Royal Dutch Shell para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

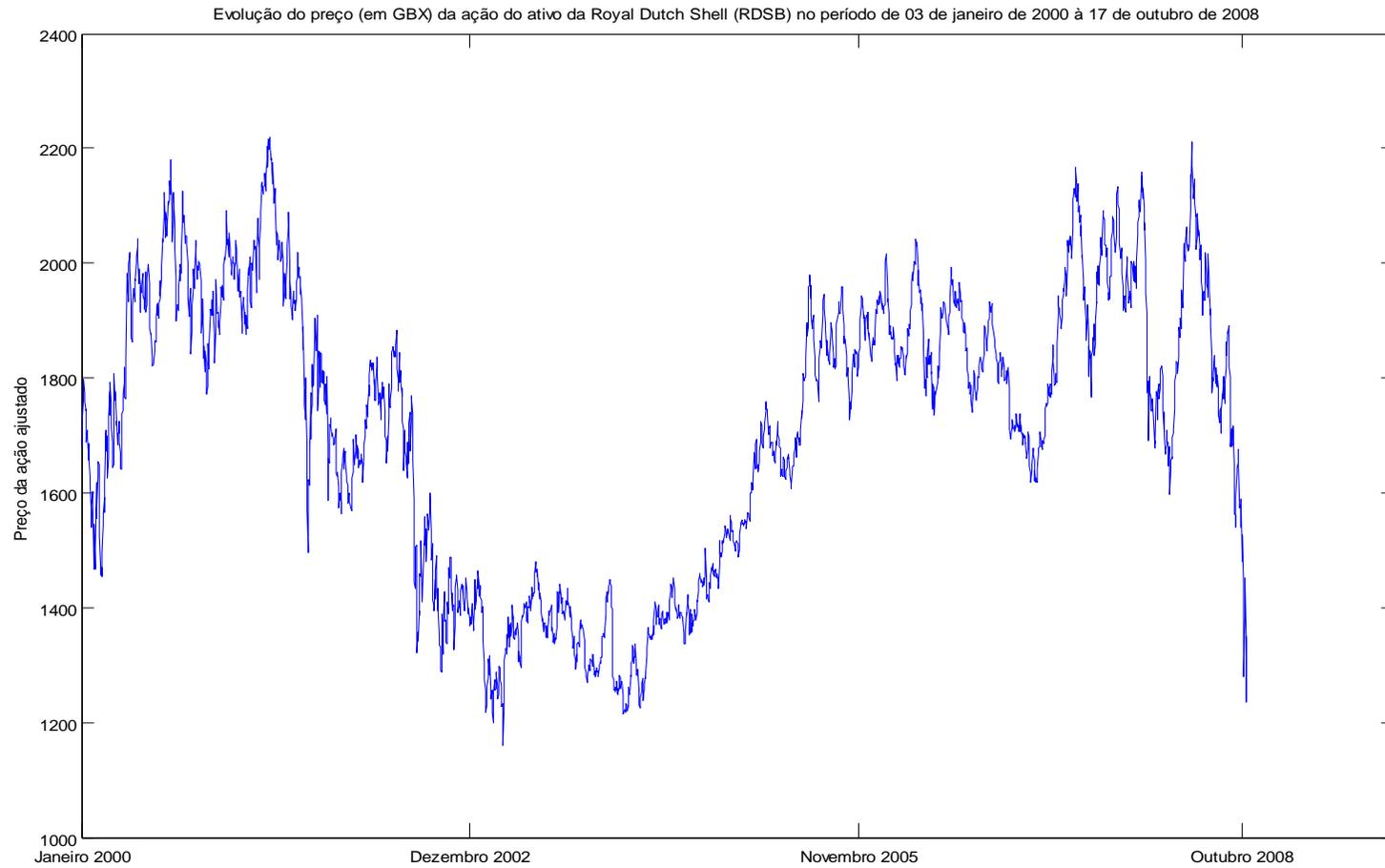


Gráfico 19 - Evolução do preço do ativo da Royal Dutch Shell para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

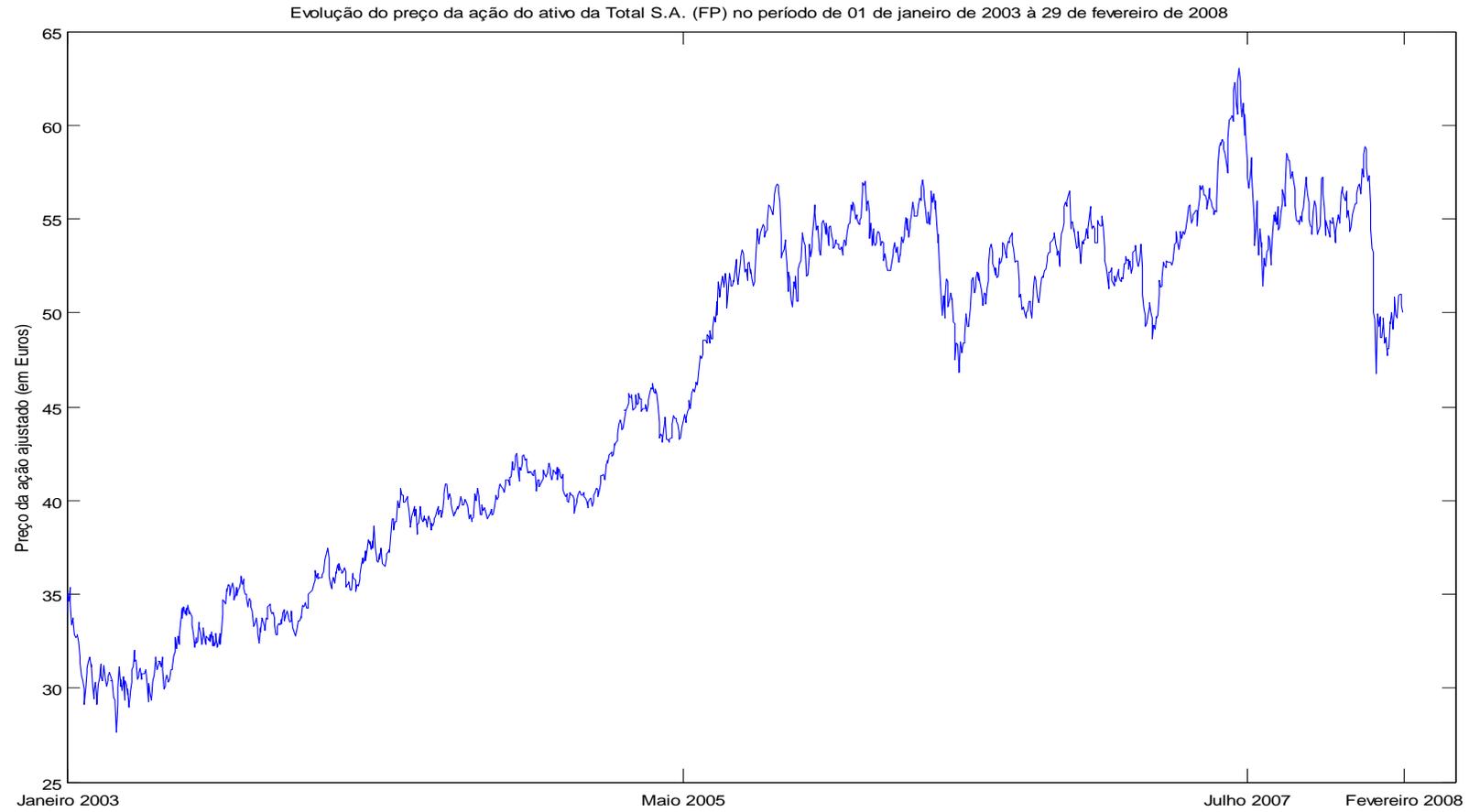


Gráfico 20 - Evolução do preço do ativo da Total S.A para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

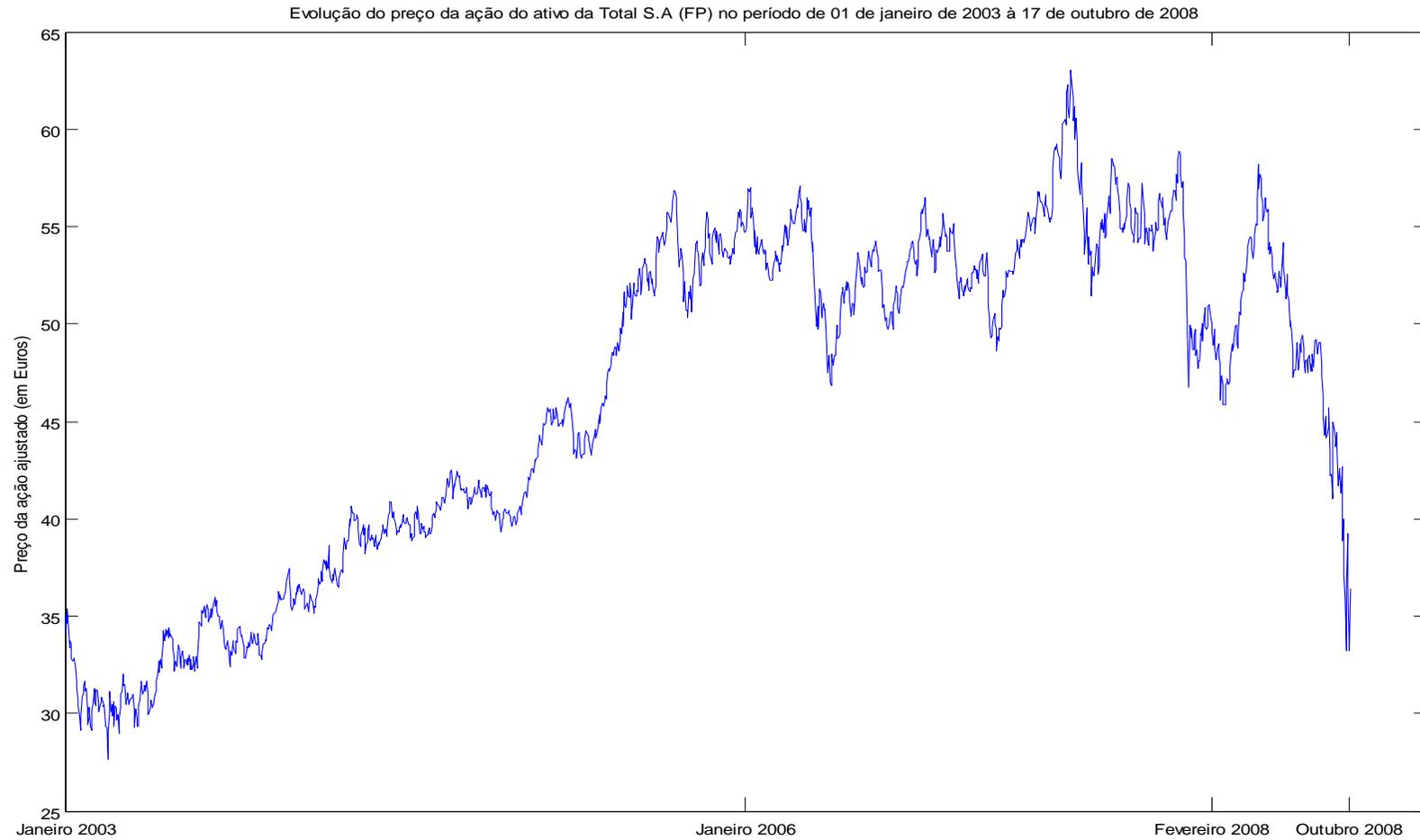


Gráfico 21 - Evolução do preço do ativo da Total S.A para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

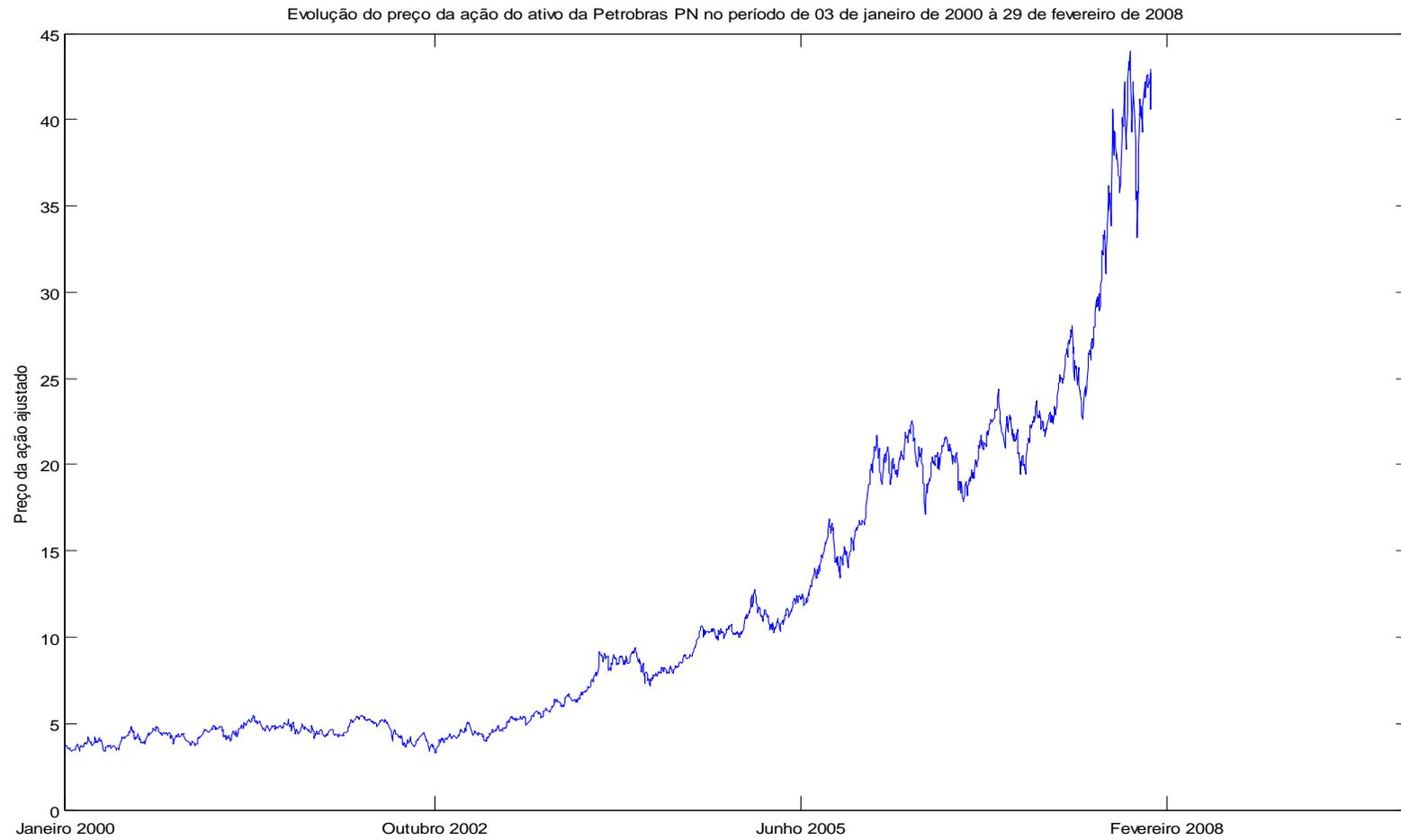


Gráfico 22 - Evolução do preço do ativo da Petrobras para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

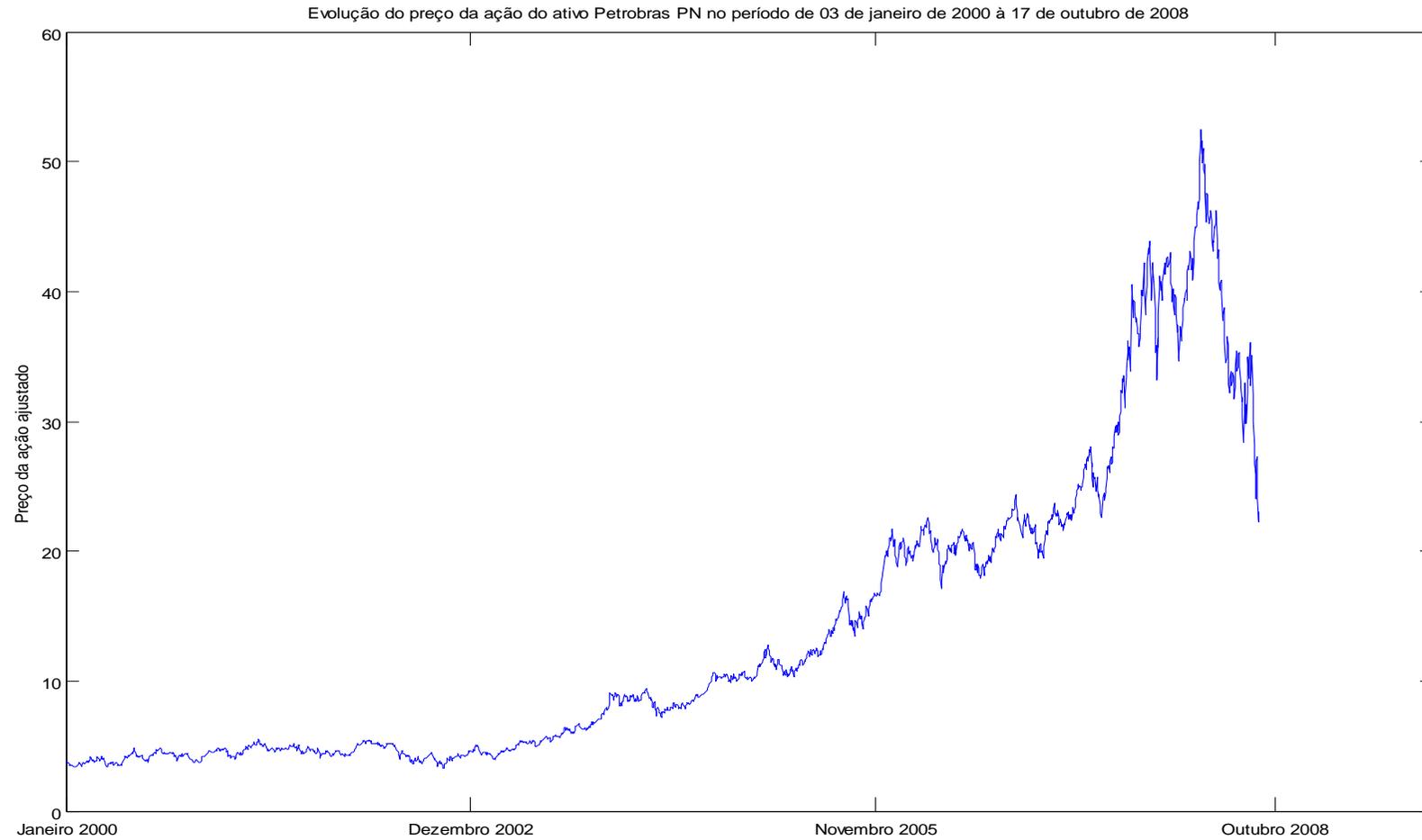


Gráfico 23 - Evolução do preço do ativo da Petrobras para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

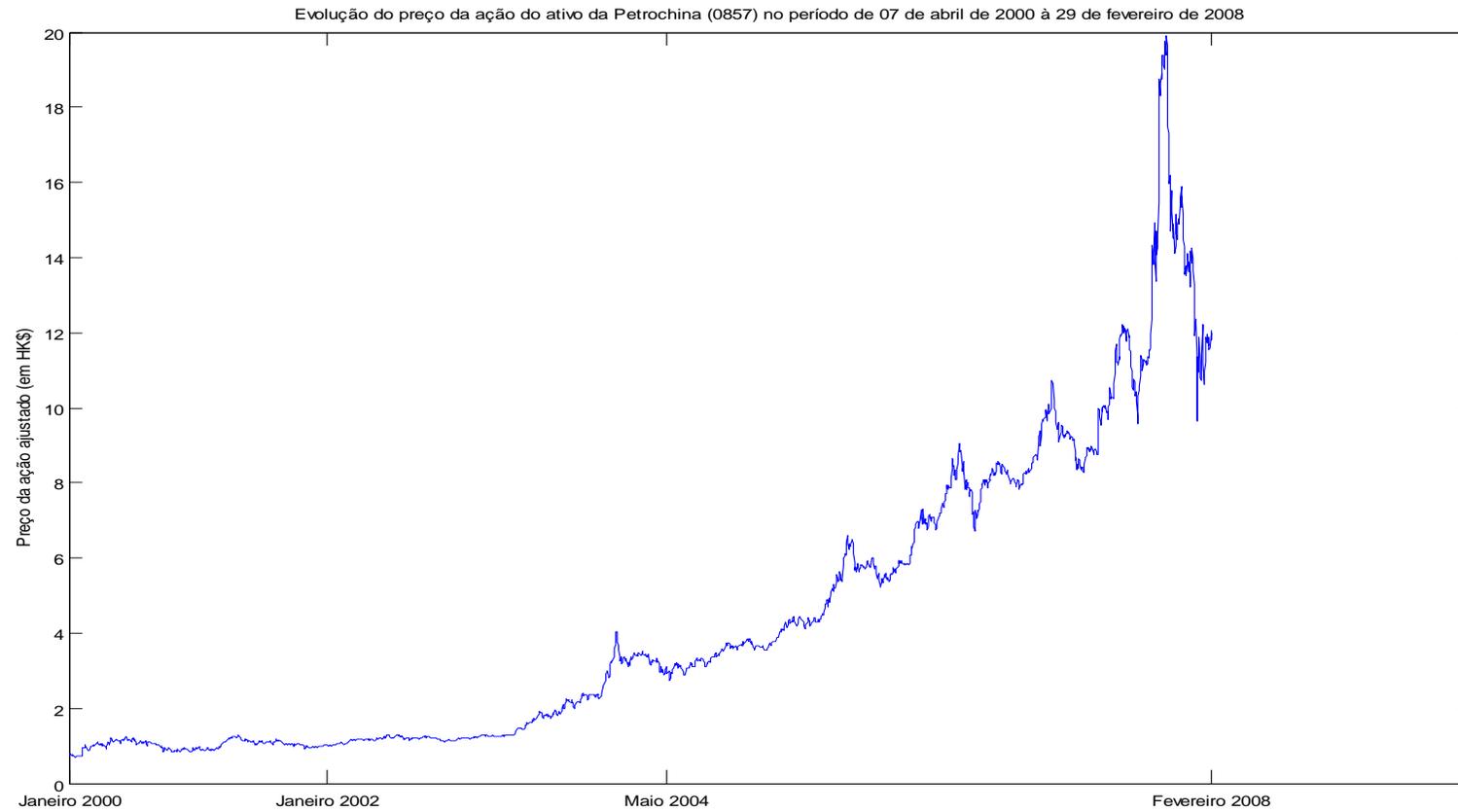


Gráfico 24 - Evolução do preço do ativo da Petrochina para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

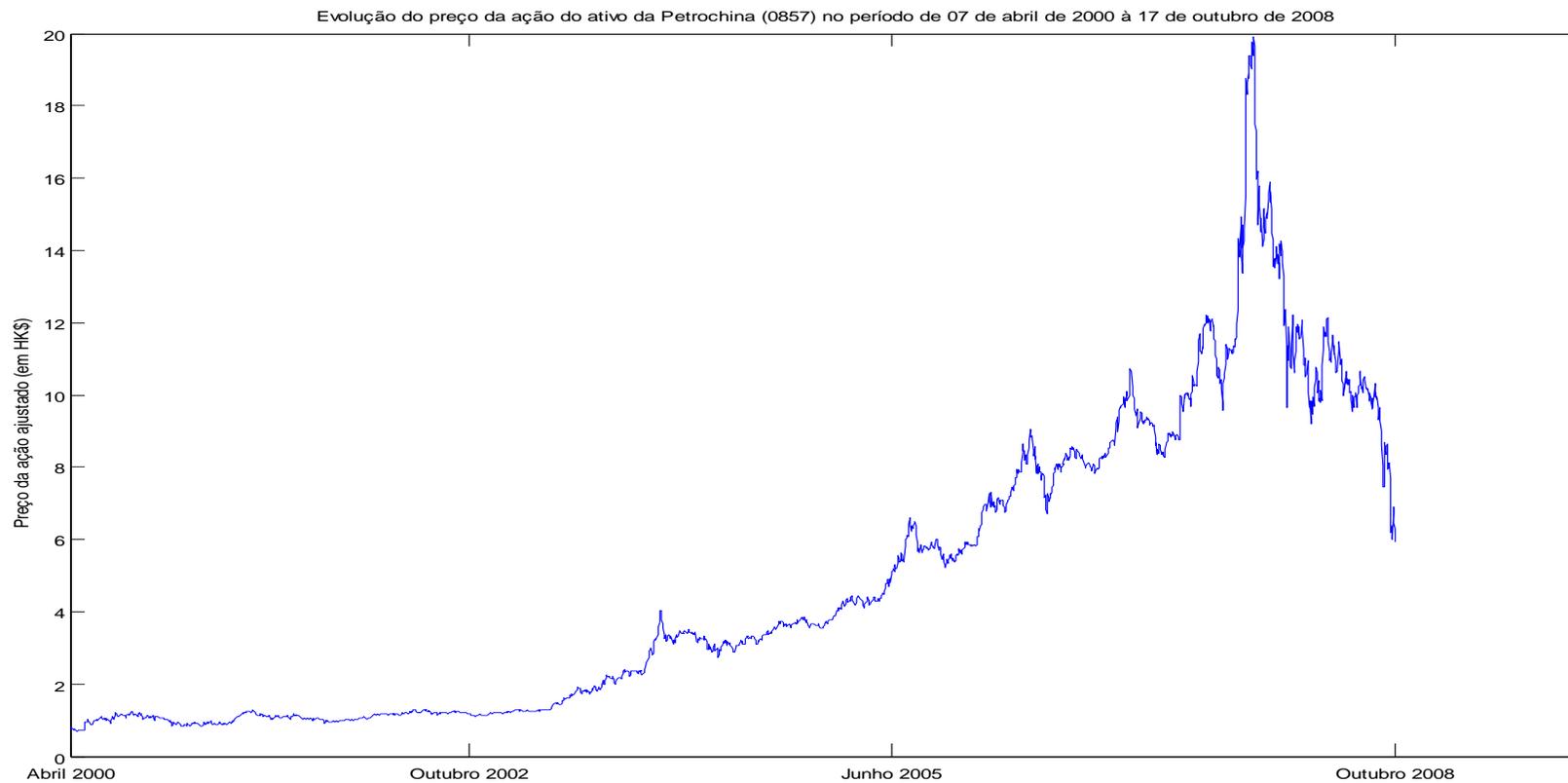


Gráfico 25 - Evolução do preço do ativo da Petrochina para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

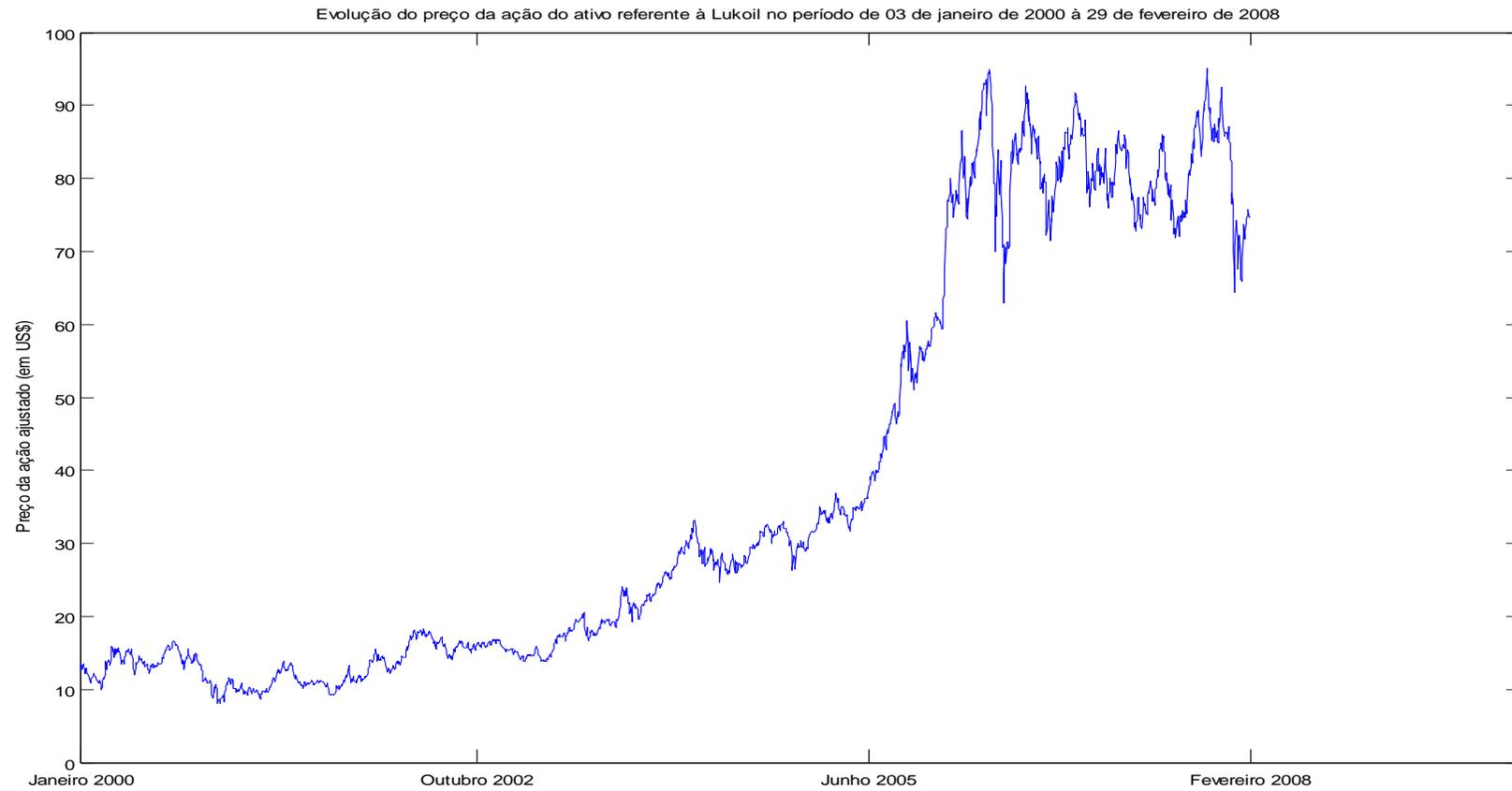


Gráfico 26 - Evolução do preço do ativo da Lukoil para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

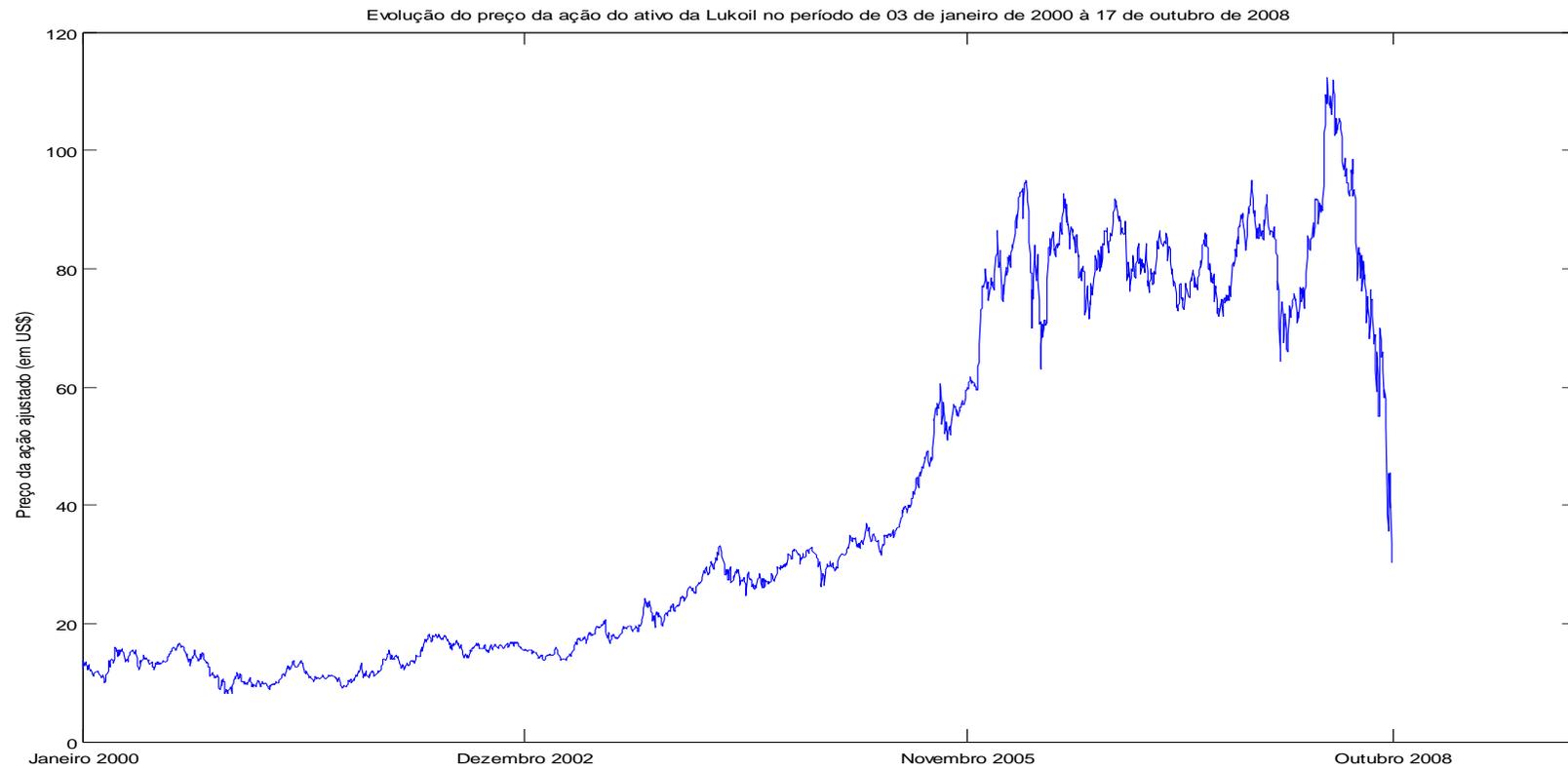


Gráfico 27 - Evolução do preço do ativo da Lukoil para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

Apêndice C – Gráficos de análise qualitativa: autocorrelação e autocorrelação parcial da série de retornos ao quadrado

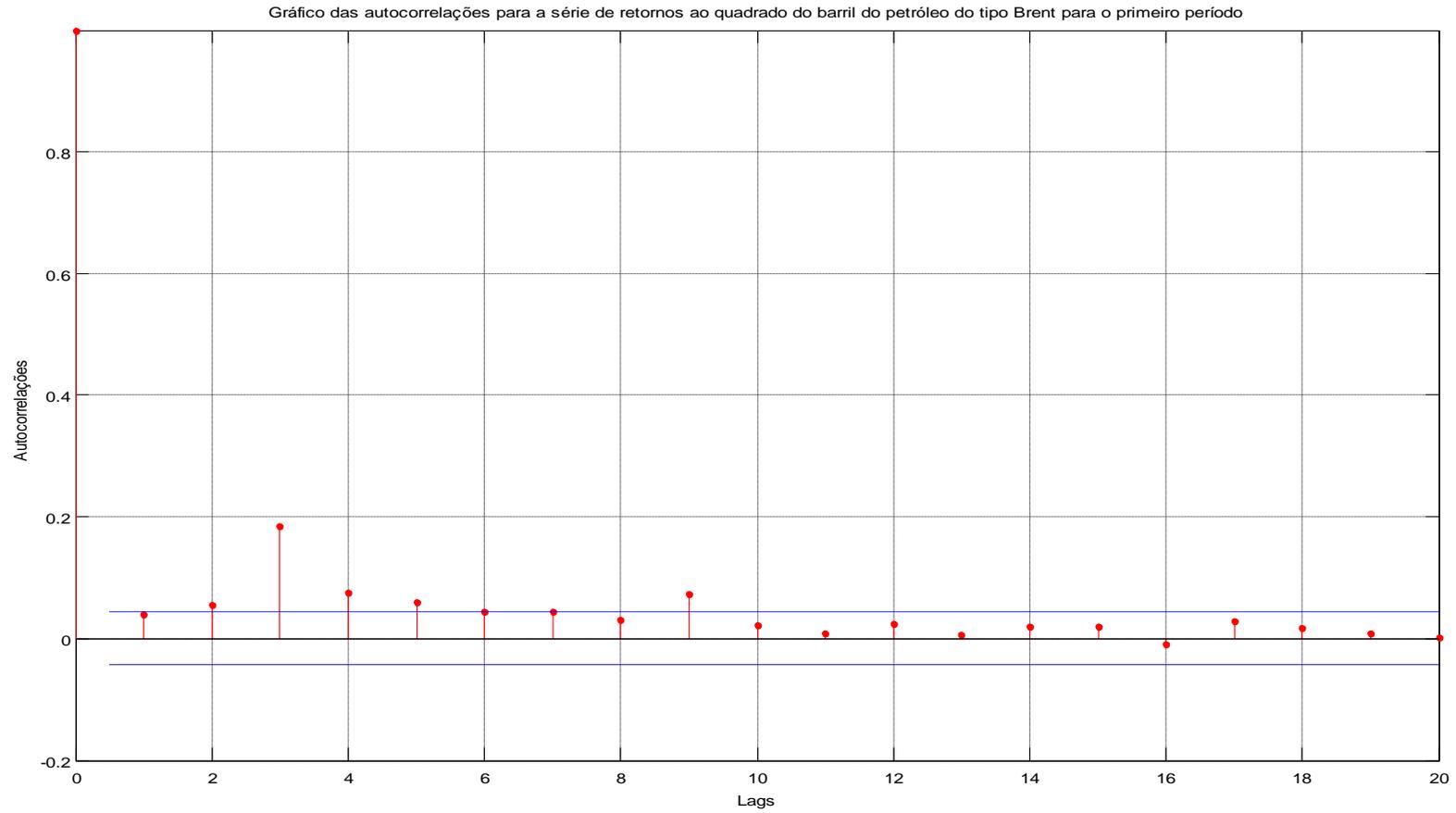


Gráfico 28 – Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo Brent para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

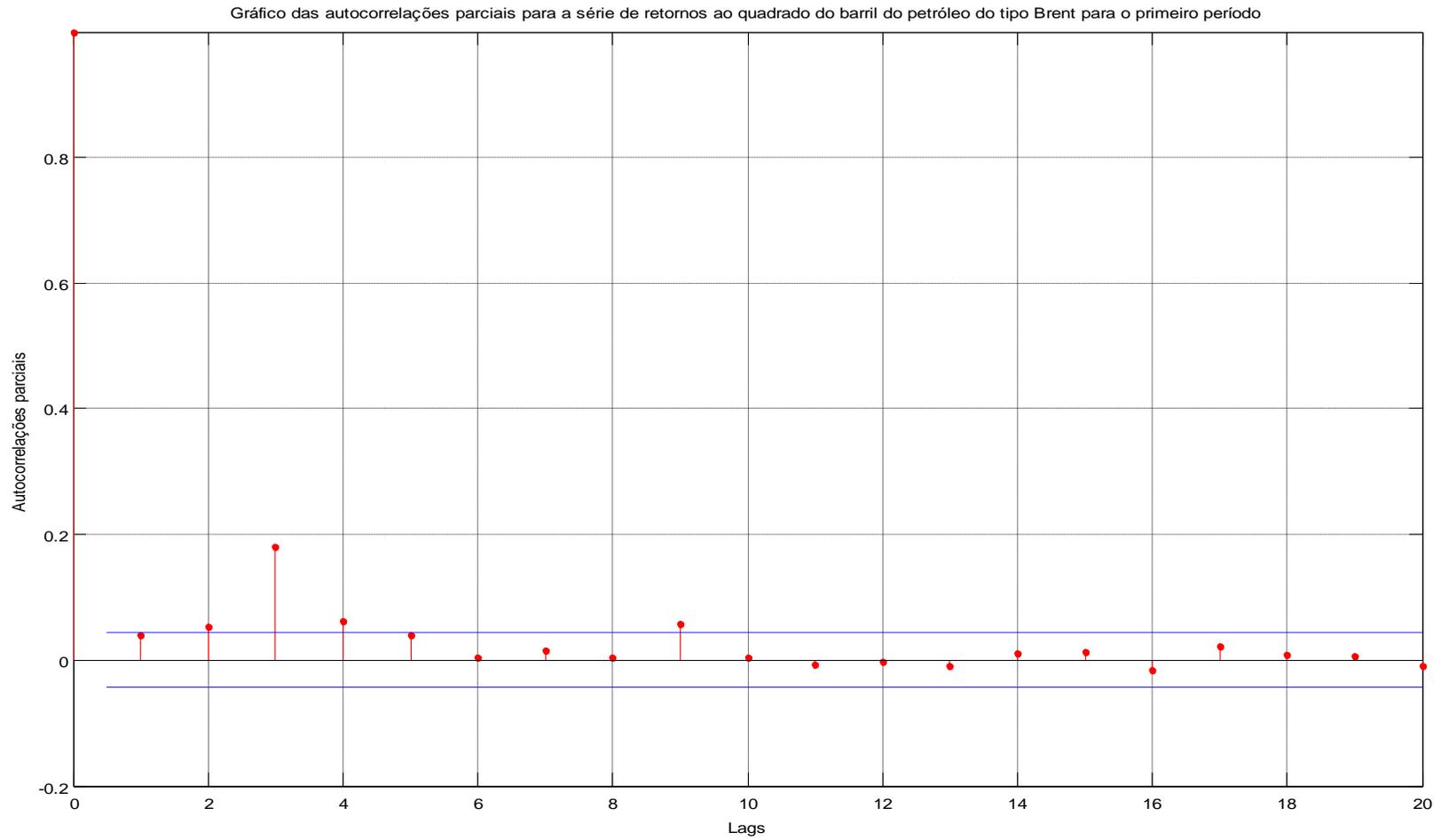


Gráfico 29 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo Brent para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

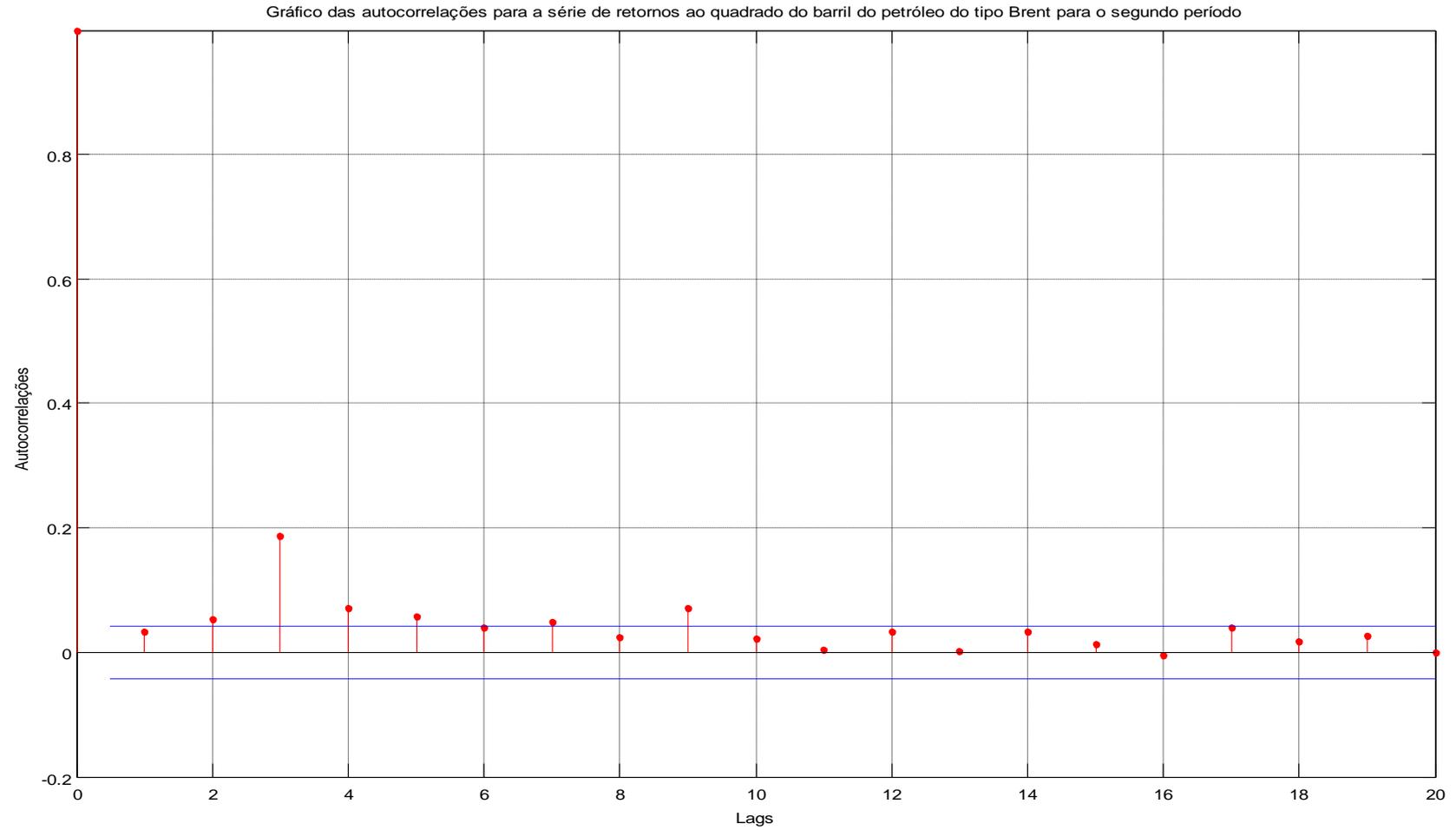


Gráfico 30 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo Brent para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

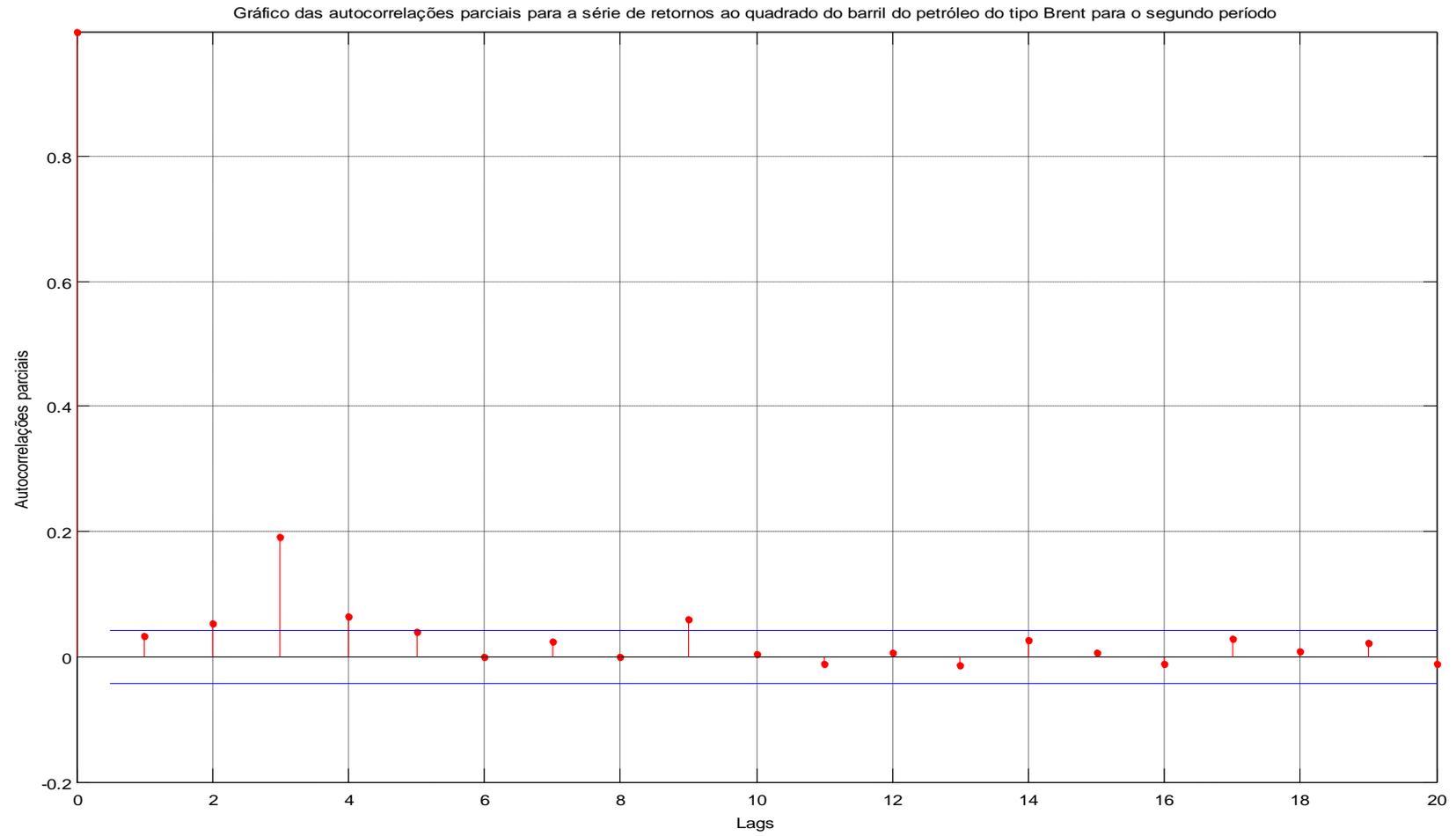


Gráfico 31 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo Brent para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

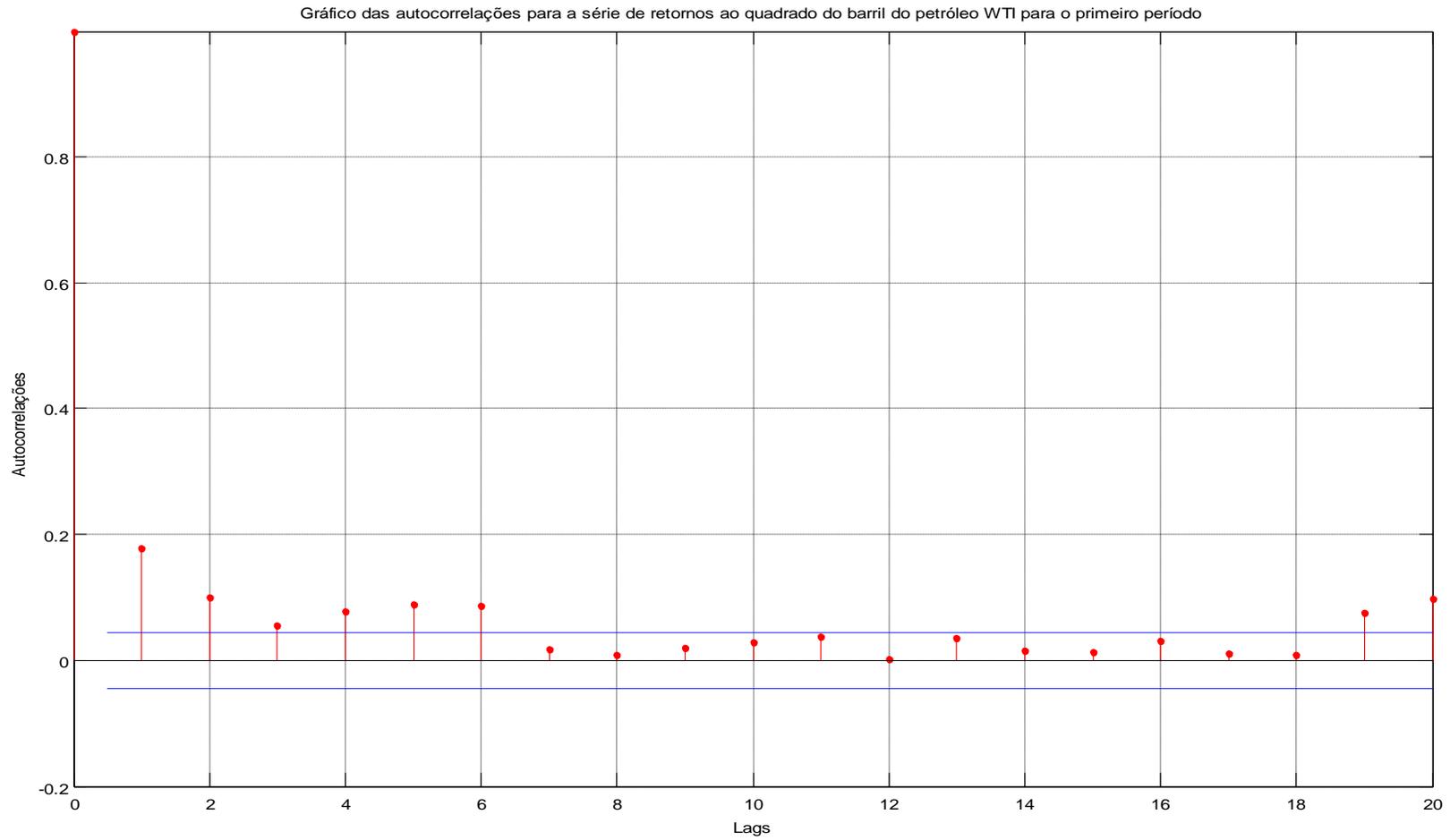


Gráfico 32 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo WTI para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

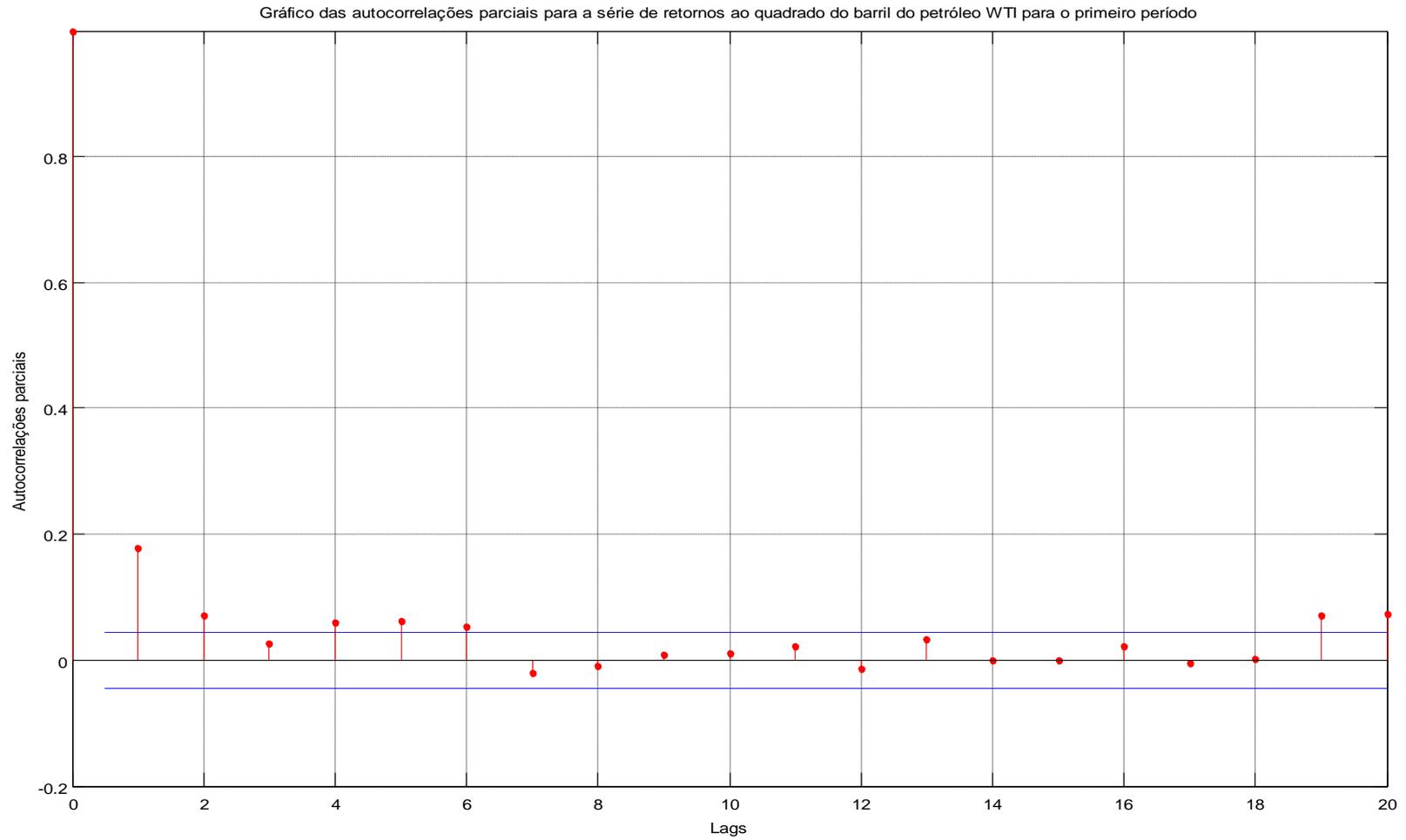


Gráfico 33 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo WTI para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

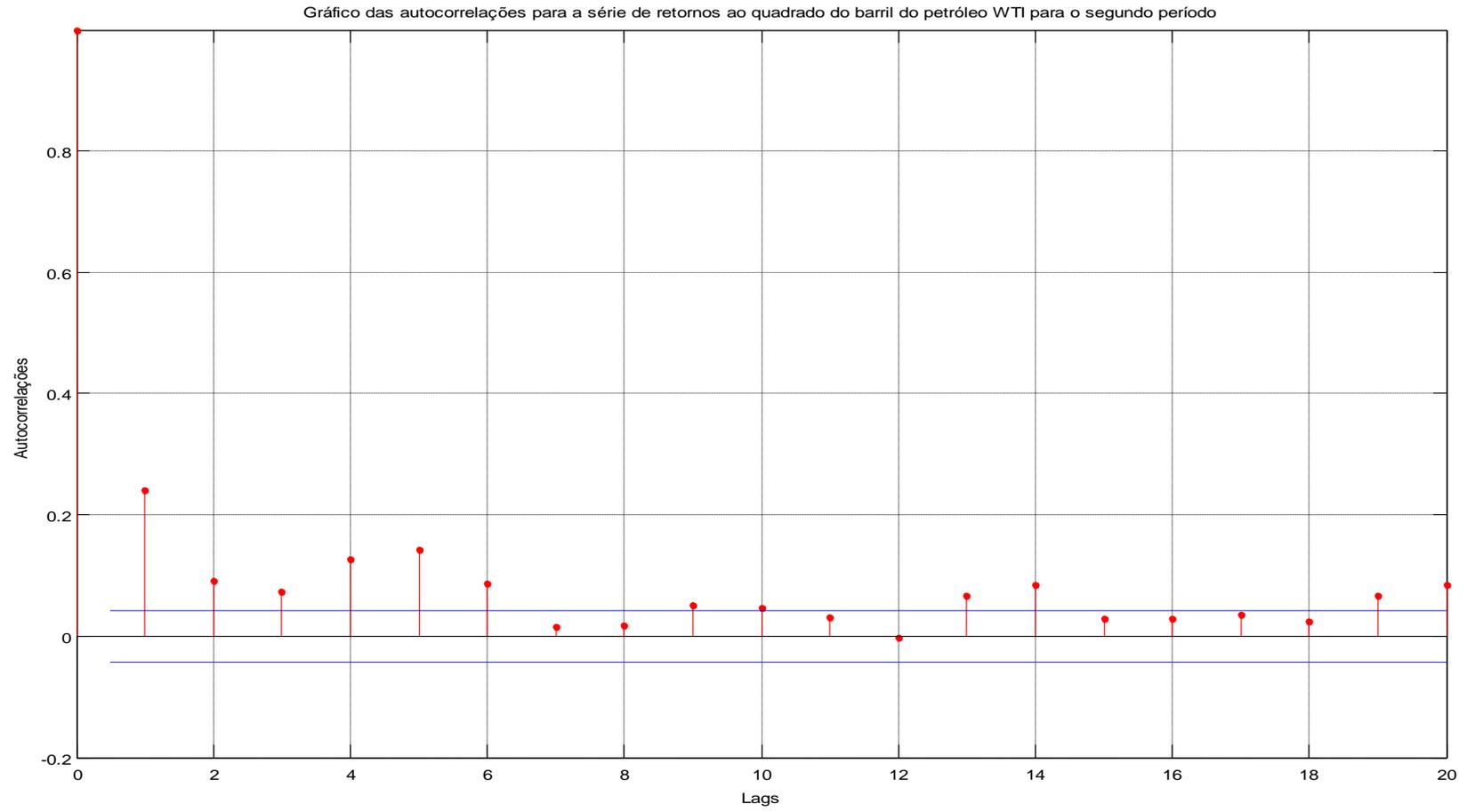


Gráfico 34 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo WTI para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

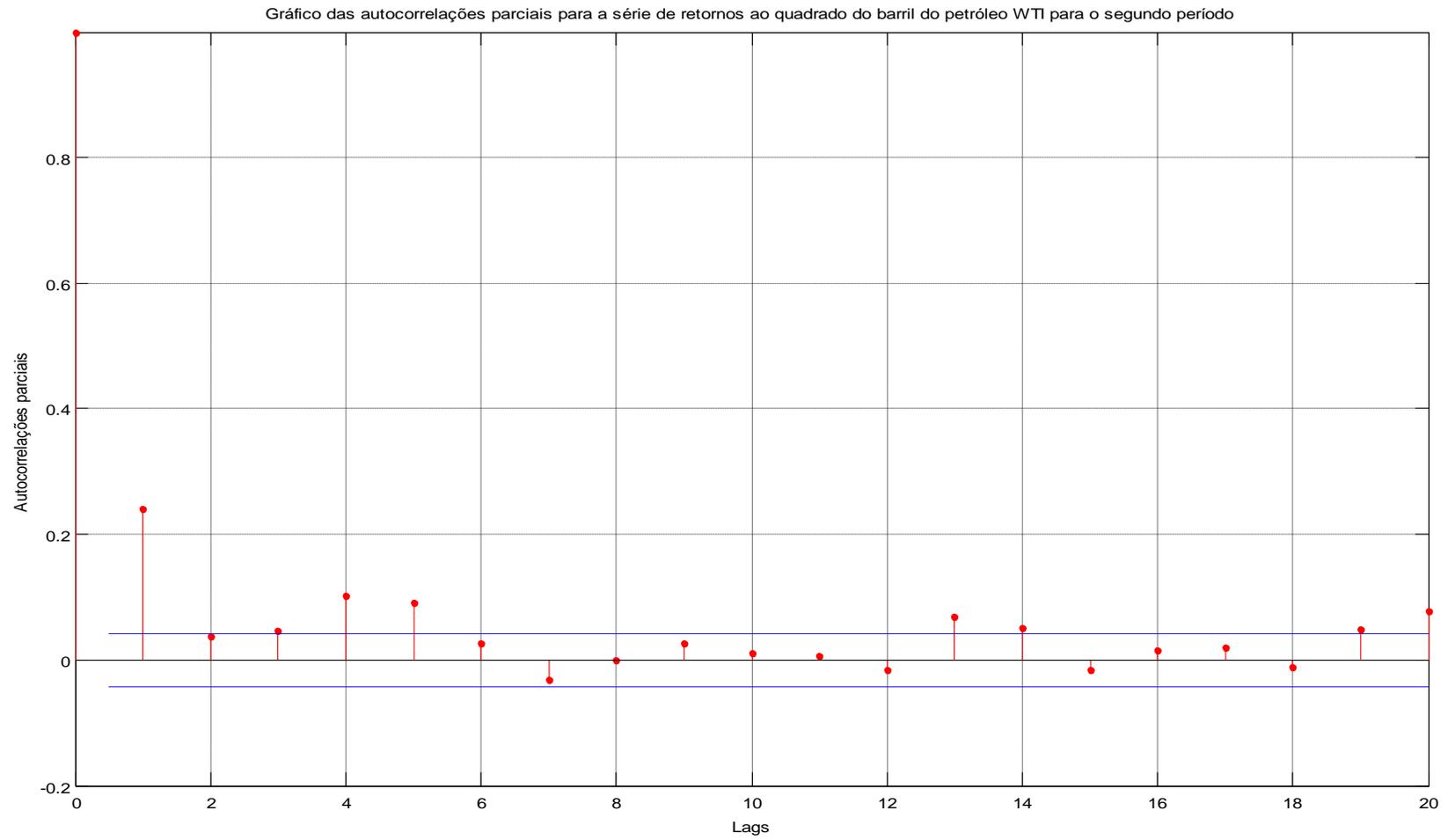


Gráfico 35 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do barril de petróleo do tipo WTI para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

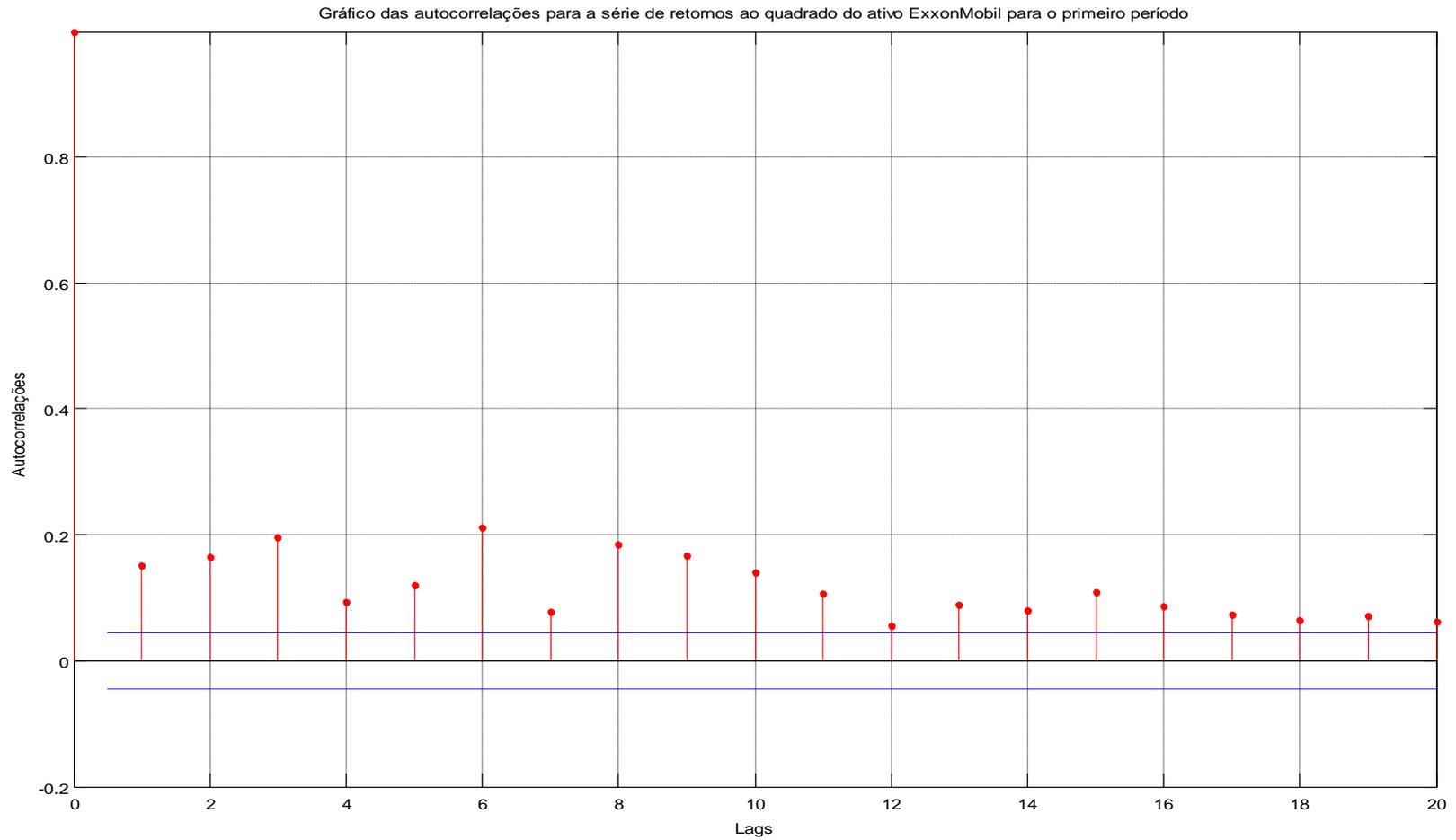


Gráfico 36 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da ExxonMobil para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

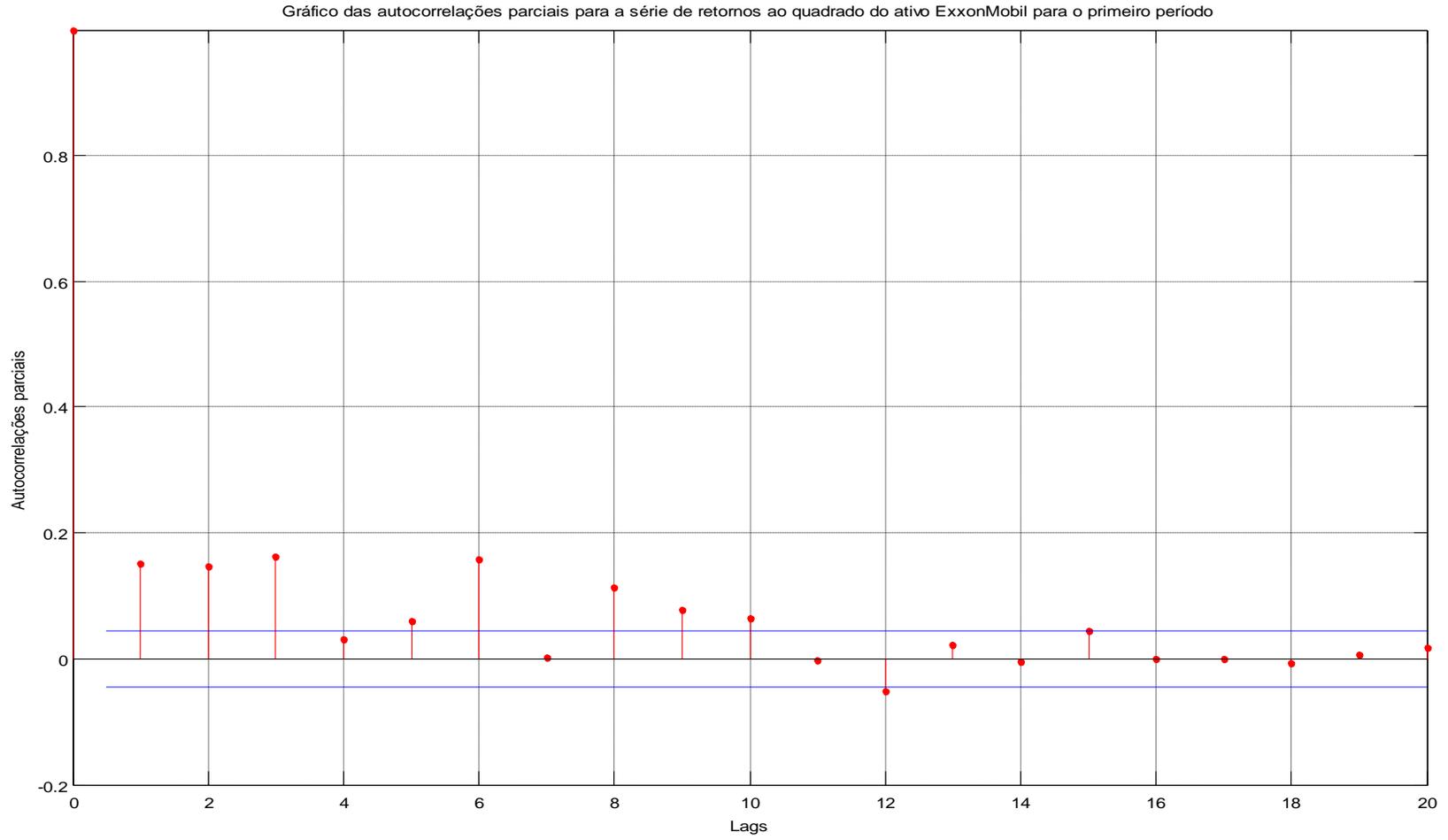


Gráfico 37 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da ExxonMobil para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

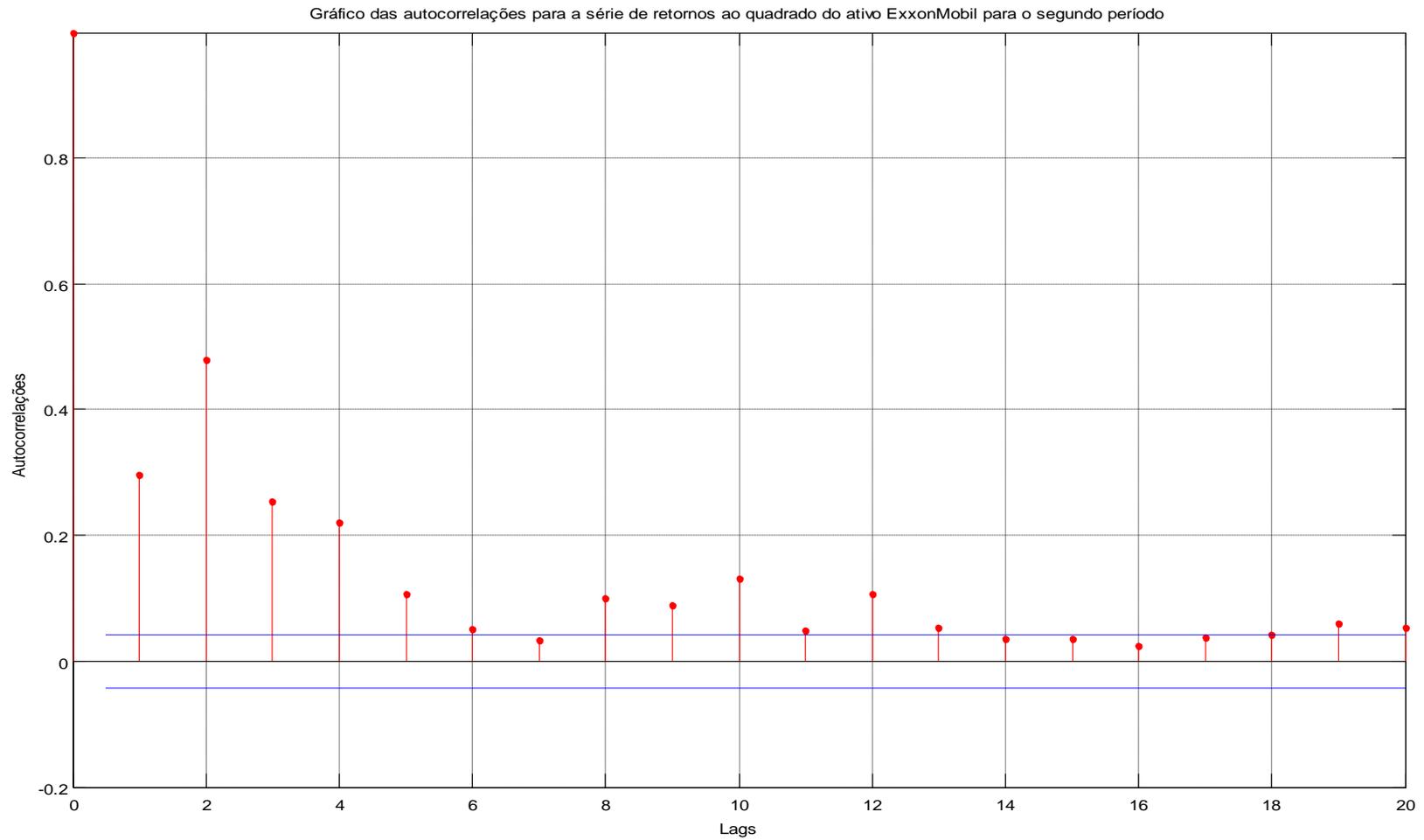


Gráfico 38 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da ExxonMobil para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

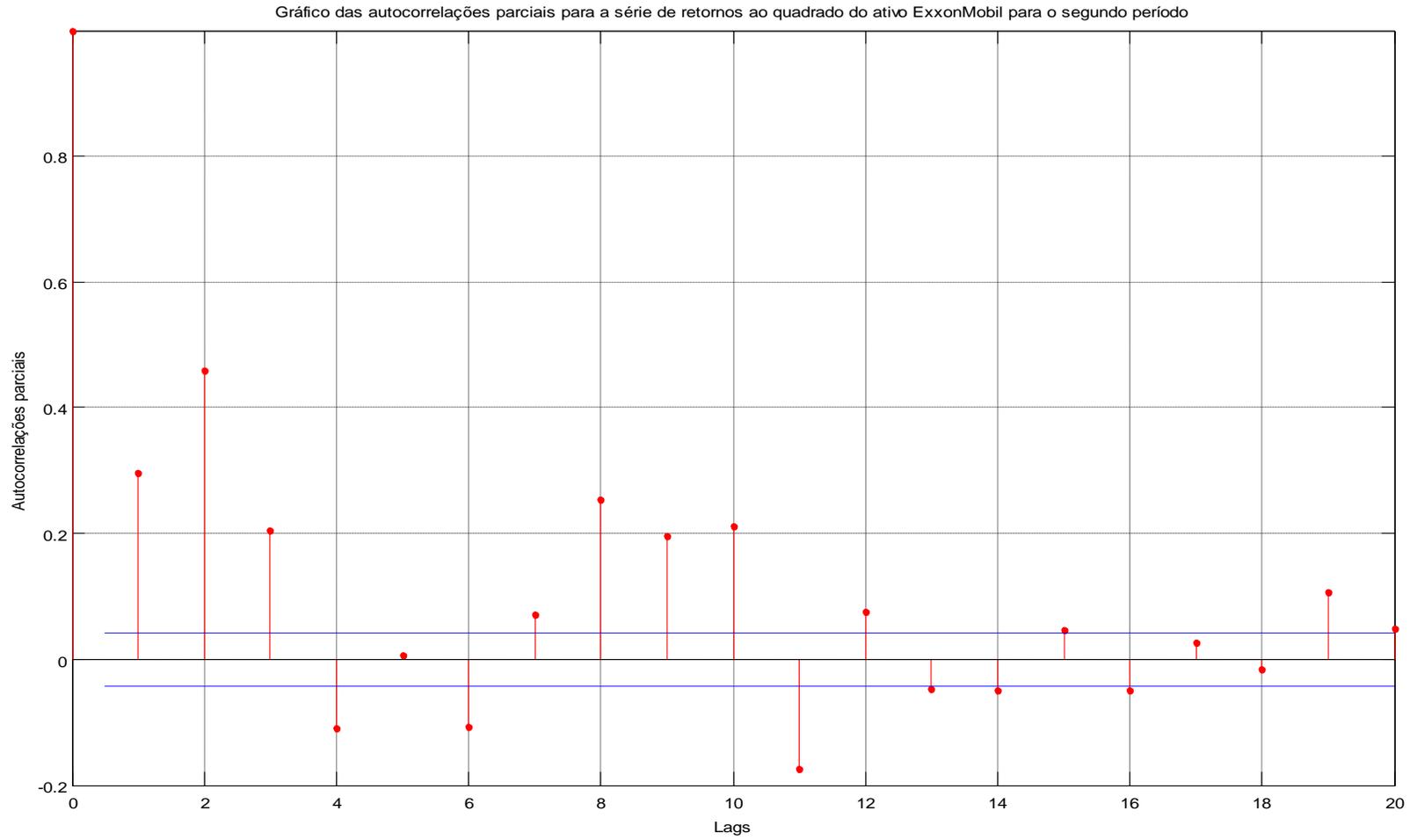


Gráfico 39 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da ExxonMobil para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

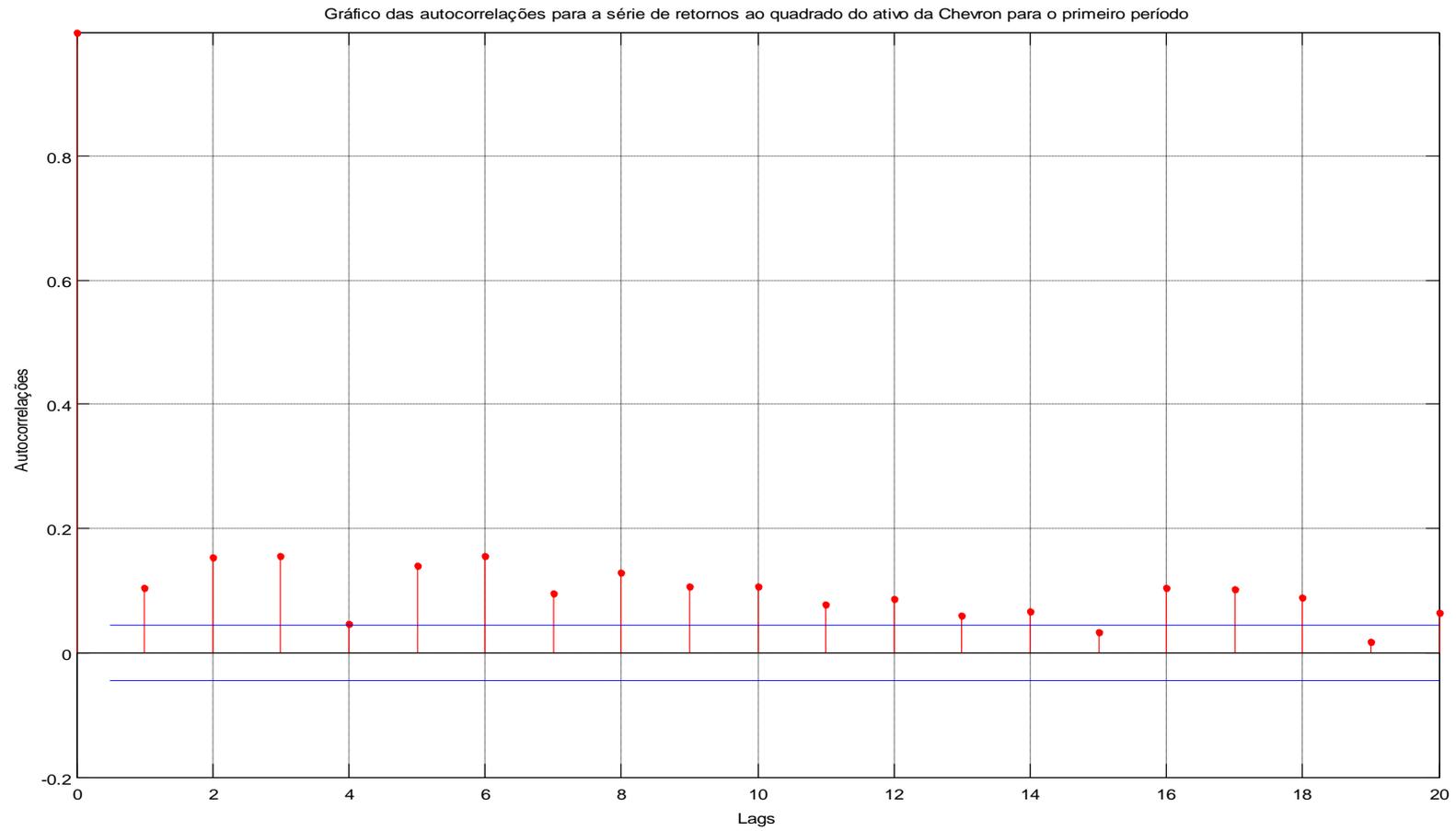


Gráfico 40 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Chevron para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

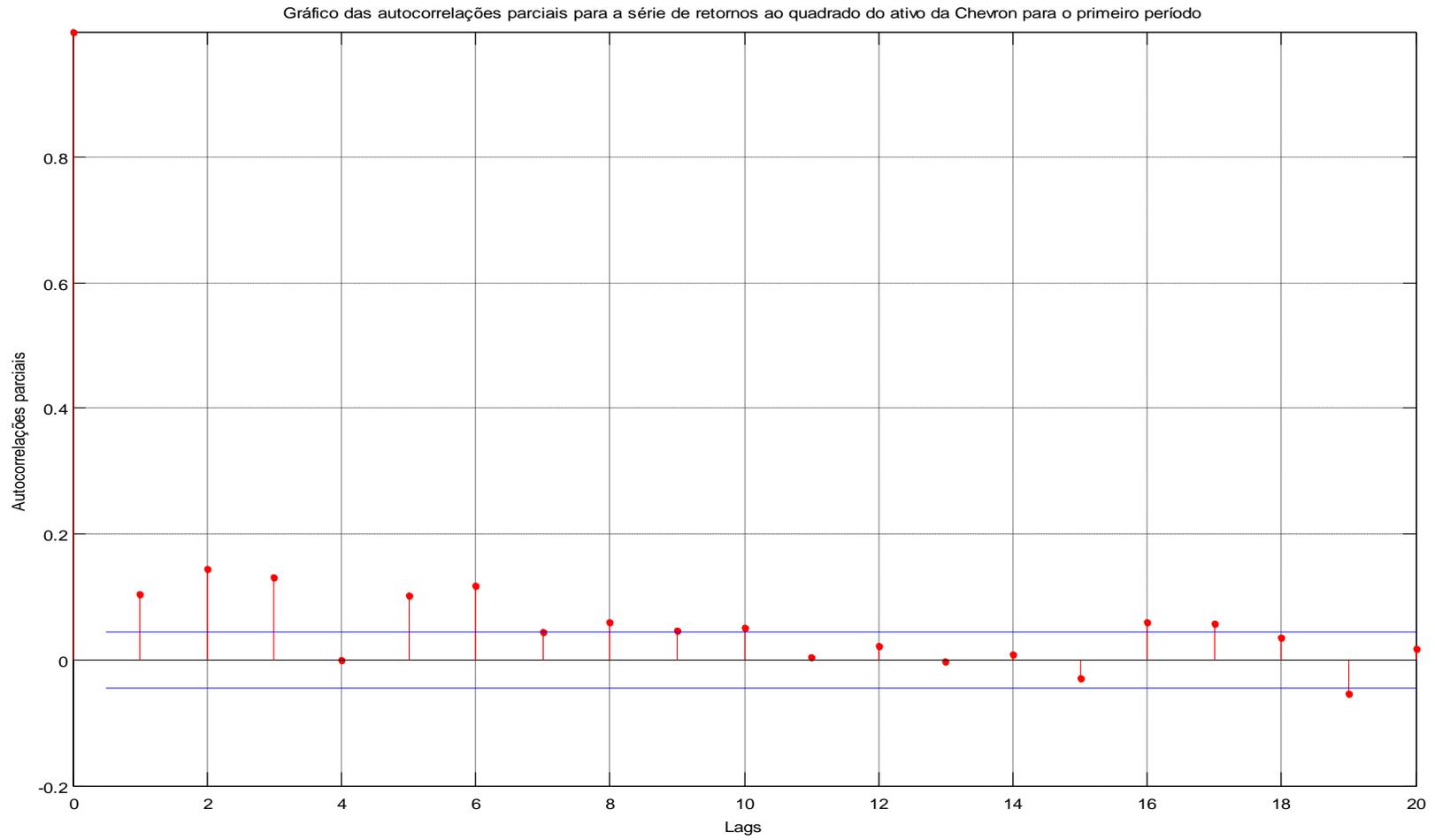


Gráfico 41 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Chevron para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

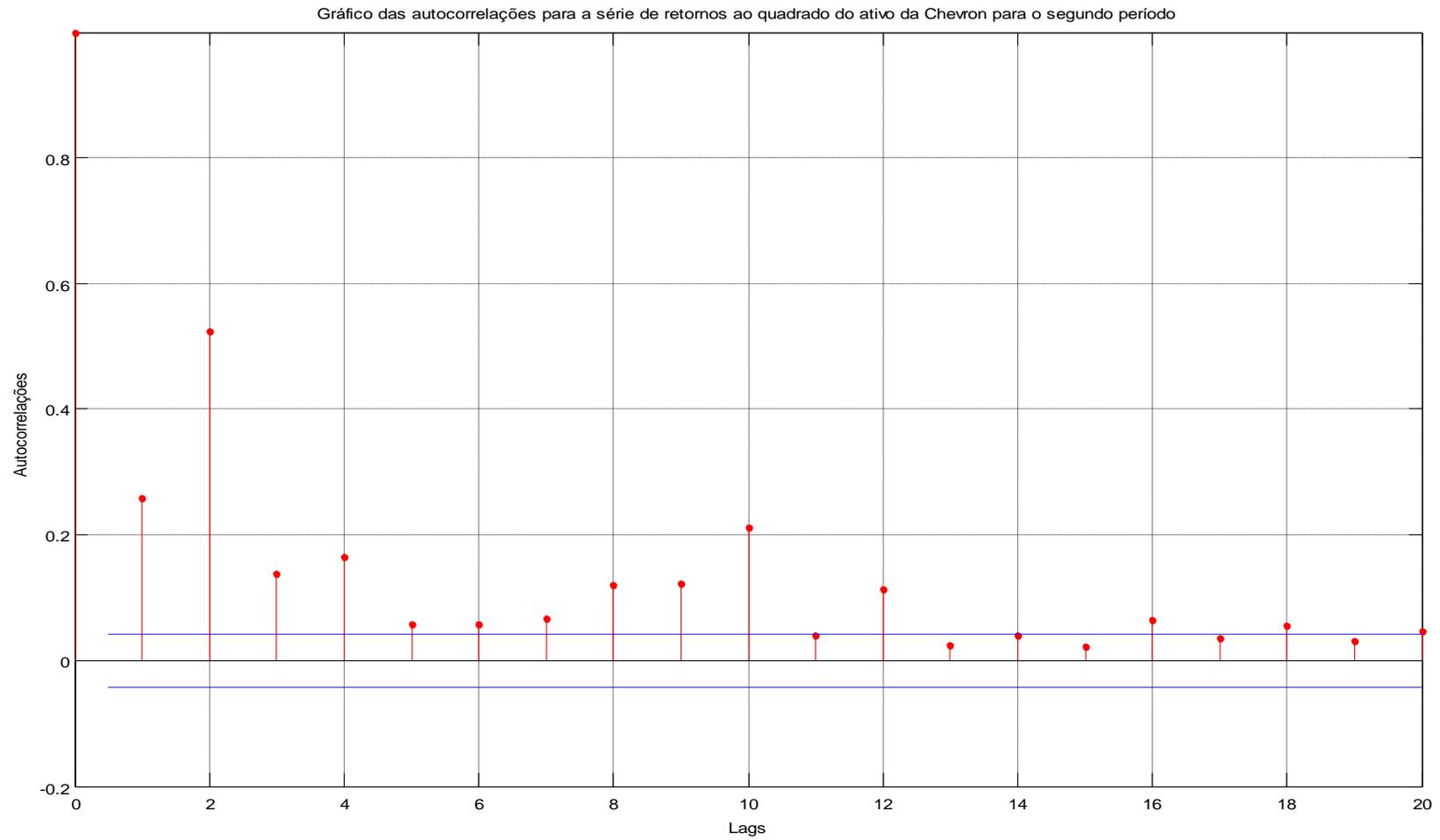


Gráfico 42 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Chevron para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

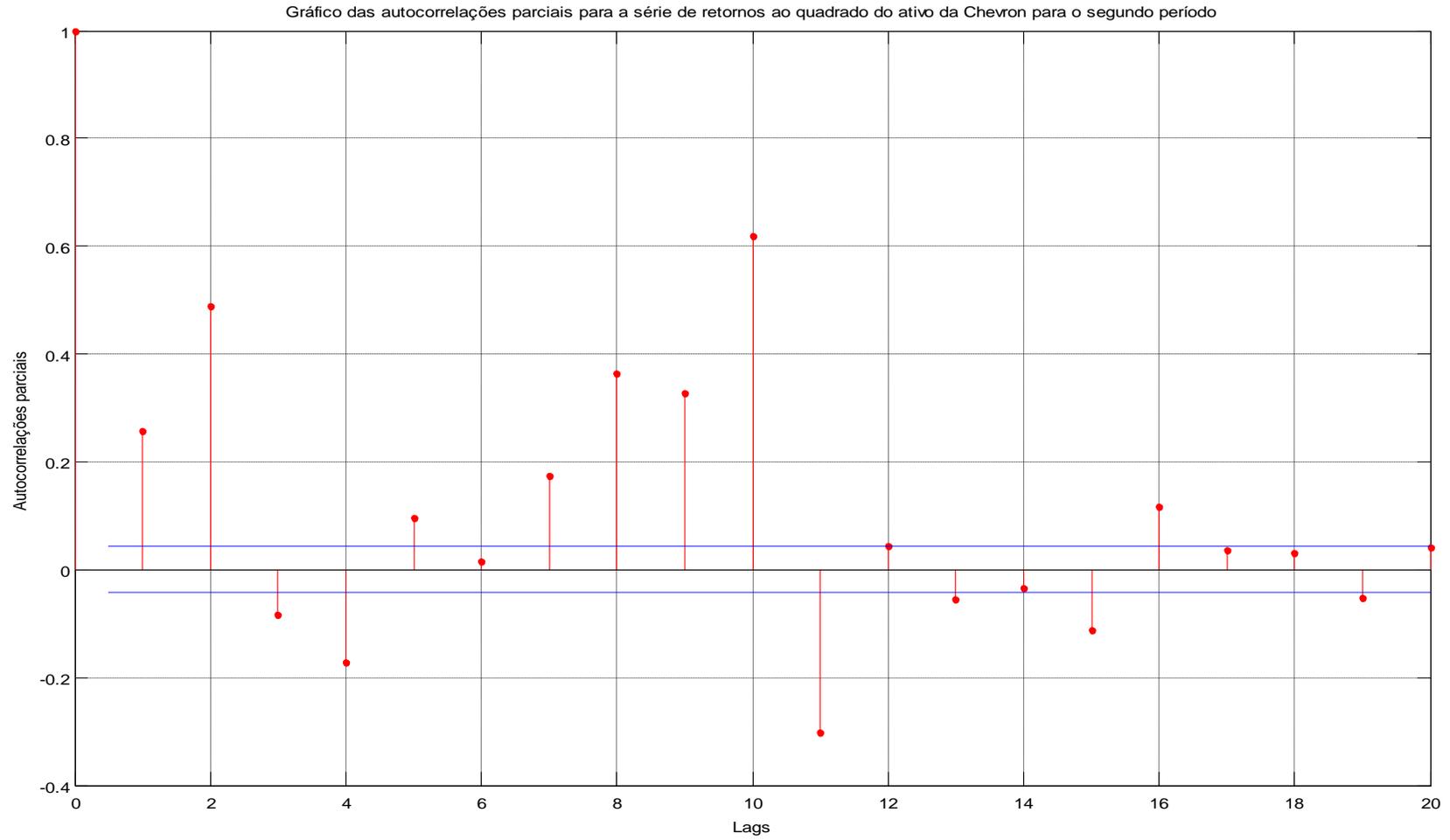


Gráfico 43 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Chevron para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

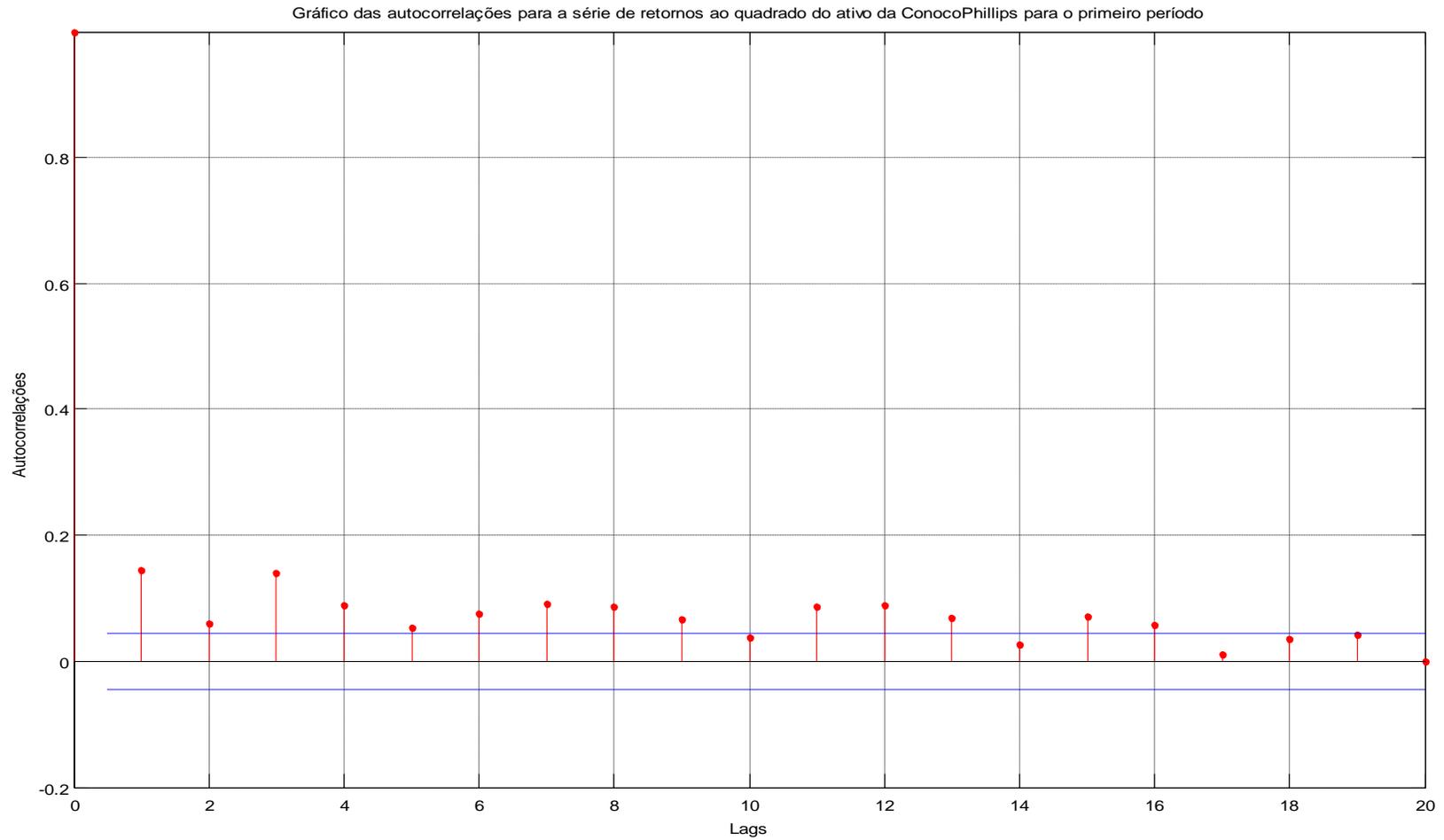


Gráfico 44 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da ConocoPhillips para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

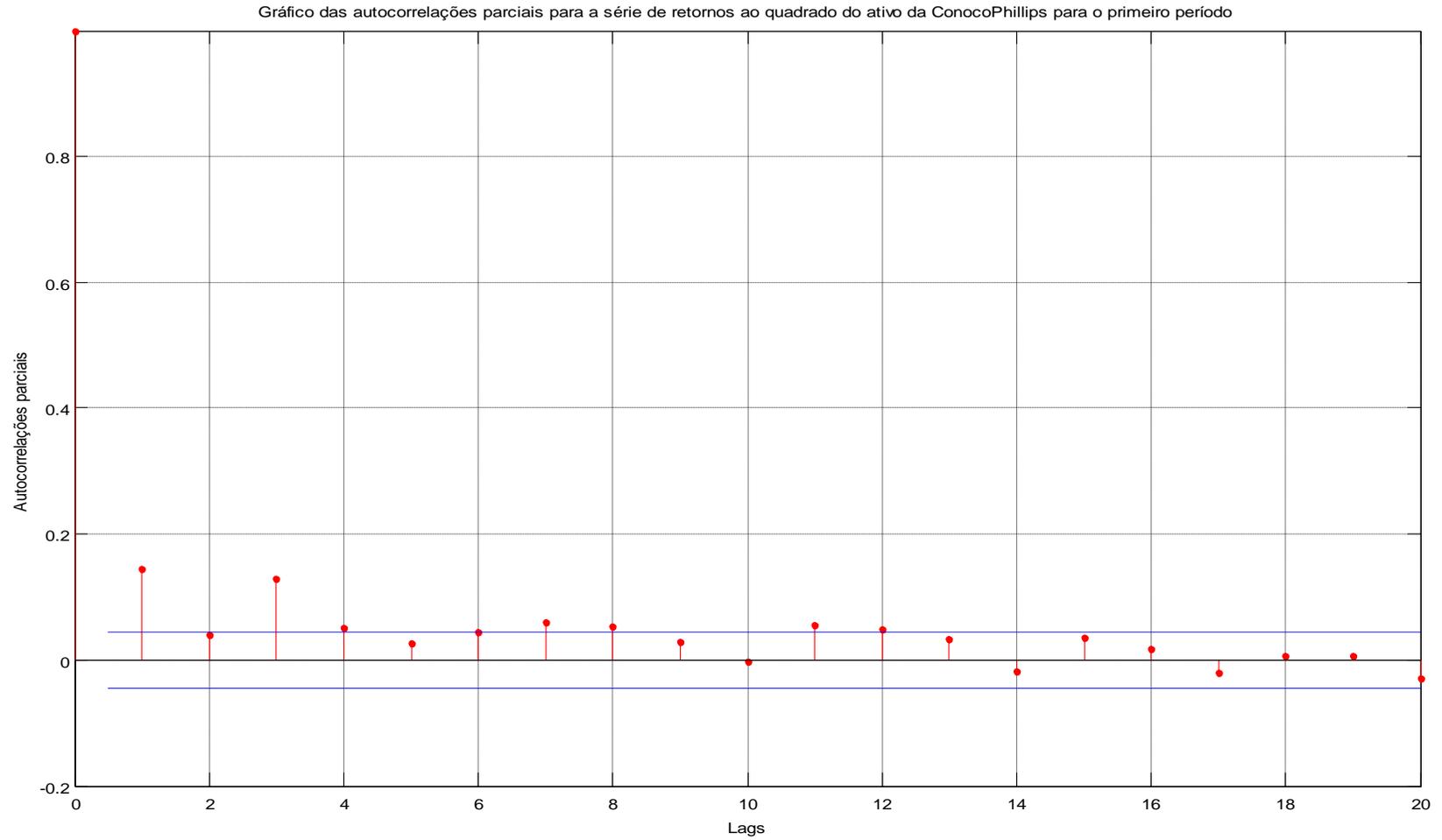


Gráfico 45 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da ConocoPhillips para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

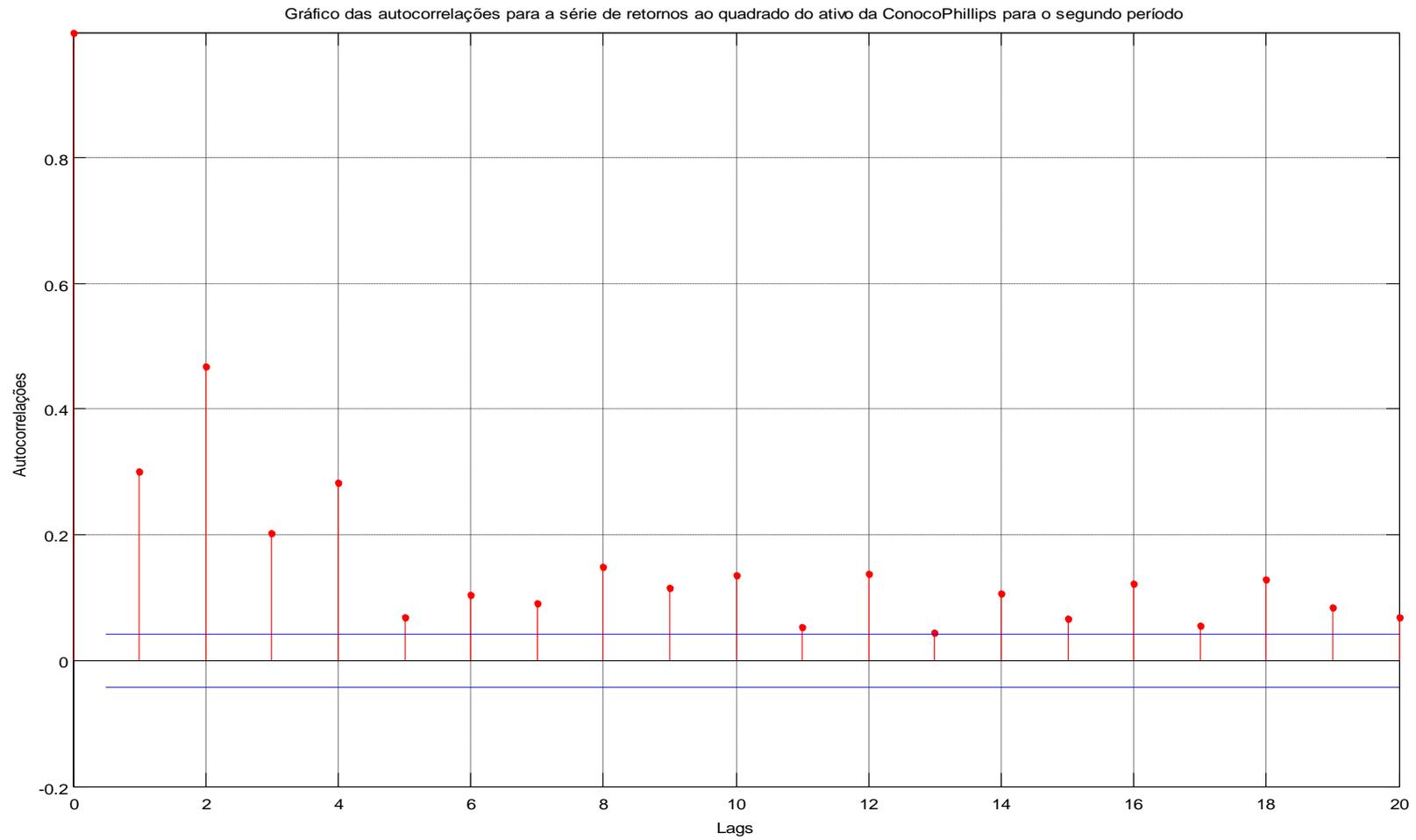


Gráfico 46 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da ConocoPhillips para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

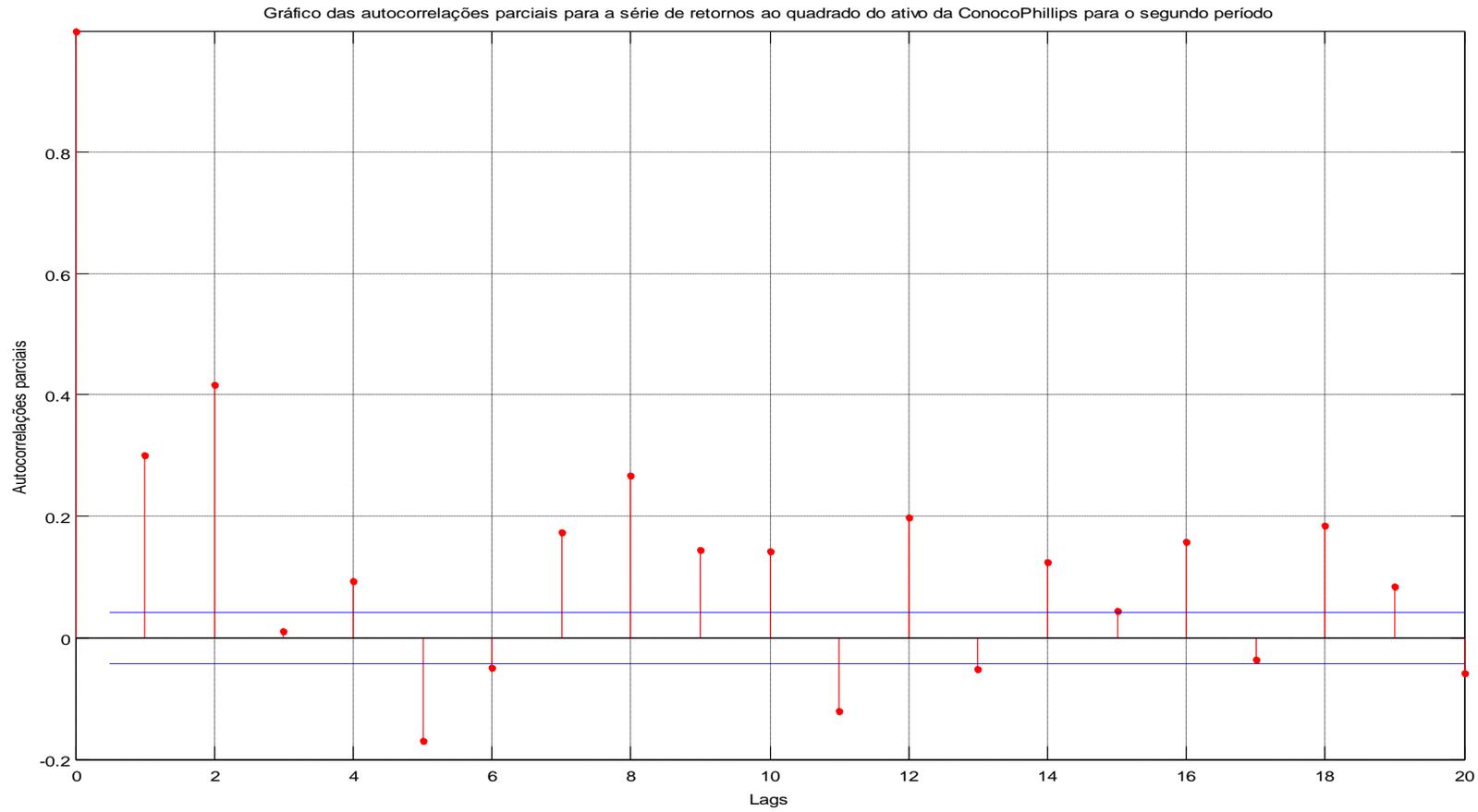


Gráfico 47 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da ConocoPhillips para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

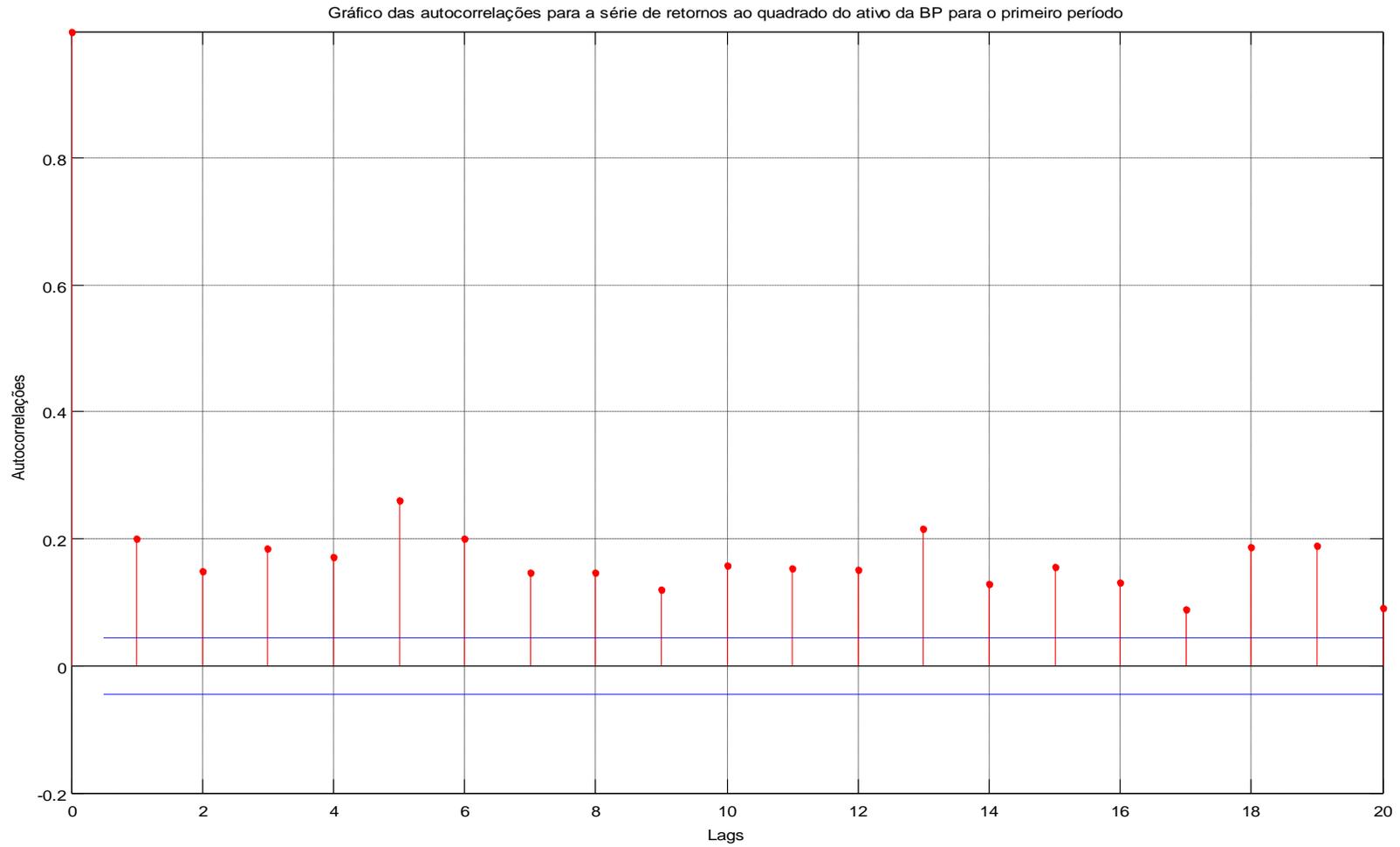


Gráfico 48 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da BP para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

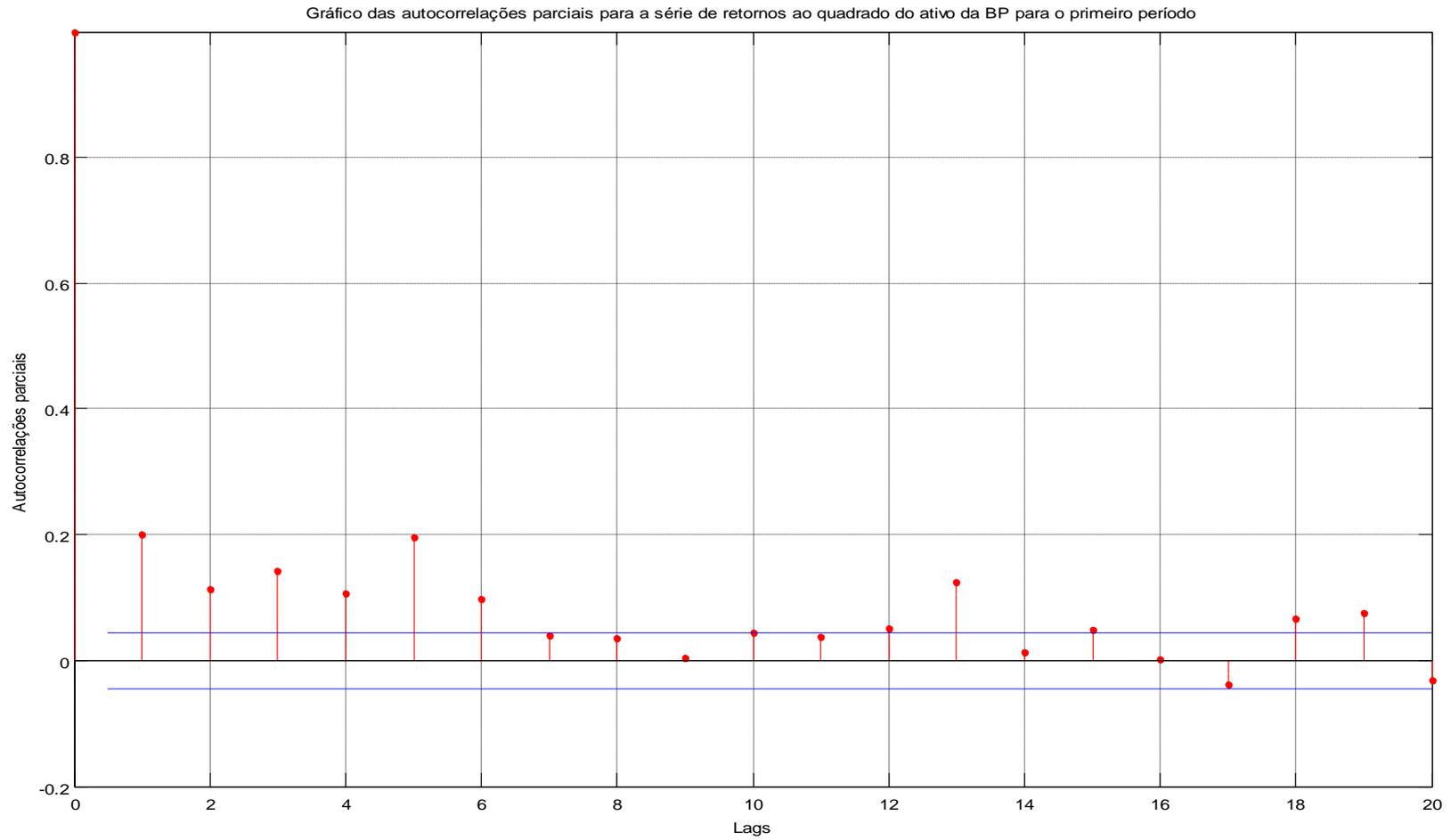


Gráfico 49 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da BP para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

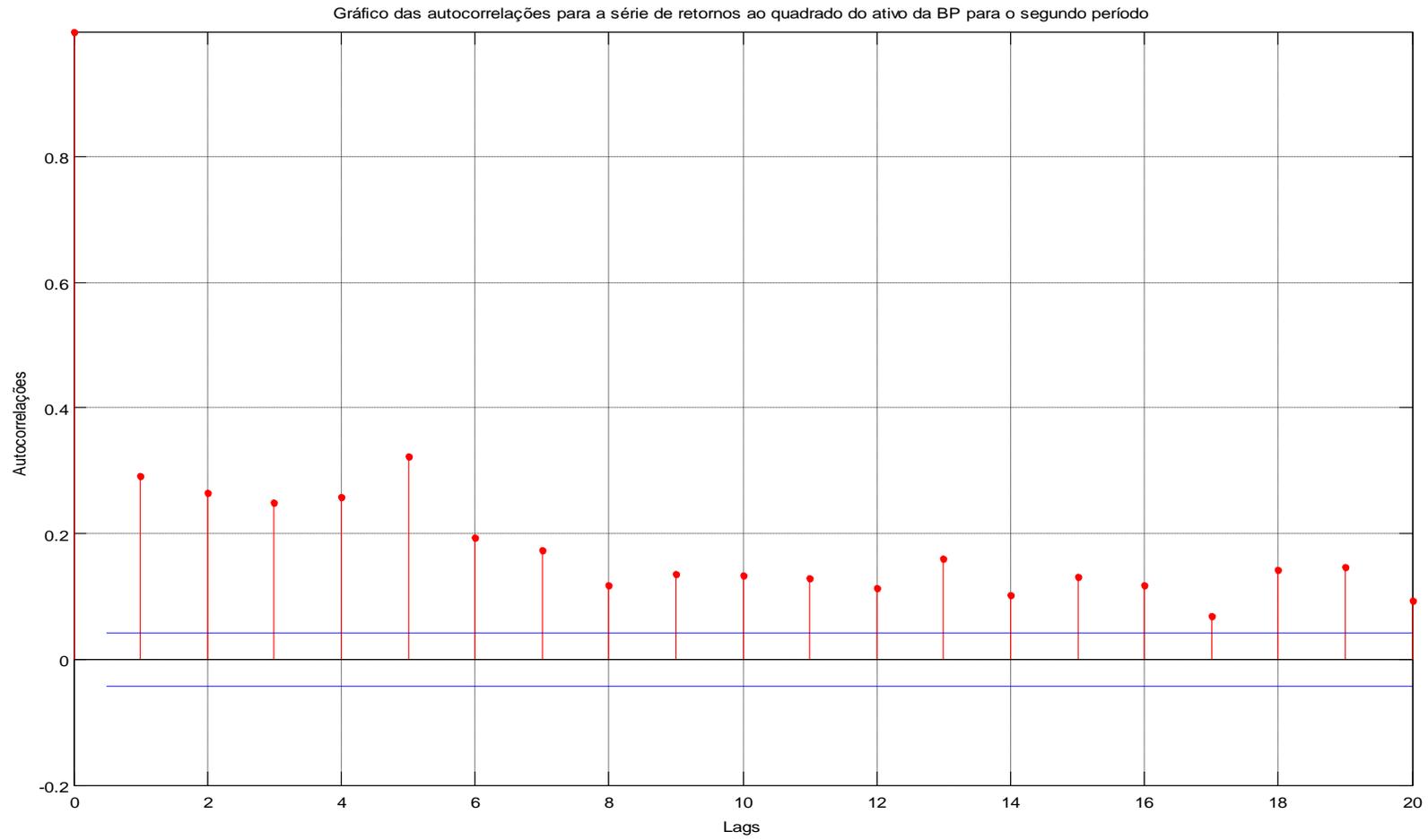


Gráfico 50 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da BP para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

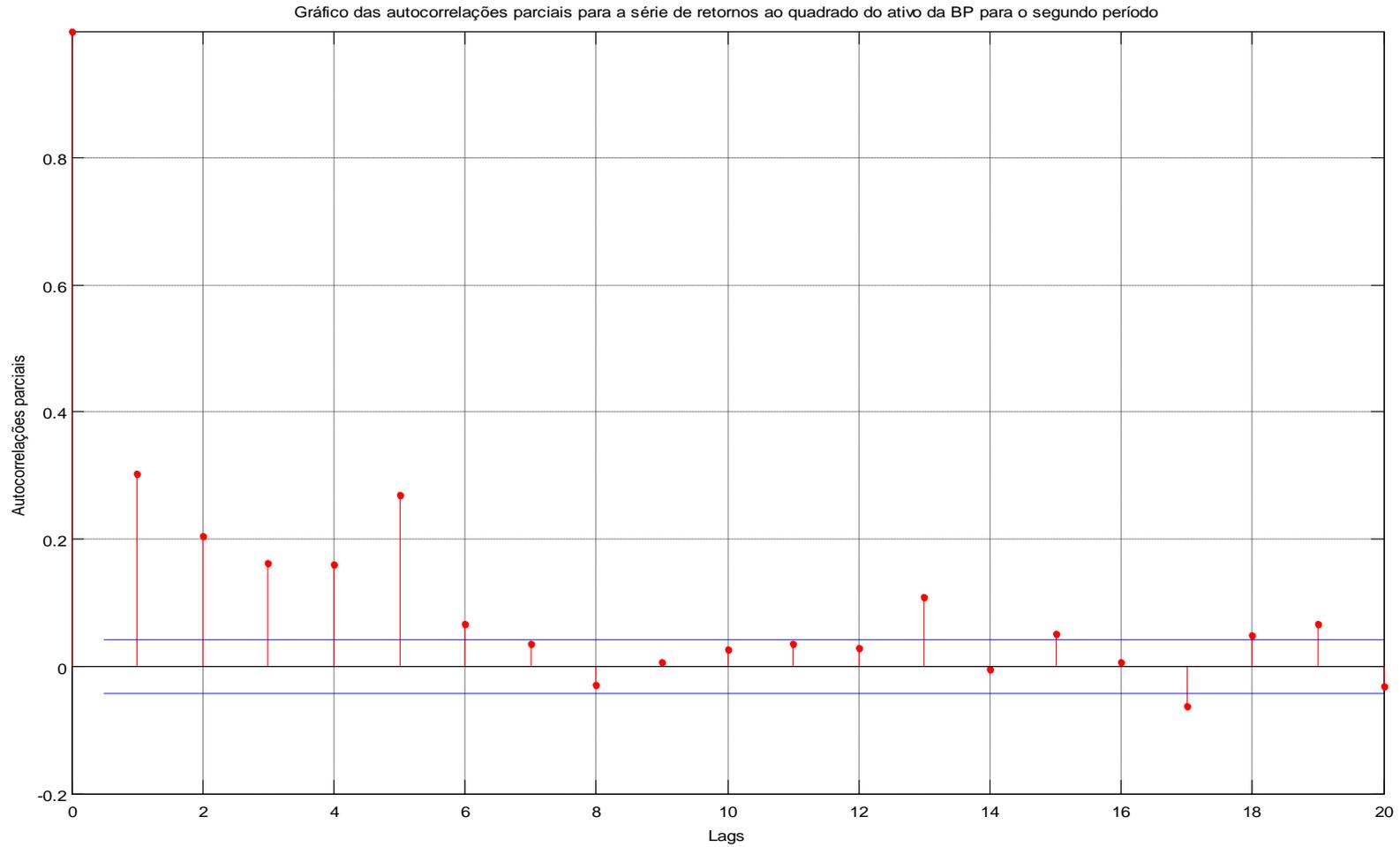


Gráfico 51 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da BP para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

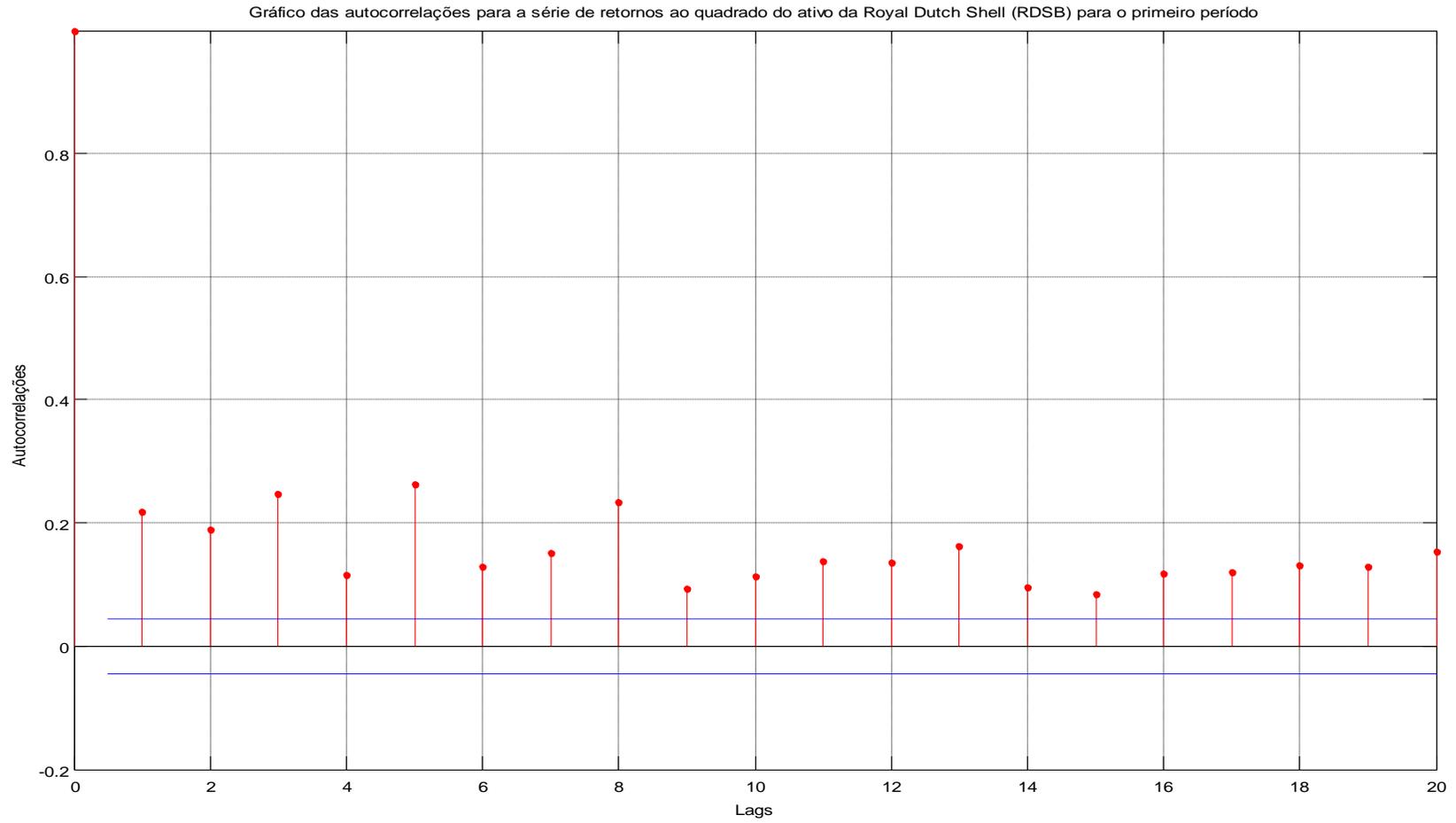


Gráfico 52 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Royal Dutch Shell para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

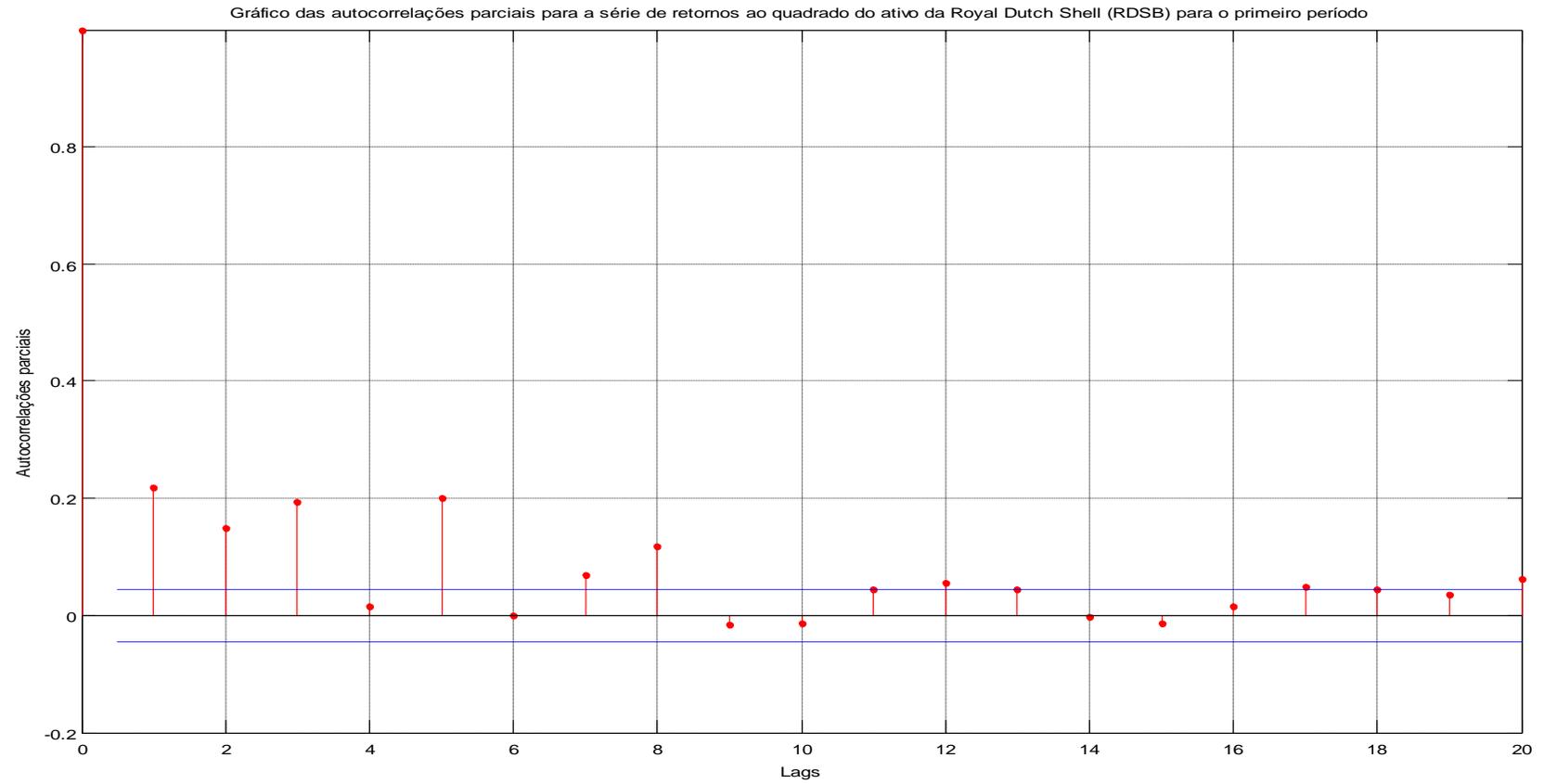


Gráfico 53 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Royal Dutch Shell para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

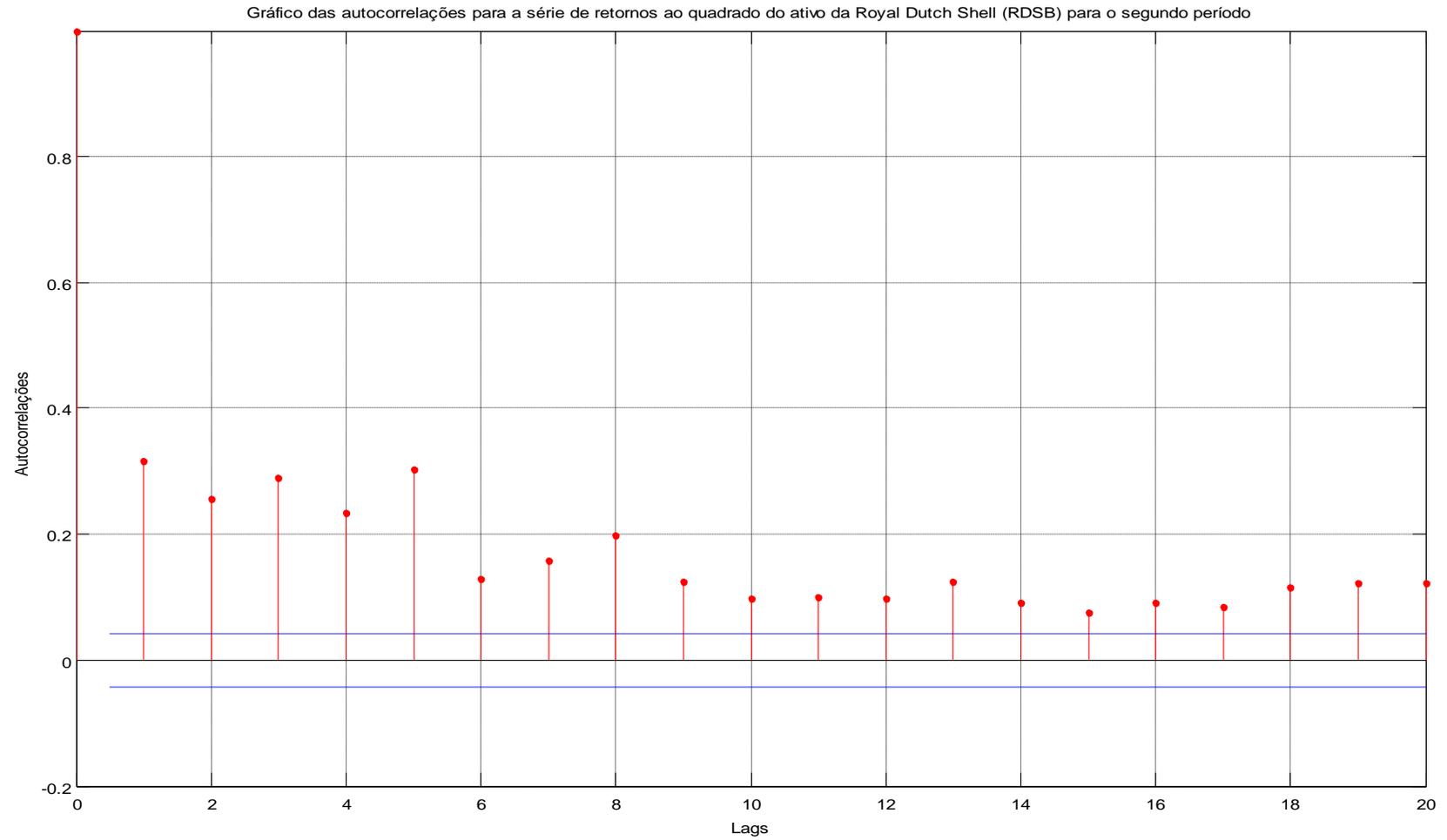


Gráfico 54 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Royal Dutch Shell para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

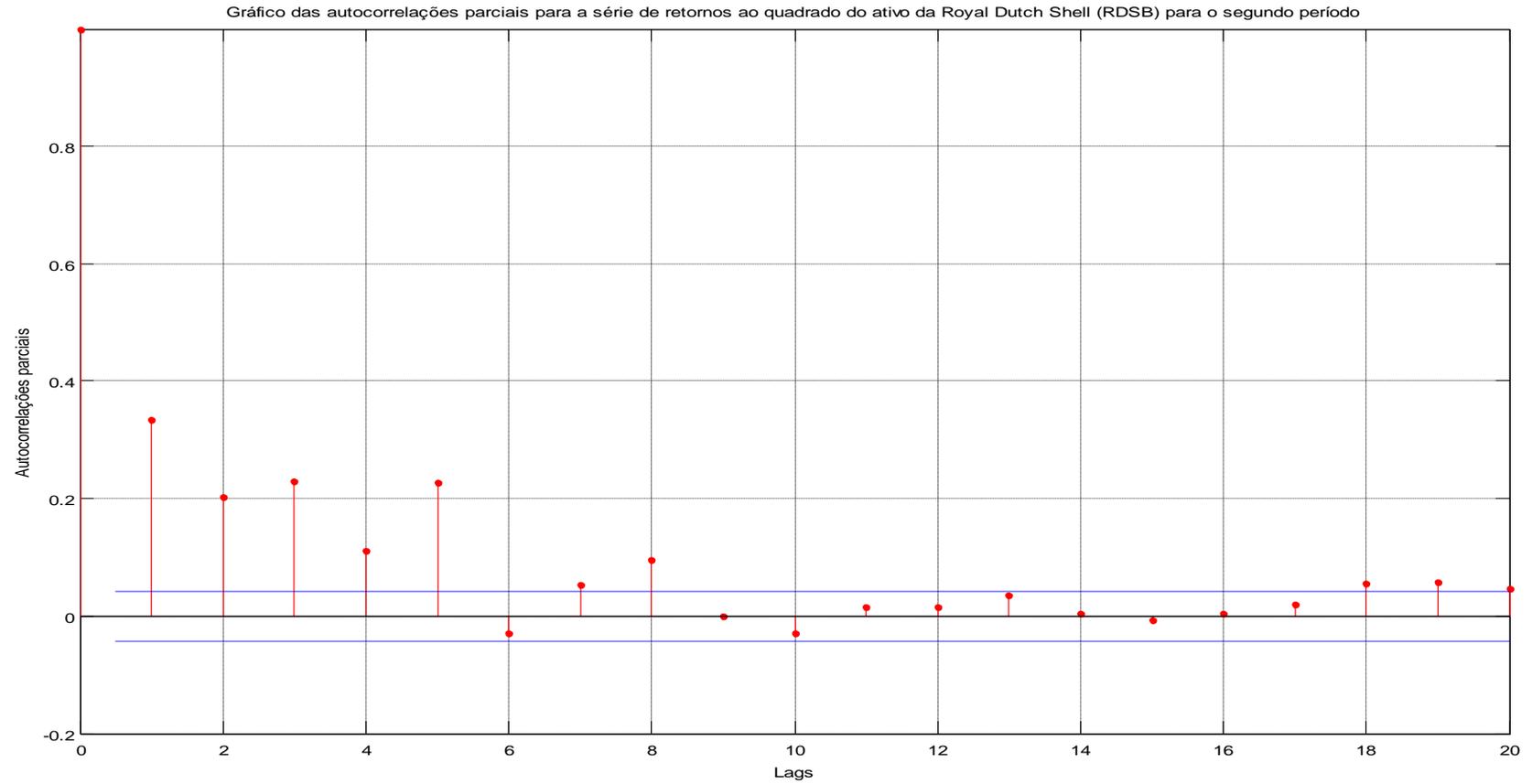


Gráfico 55 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Royal Dutch Shell para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

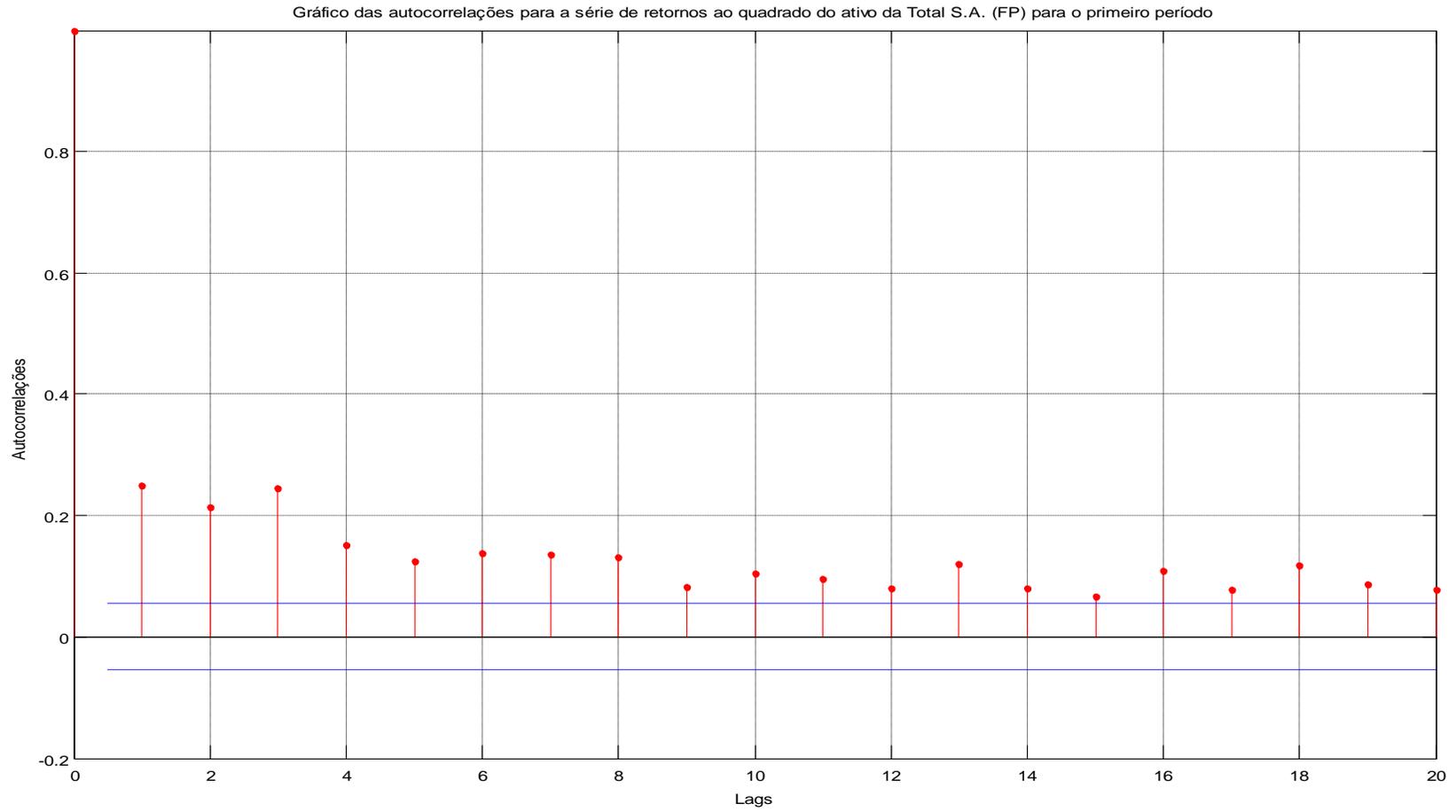


Gráfico 56 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Total S.A para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

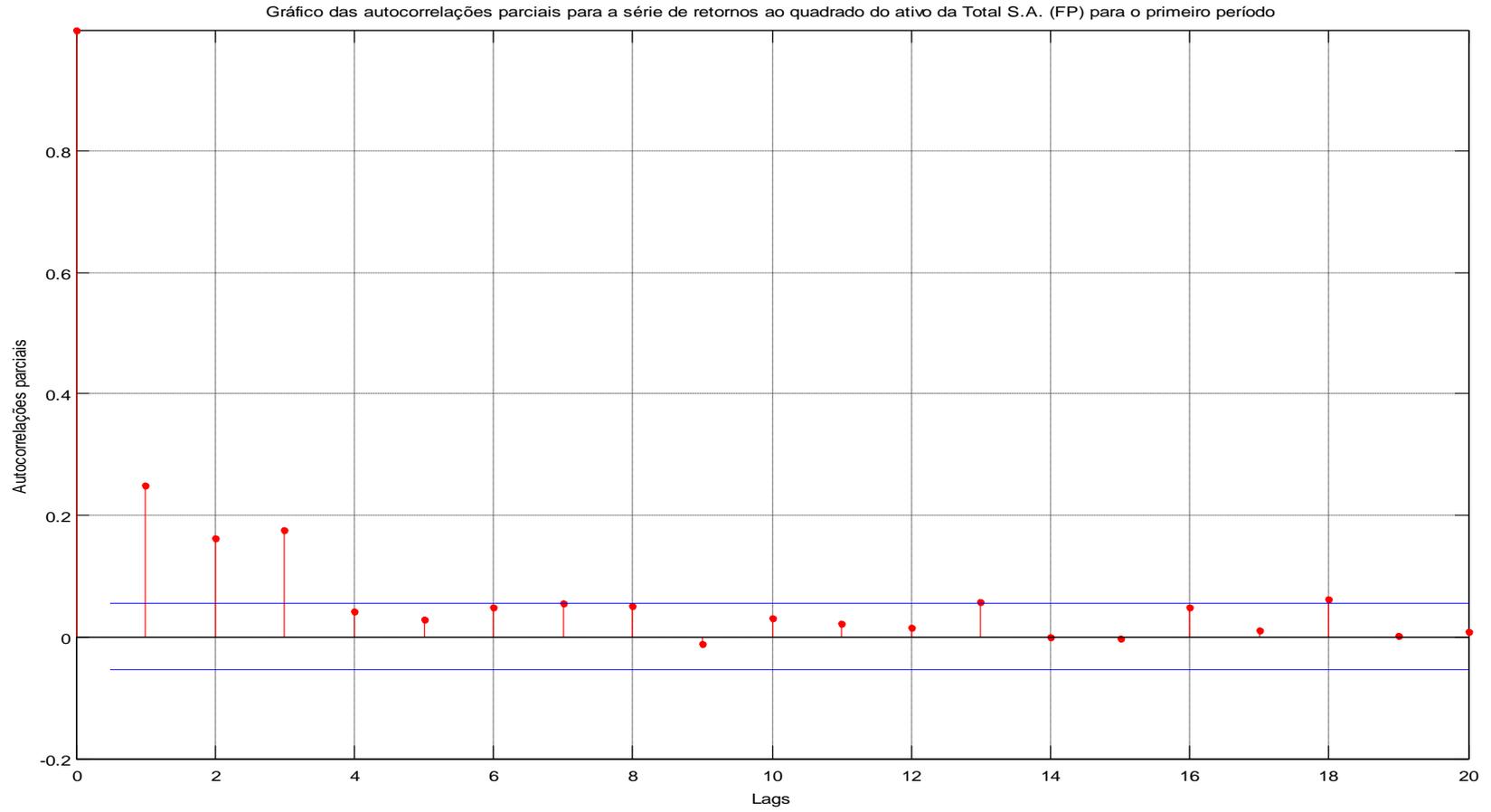


Gráfico 57 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Total S.A para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

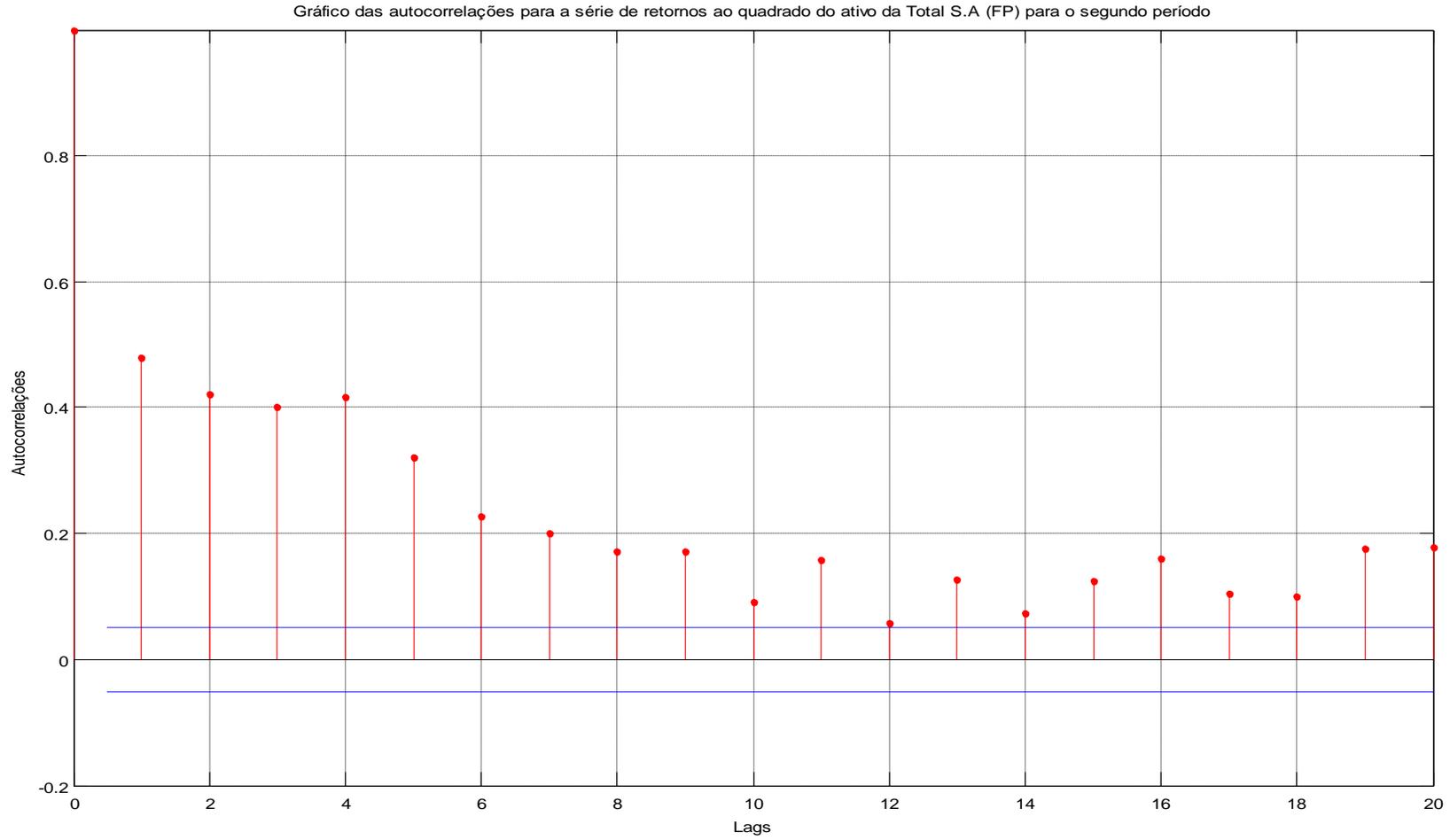


Gráfico 58 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Total S.A para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

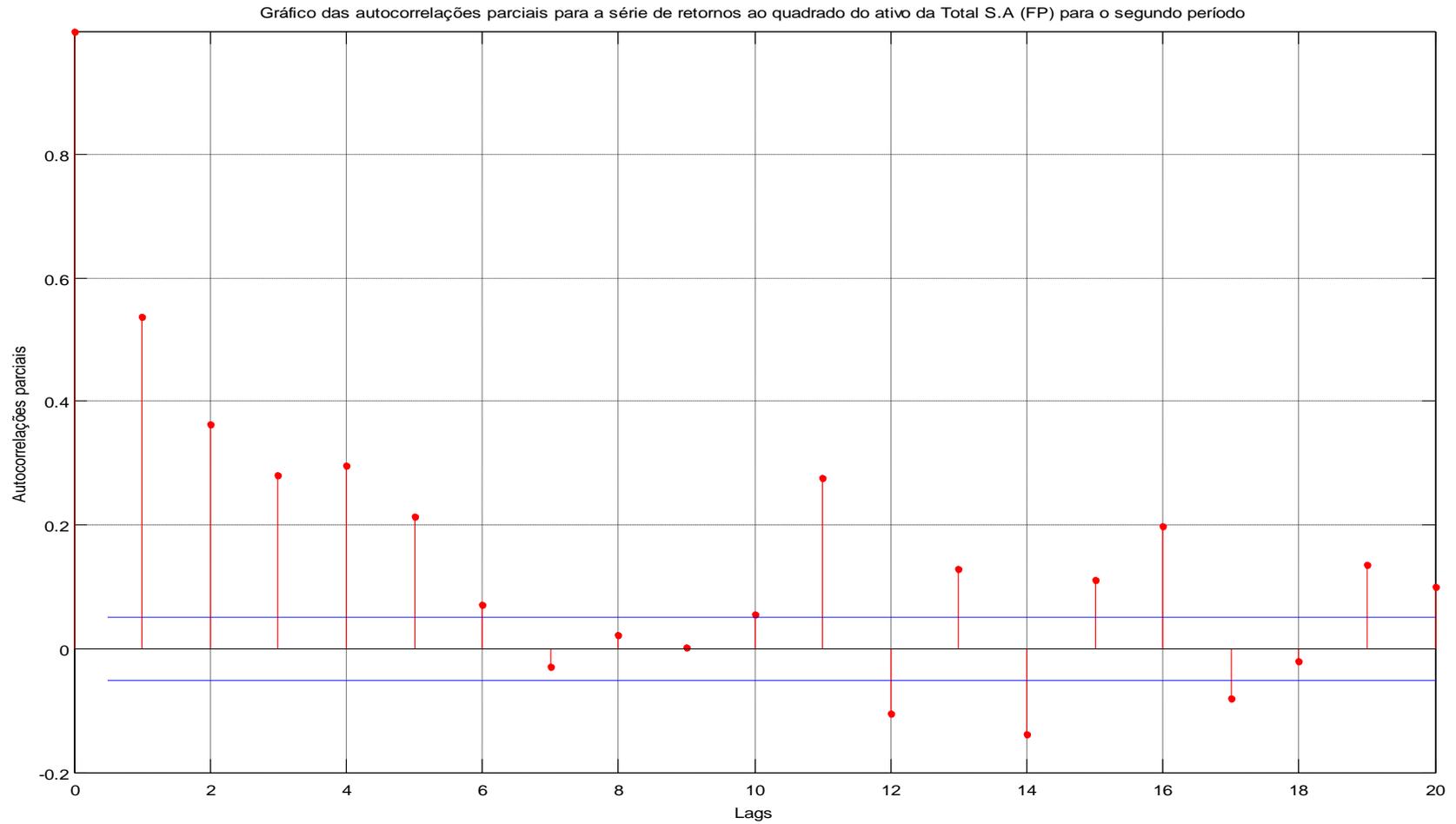


Gráfico 59 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Total S.A para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

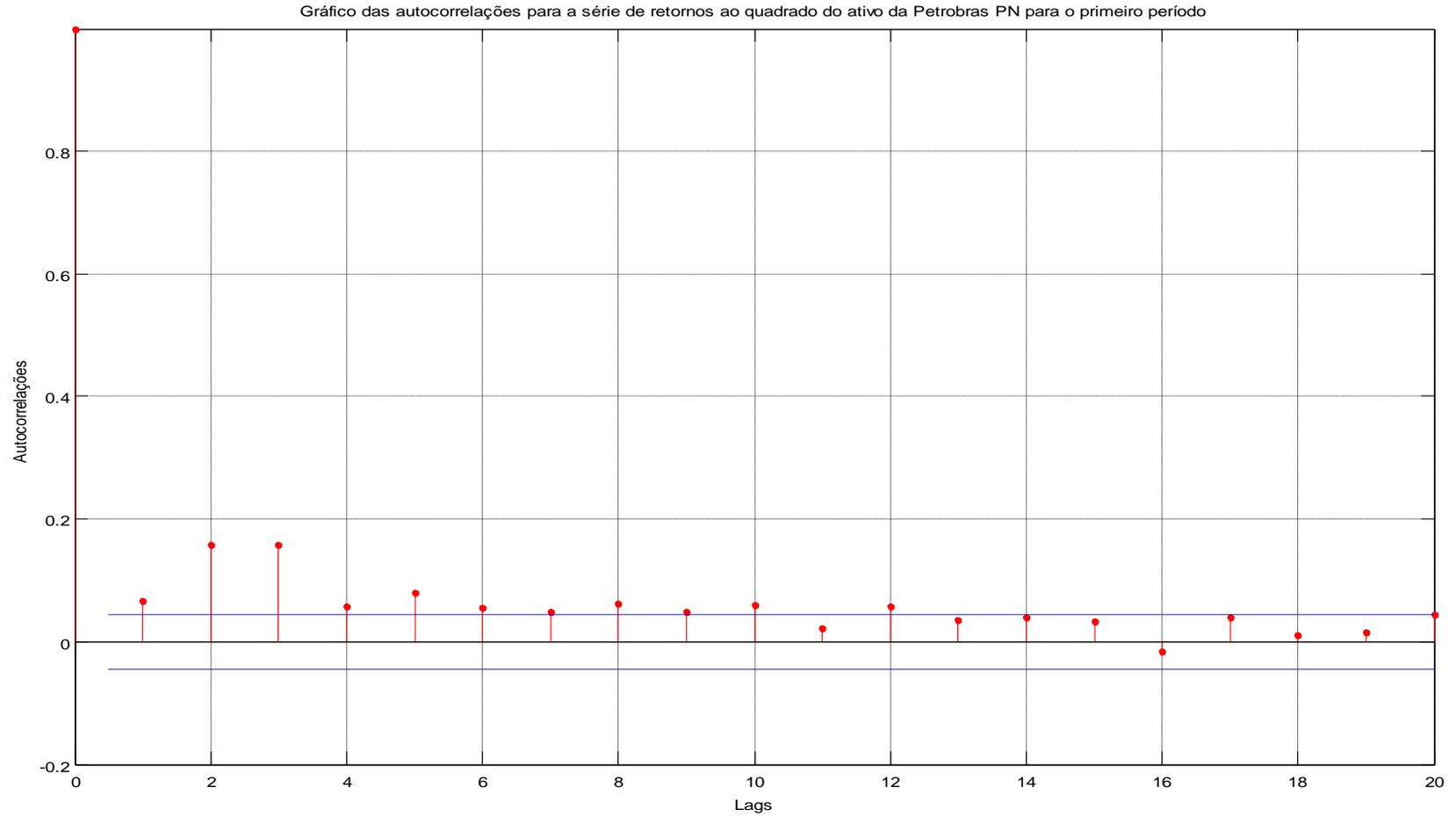


Gráfico 60 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrobras para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

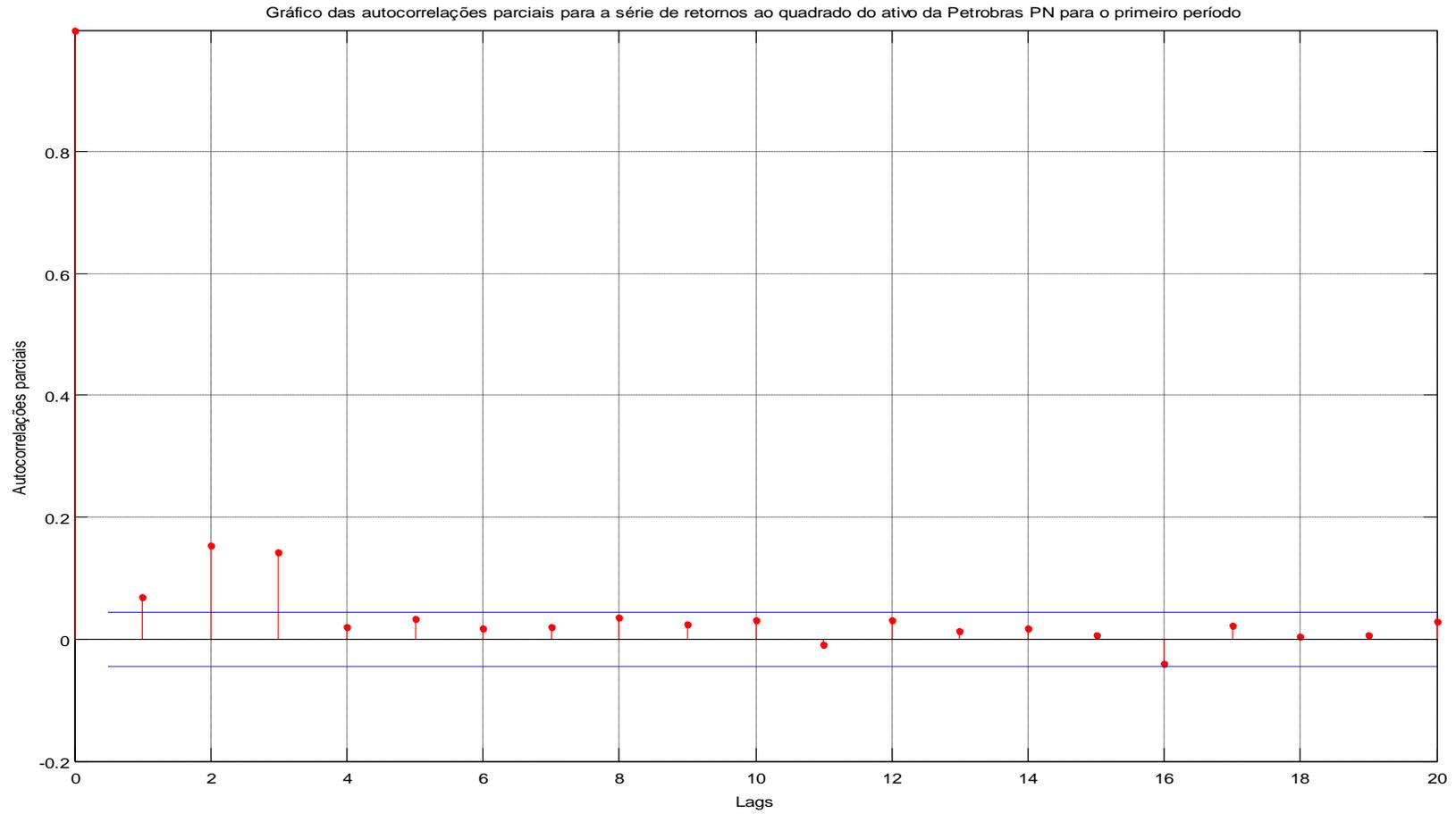


Gráfico 61 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrobras para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

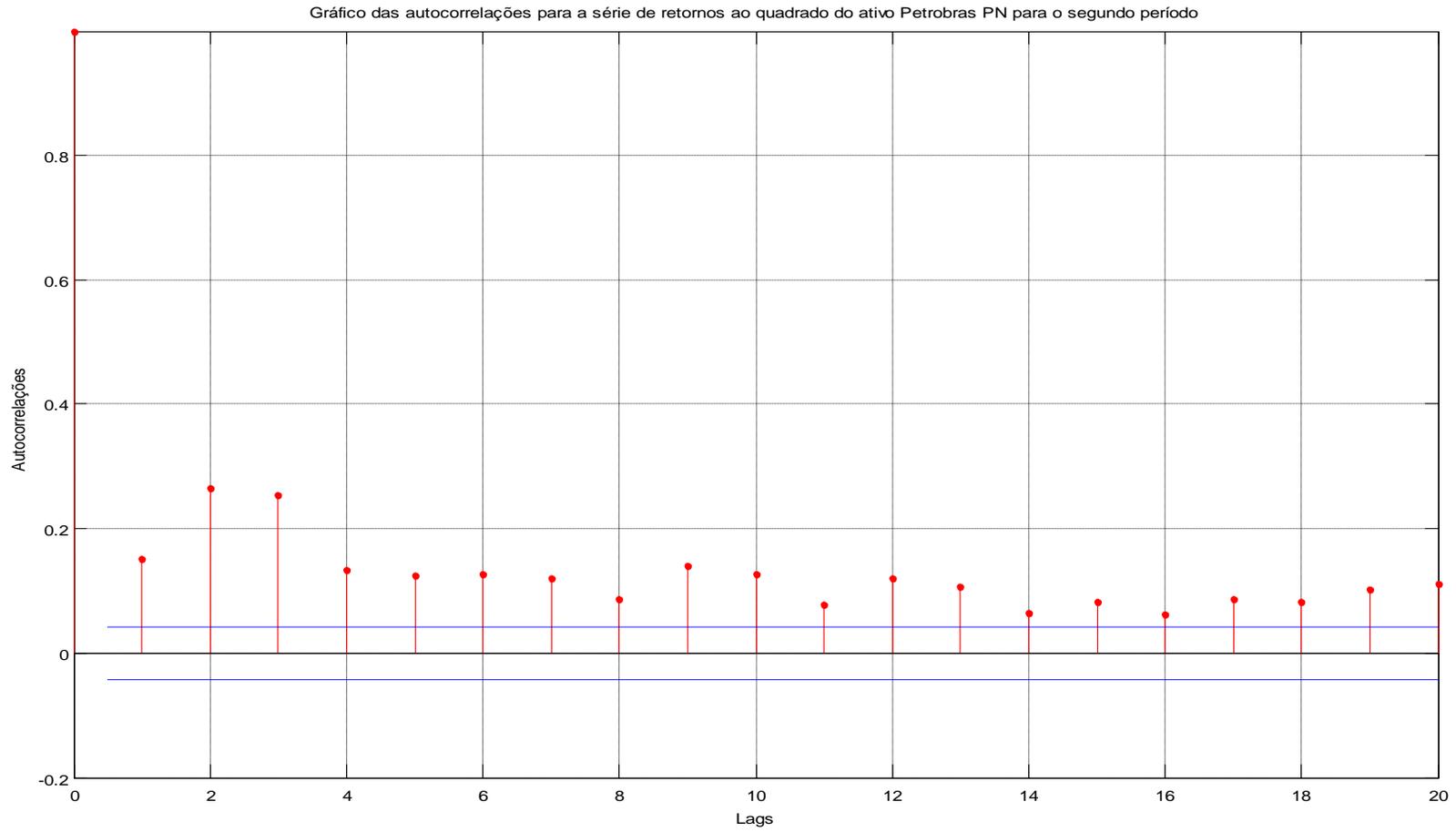


Gráfico 62 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrobras para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

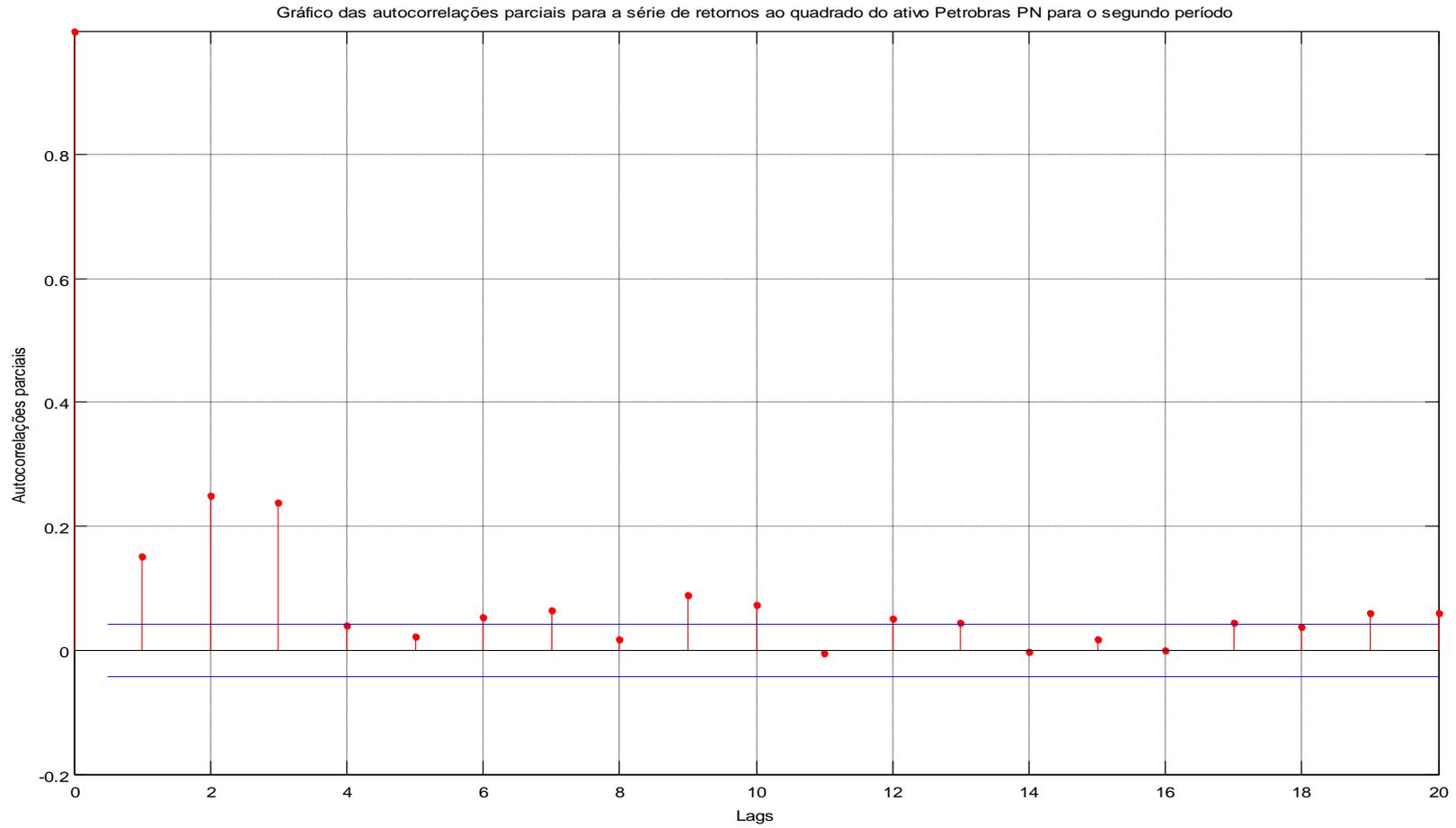


Gráfico 63 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrobras para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

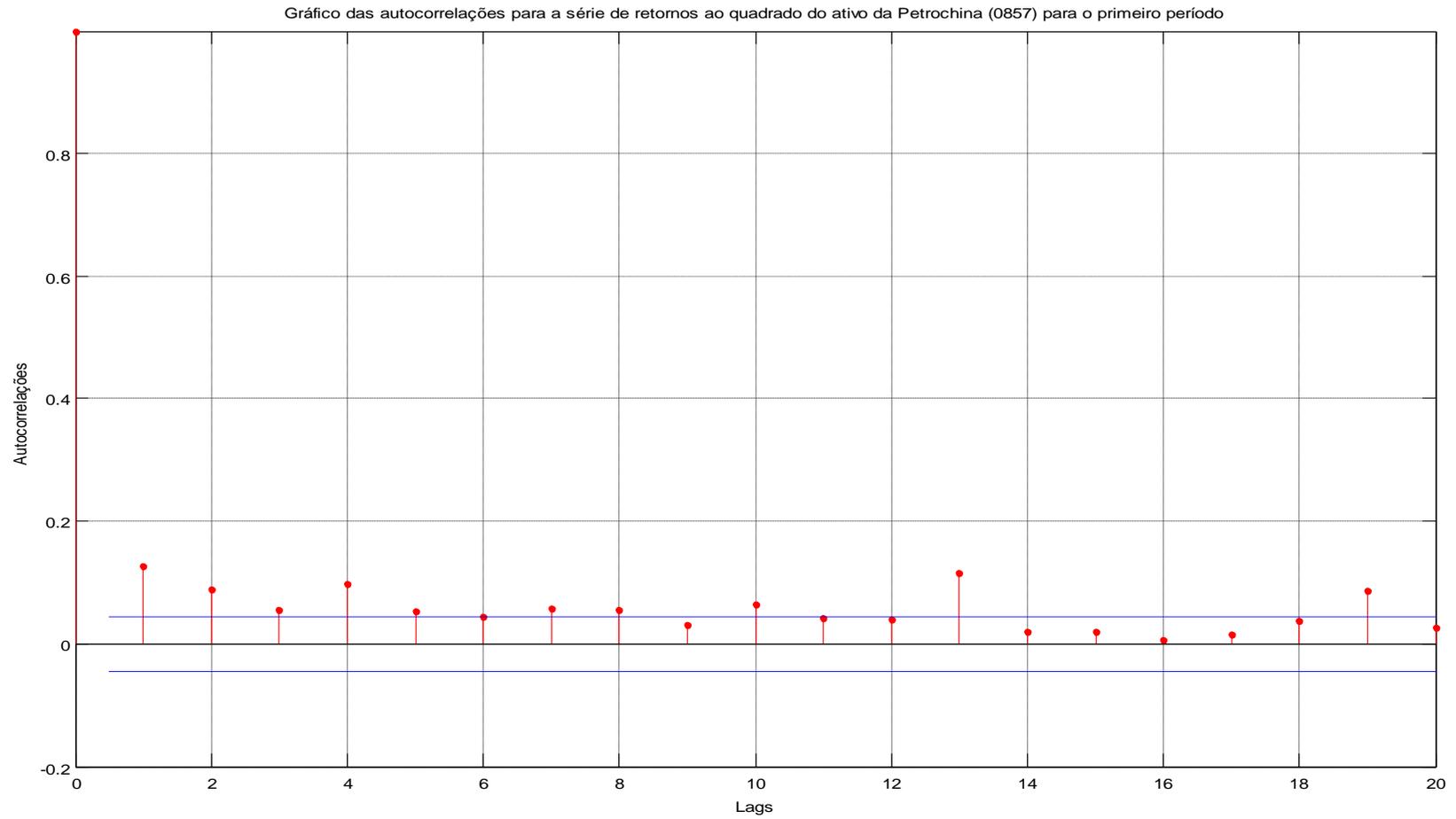


Gráfico 64 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrochina para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

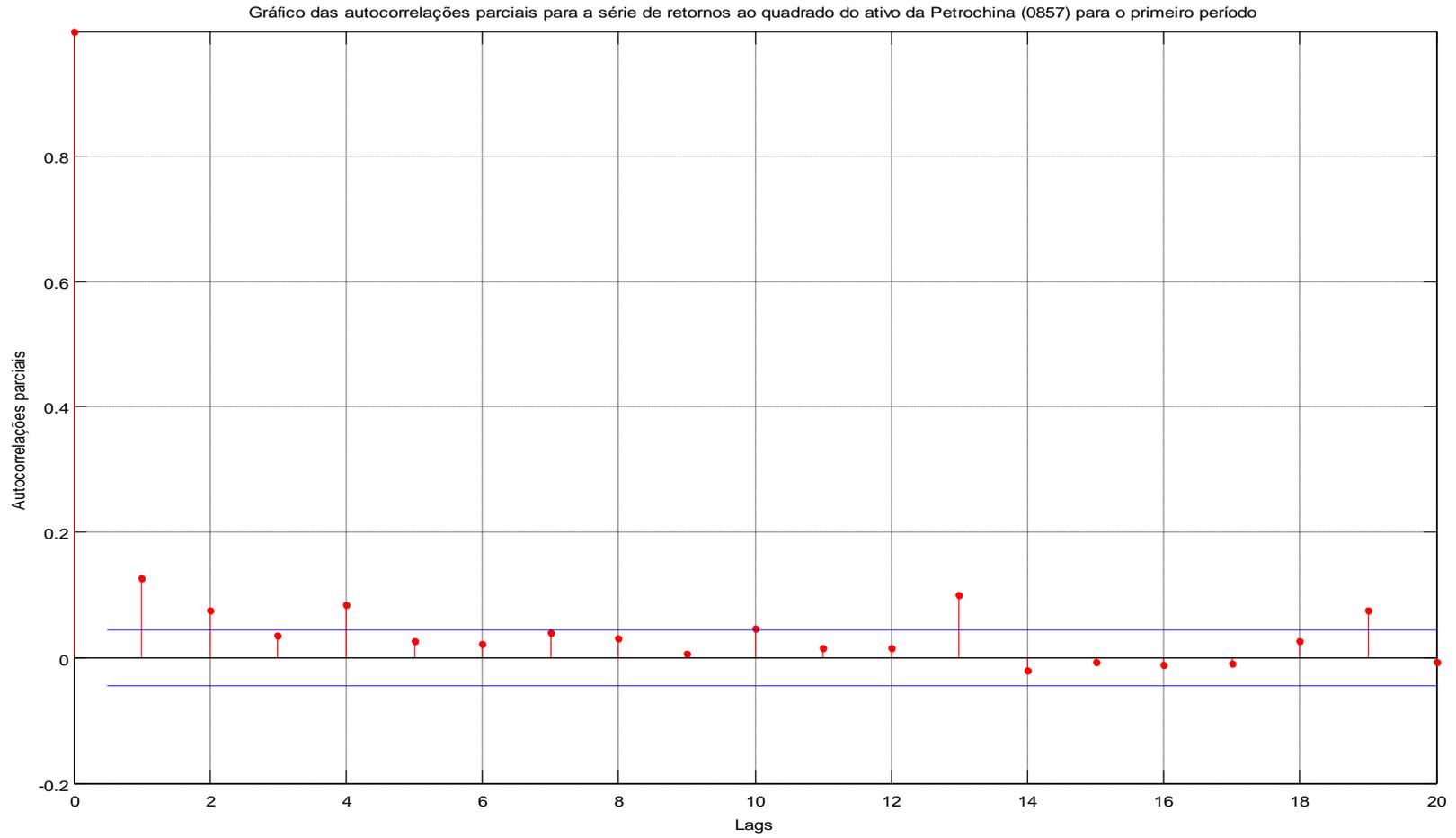


Gráfico 65 – Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrochina para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

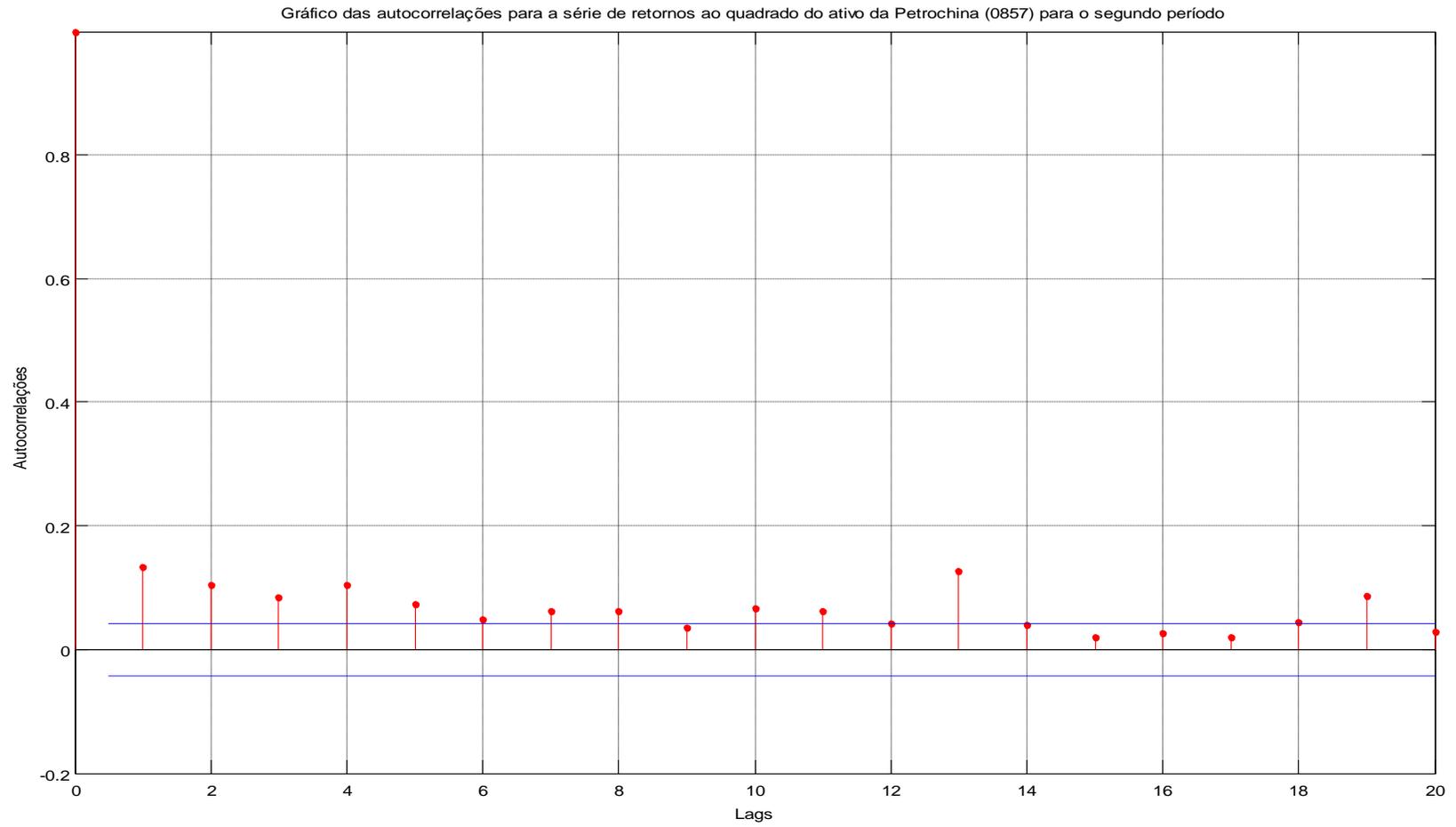


Gráfico 66 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrochina para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

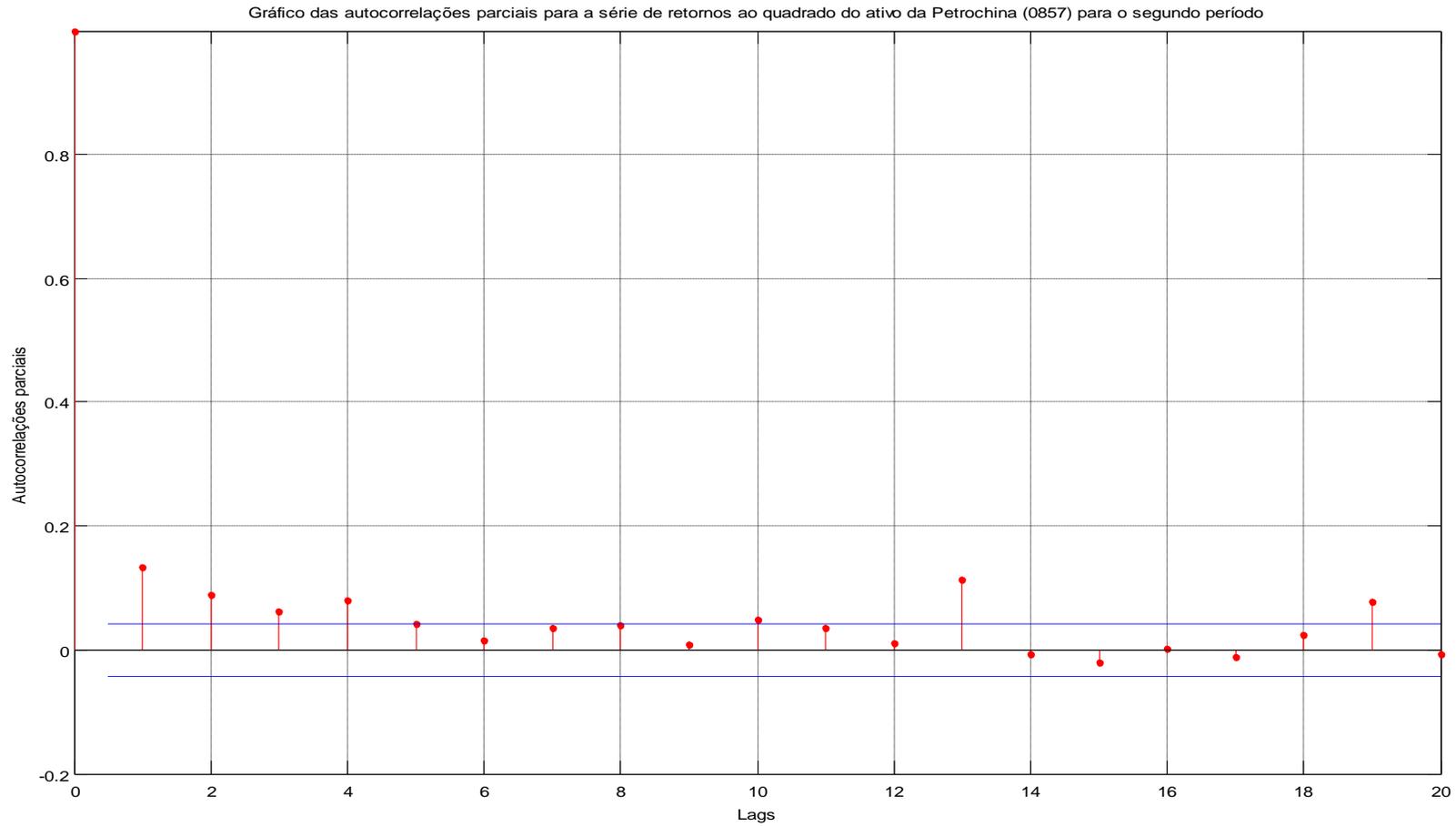


Gráfico 67 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Petrochina para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

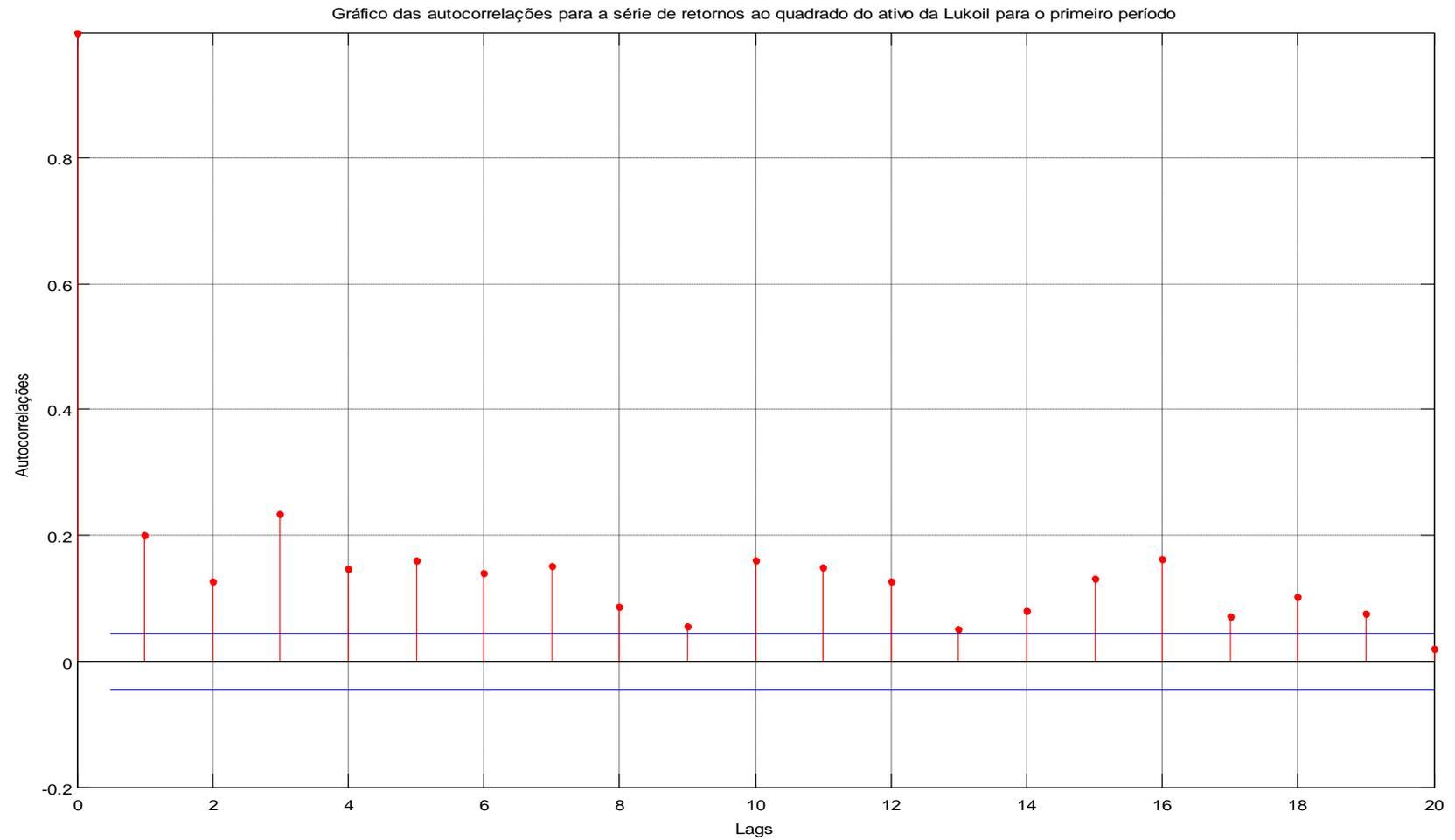


Gráfico 68 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Lukoil para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

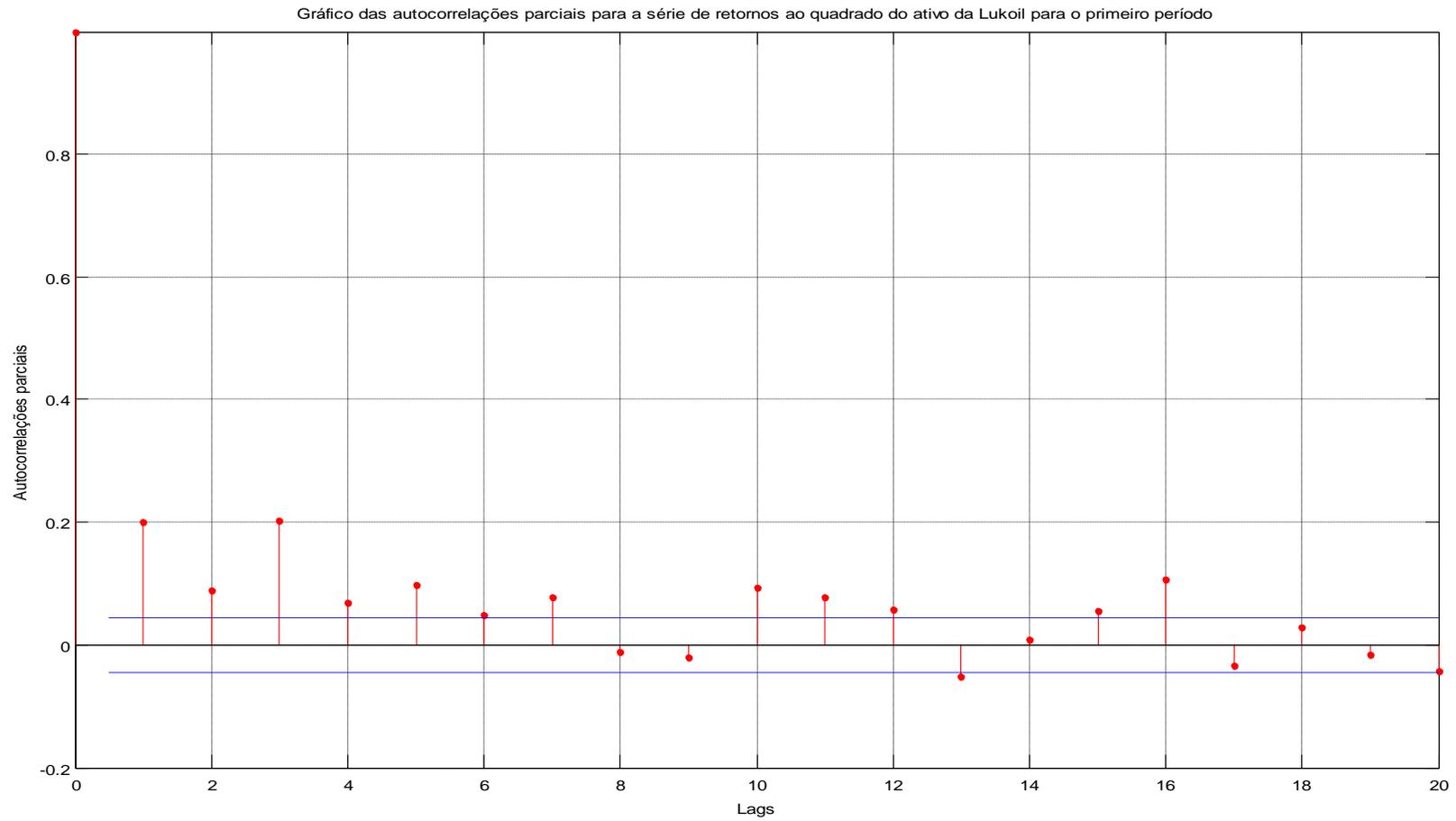


Gráfico 69 – Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Lukoil para o primeiro período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

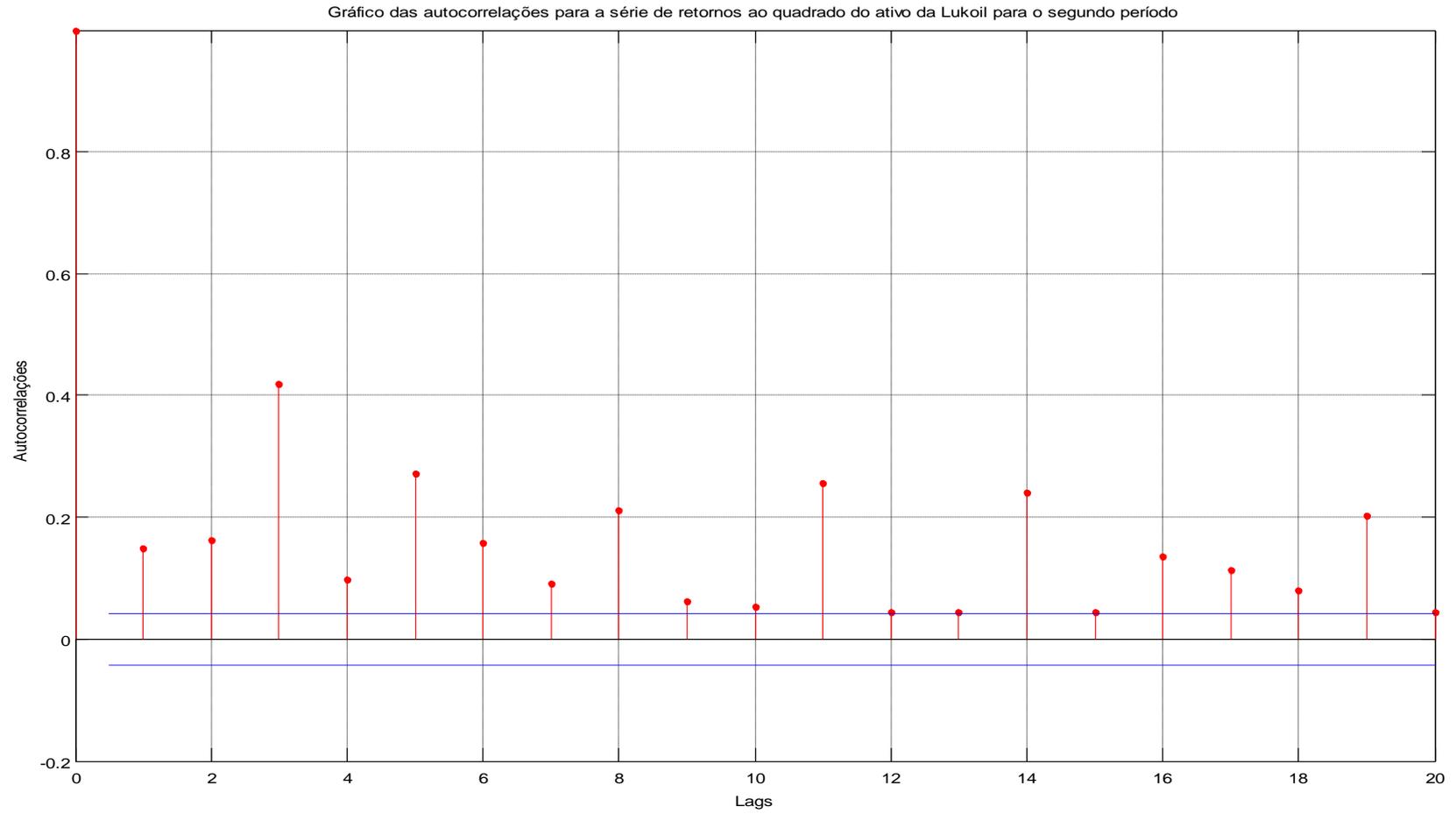


Gráfico 70 - Autocorrelações para a série de retornos ao quadrado do ativo da Lukoil para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

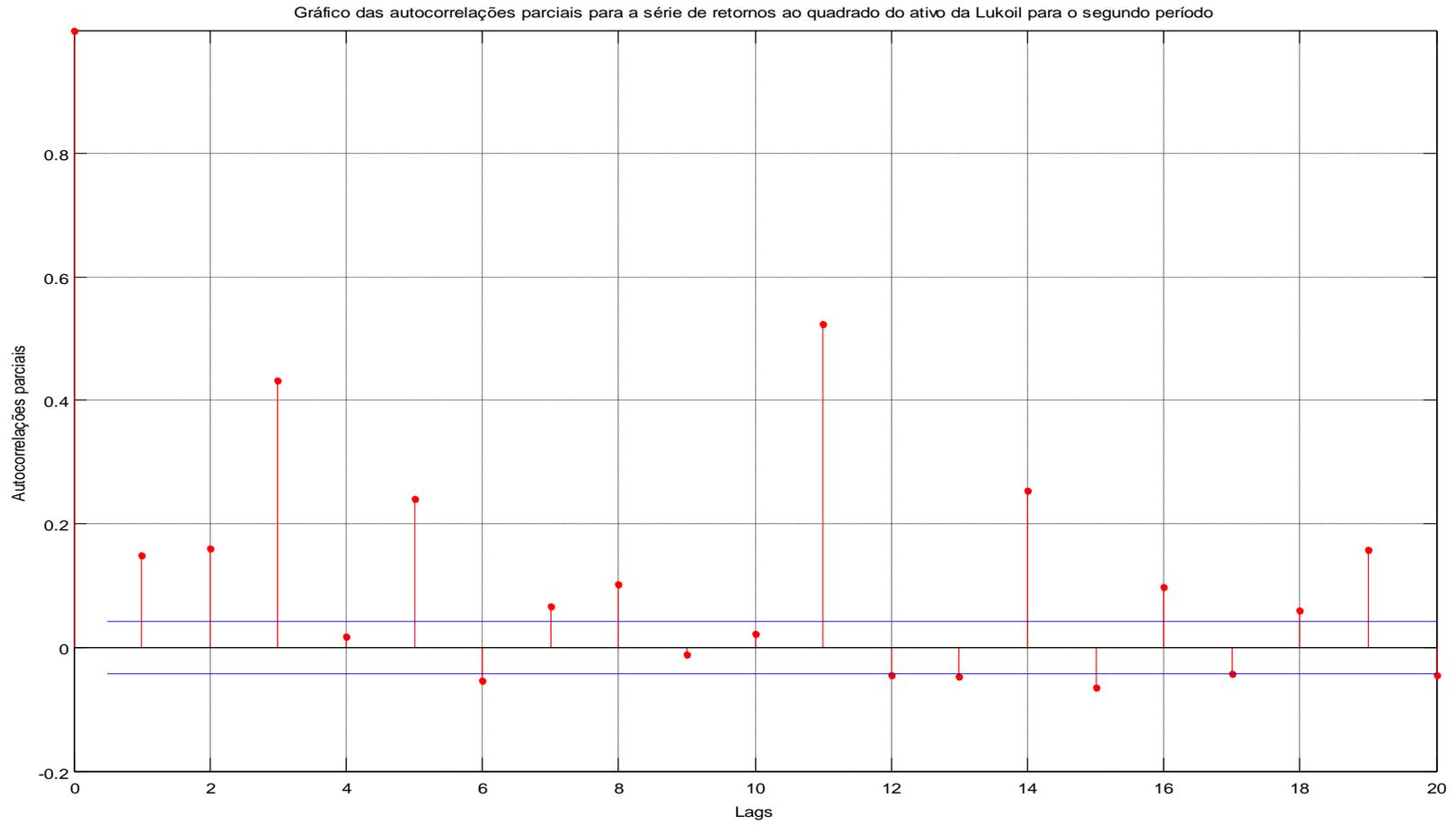


Gráfico 71 - Autocorrelações parciais para a série de retornos ao quadrado do ativo da Lukoil para o segundo período

Fonte – Elaborado pelo autor da dissertação

Apêndice D – Gráfico dos retornos dos ativos para cada um dos períodos

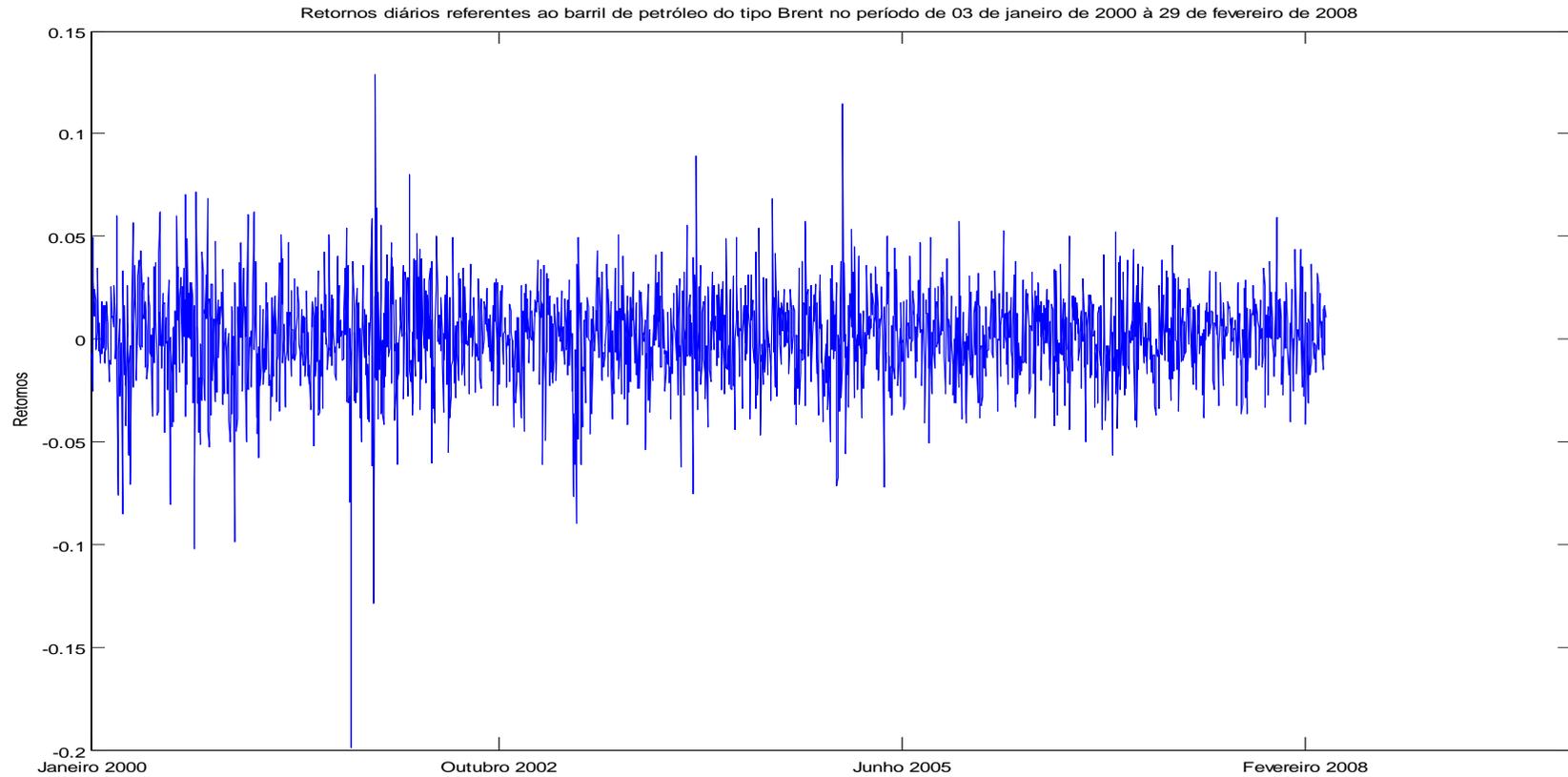


Gráfico 72 – Retornos diários referentes ao barril de petróleo do tipo Brent para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

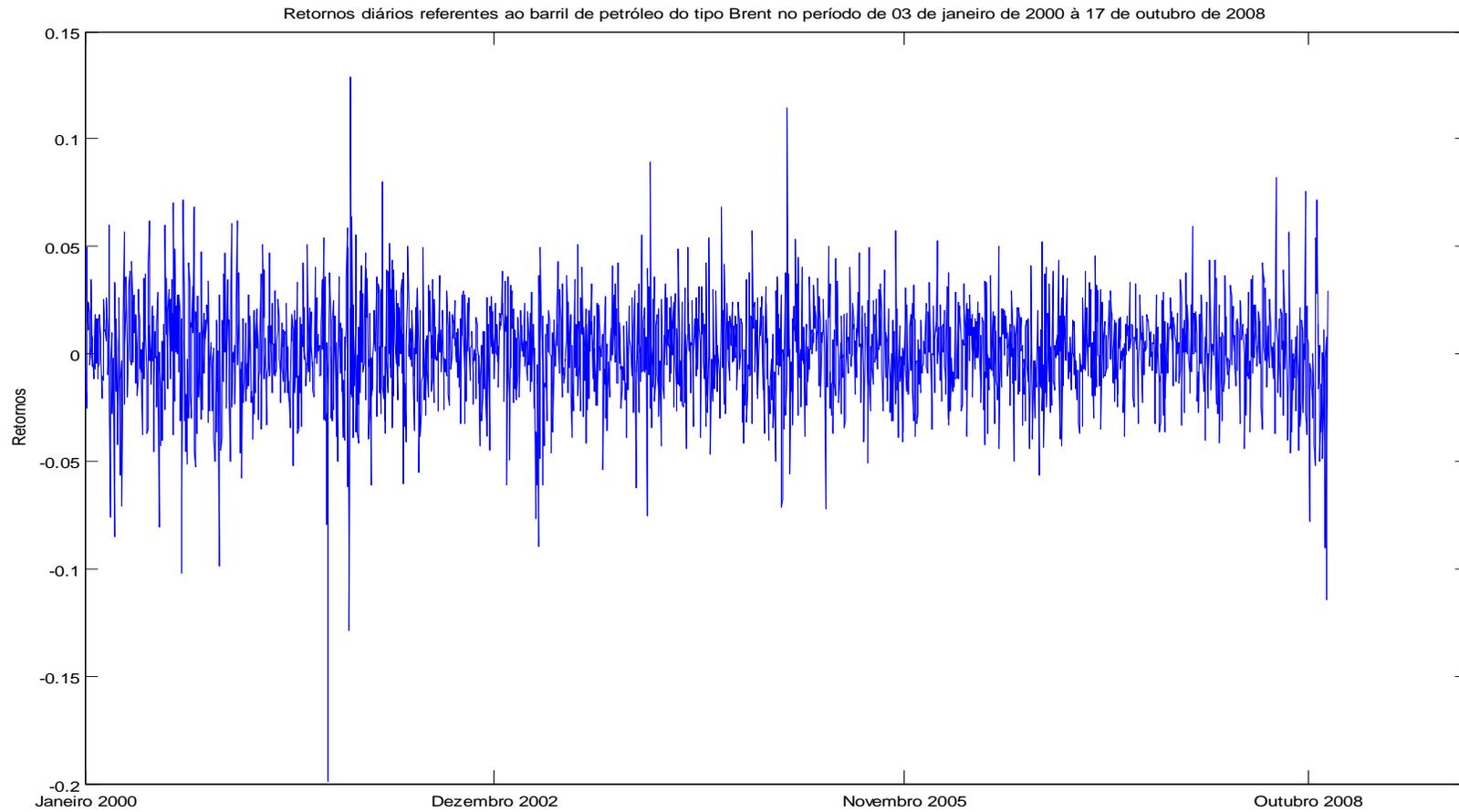


Gráfico 73 - Retornos diários referentes ao barril de petróleo do tipo Brent para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

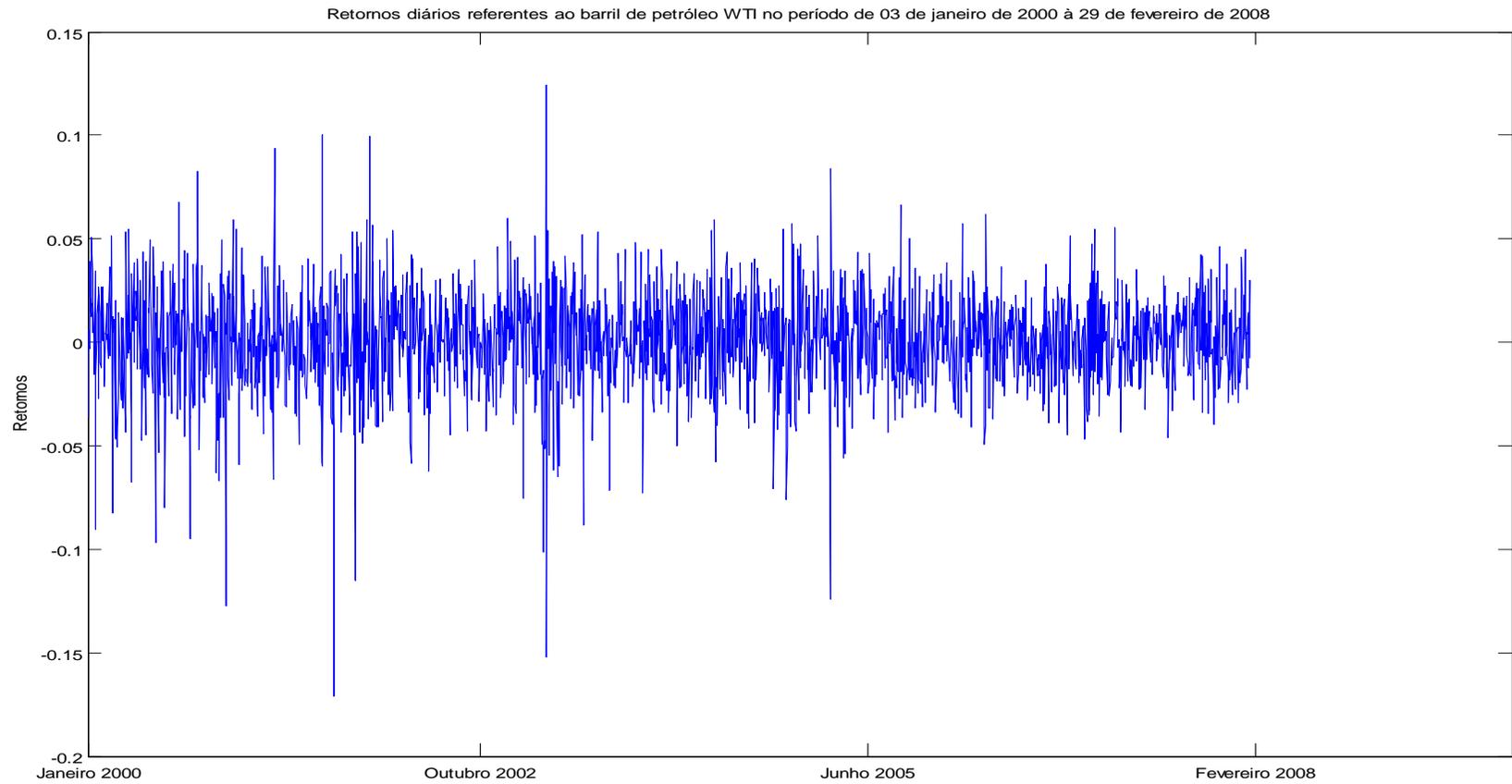


Gráfico 74 - Retornos diários referentes ao barril de petróleo do tipo WTI para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

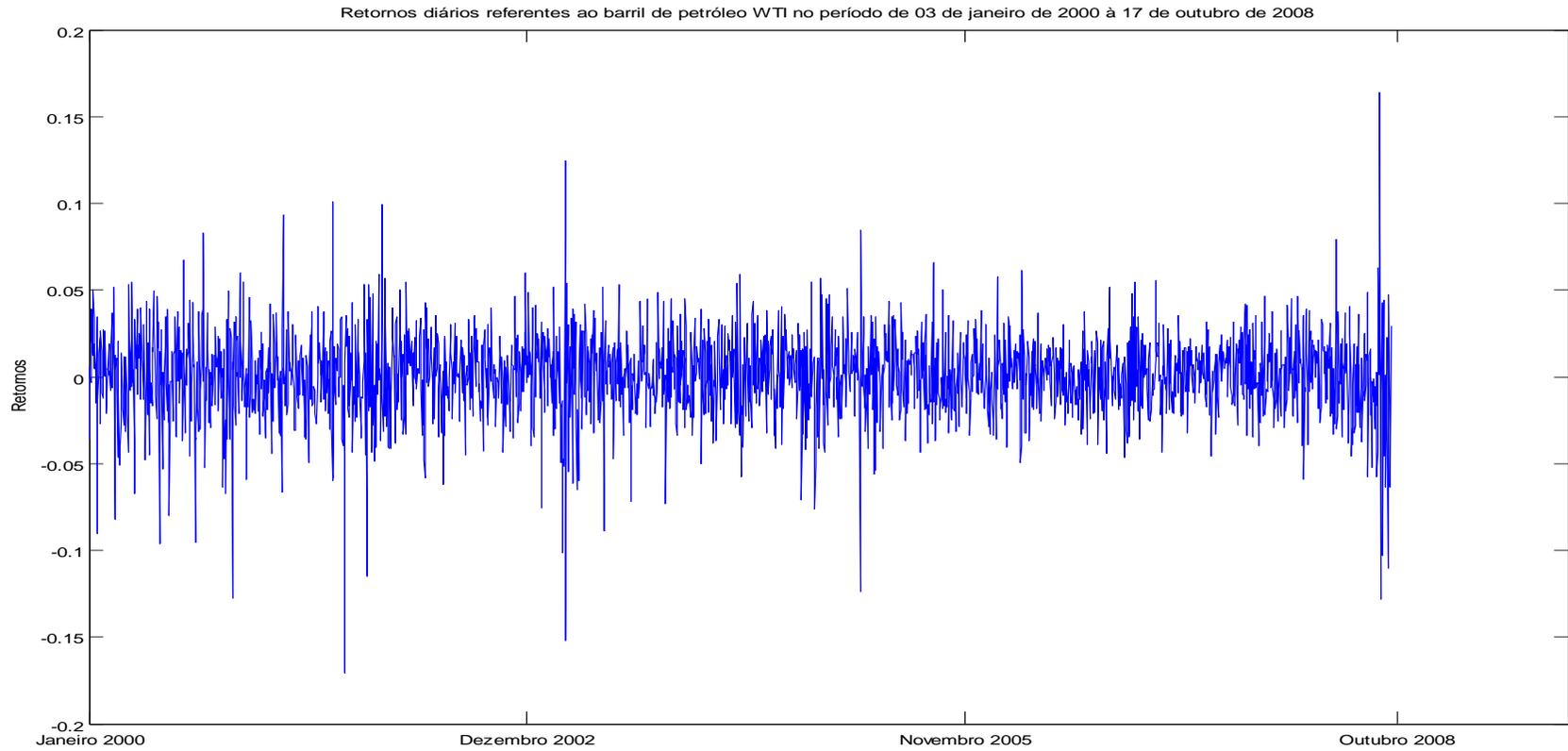


Gráfico 75 - Retornos diários referentes ao barril de petróleo do tipo WTI para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

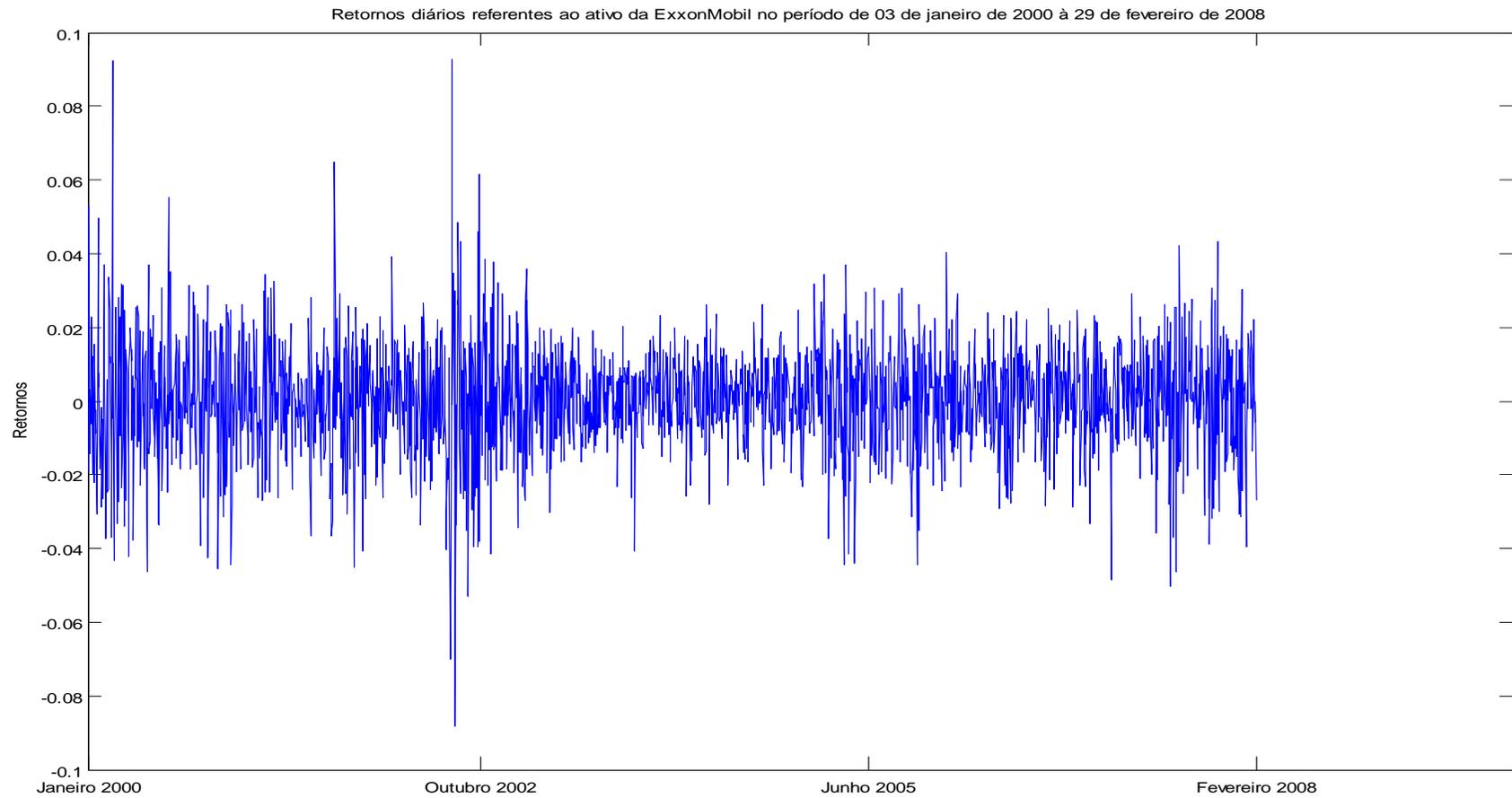


Gráfico 76 - Retornos diários referentes ao ativo ExxonMobil para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

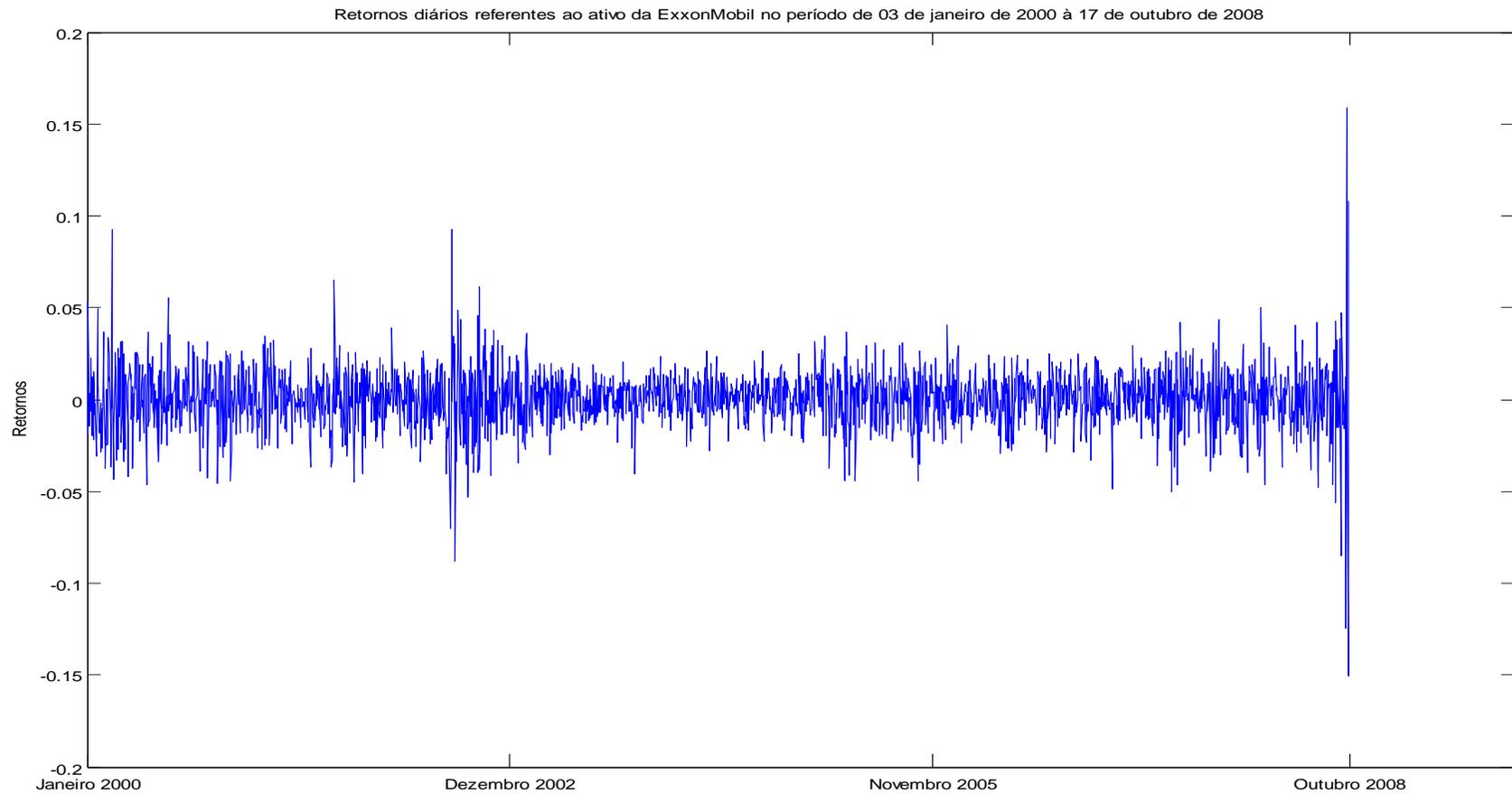


Gráfico 77 - Retornos diários referentes ao ativo da ExxonMobil para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

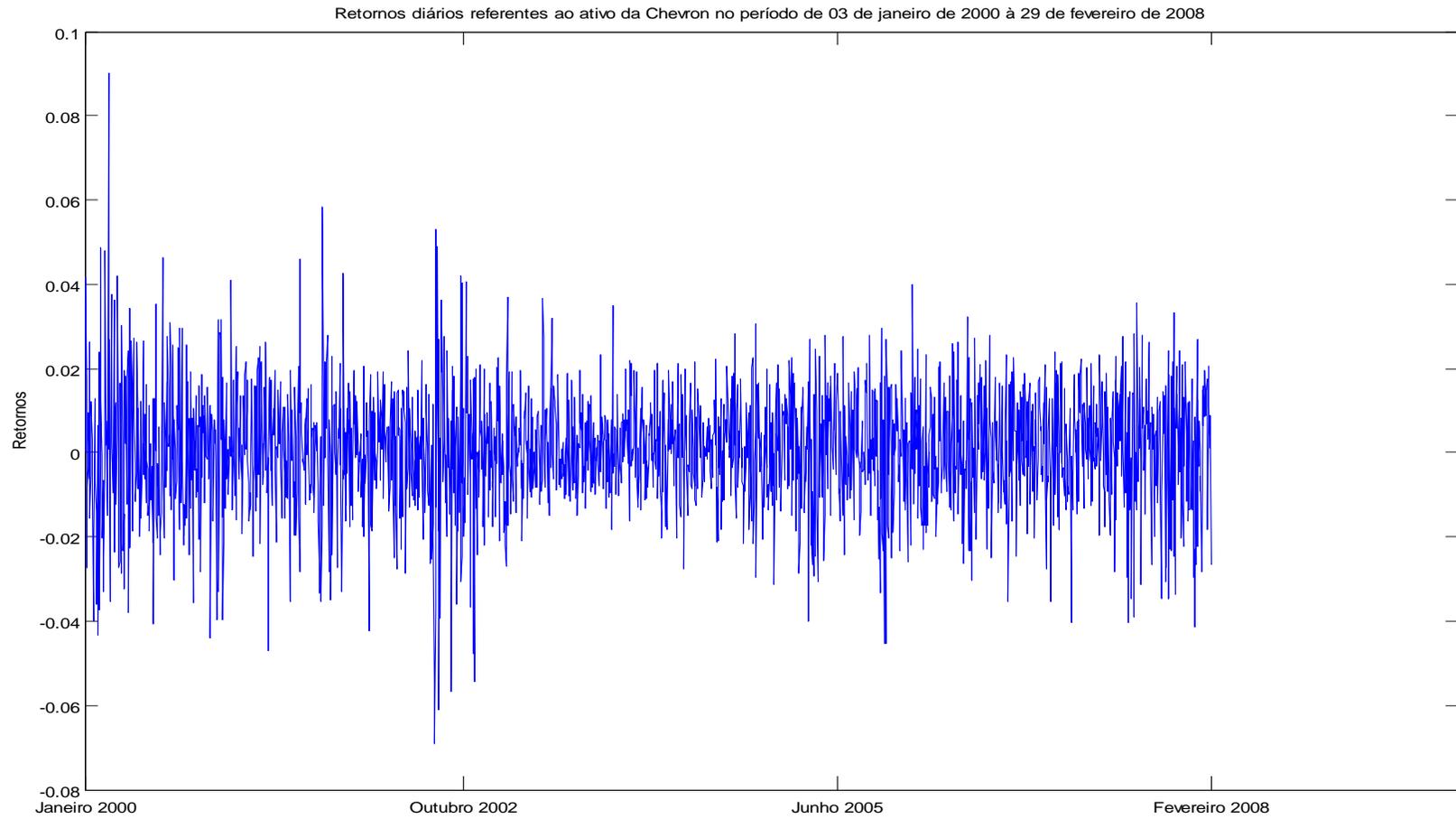


Gráfico 78 - Retornos diários referentes ao ativo da Chevron para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

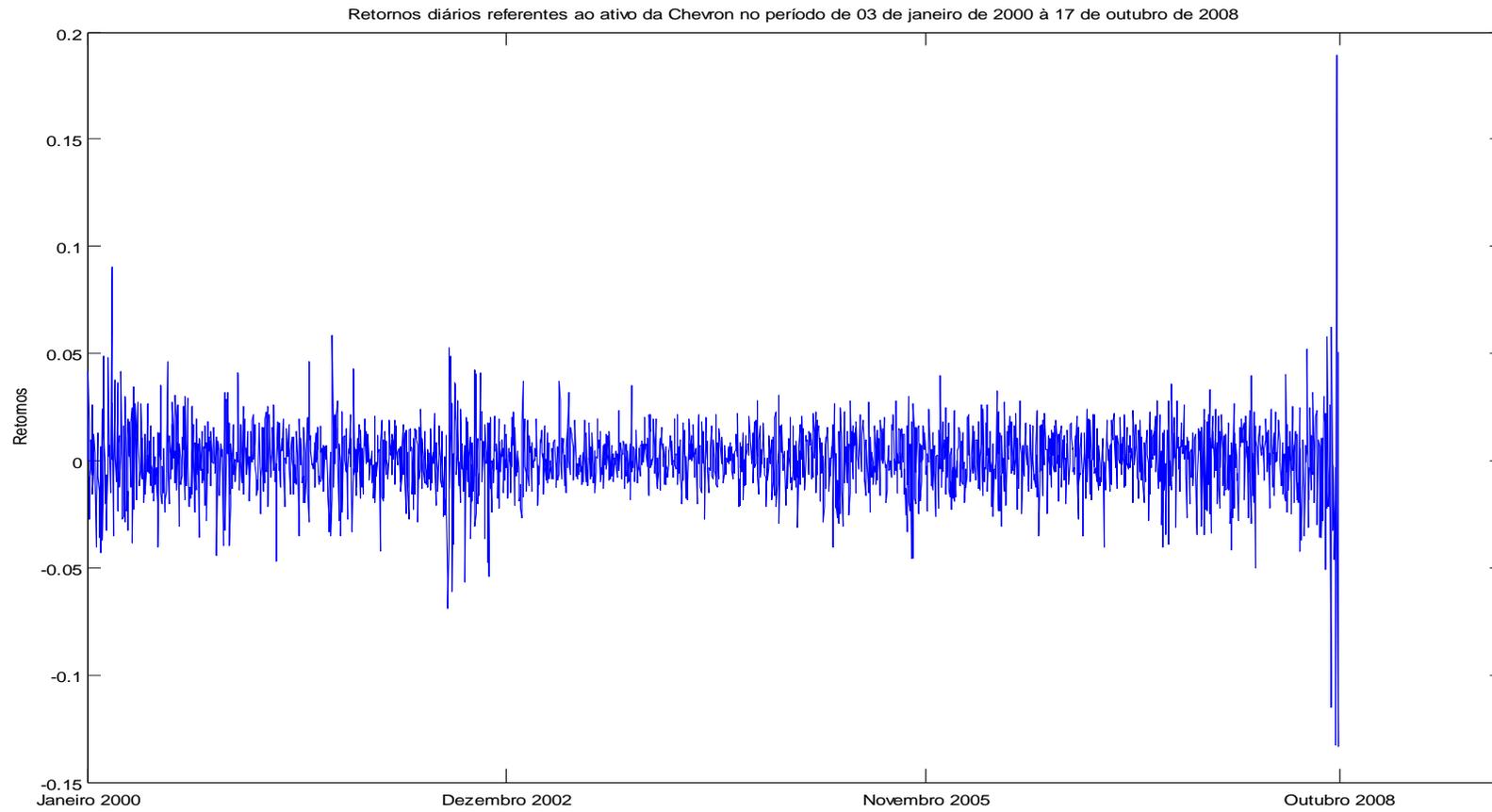


Gráfico 79 - Retornos diários referentes ao ativo da Chevron para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

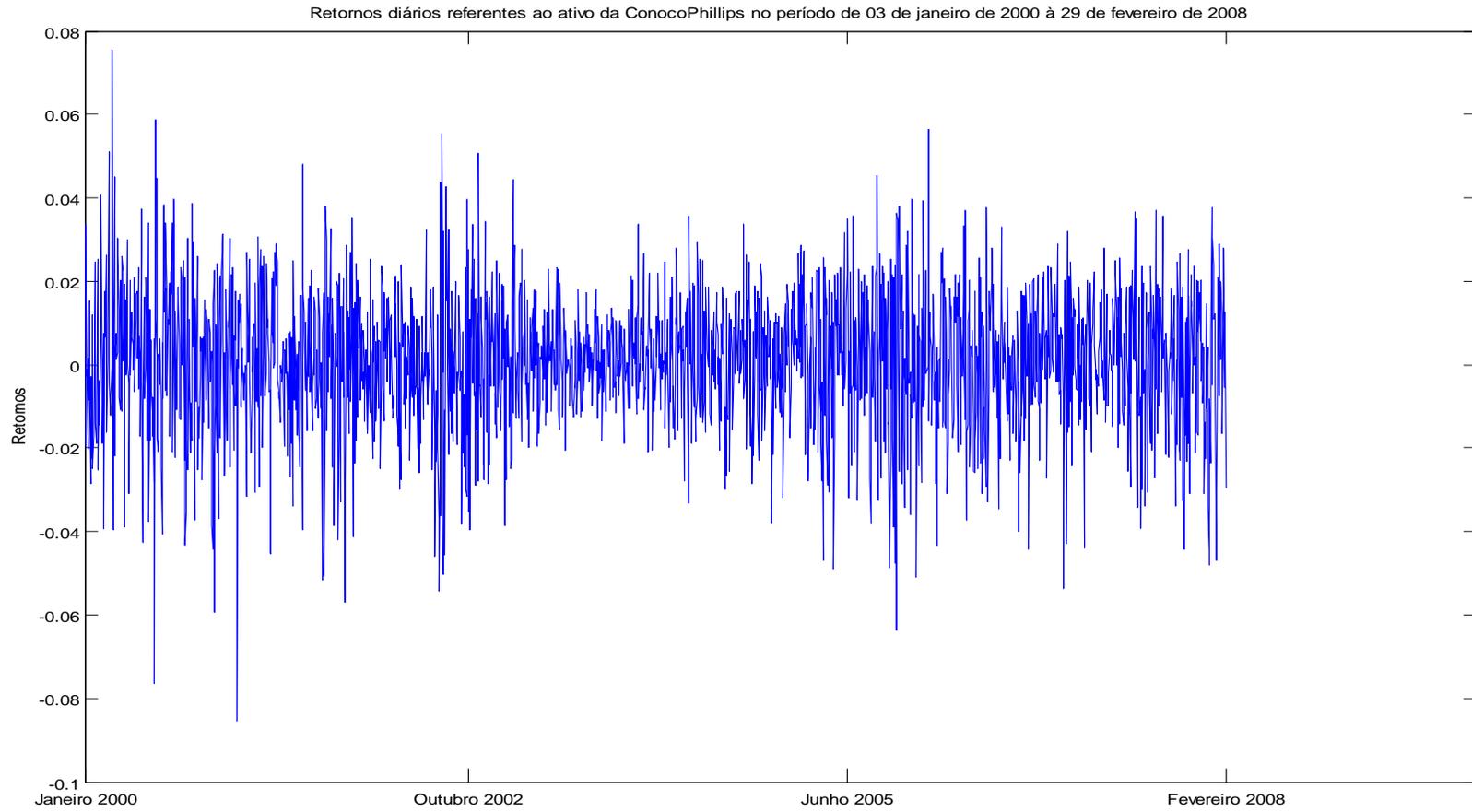


Gráfico 80 - Retornos diários referentes ao ativo da ConocoPhillips para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

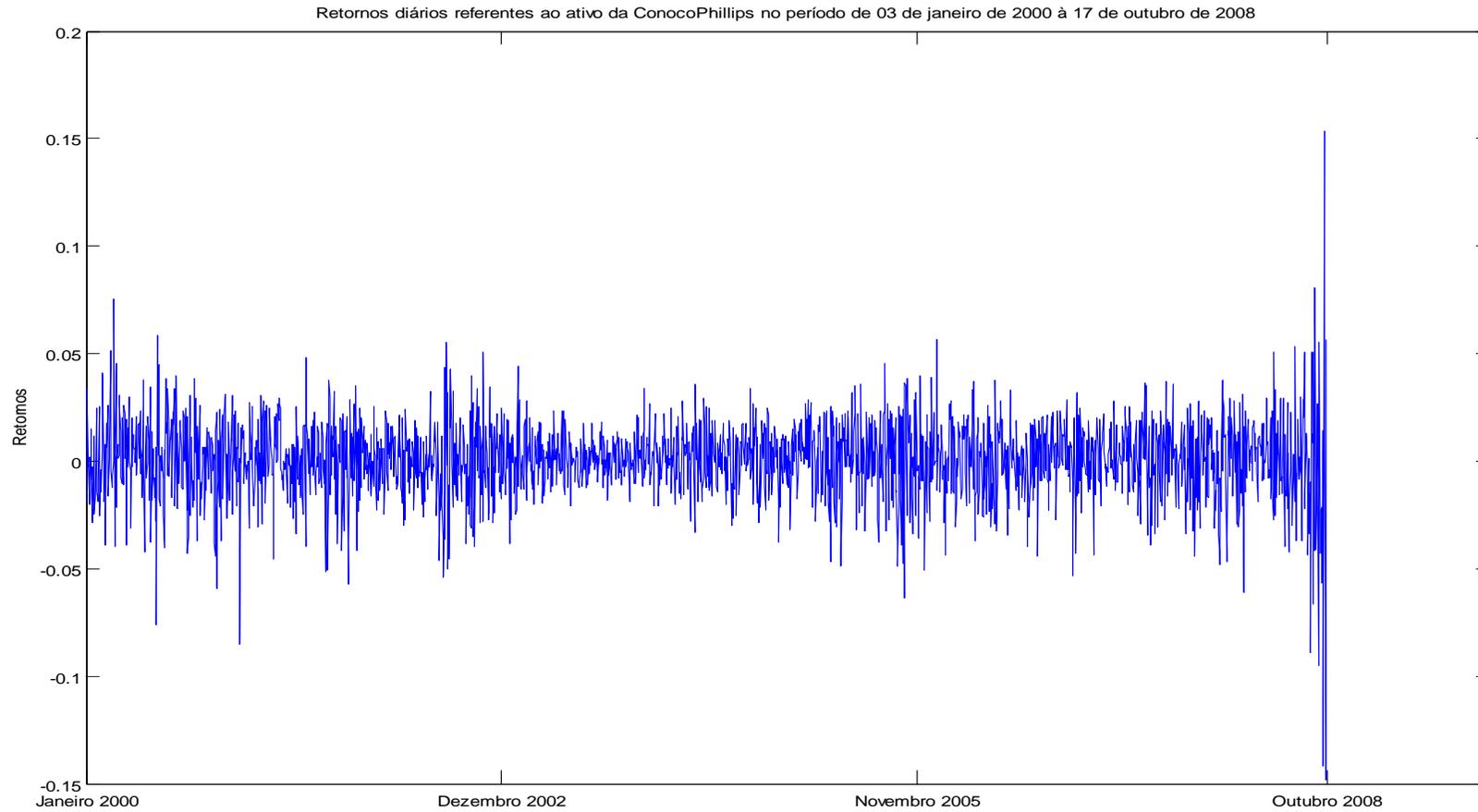


Gráfico 81 - Retornos diários referentes ao ativo da ConocoPhillips para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

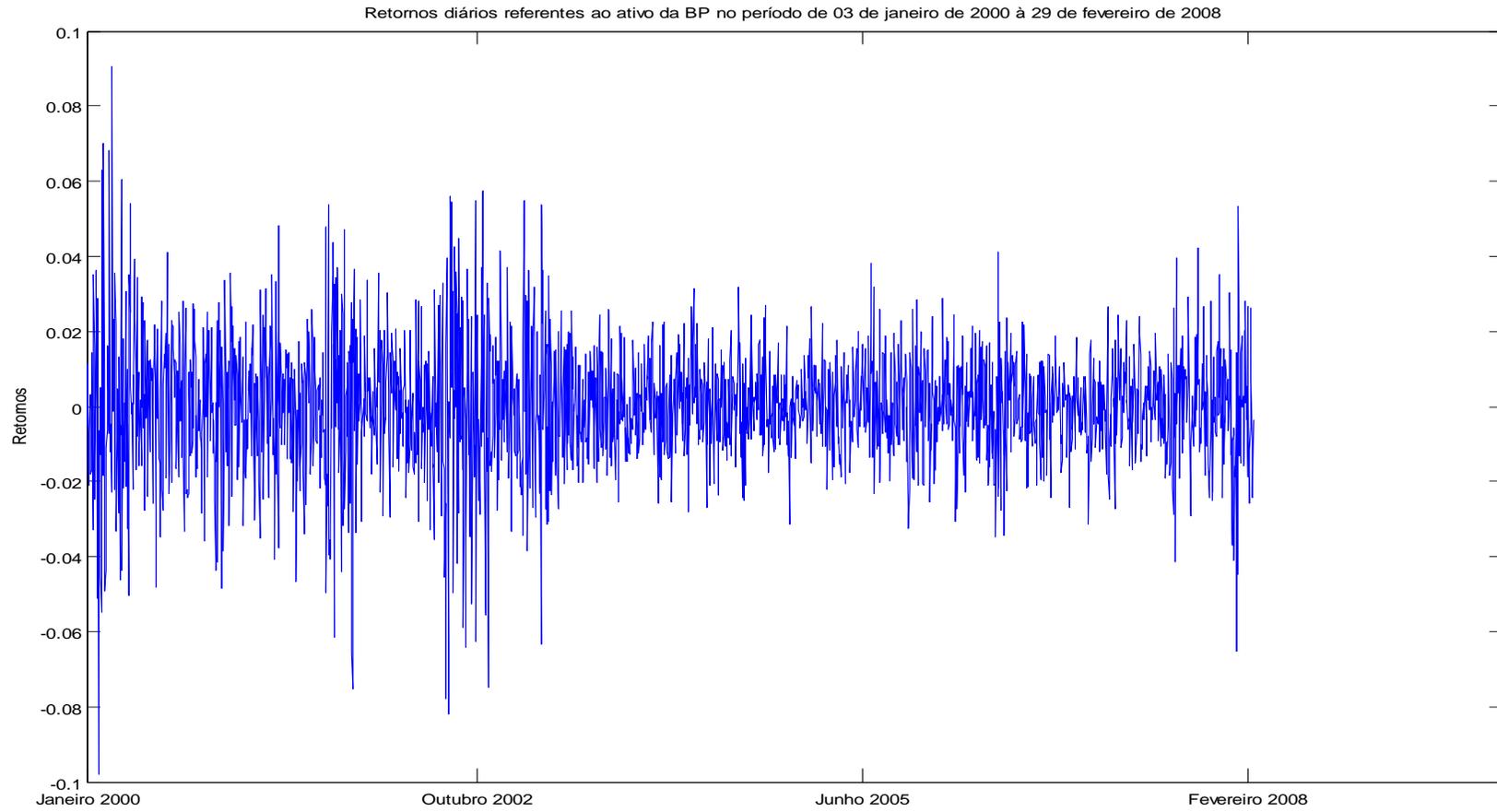


Gráfico 82 - Retornos diários referentes ao ativo da BP para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

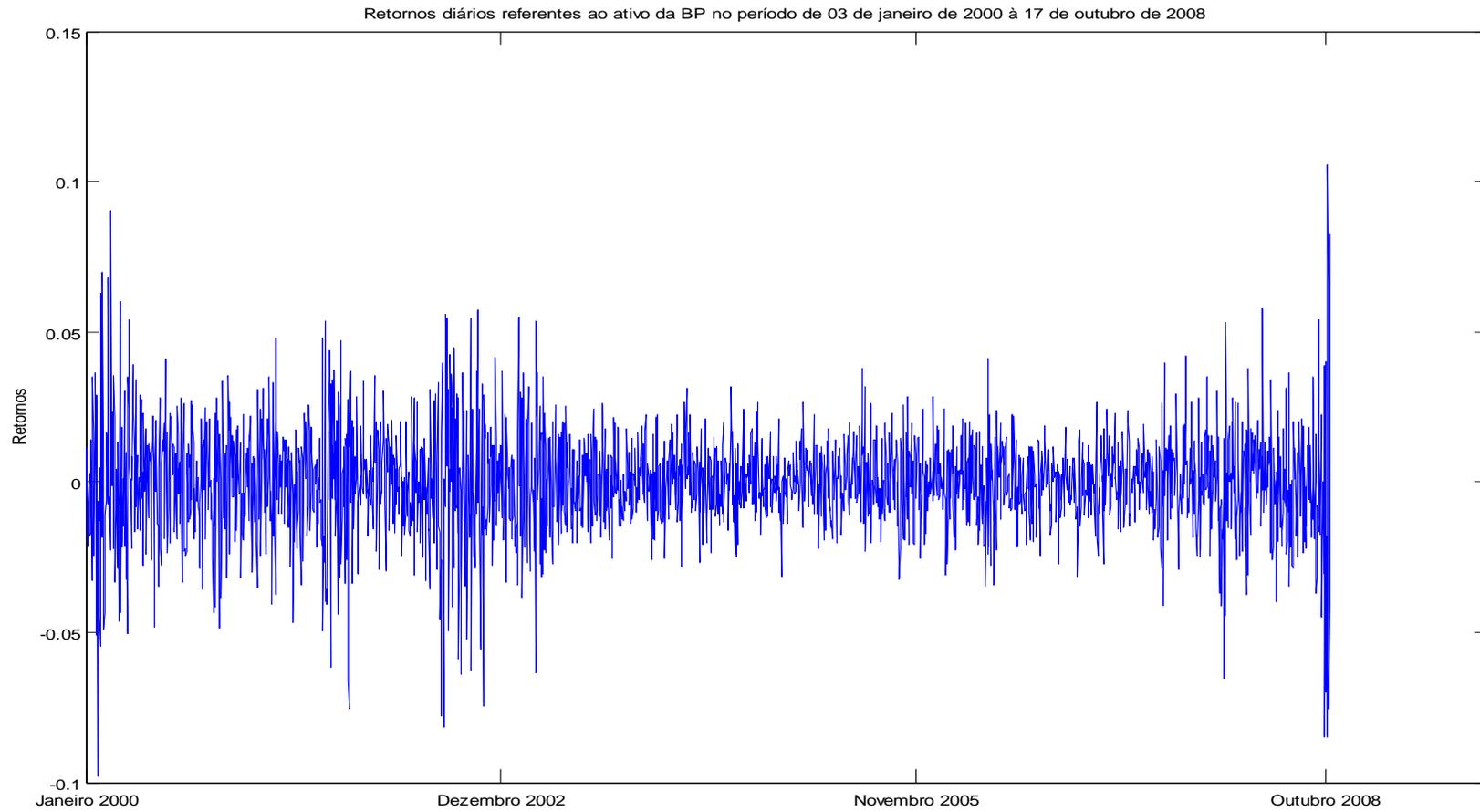


Gráfico 83 - Retornos diários referentes ao ativo da BP para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

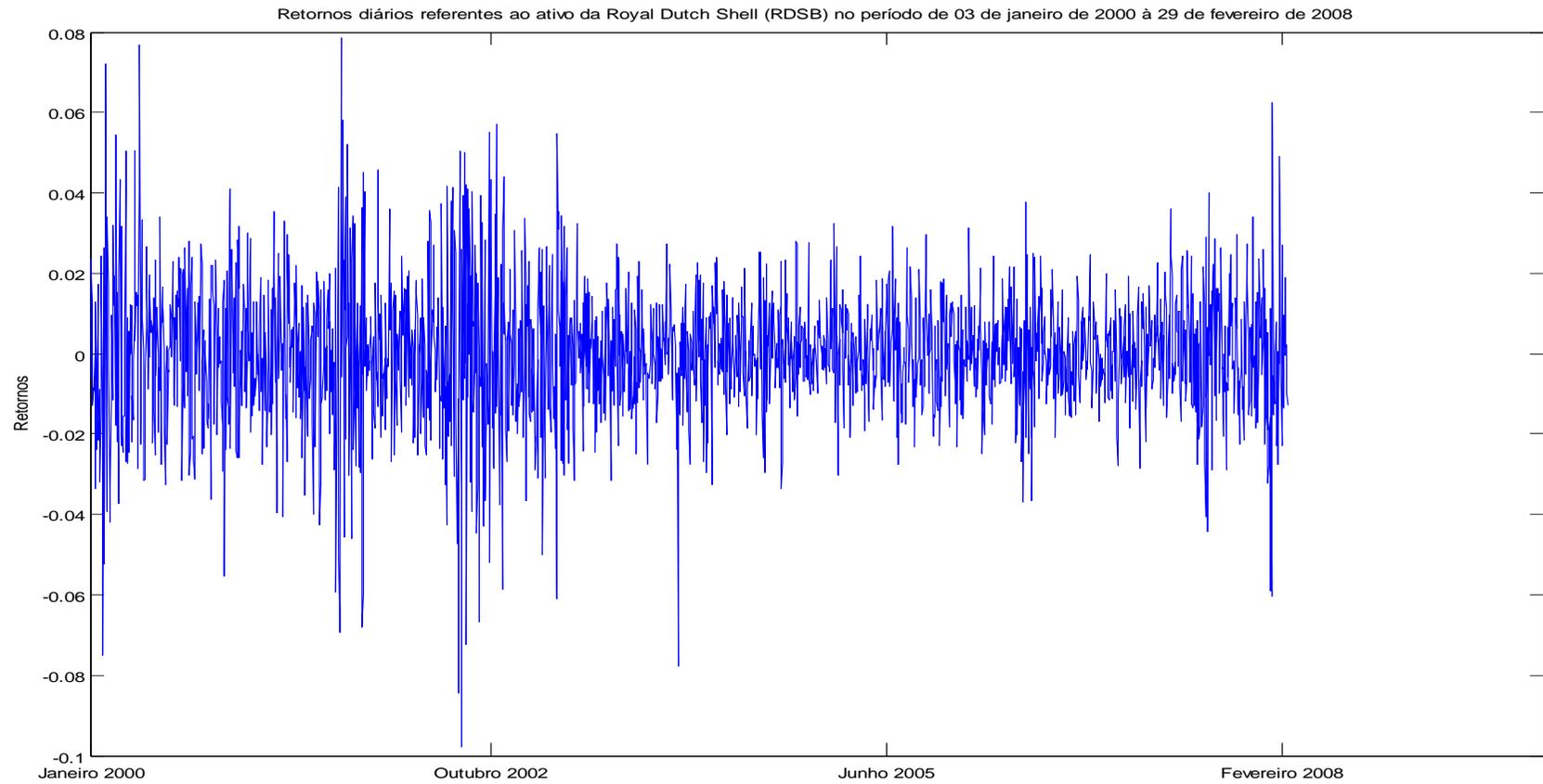


Gráfico 84 - Retornos diários referentes ao ativo da Royal Dutch Shell para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

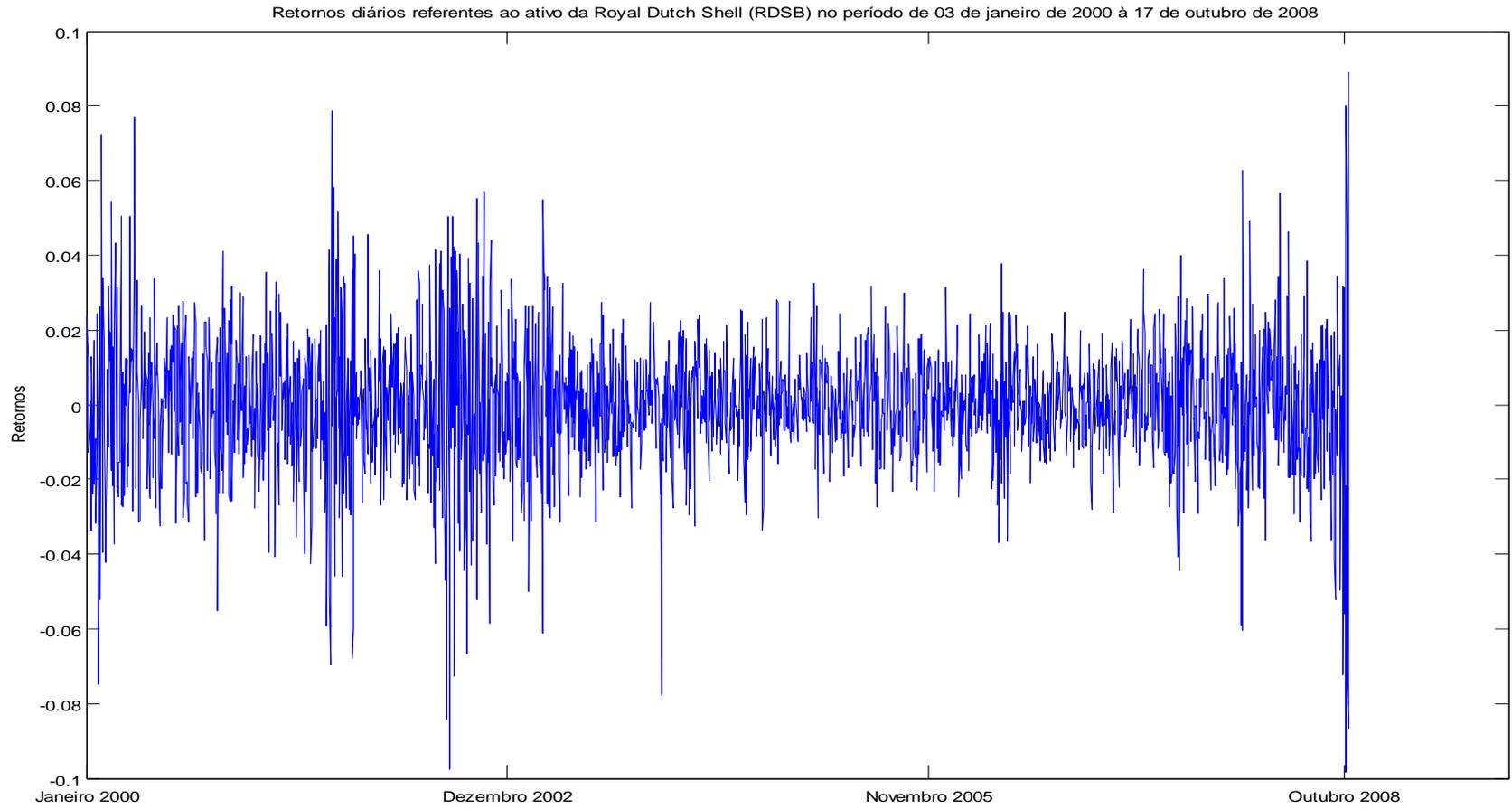


Gráfico 85 - Retornos diários referentes ao ativo da Royal Dutch Shell para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

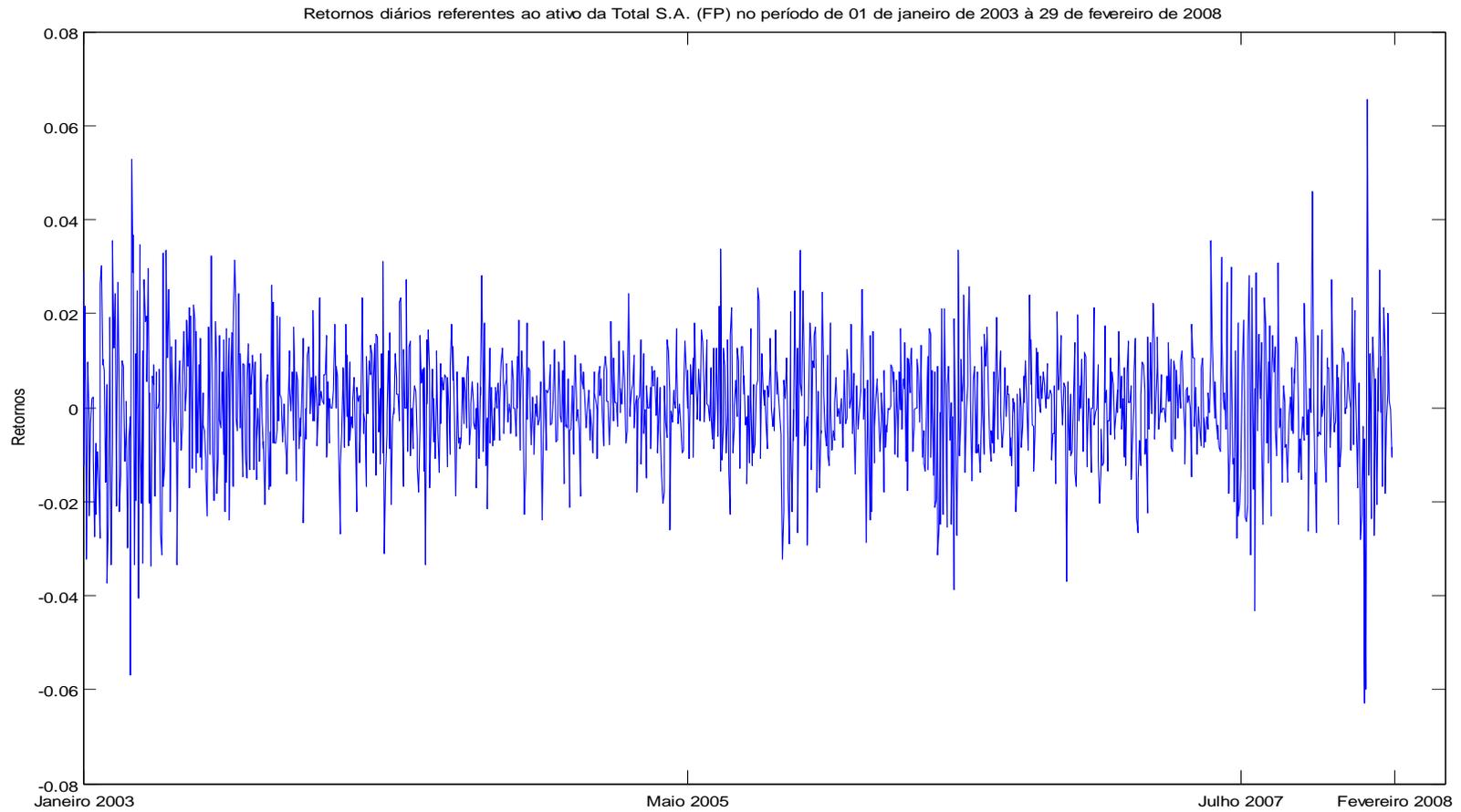


Gráfico 86 - Retornos diários referentes ao ativo da Total S.A. para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

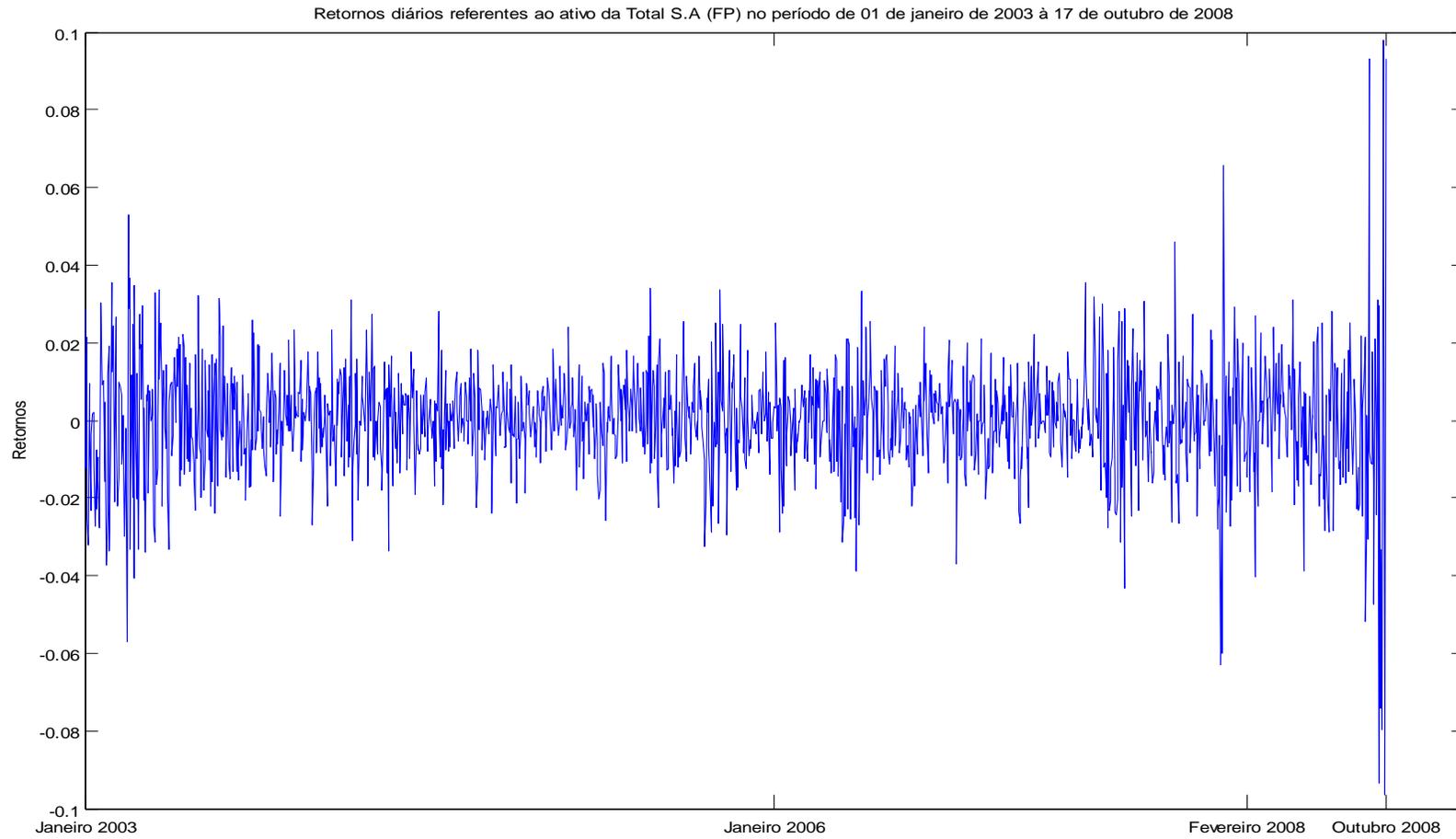


Gráfico 87 - Retornos diários referentes ao ativo da Total S.A. para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

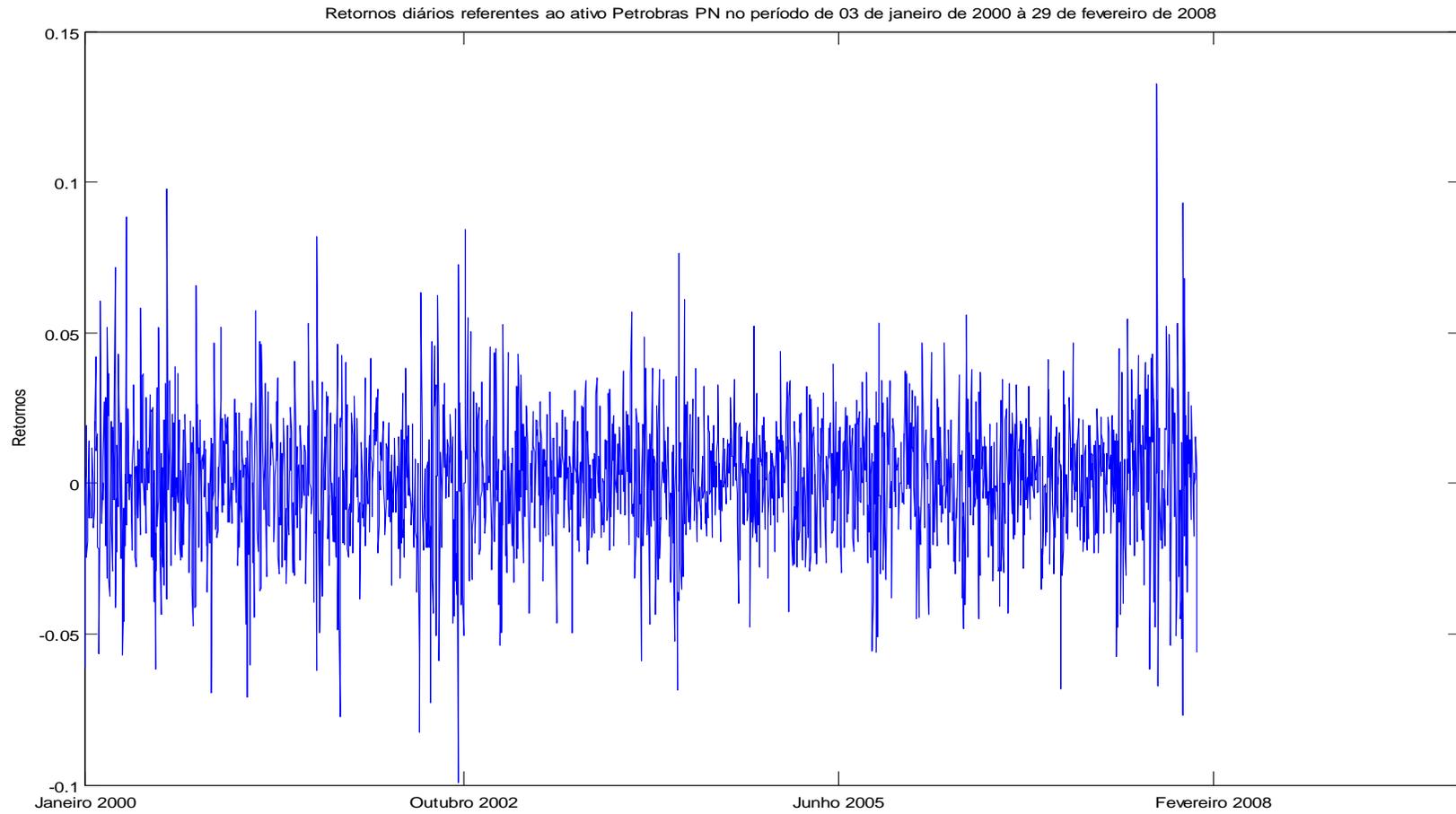


Gráfico 88 - Retornos diários referentes ao ativo da Petrobras para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

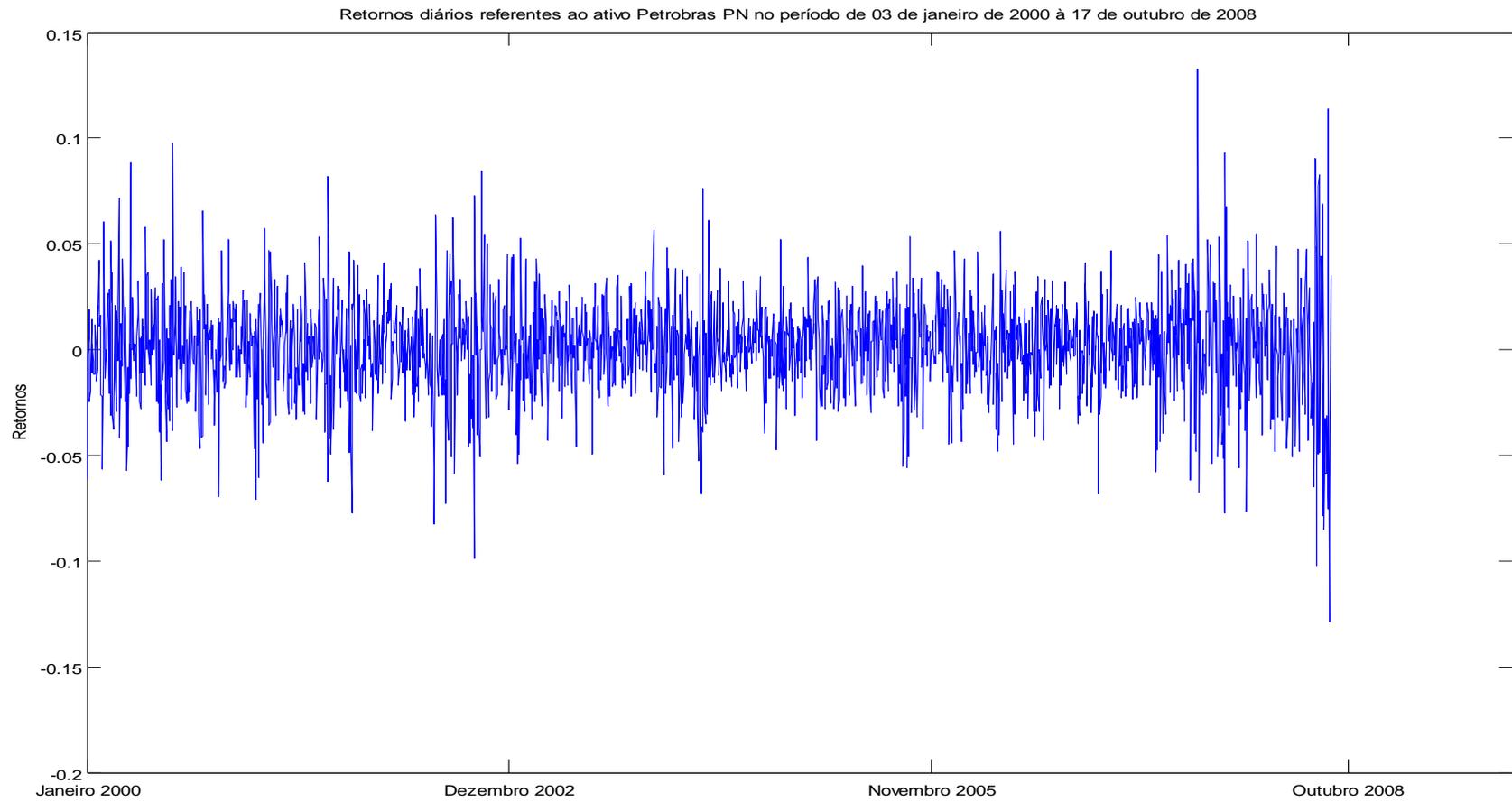


Gráfico 89 - Retornos diários referentes ao ativo da Petrobras para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

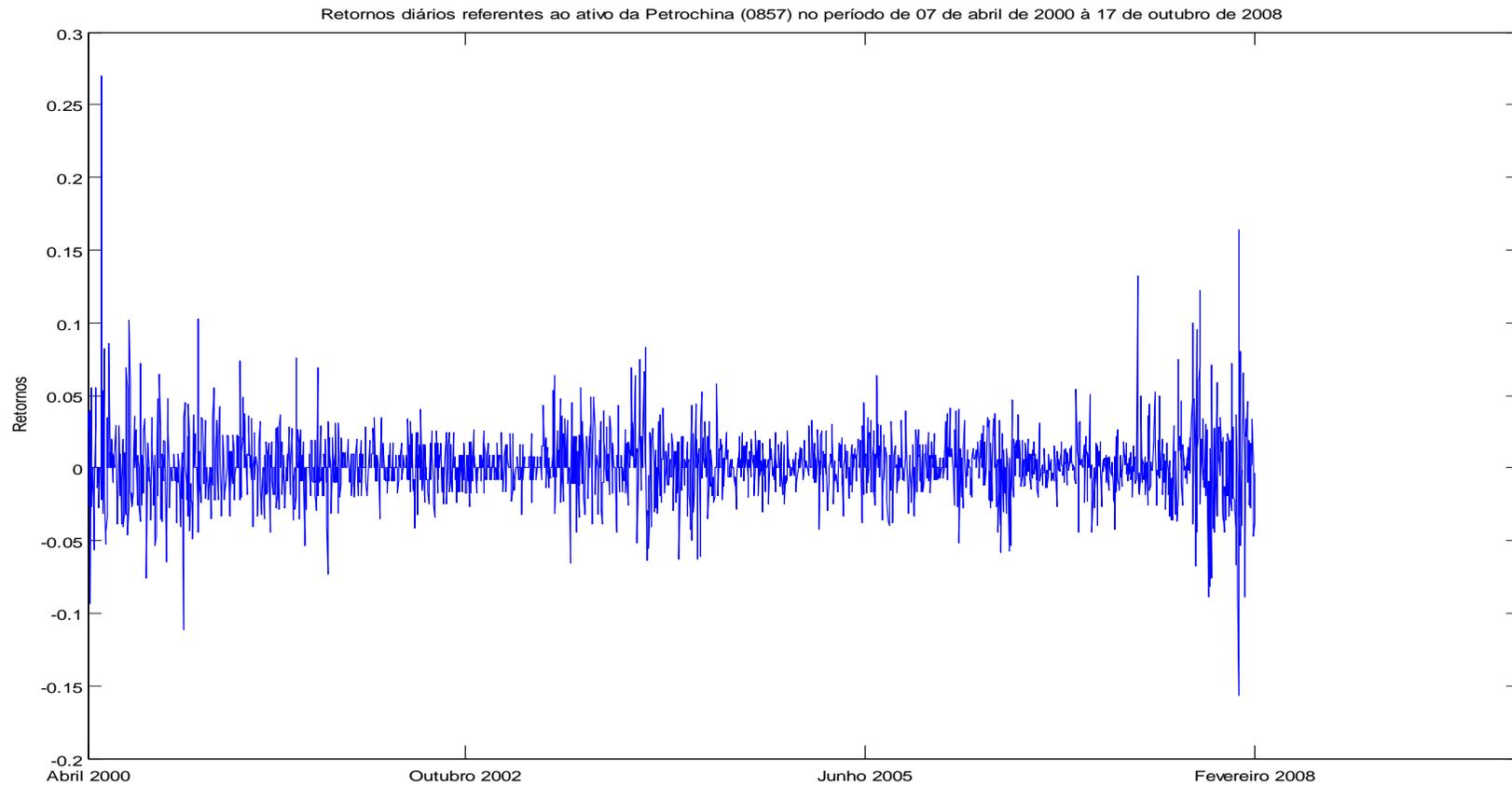


Gráfico 90 - Retornos diários referentes ao ativo da Petrochina para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

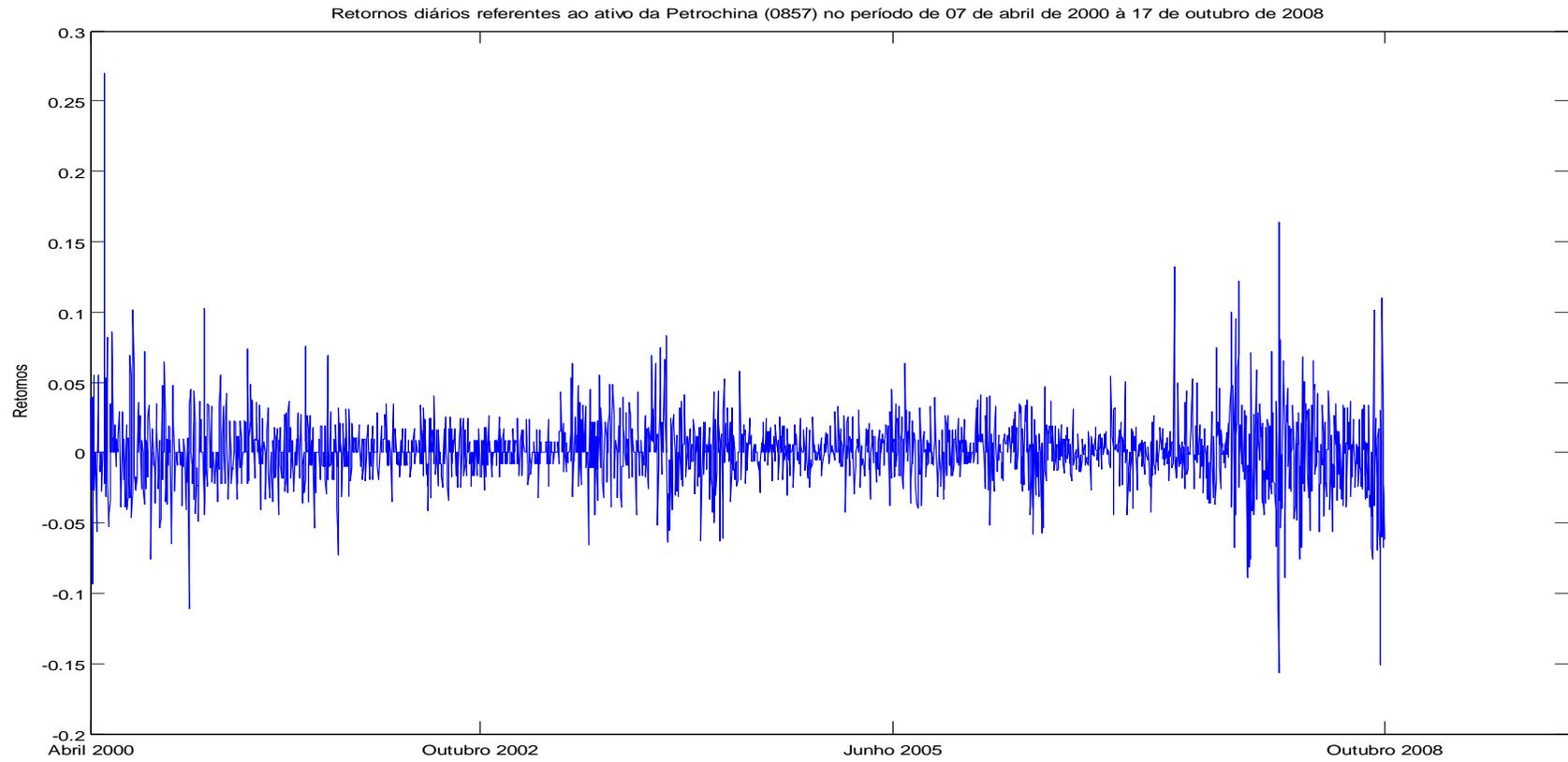


Gráfico 91 - Retornos diários referentes ao ativo da Petrochina para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

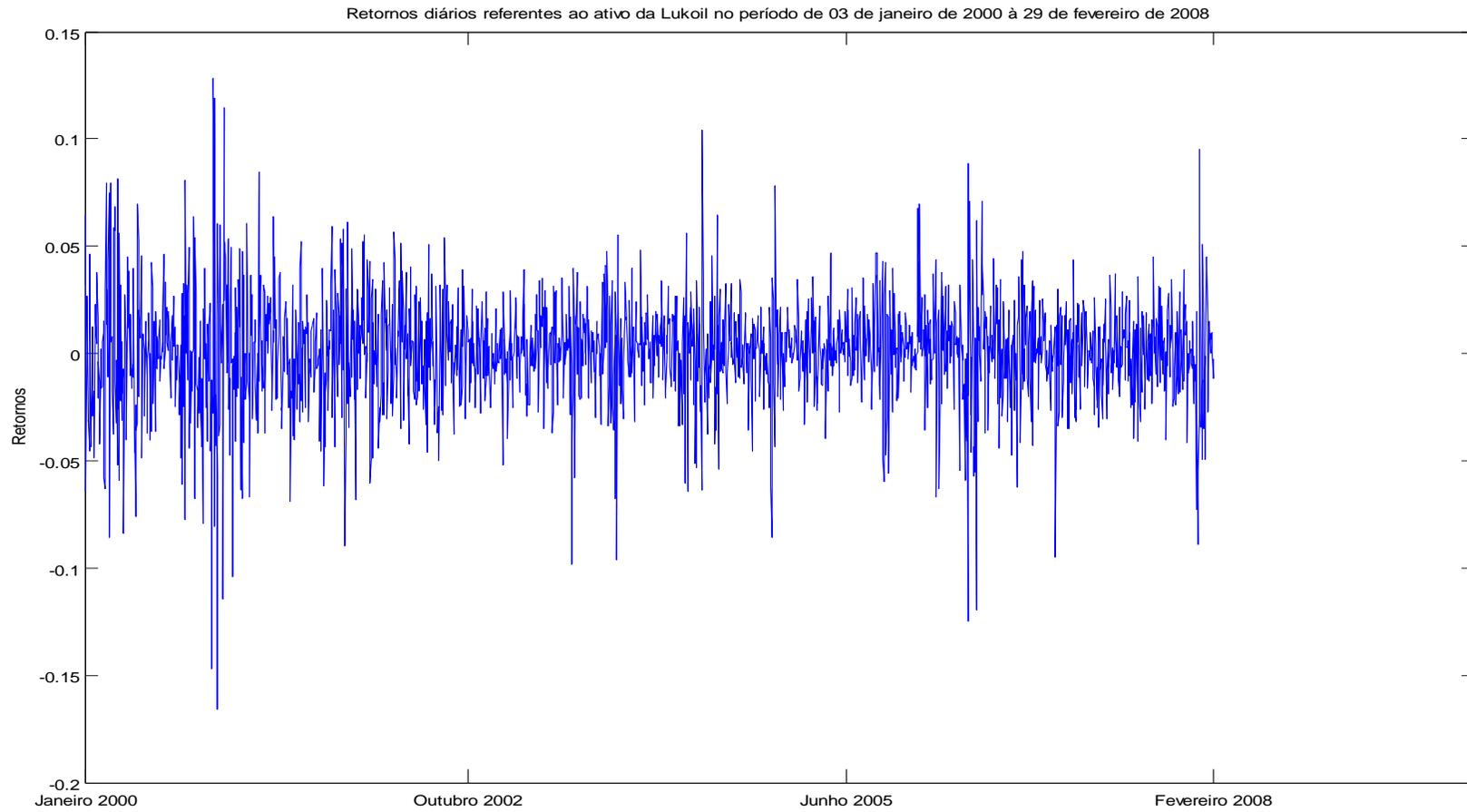


Gráfico 92 - Retornos diários referentes ao ativo da Lukoil para o primeiro período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

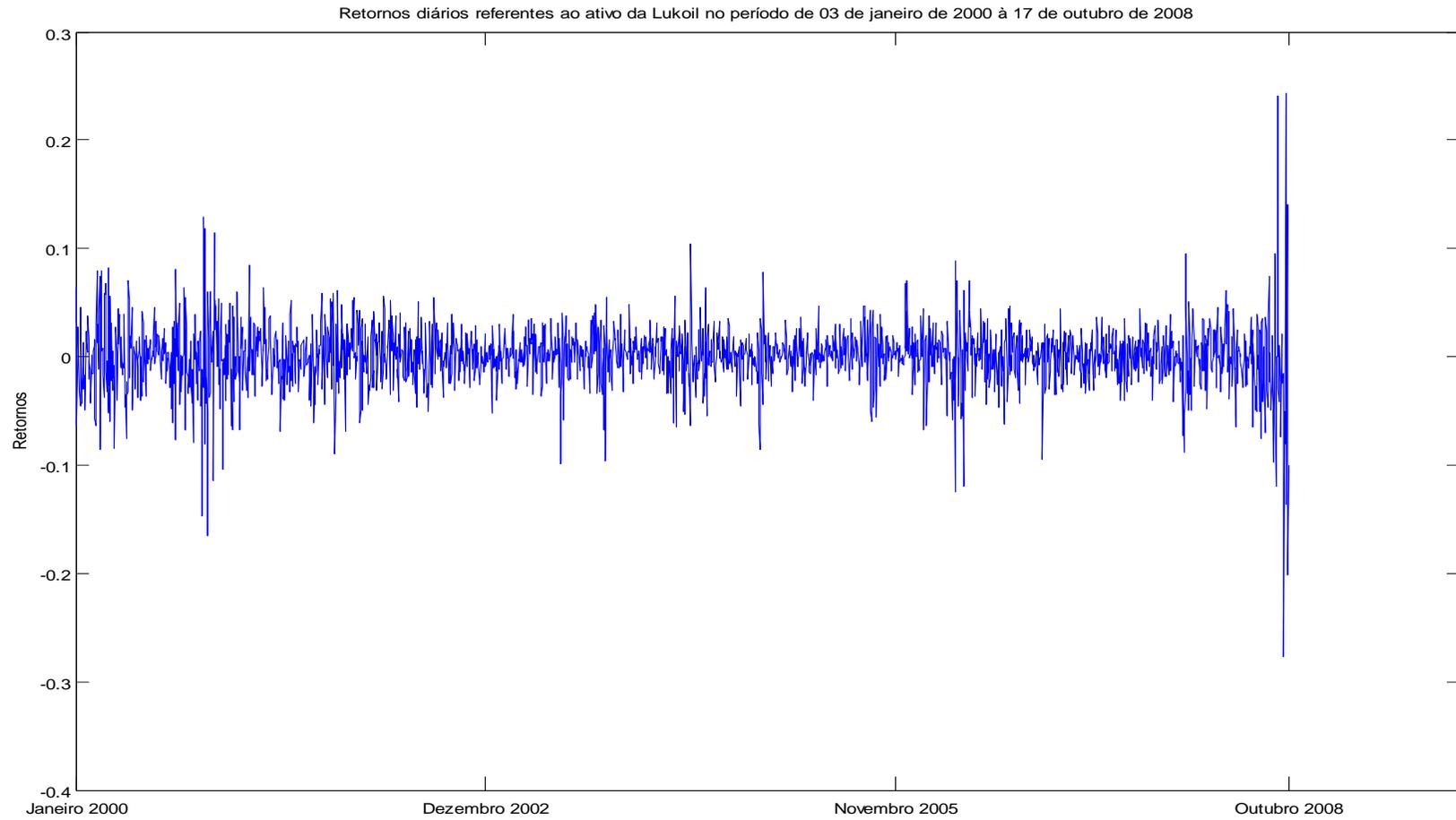


Gráfico 93 - Retornos diários referentes ao ativo da Lukoil para o segundo período

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

Apêndice E – Desvios padrões condicionais para cada um dos modelos estimados

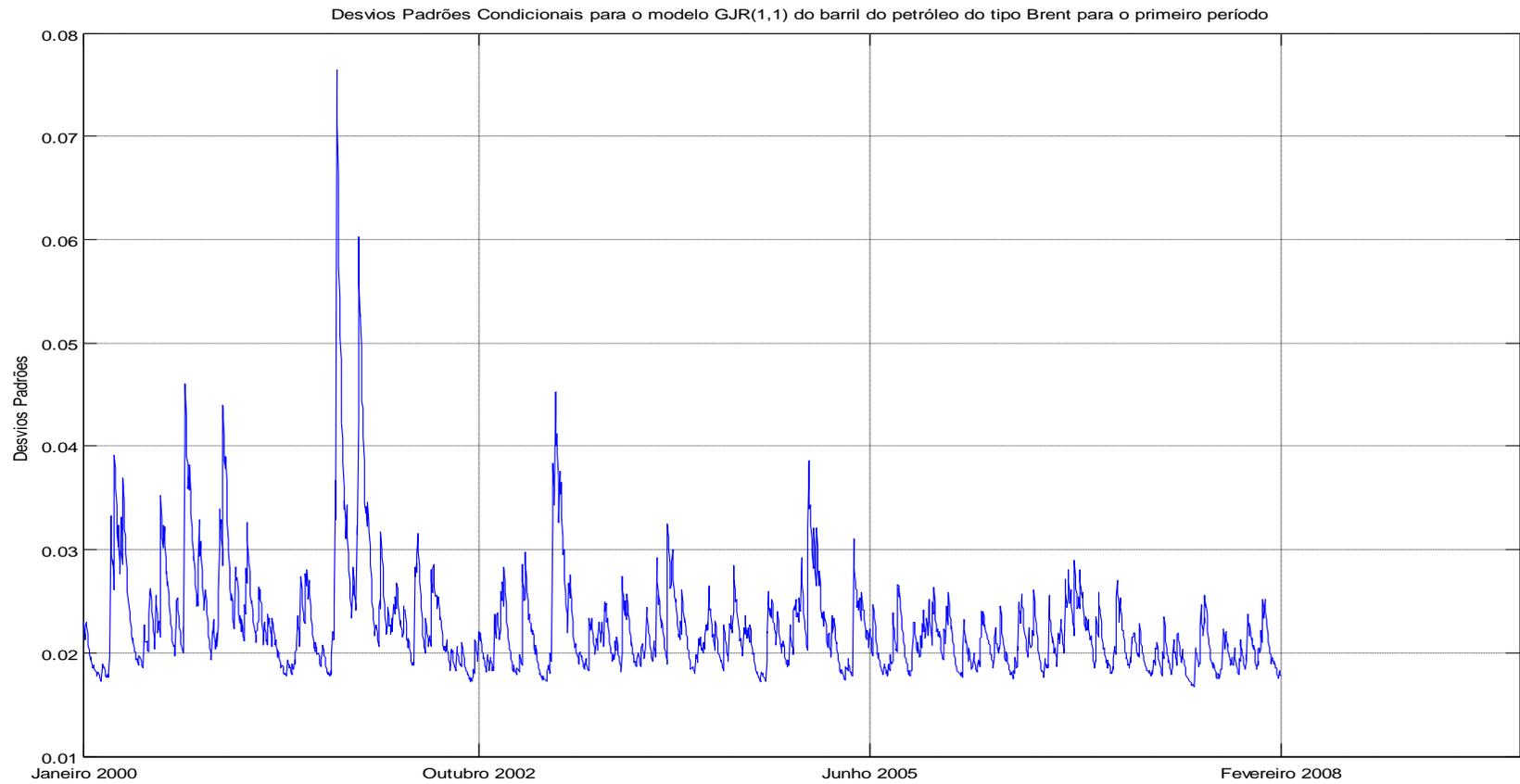


Gráfico 94 – Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o barril de petróleo do tipo Brent

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

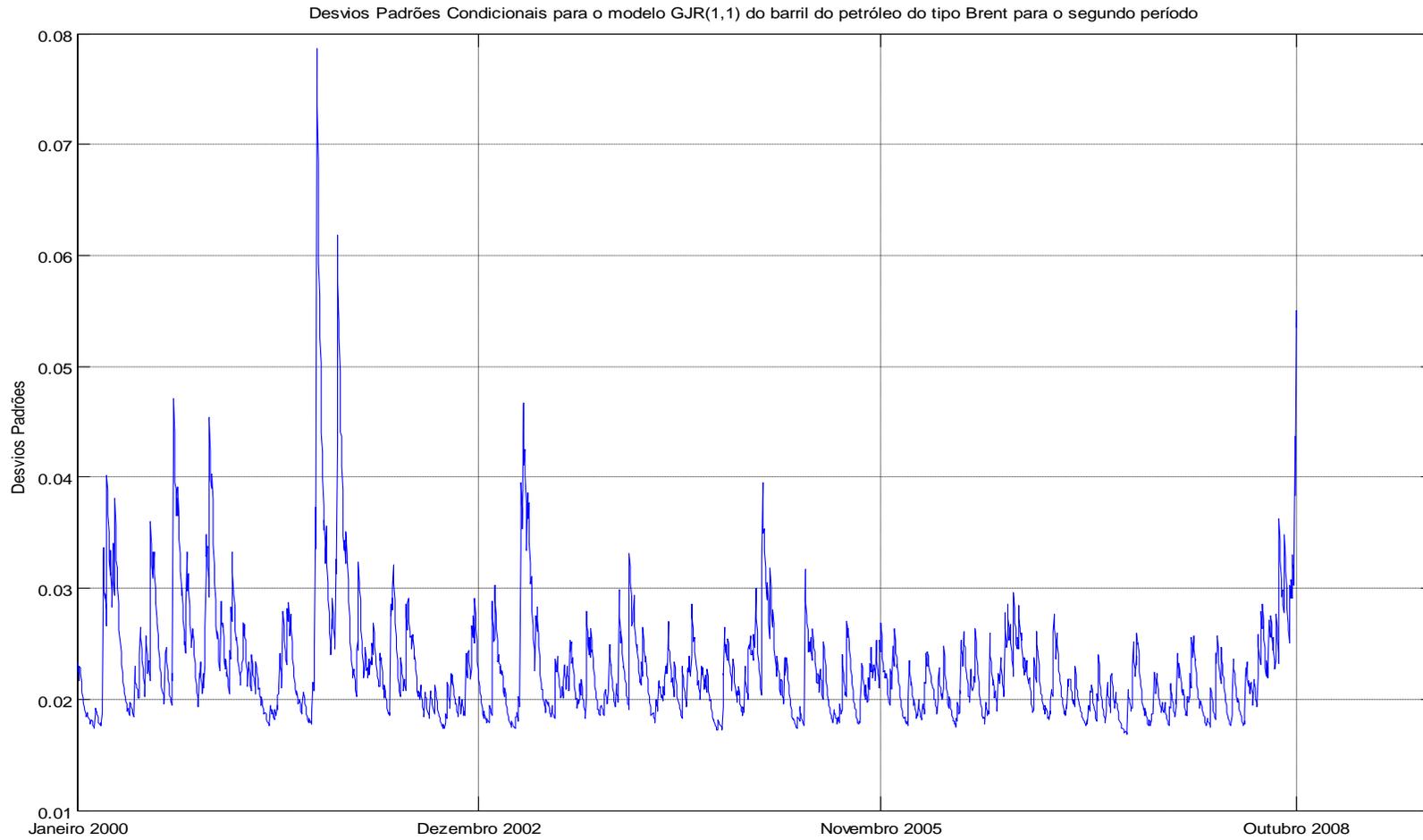


Gráfico 95 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o barril de petróleo do tipo Brent

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

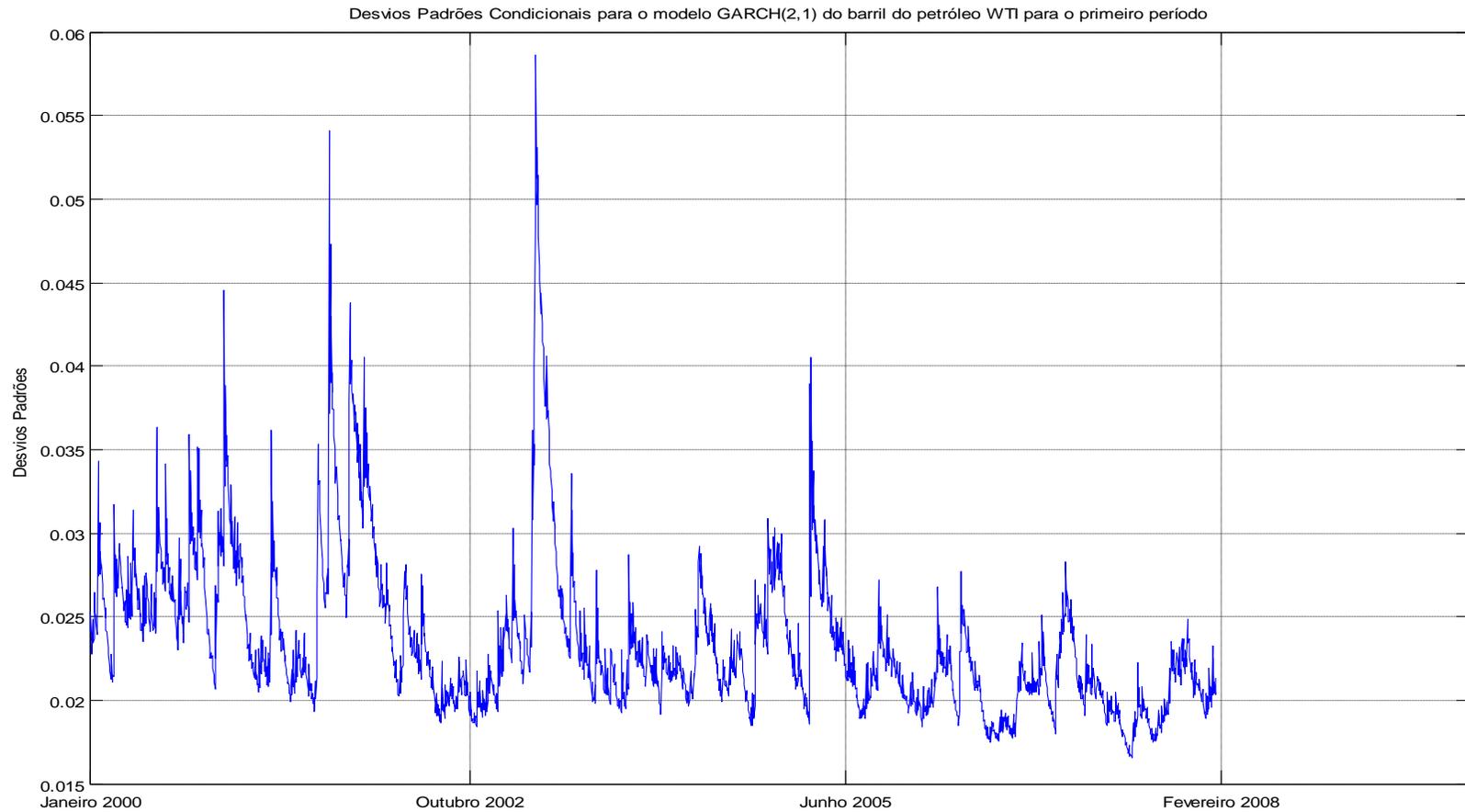


Gráfico 96 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o barril de petróleo do tipo WTI

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

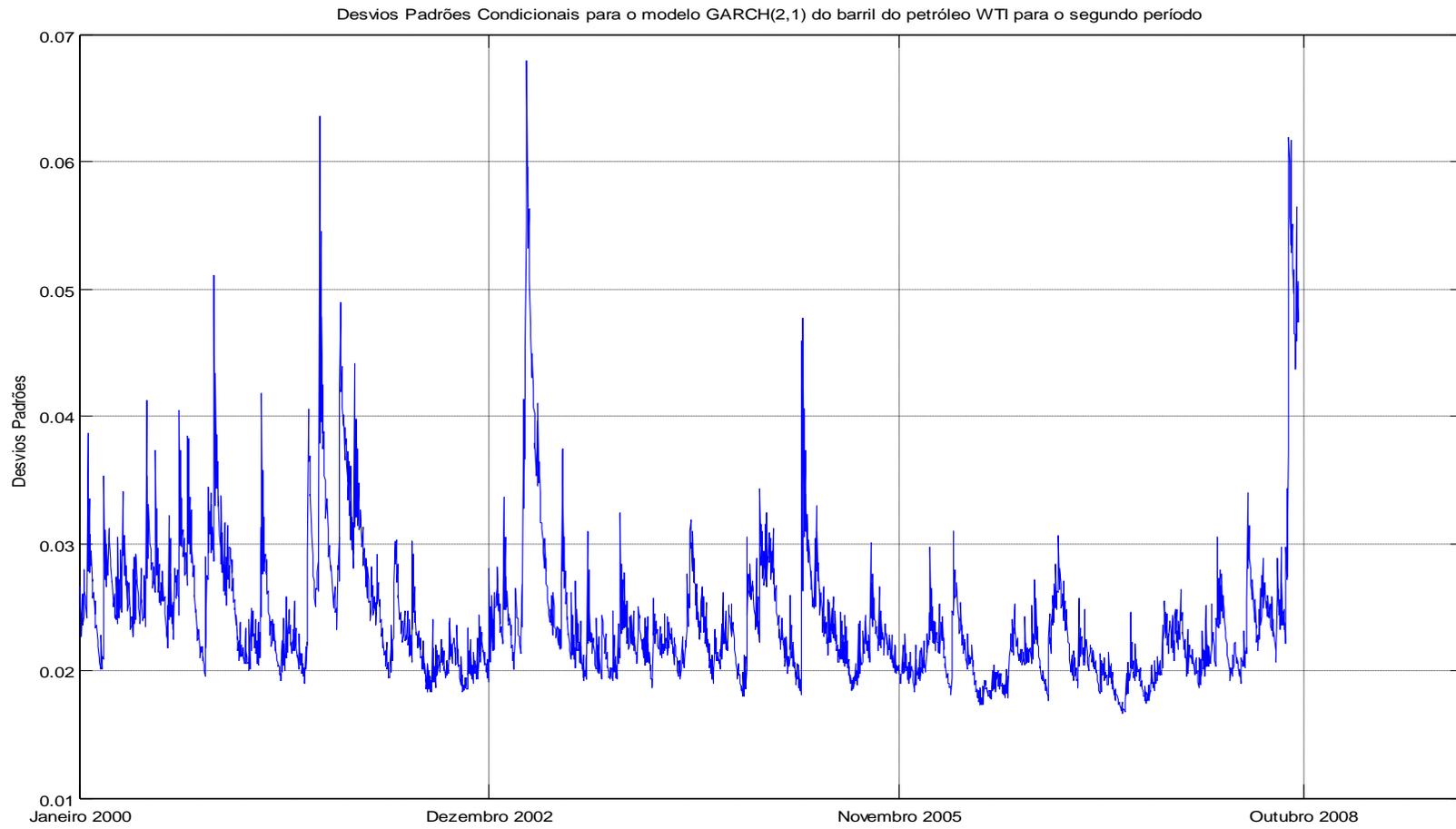


Gráfico 97 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o barril de petróleo do tipo WTI

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

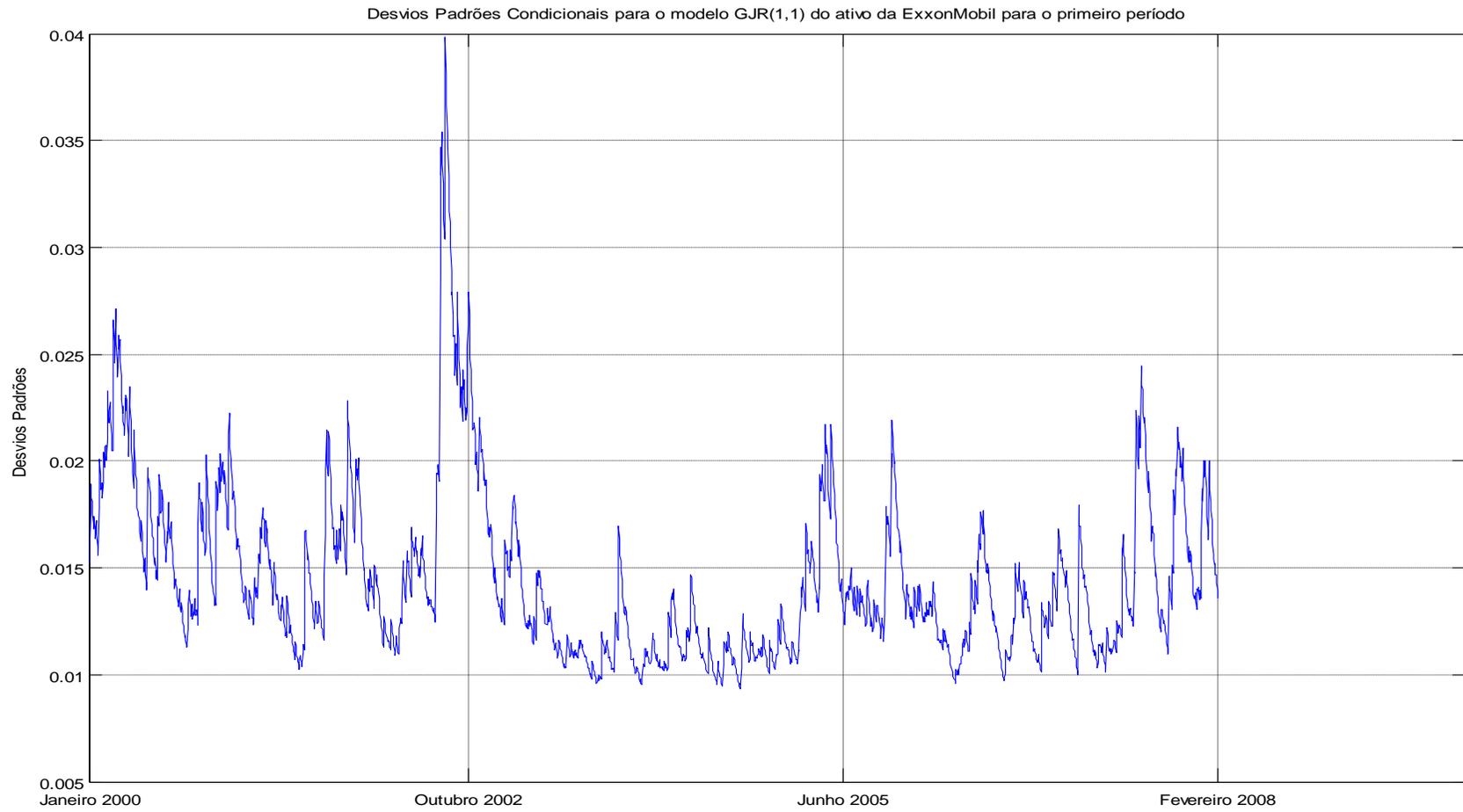


Gráfico 98 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da ExxonMobil

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

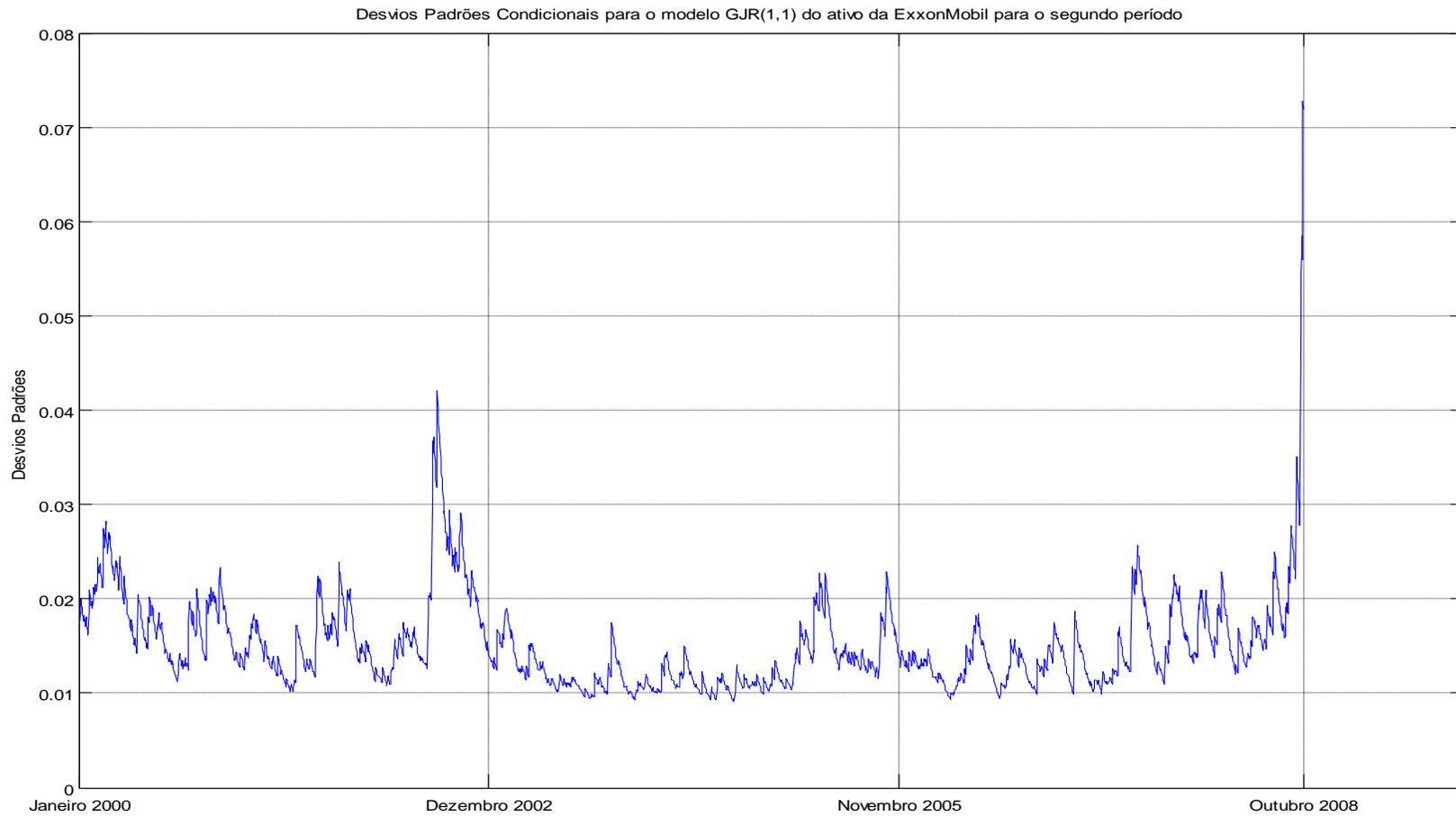


Gráfico 99 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da ExxonMobil

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

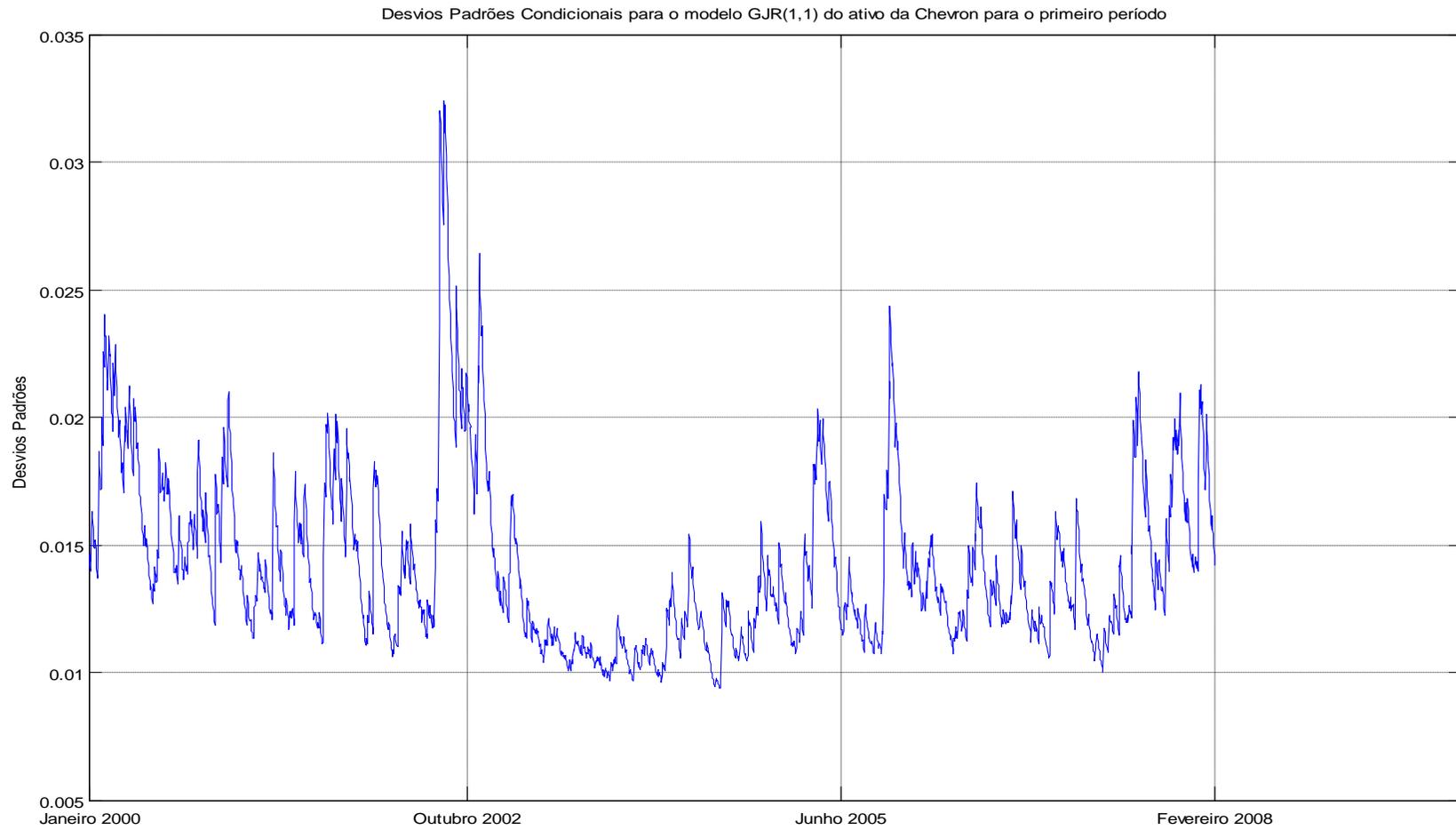


Gráfico 100 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Chevron

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

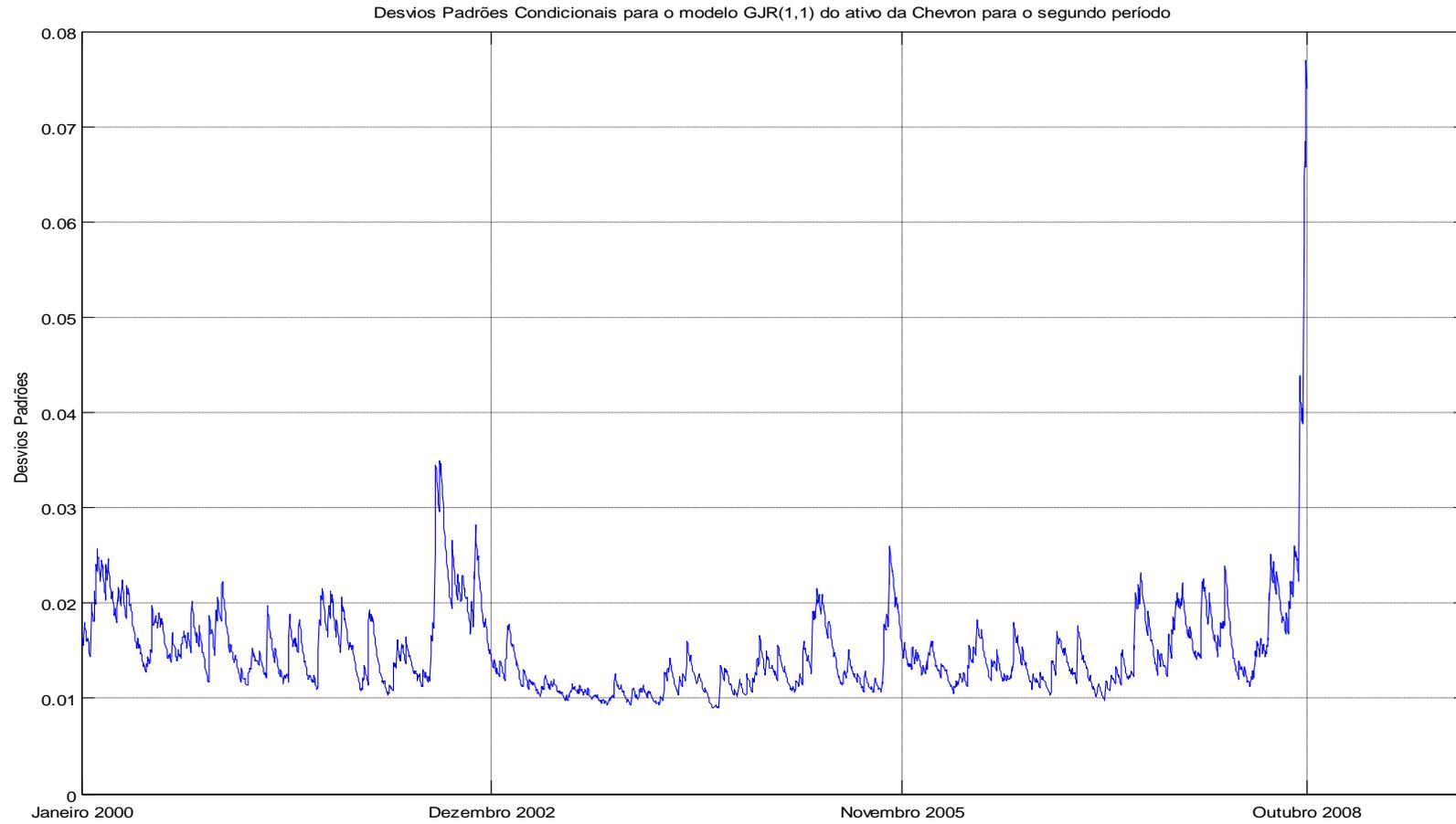


Gráfico 101 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Chevron

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

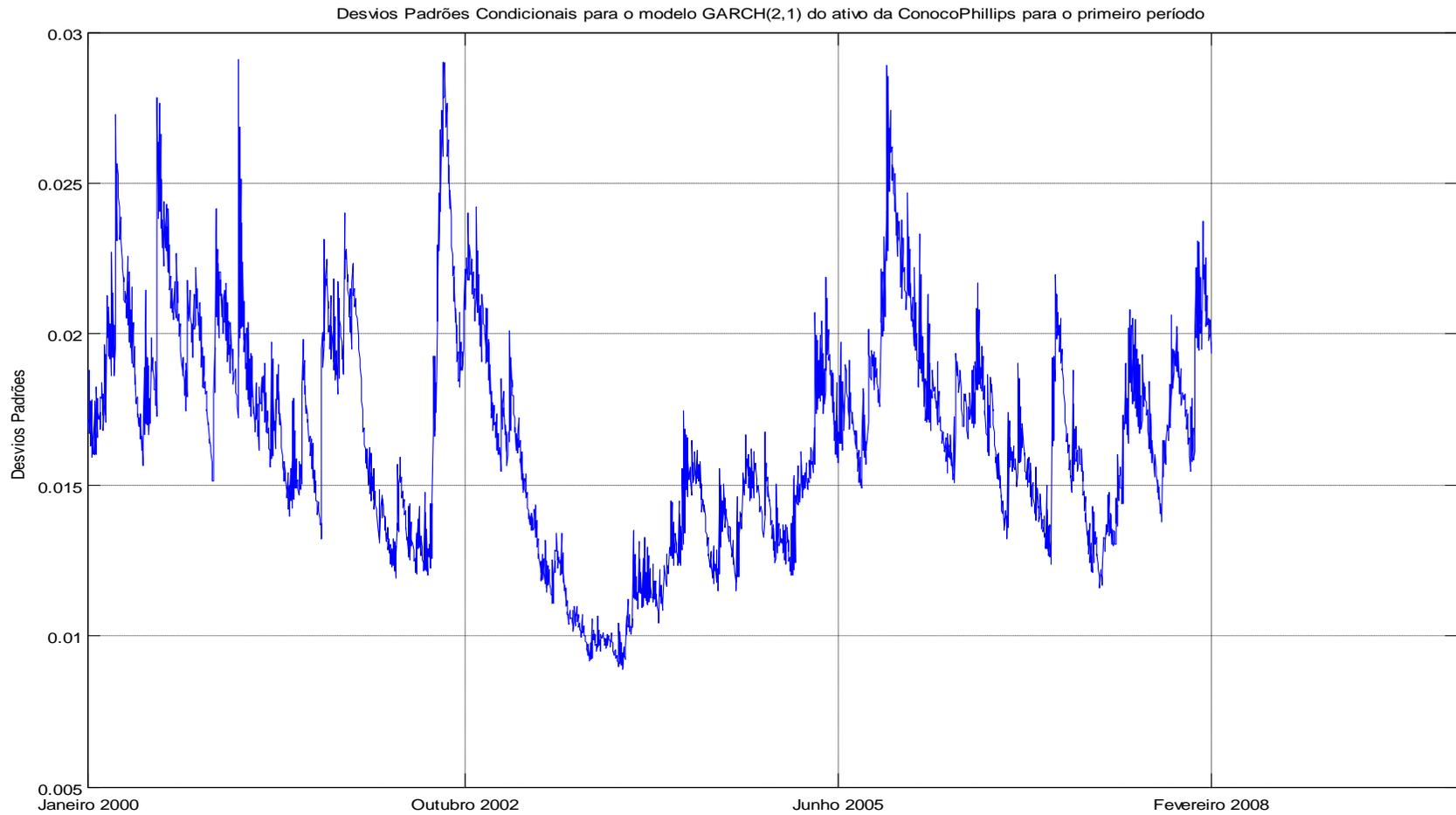


Gráfico 102 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da ConocoPhillips

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

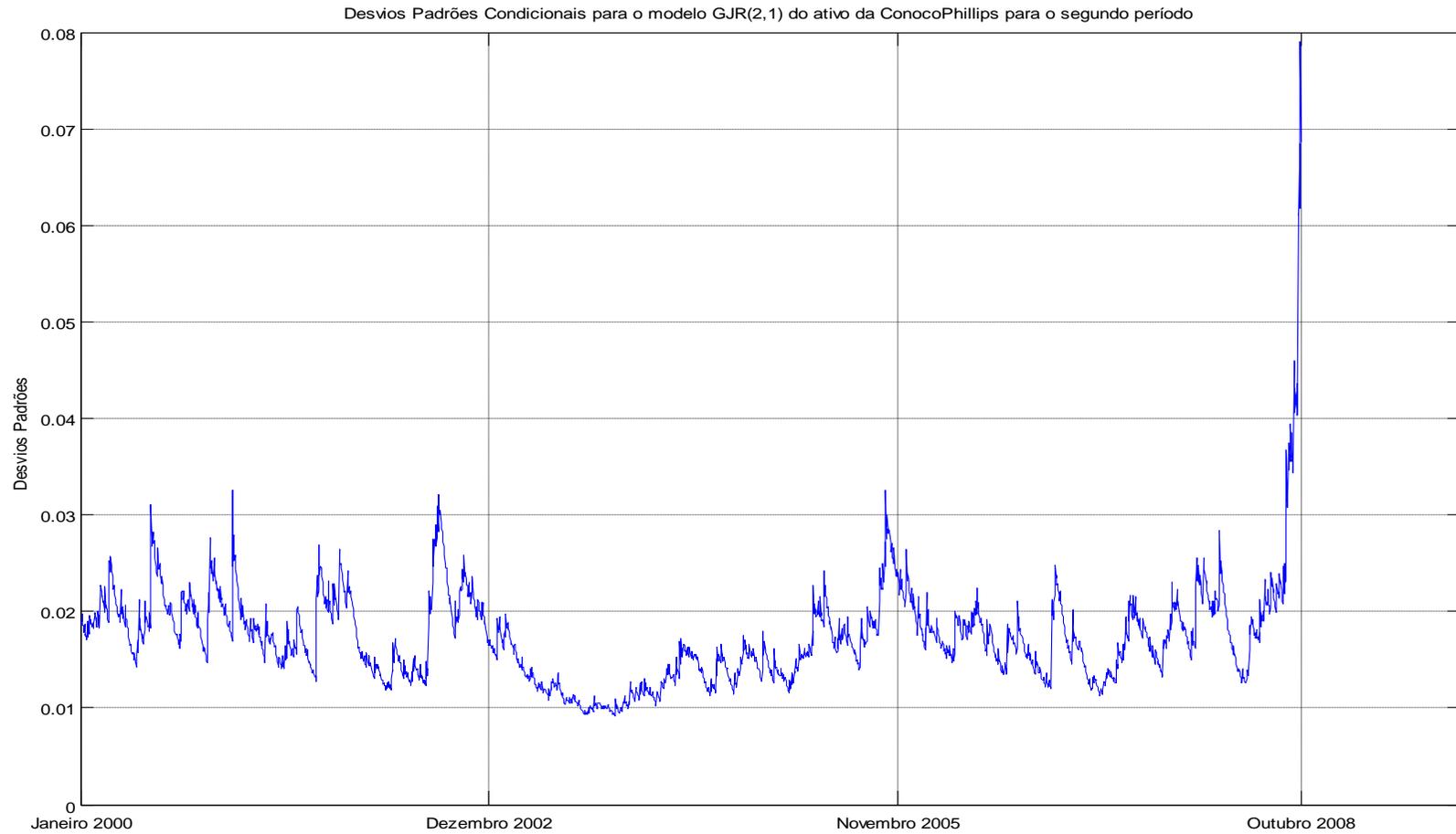


Gráfico 103 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da ConocoPhillips

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

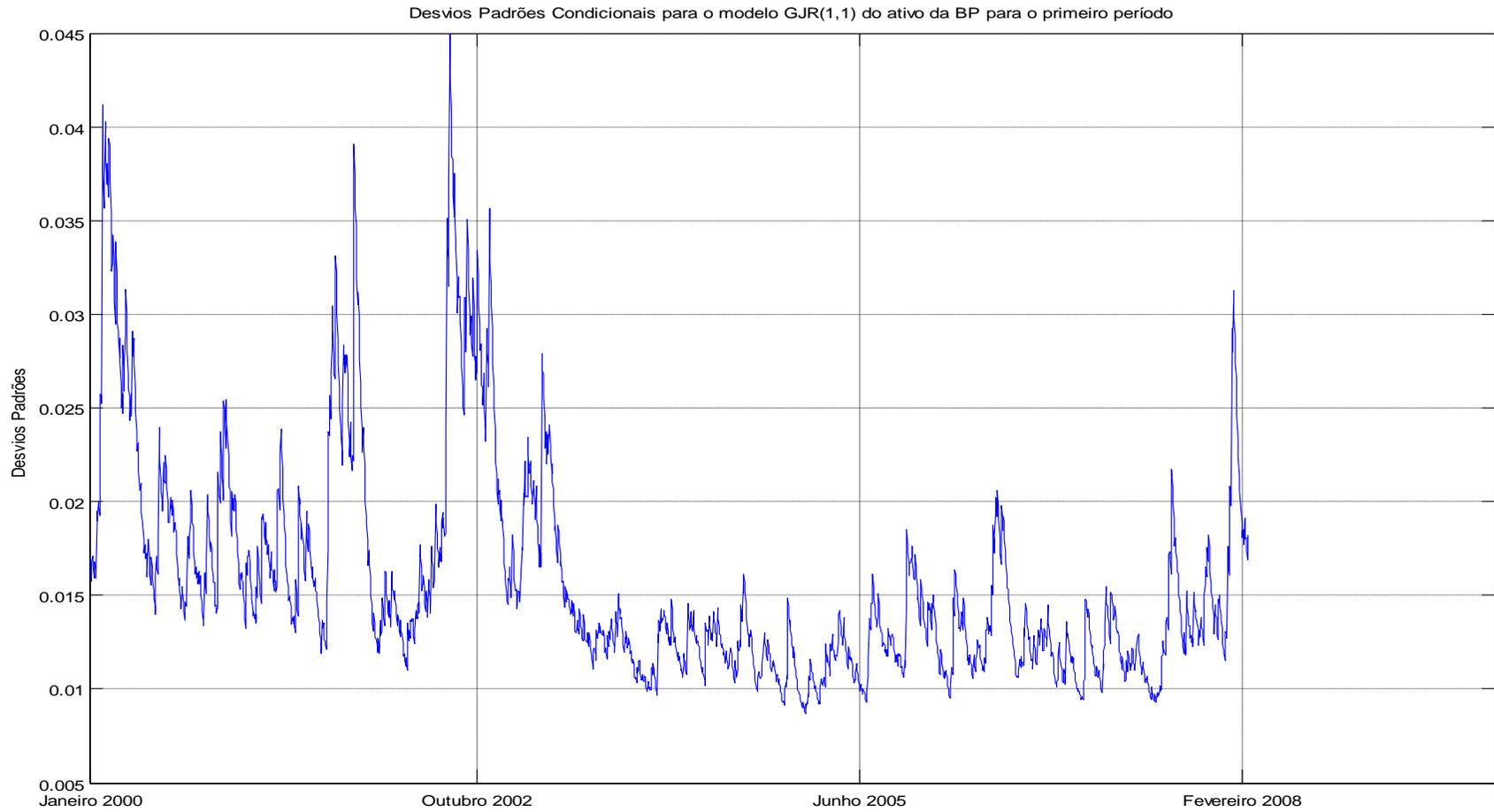


Gráfico 104 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da BP

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

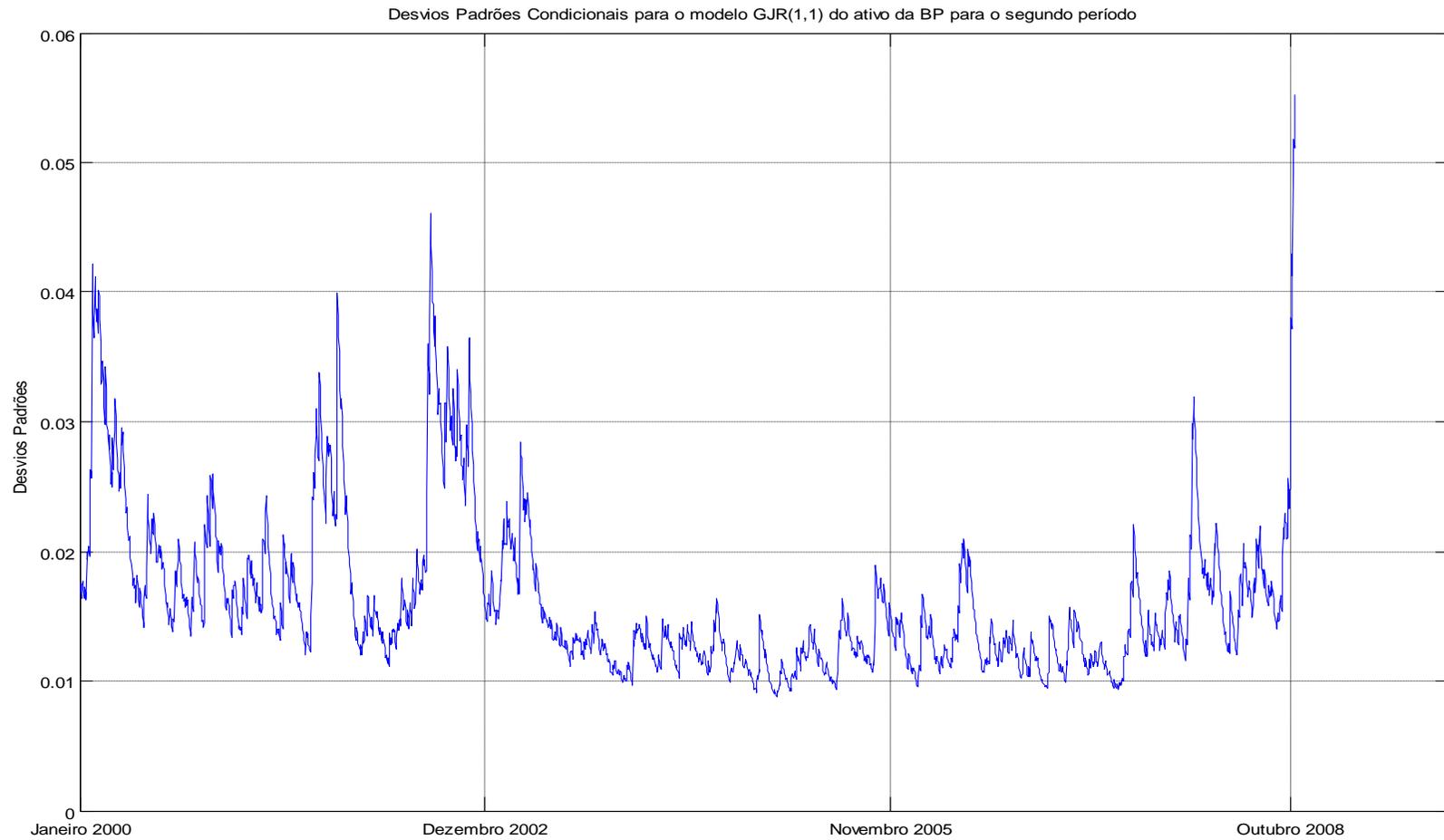


Gráfico 105 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da BP

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

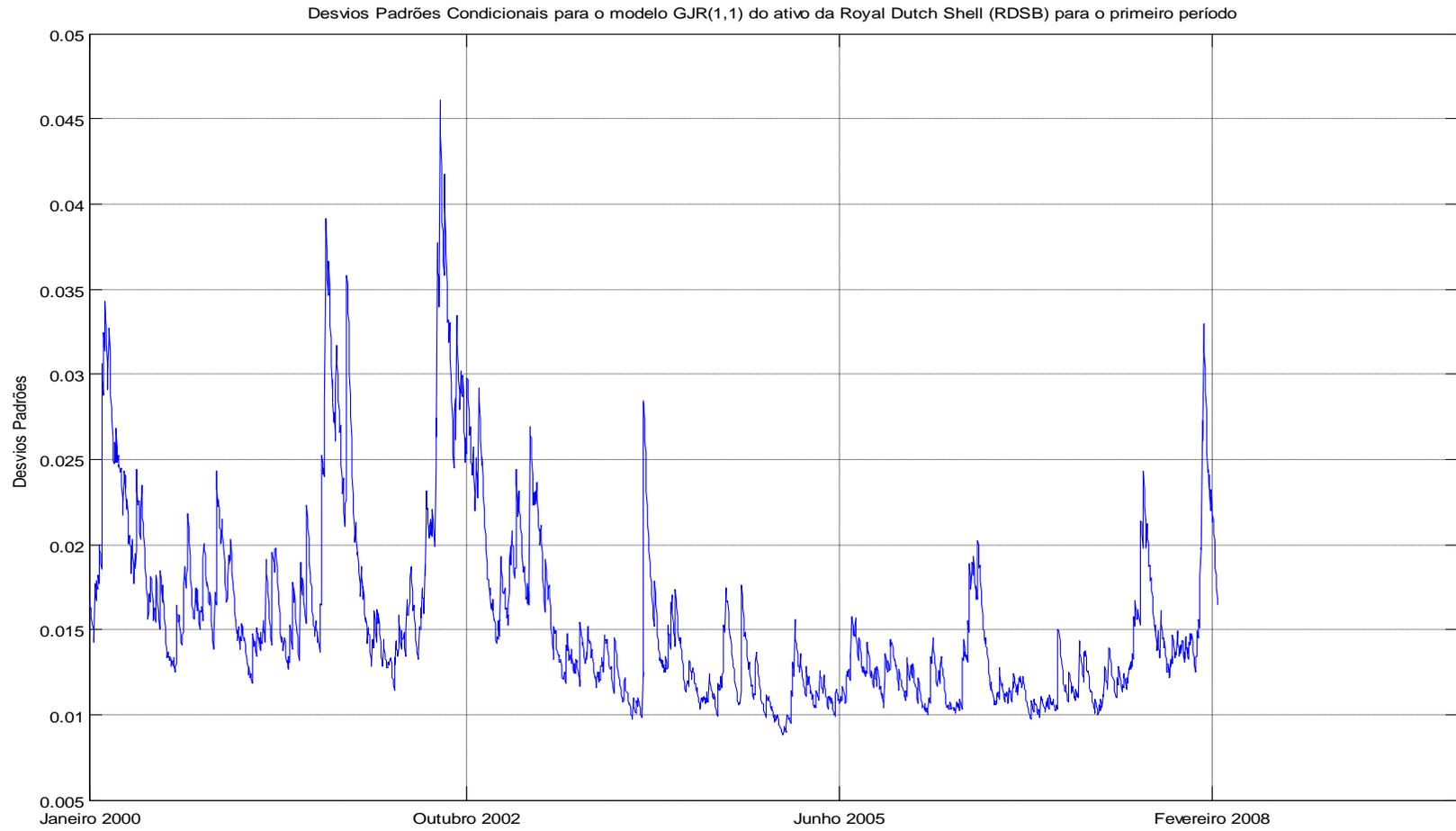


Gráfico 106 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Royal Dutch Shell

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

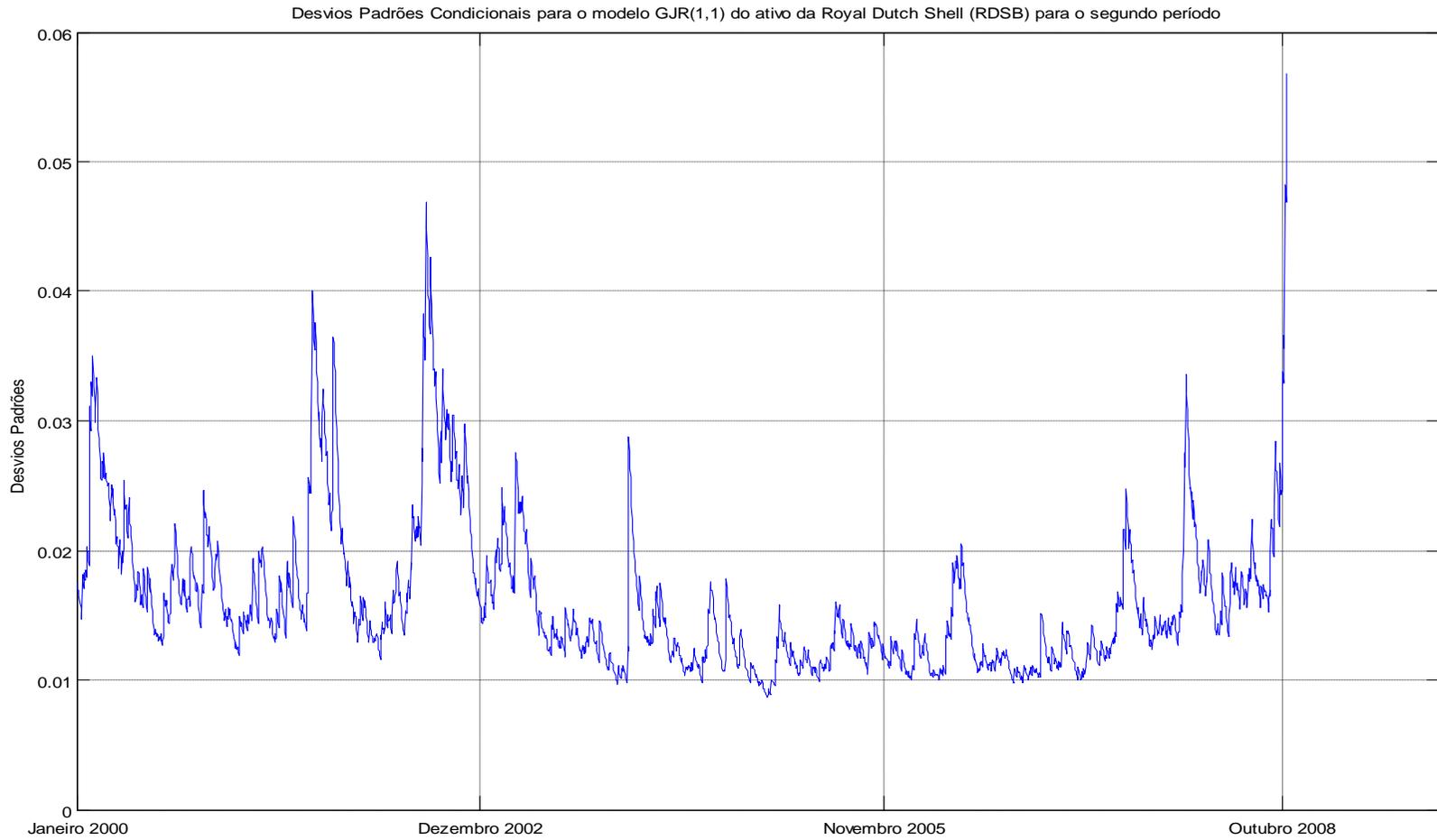


Gráfico 107 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Royal Dutch Shell

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

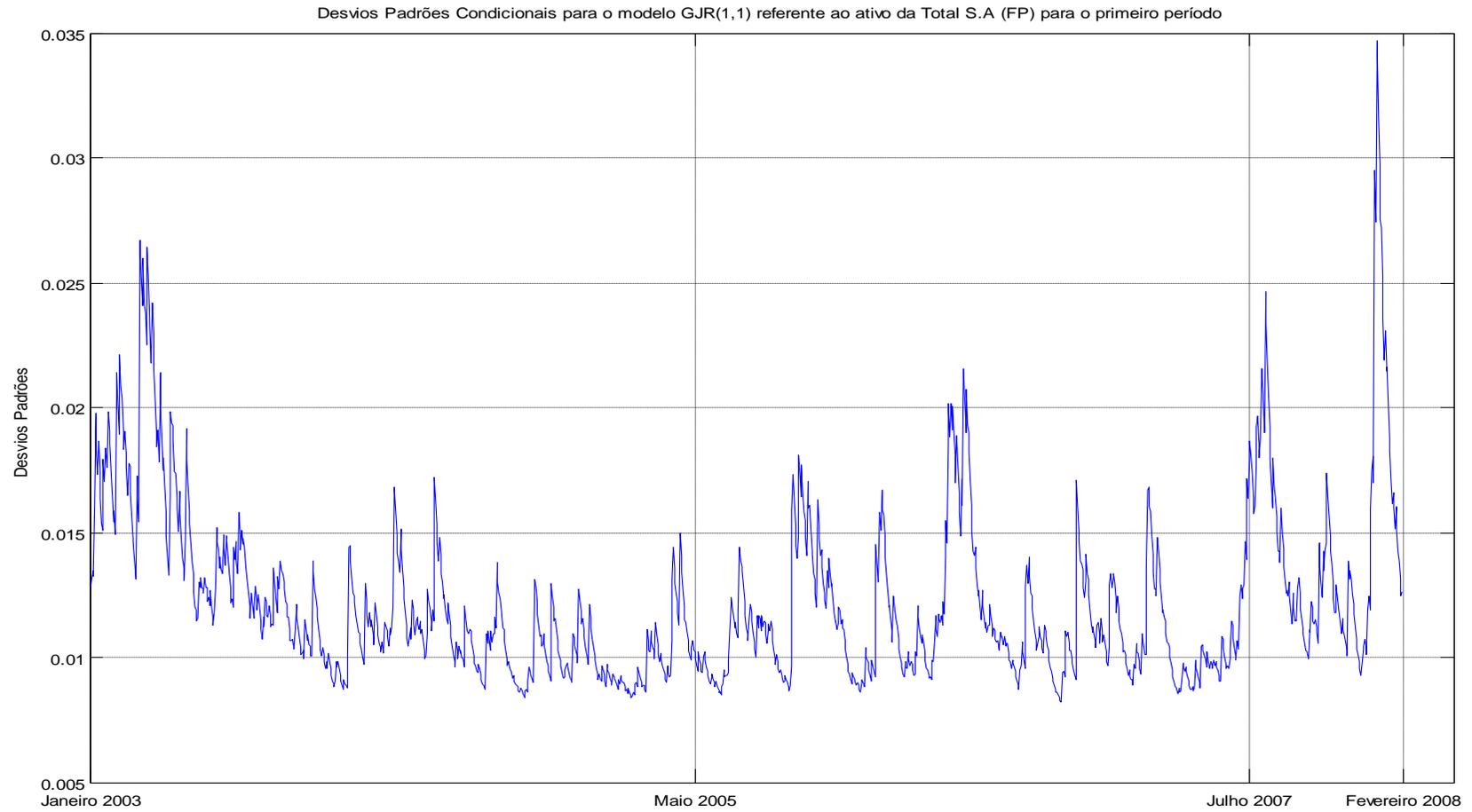


Gráfico 108 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Total S.A.

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

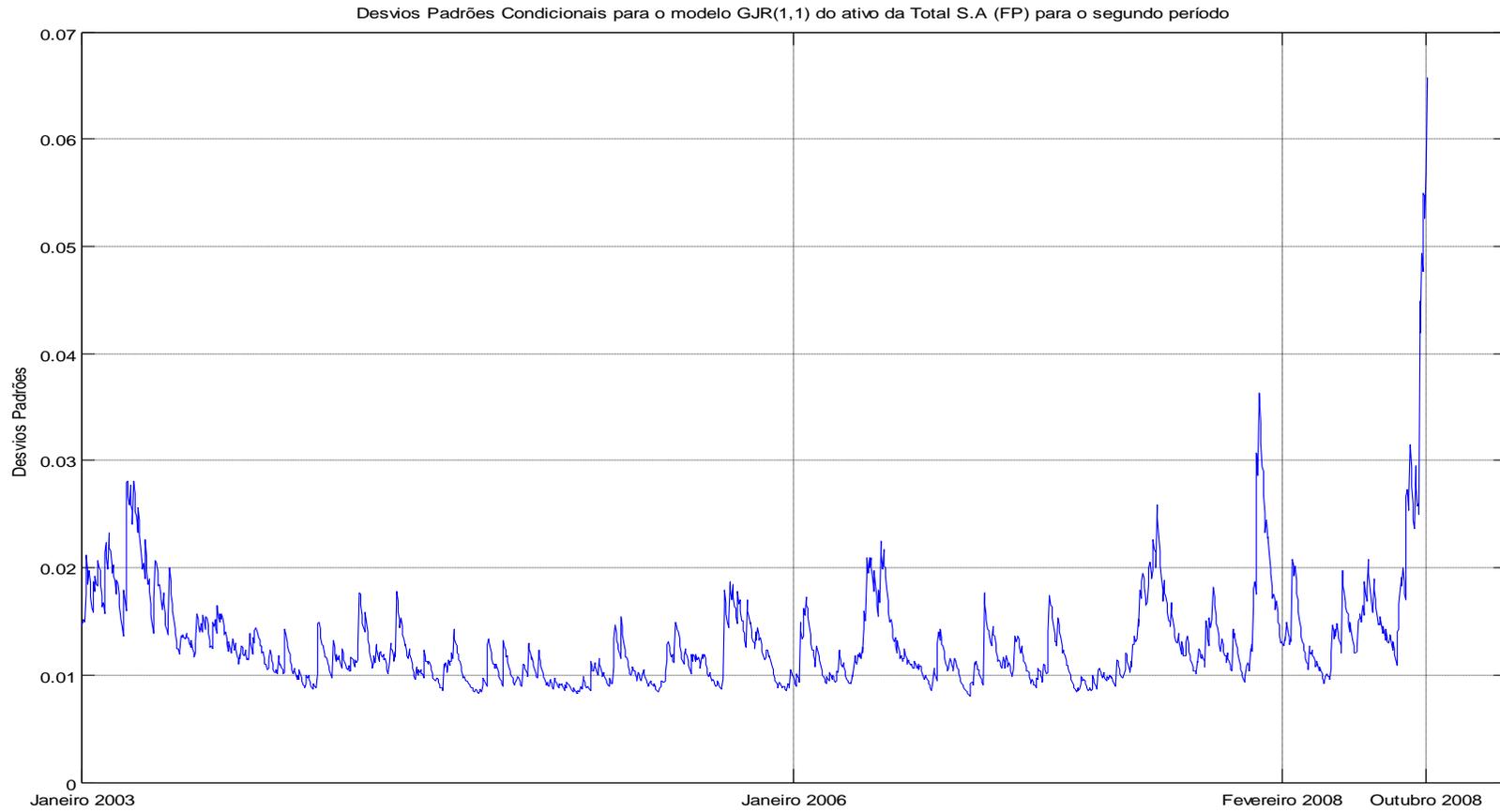


Gráfico 109 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Total S.A.

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

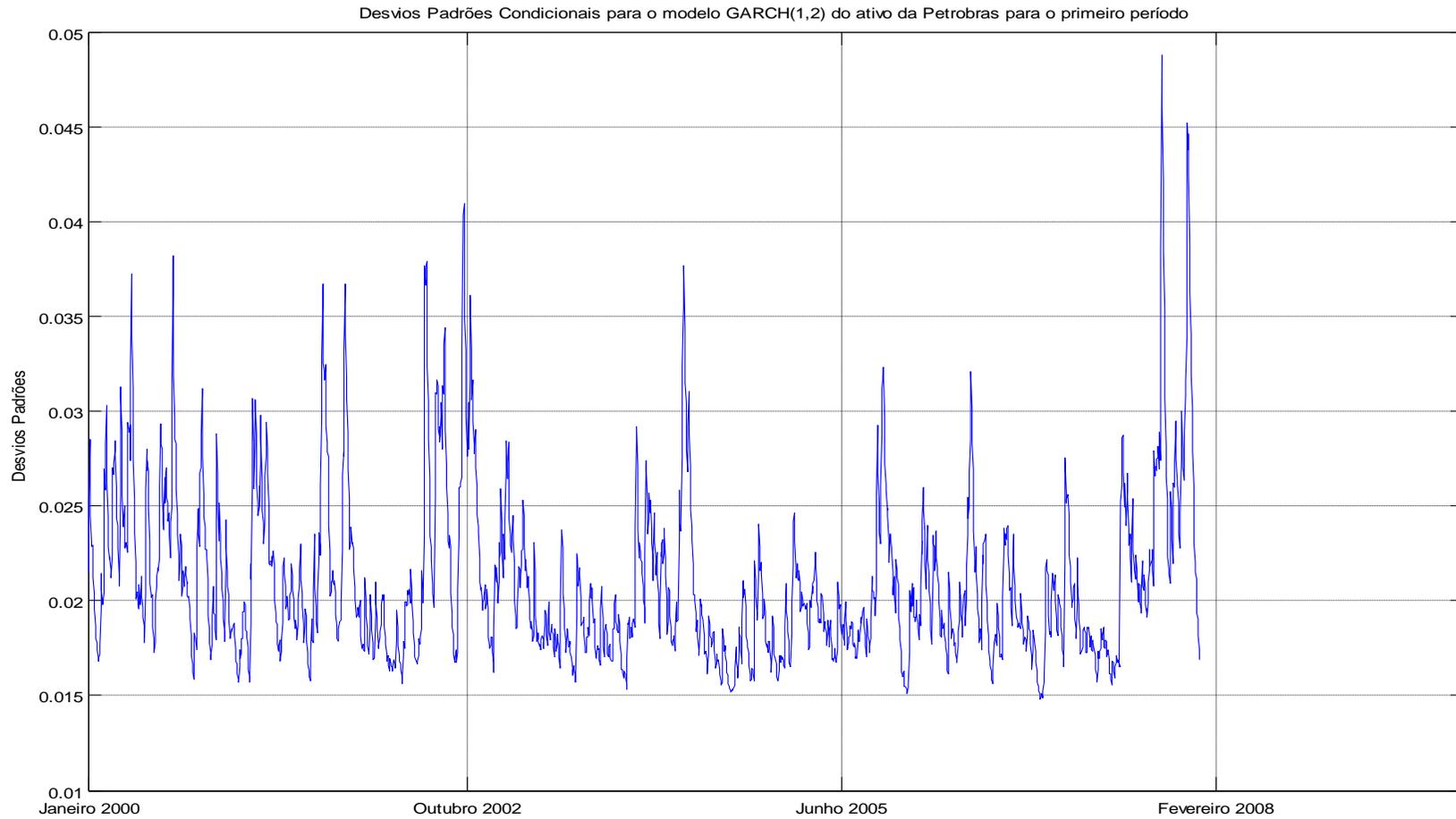


Gráfico 110 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Petrobras

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

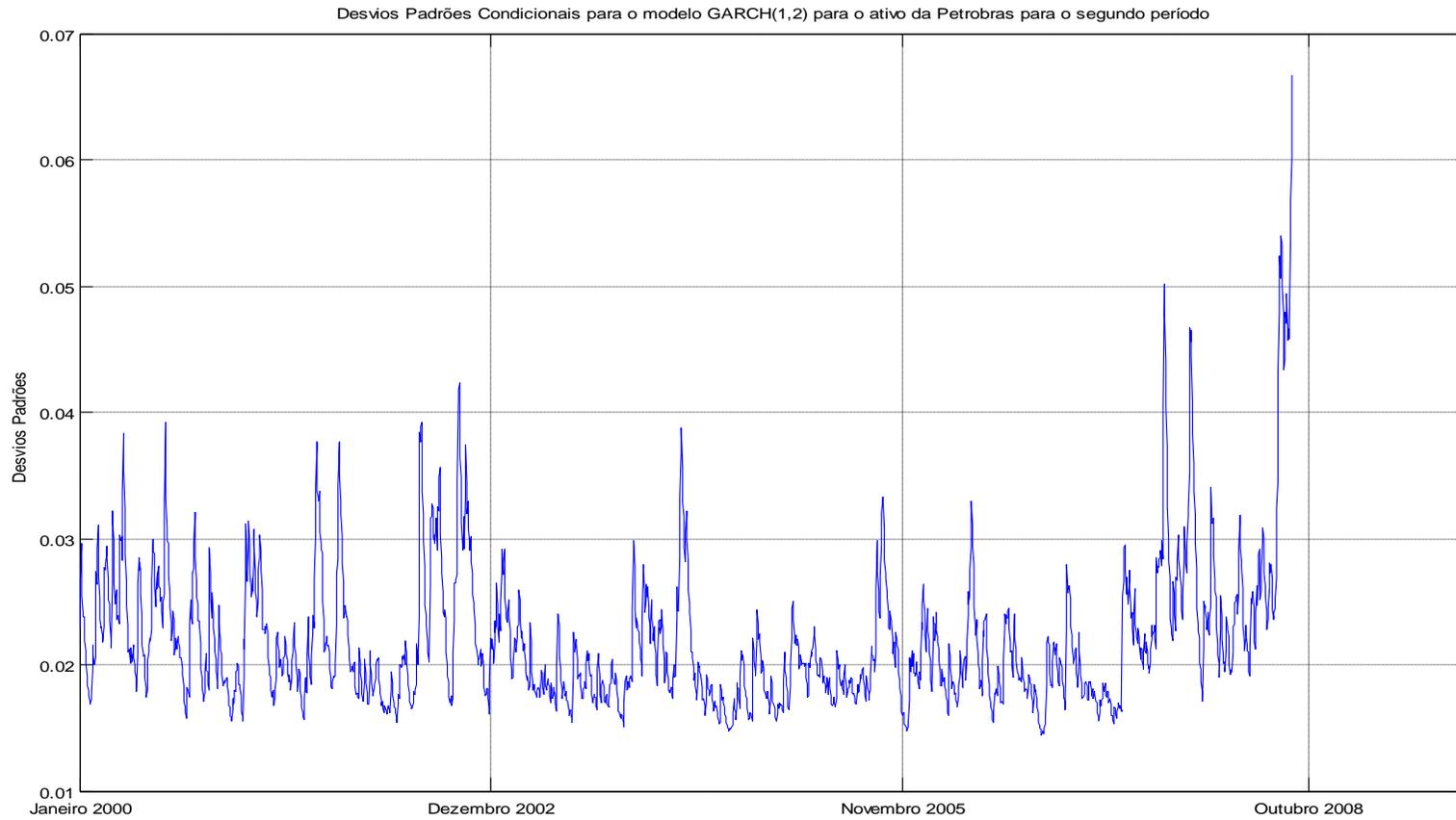


Gráfico 111 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Petrobras

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

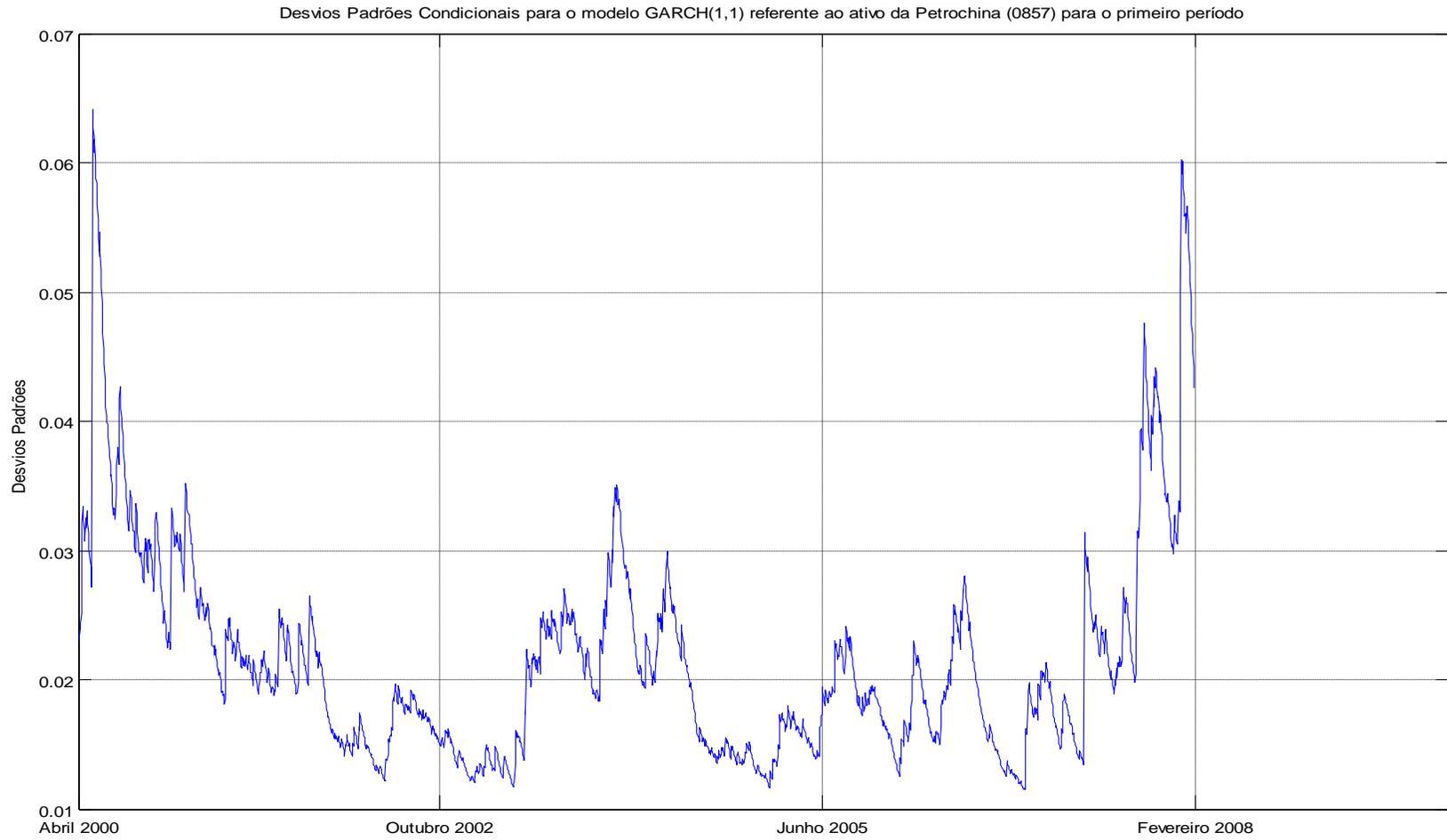


Gráfico 112 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Petrochina

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

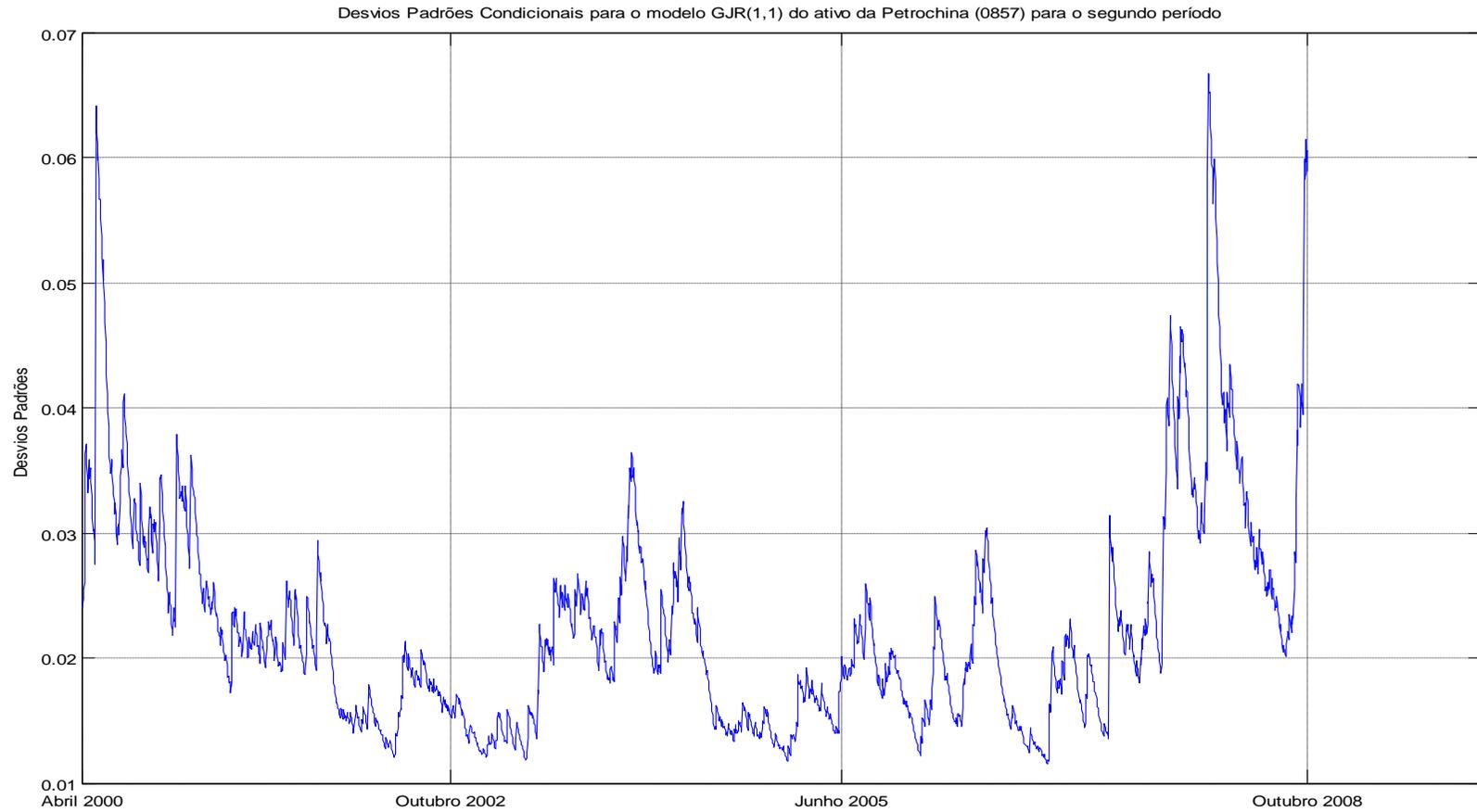


Gráfico 113 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Petrochina

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

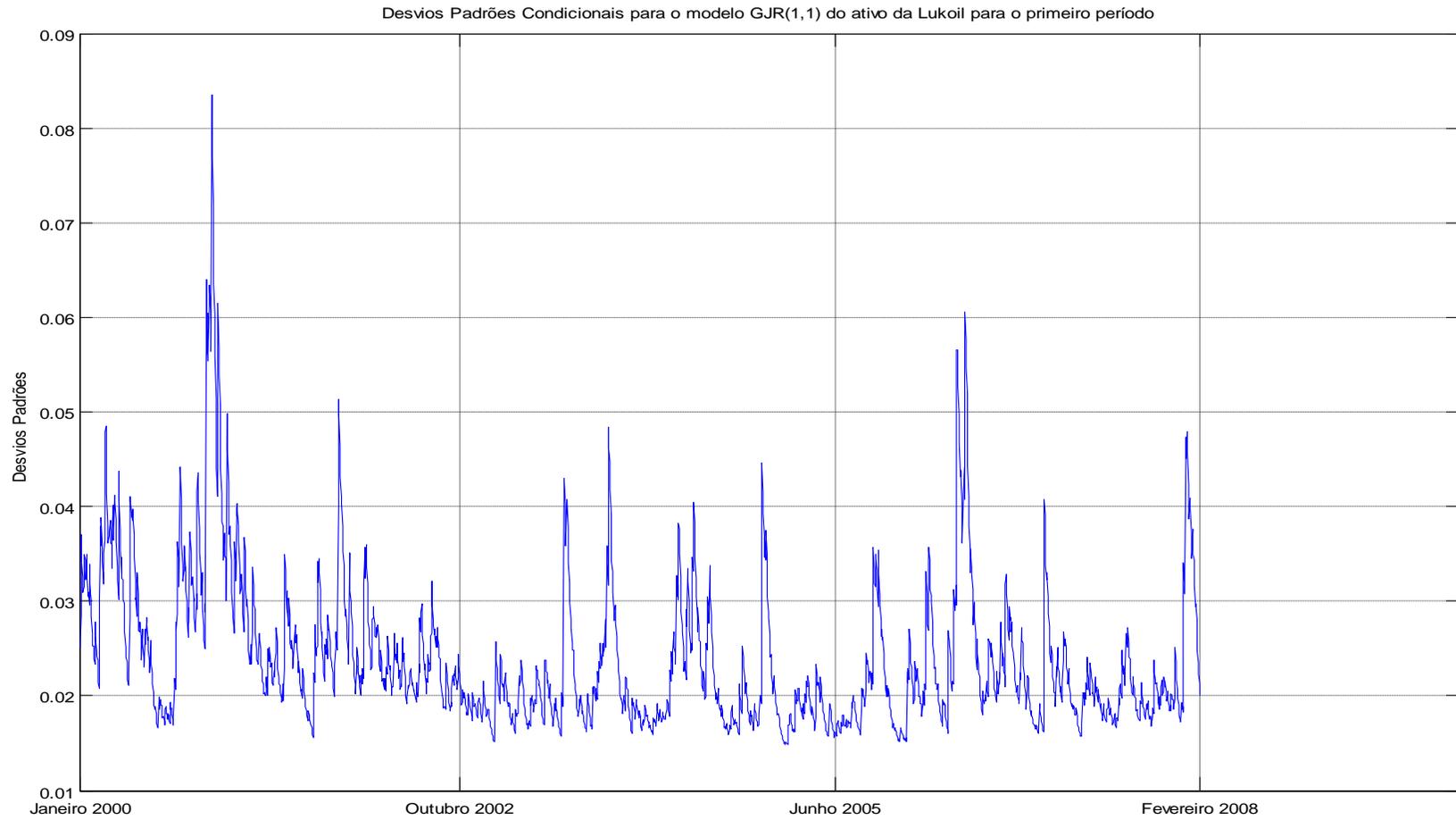


Gráfico 114 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o primeiro período para o ativo da Lukoil

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

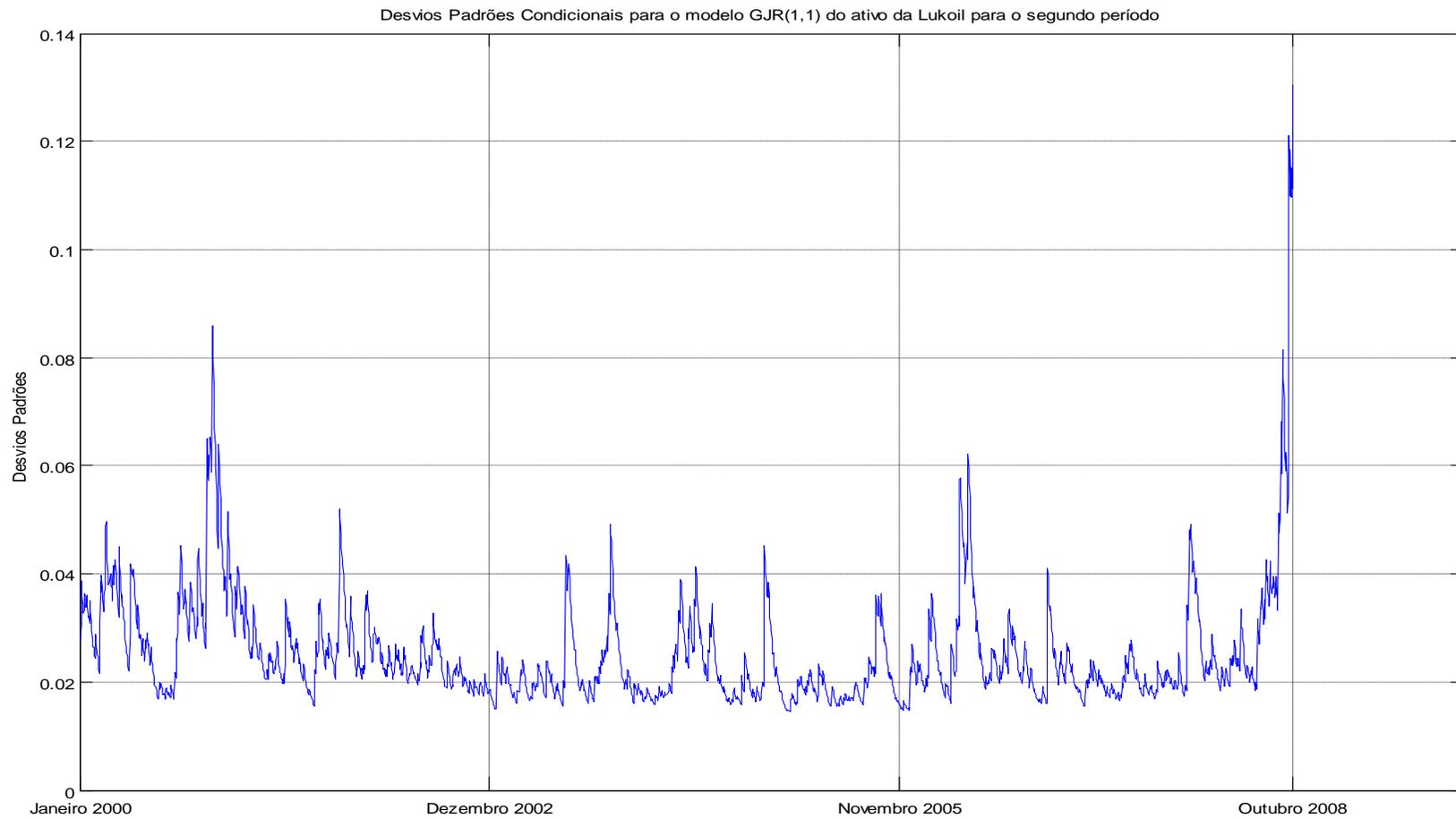


Gráfico 115 - Desvios padrões condicionais referentes ao modelo estimado para o segundo período para o ativo da Lukoil

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

Apêndice F – Gráficos das simulações de Monte Carlo

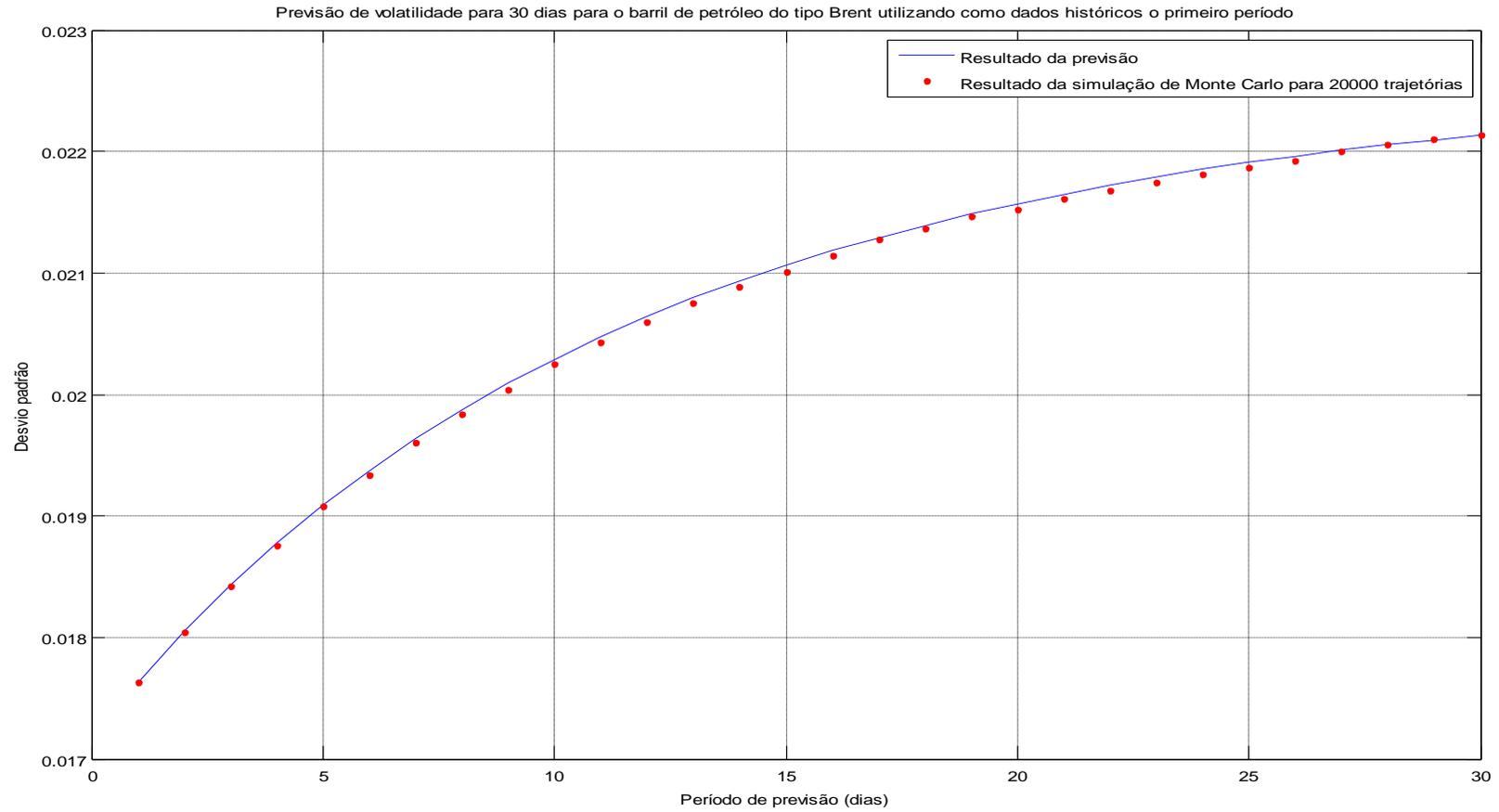


Gráfico 116 – Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do barril de petróleo do tipo Brent

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

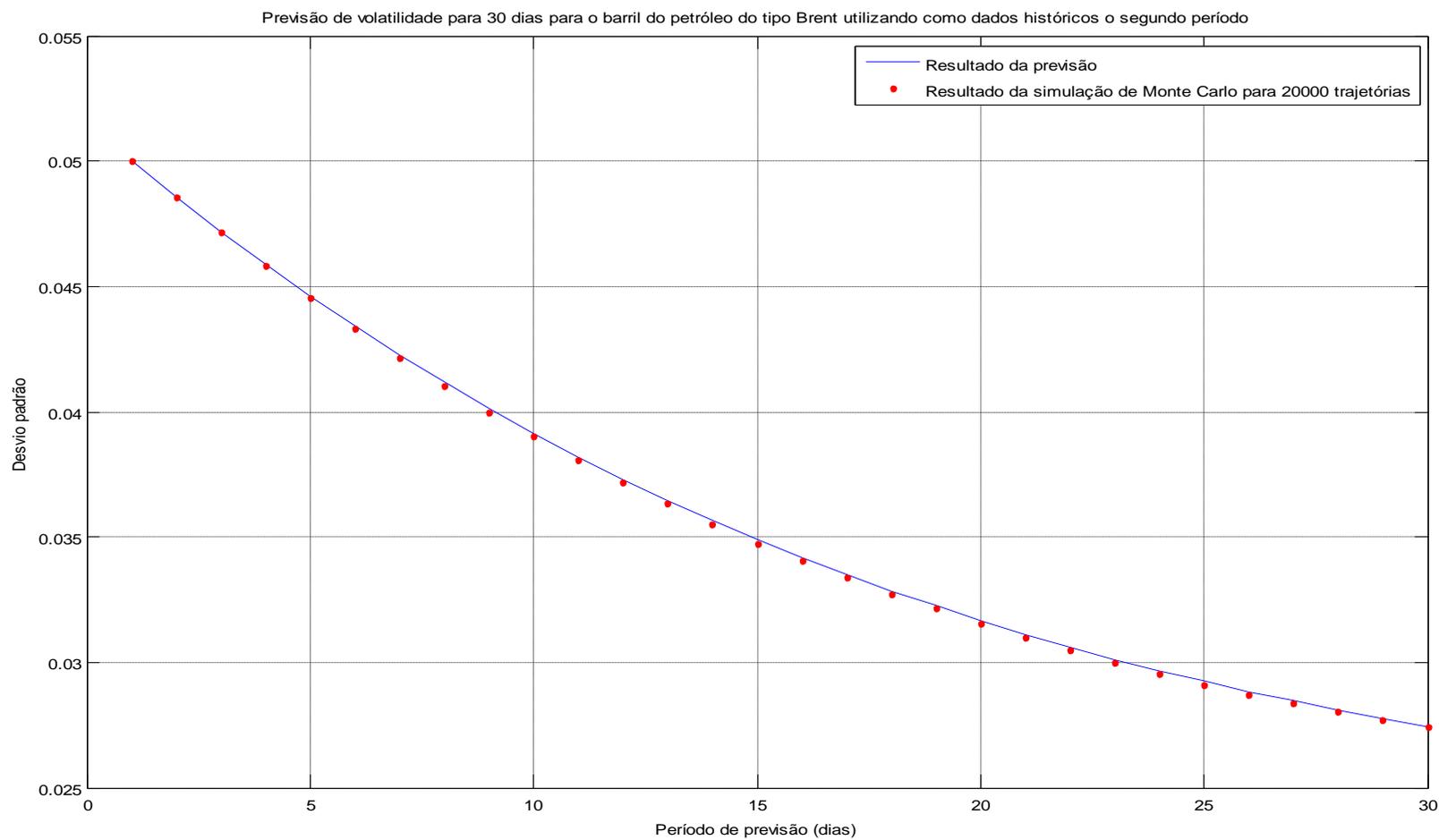


Gráfico 117 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do barril de petróleo do tipo Brent

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

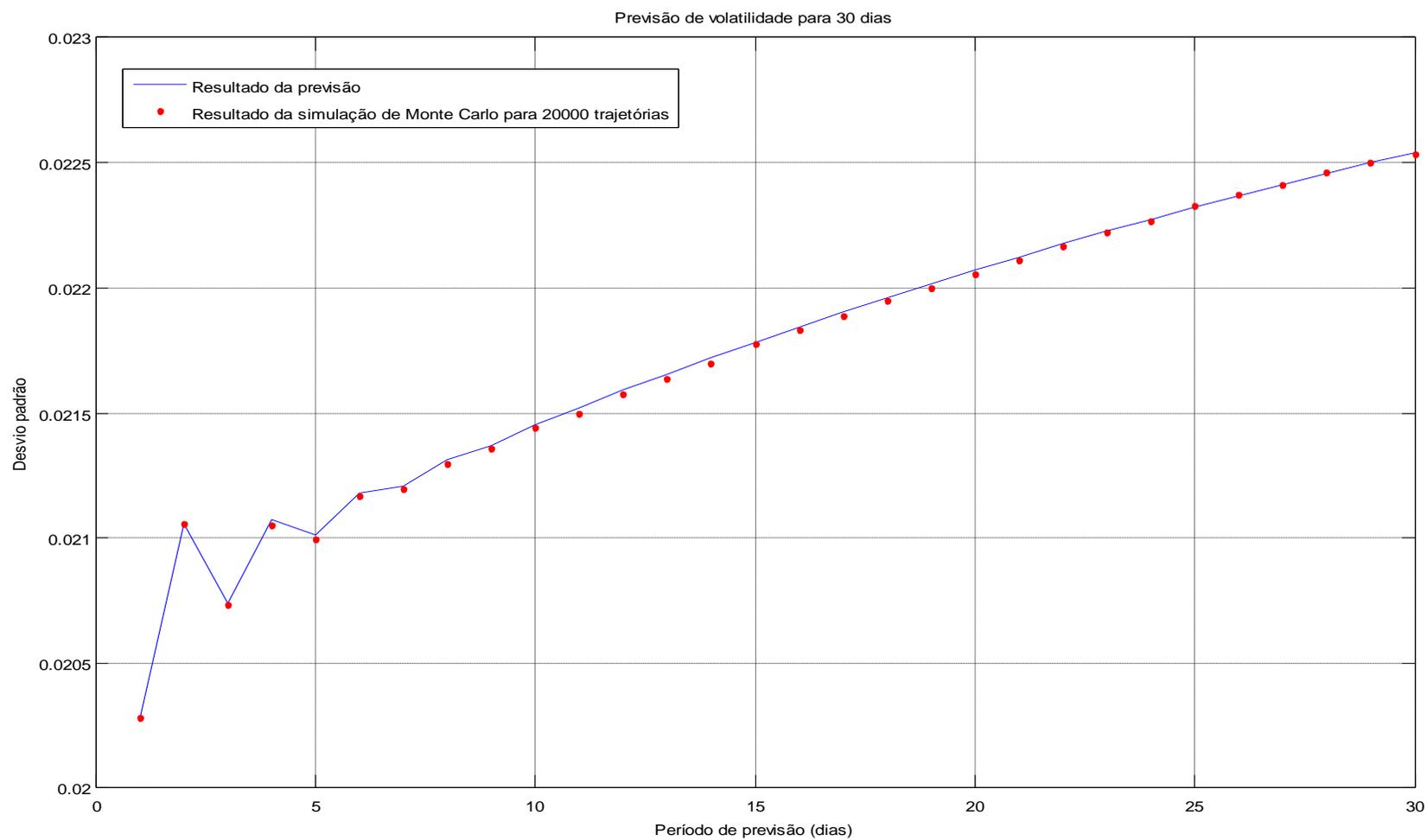


Gráfico 118 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do barril de petróleo do tipo WTI

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

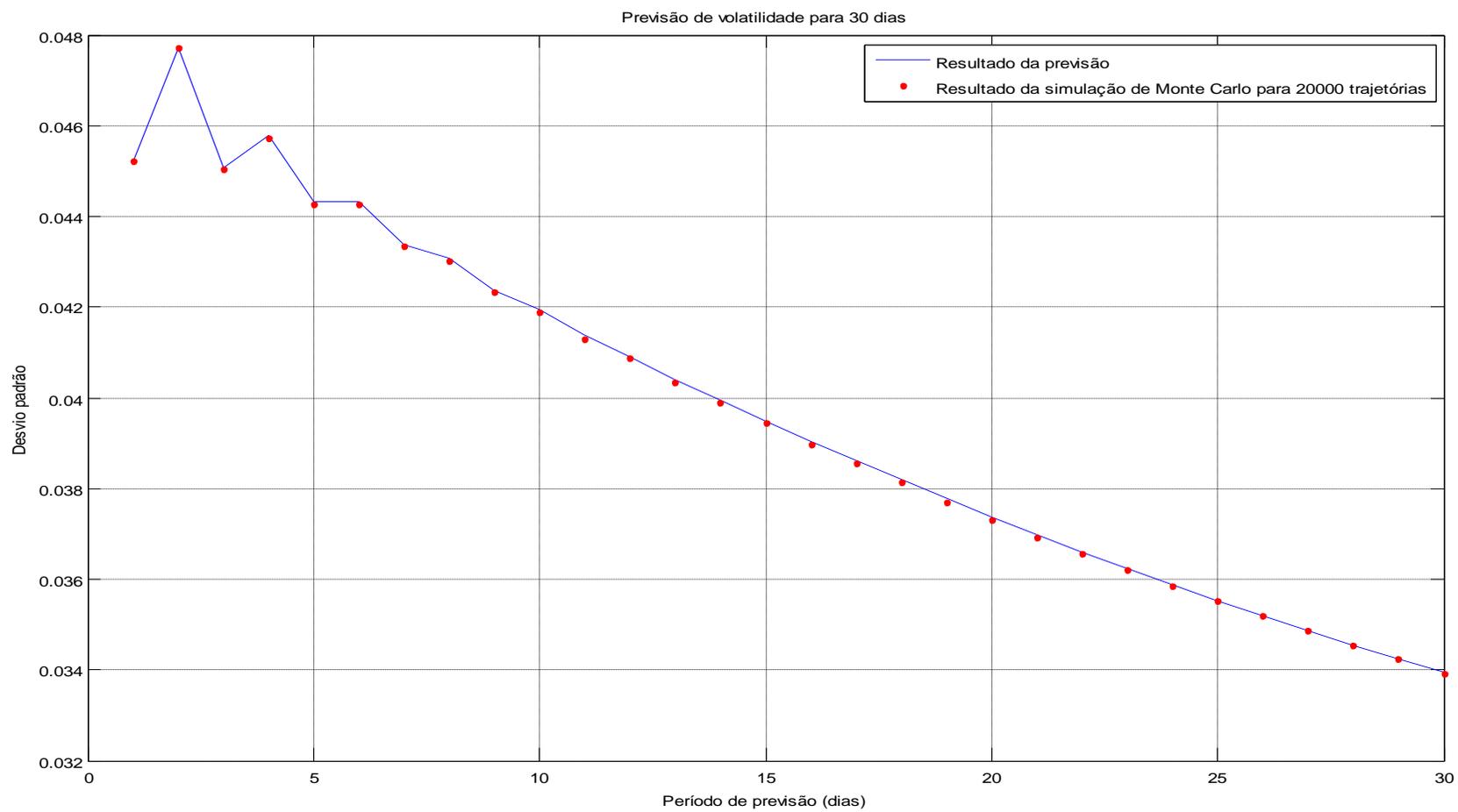


Gráfico 119 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do barril de petróleo do tipo WTI

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

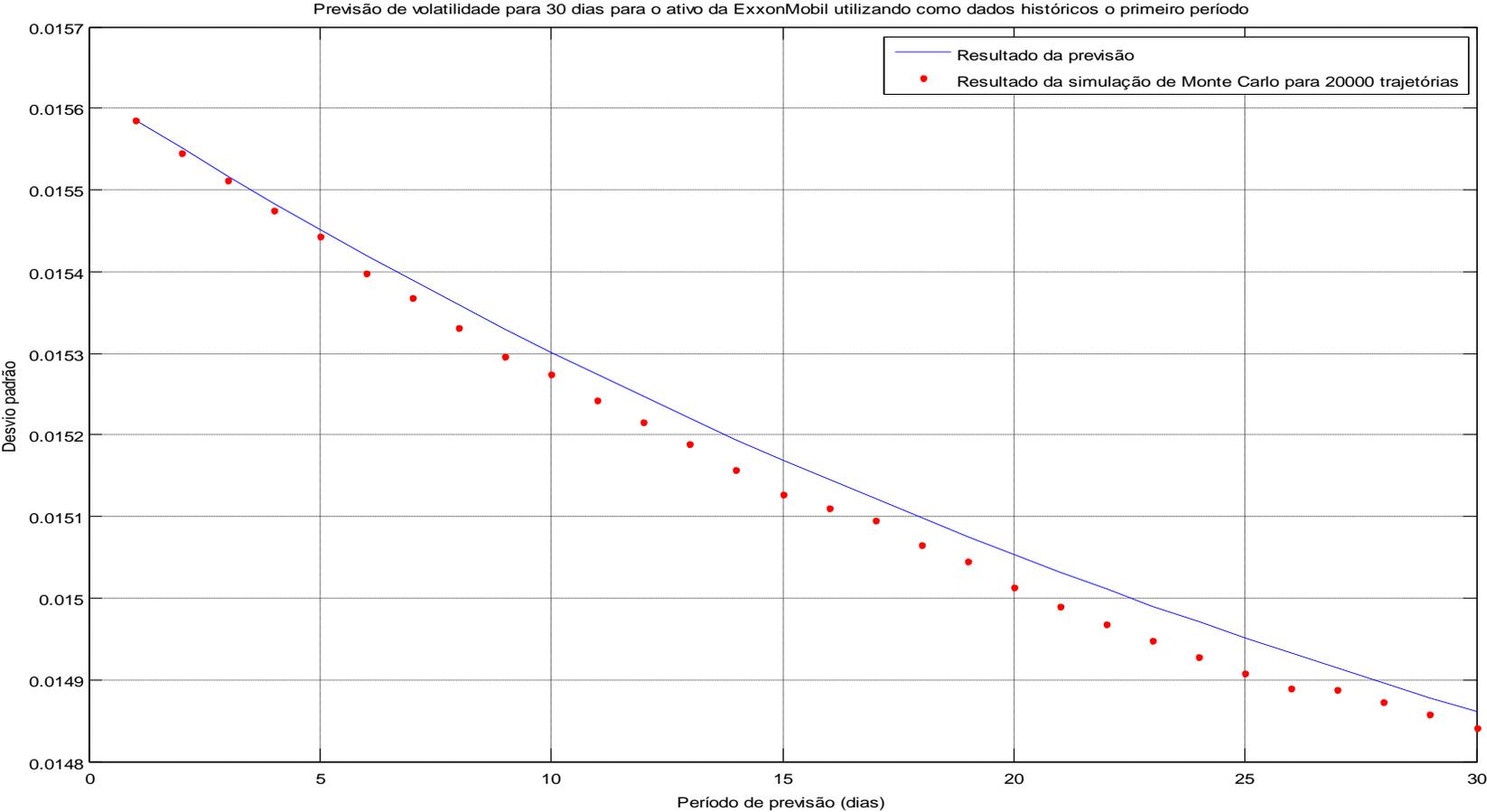


Gráfico 120 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da ExxonMobil

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

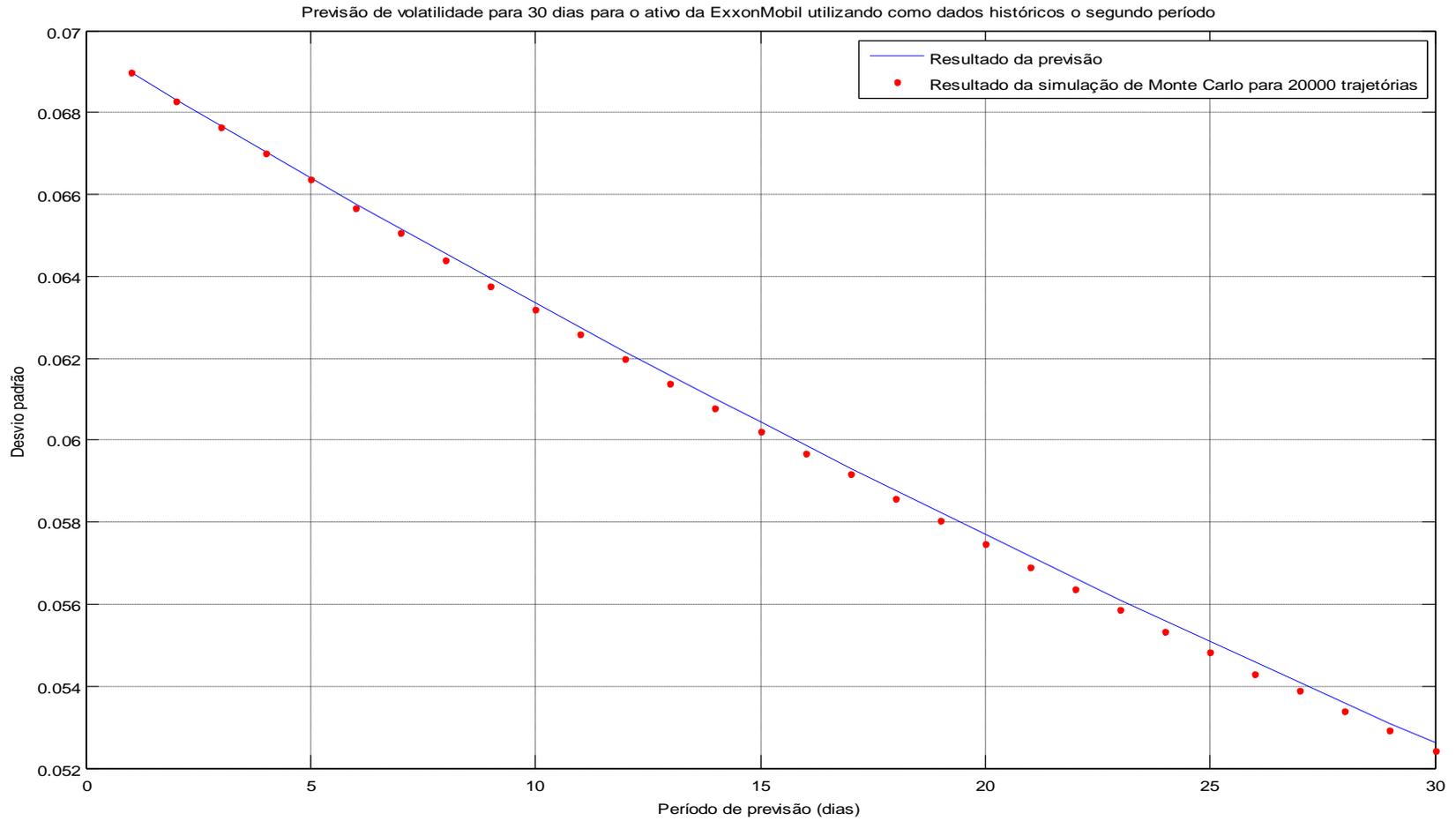


Gráfico 121 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da ExxonMobil

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

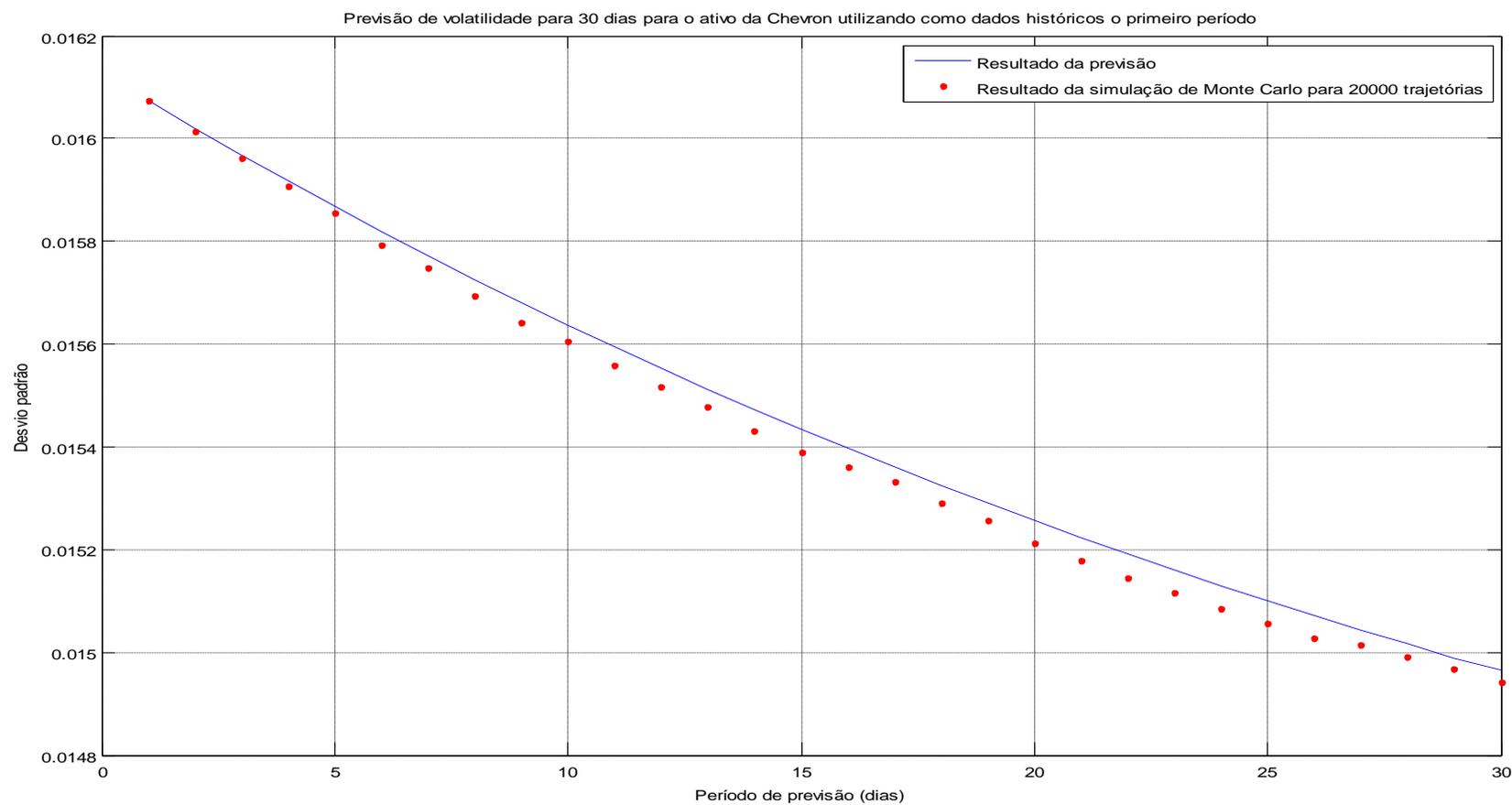


Gráfico 122 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Chevron

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

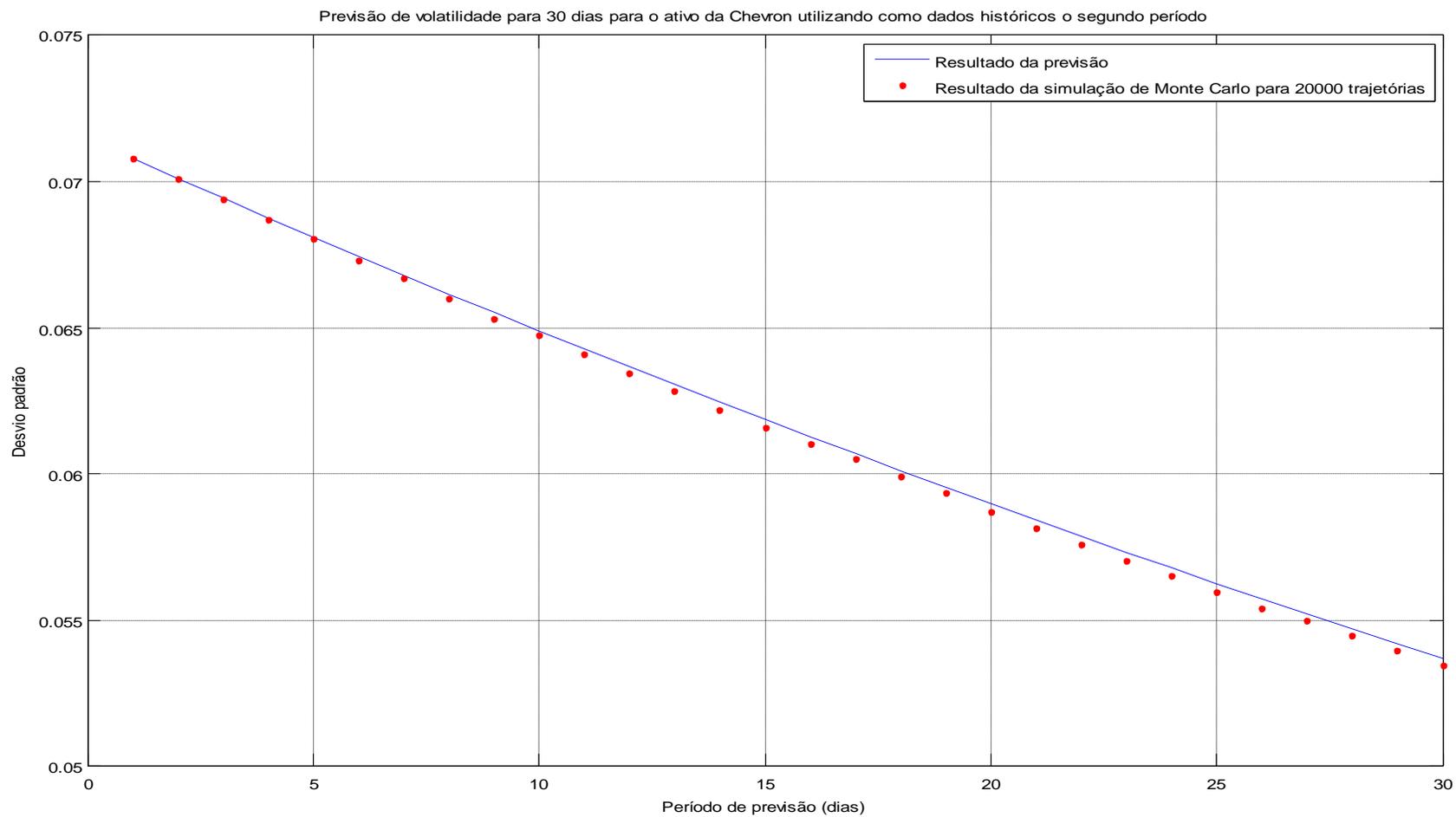


Gráfico 123 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Chevron

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

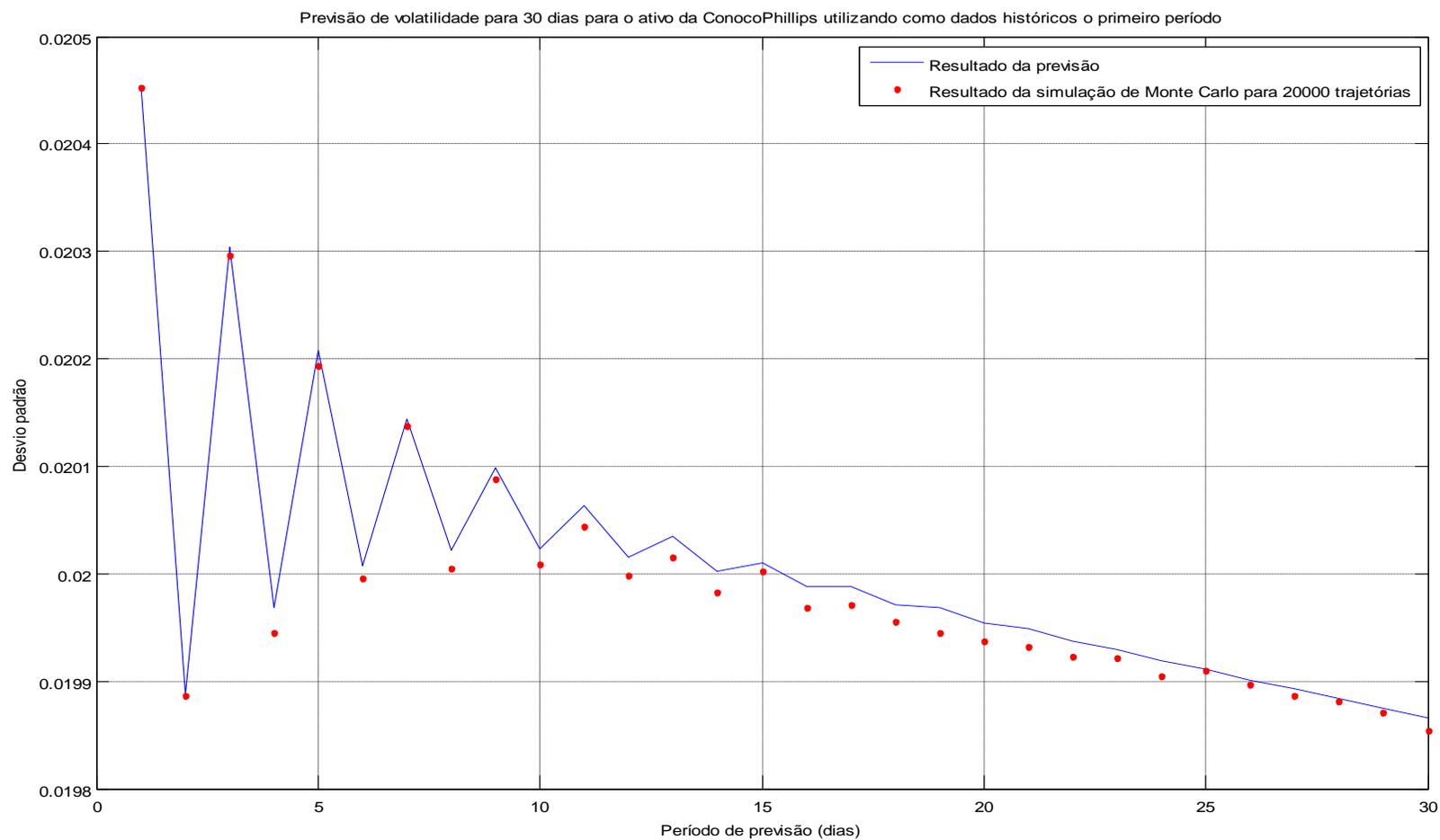


Gráfico 124 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da ConocoPhillips

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

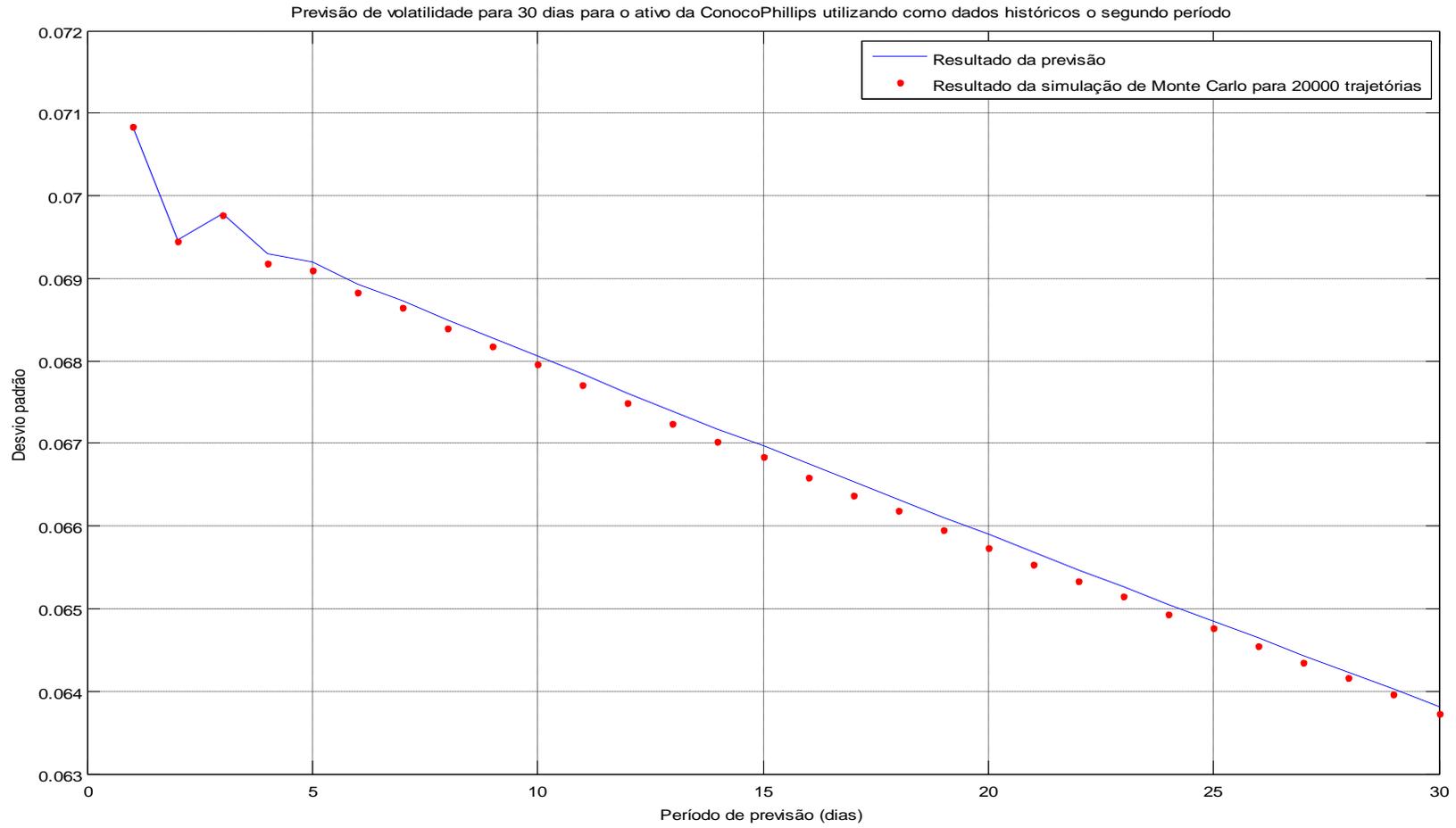


Gráfico 125 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da ConocoPhillips

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

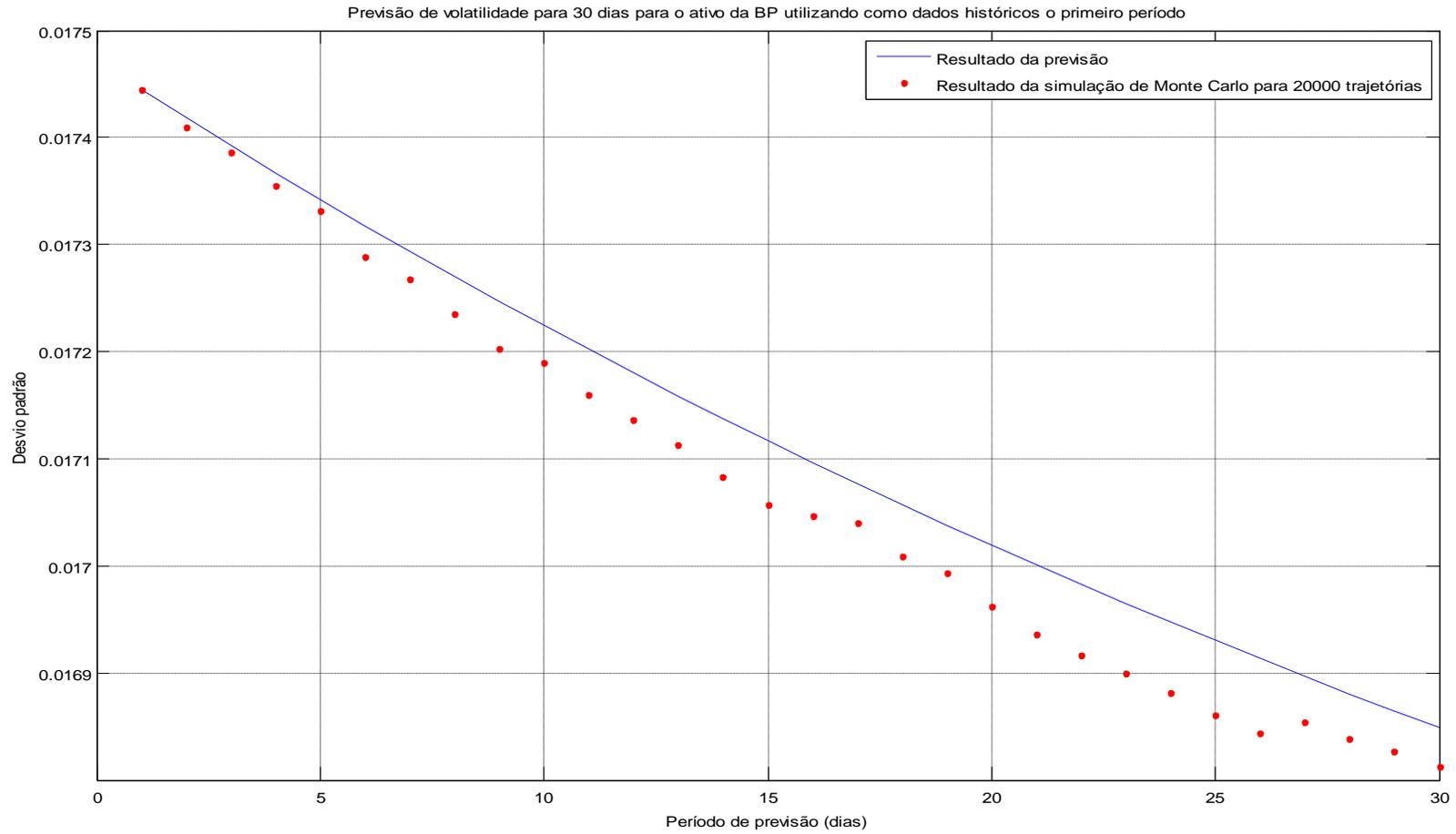


Gráfico 126 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da BP

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

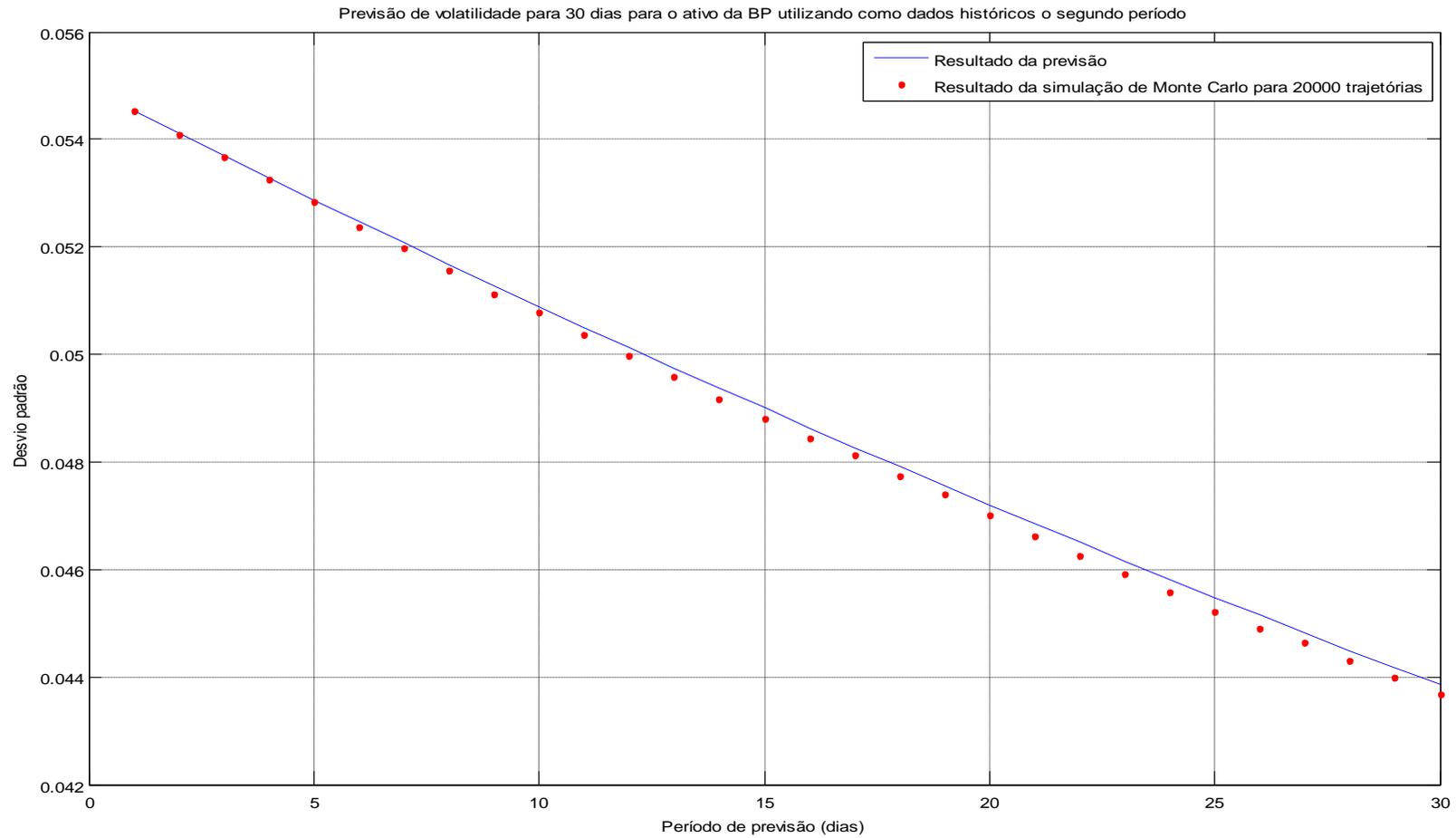


Gráfico 127 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da BP

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

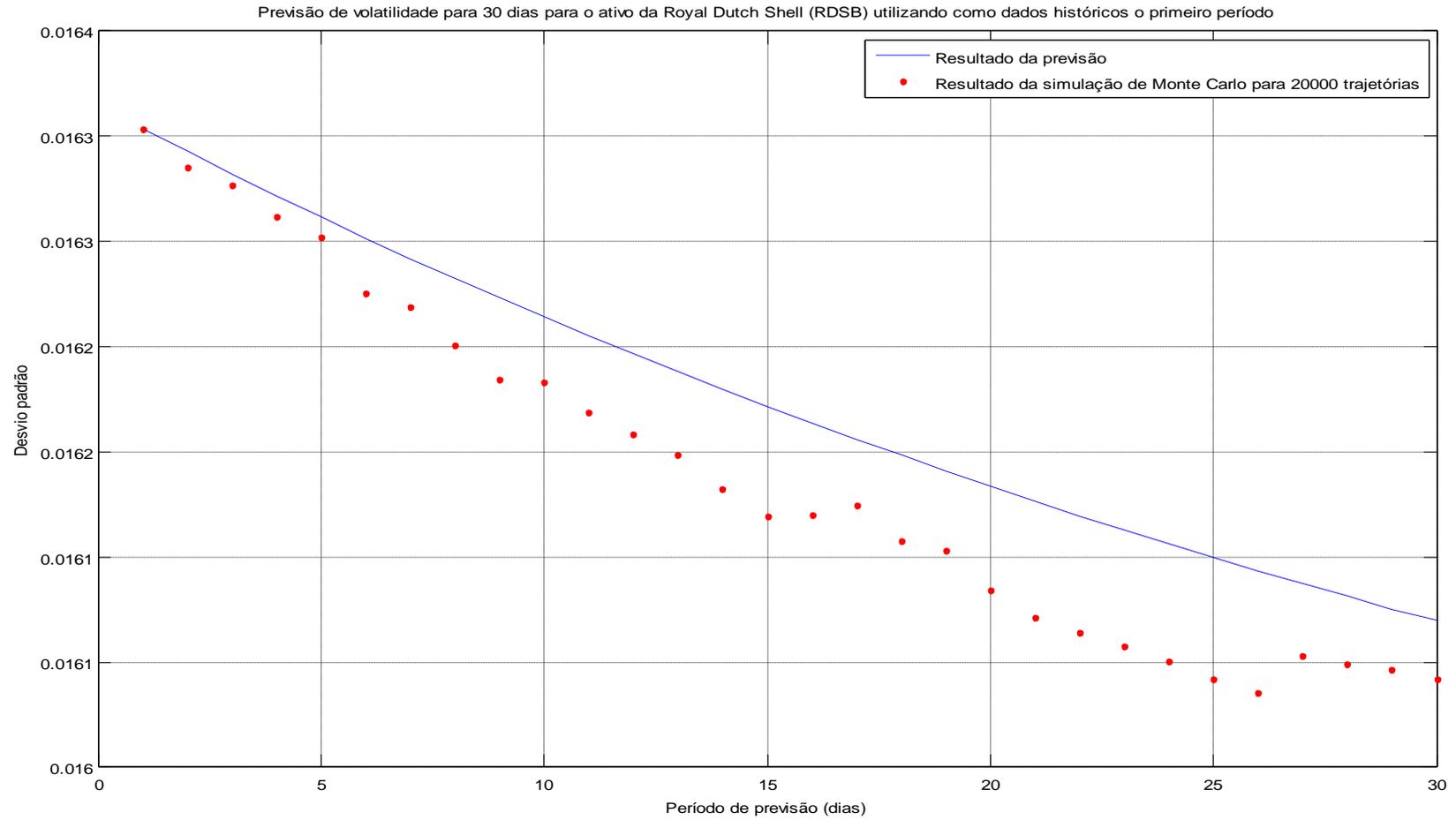


Gráfico 128 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Royal Dutch Shell

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

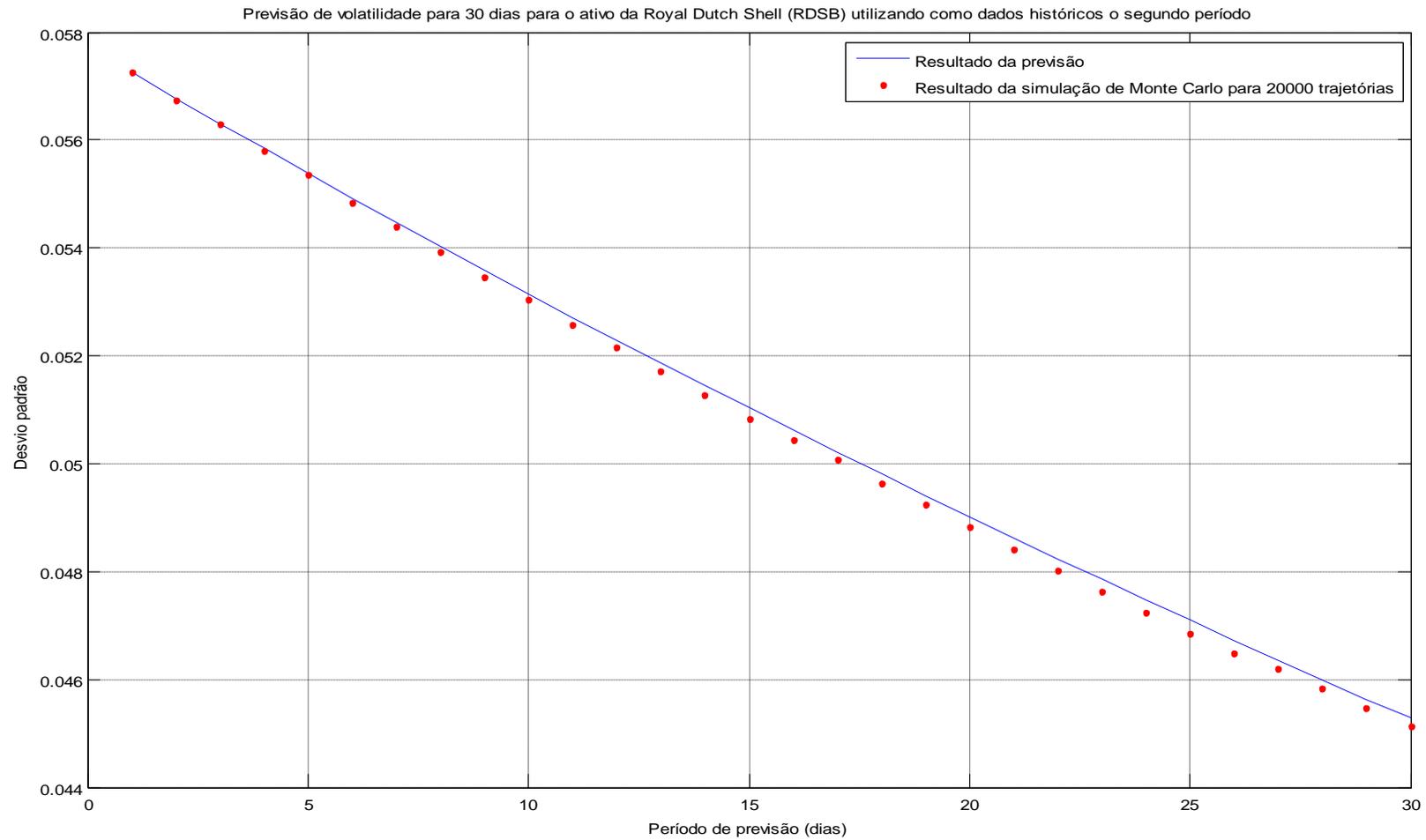


Gráfico 129 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Royal Dutch Shell

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

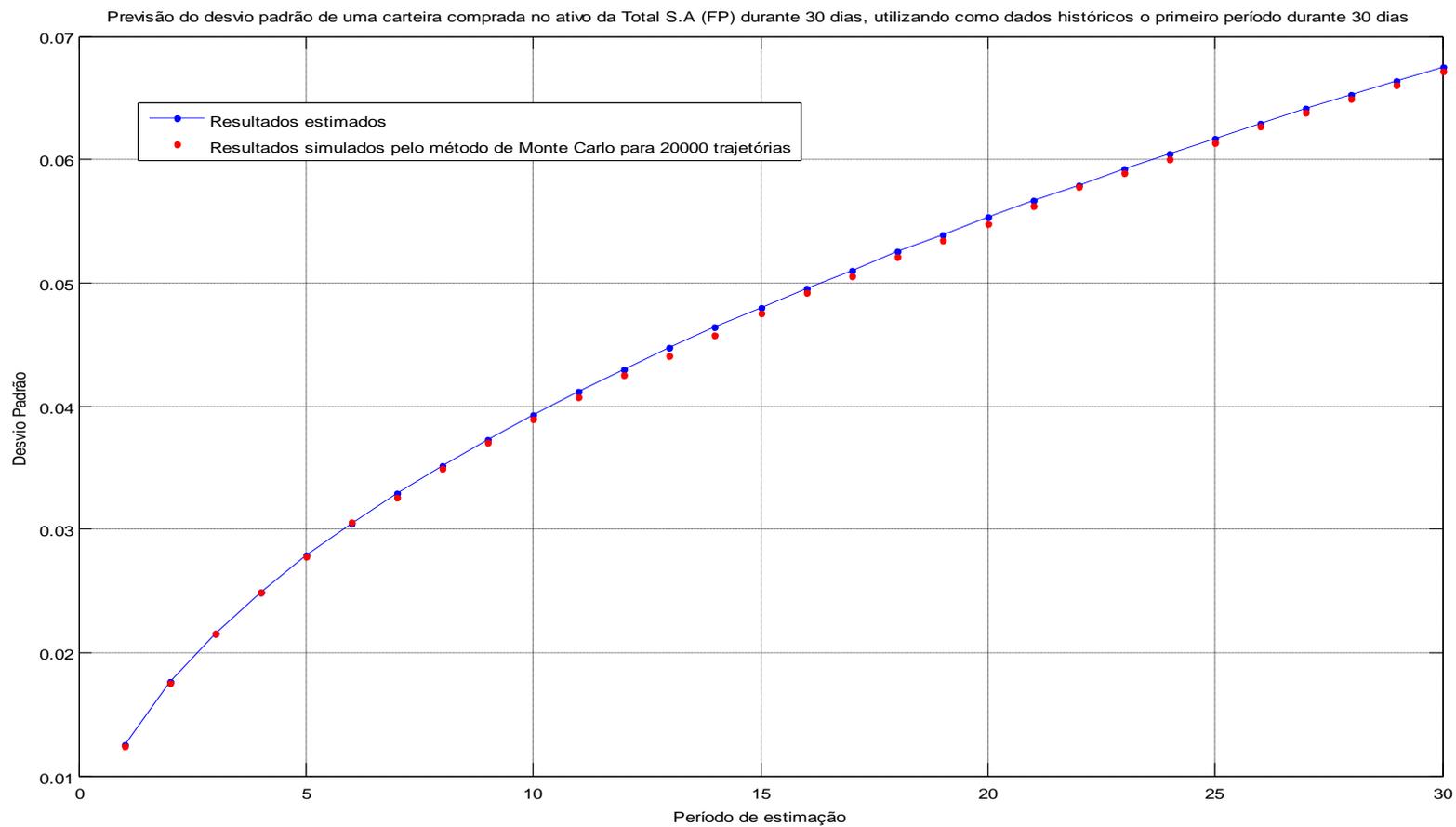


Gráfico 130 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Total S.A.

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

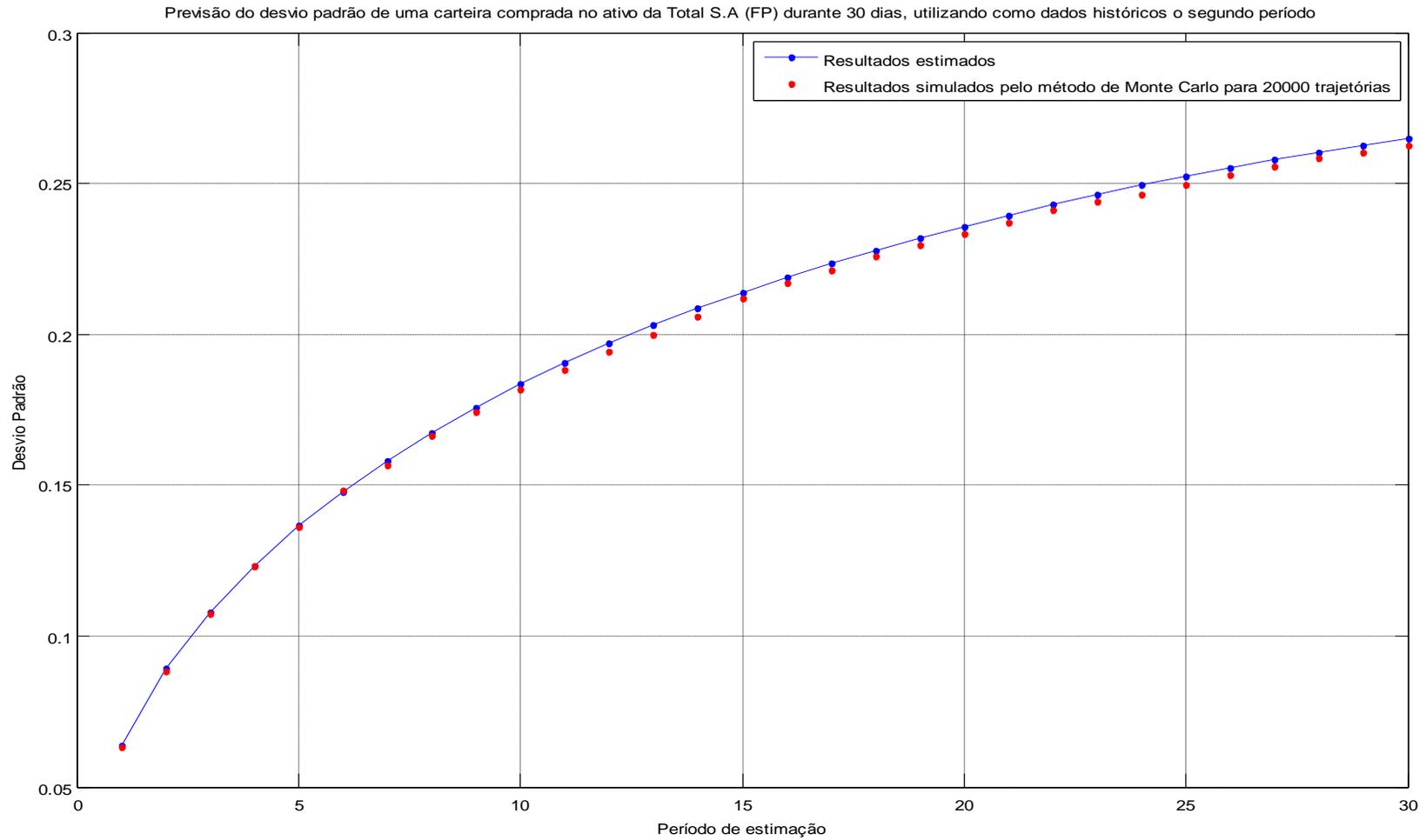


Gráfico 131 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Total S.A.

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

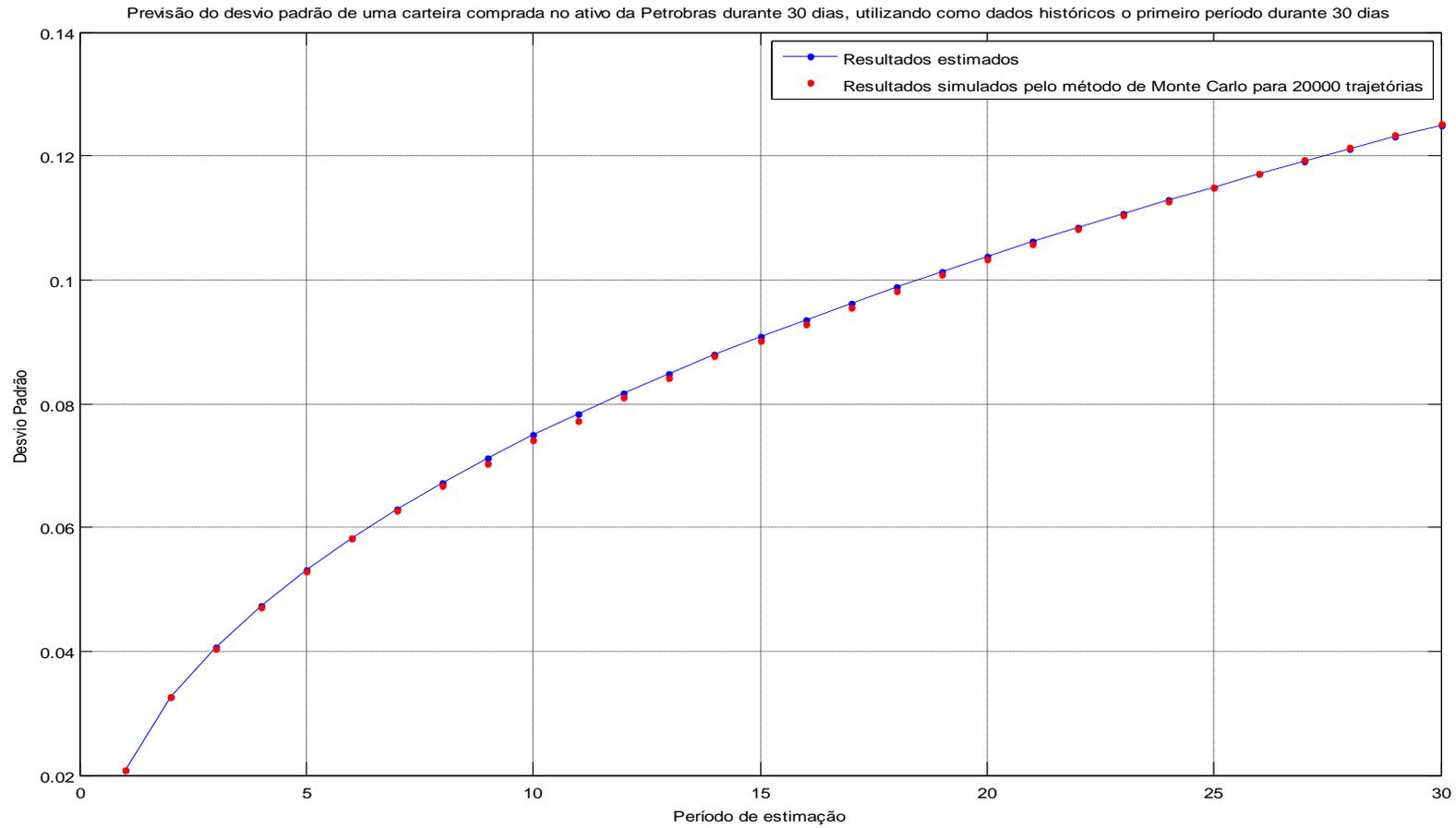


Gráfico 132 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Petrobras

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

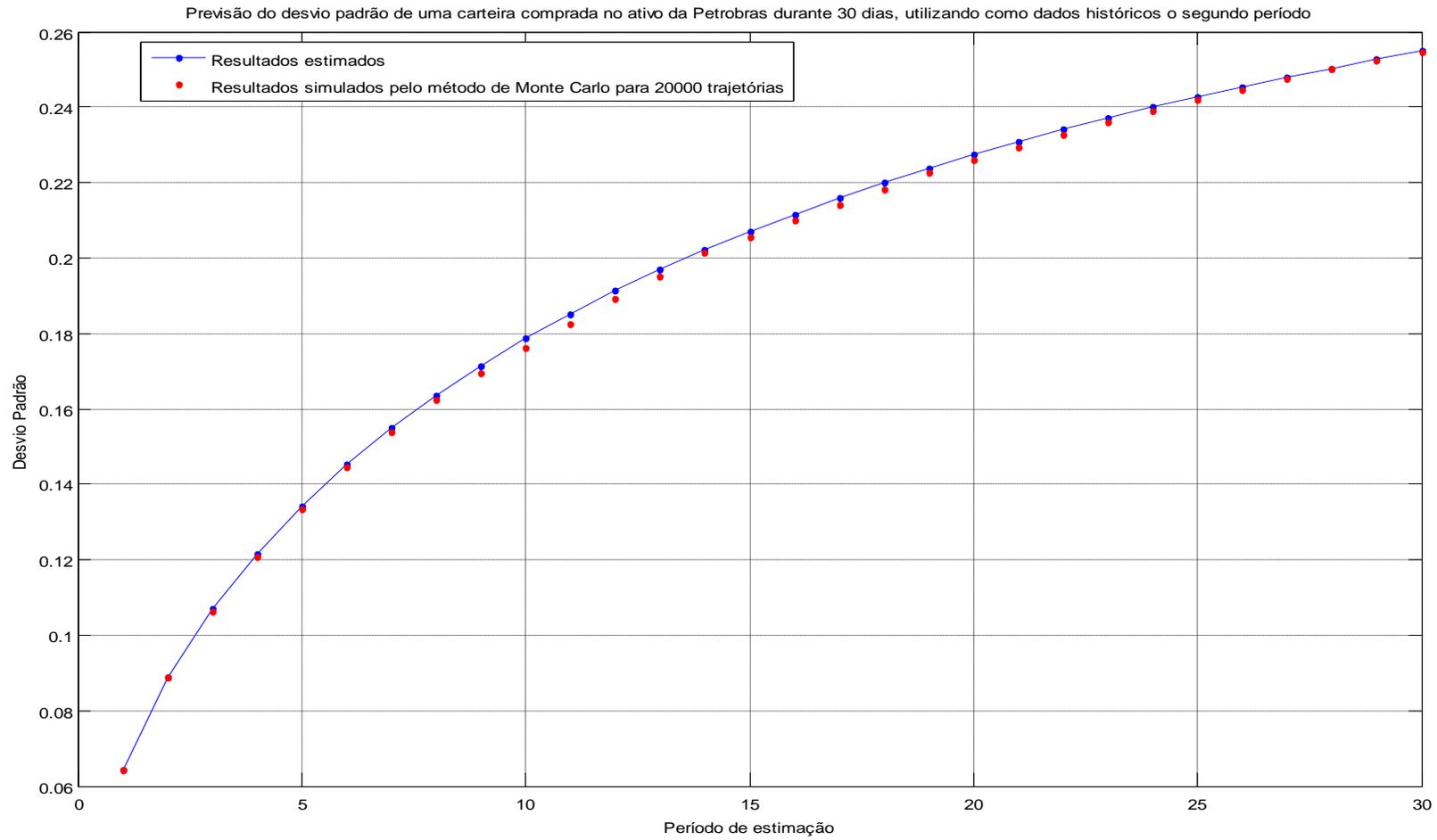


Gráfico 133 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Petrobras

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

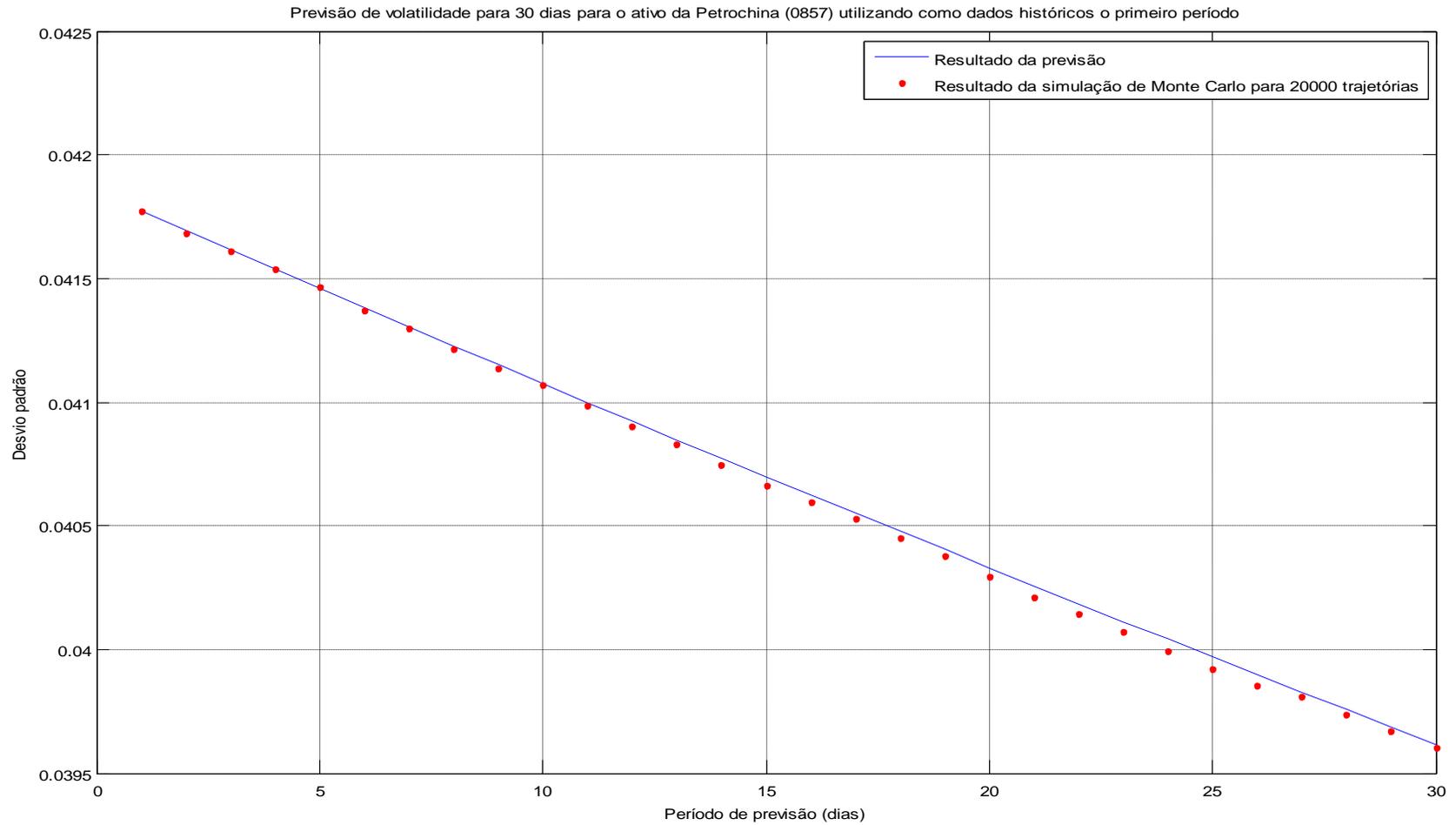


Gráfico 134 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Petrochina

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

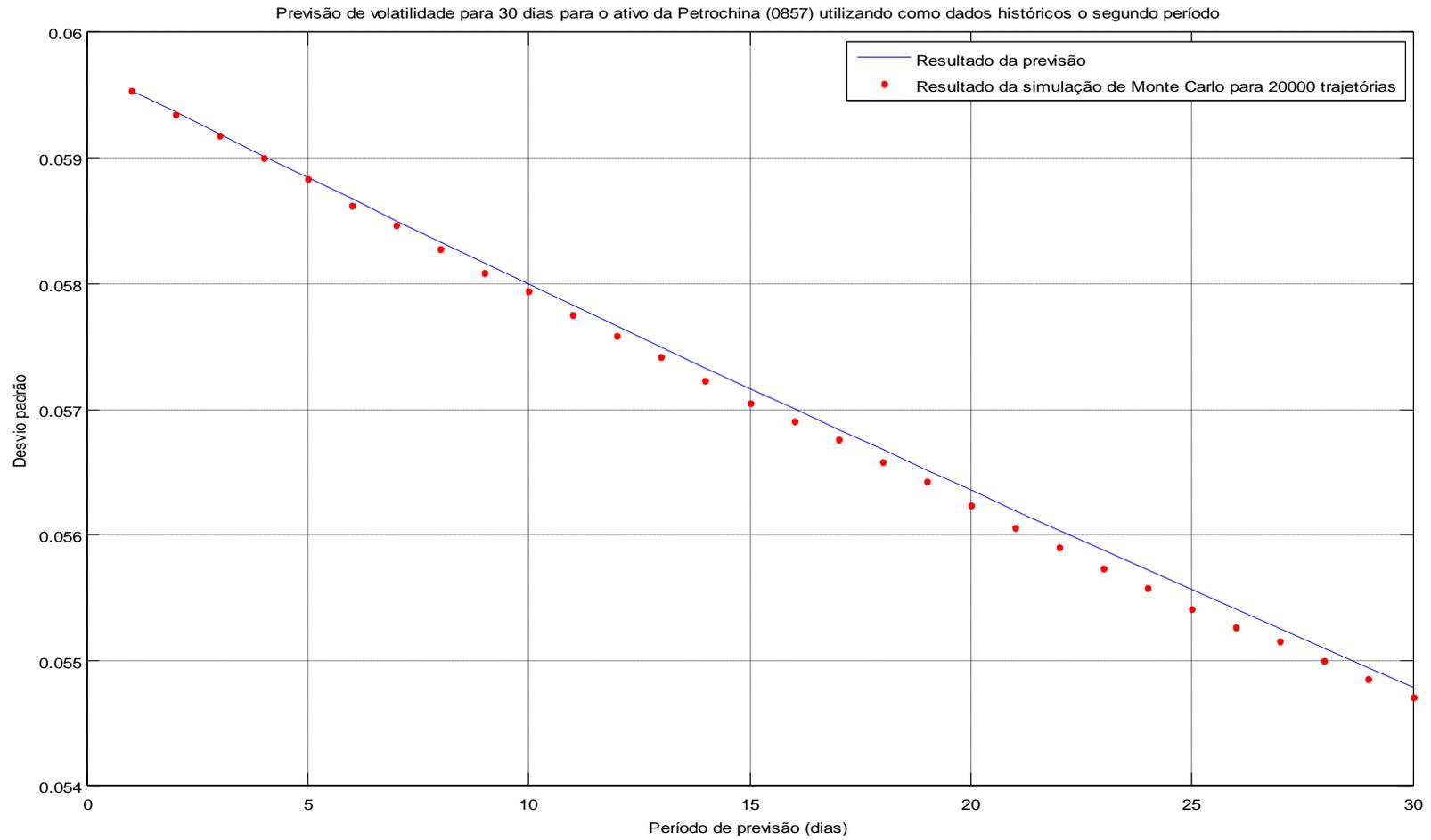


Gráfico 135 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Petrochina

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

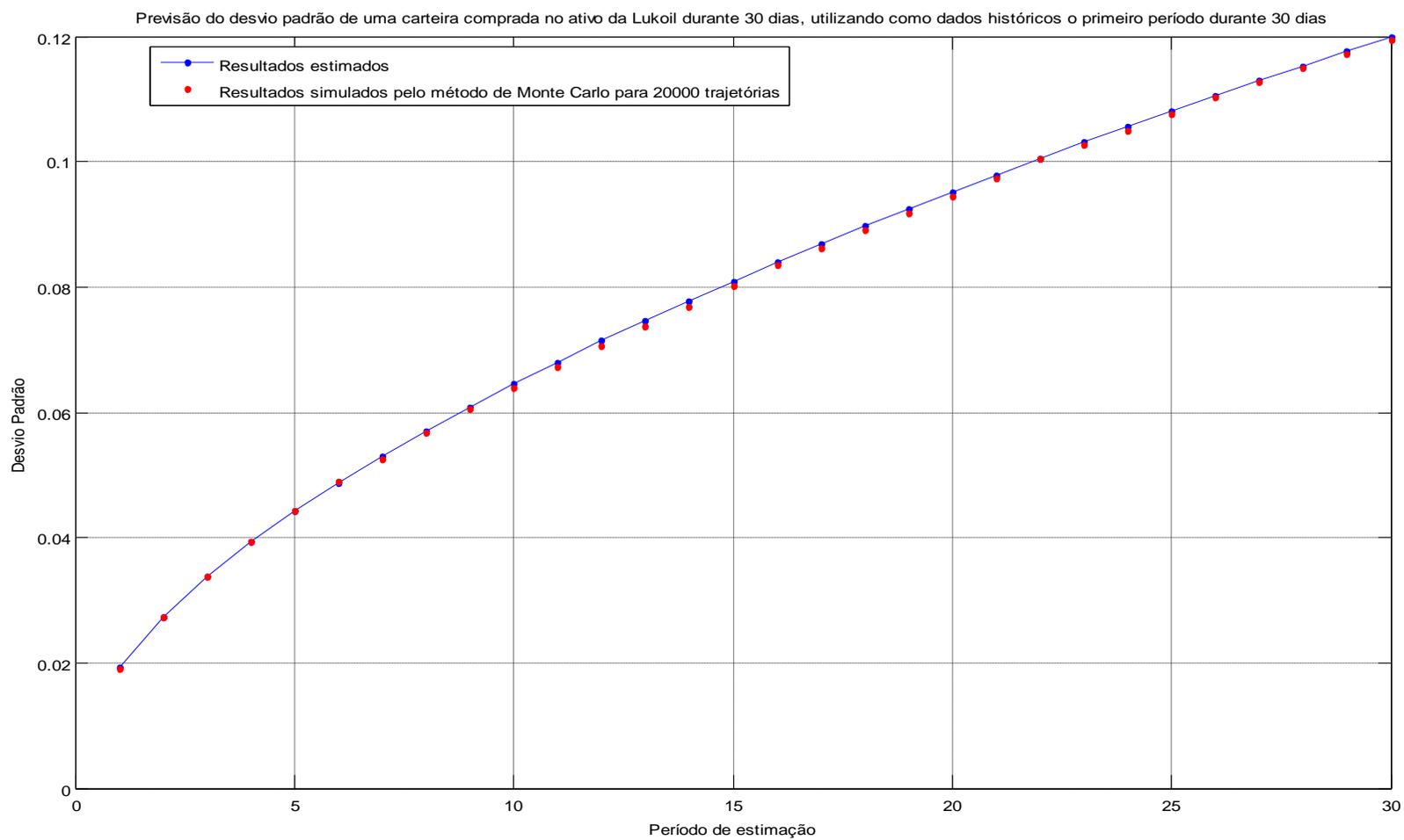


Gráfico 136 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o primeiro período do ativo da Lukoil

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

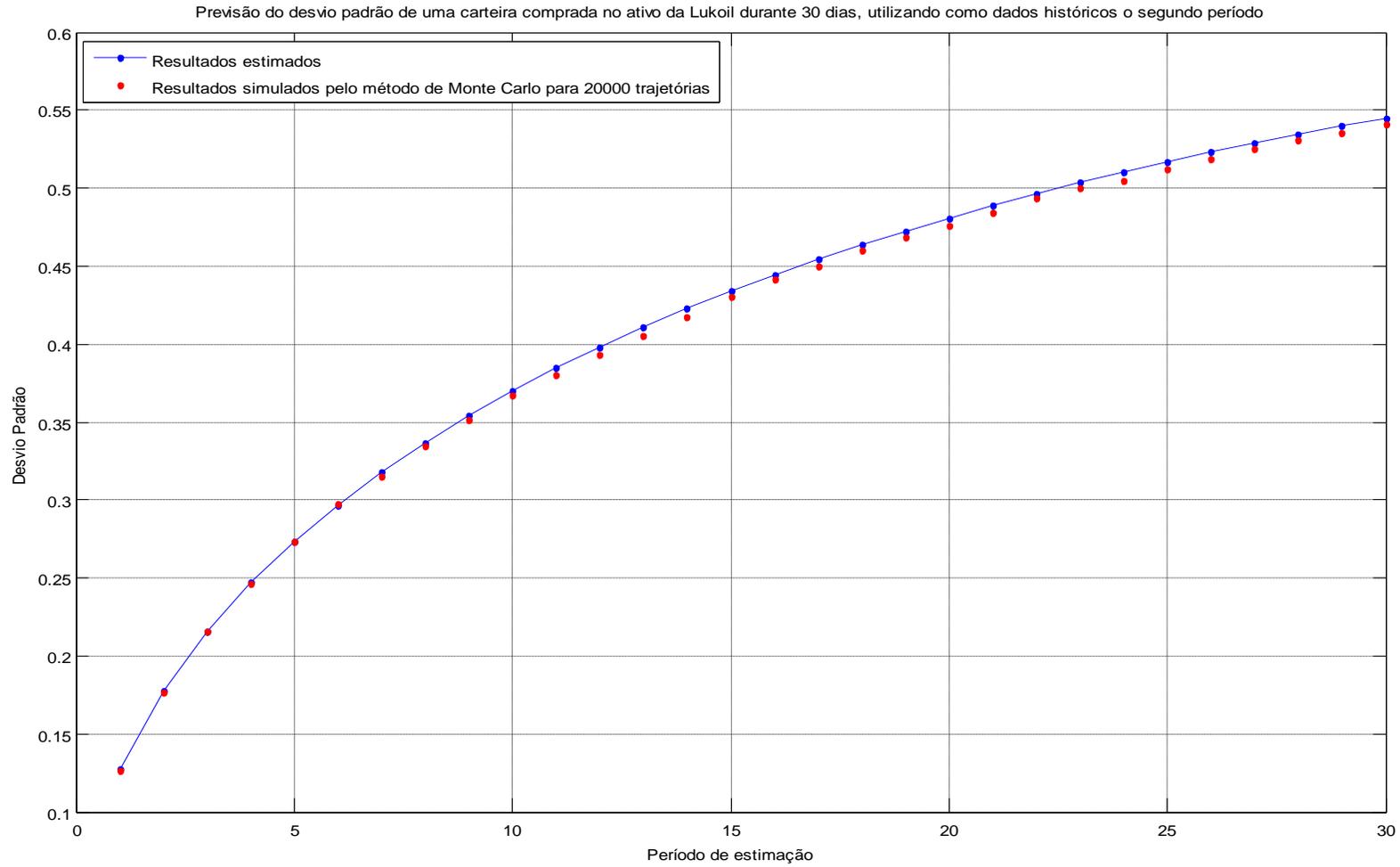


Gráfico 137 - Previsão e simulação da volatilidade para uma janela de 30 dias referente ao modelo estimado para o segundo período do ativo da Lukoil

Fonte: Elaborado pelo autor da dissertação

Apêndice G – Histograma dos retornos simulados de uma carteira comprada durante 30 dias nos ativos pesquisados

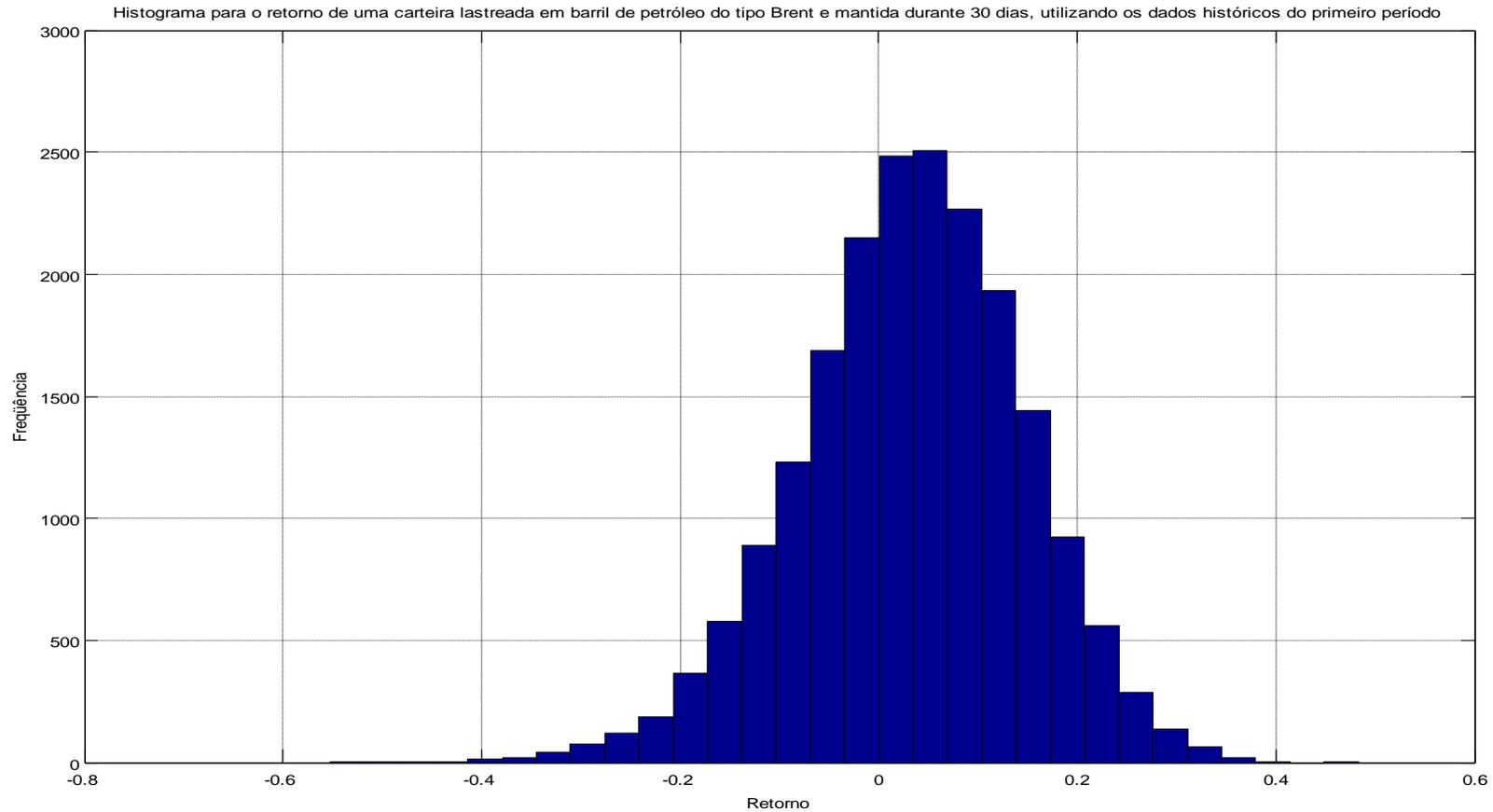


Gráfico 138 – Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada em barril de petróleo do tipo Brent e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

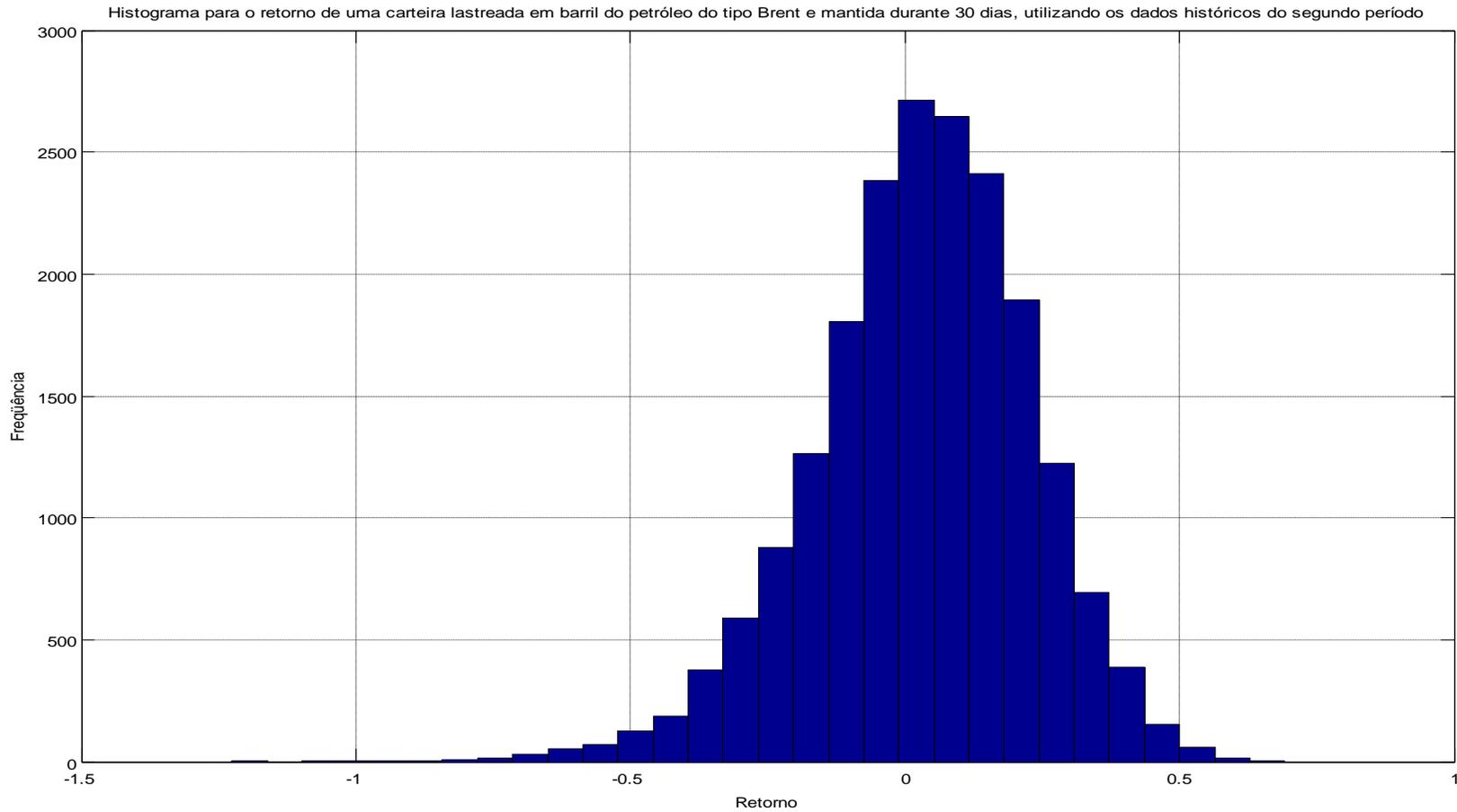


Gráfico 139 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada em barril de petróleo do tipo Brent e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

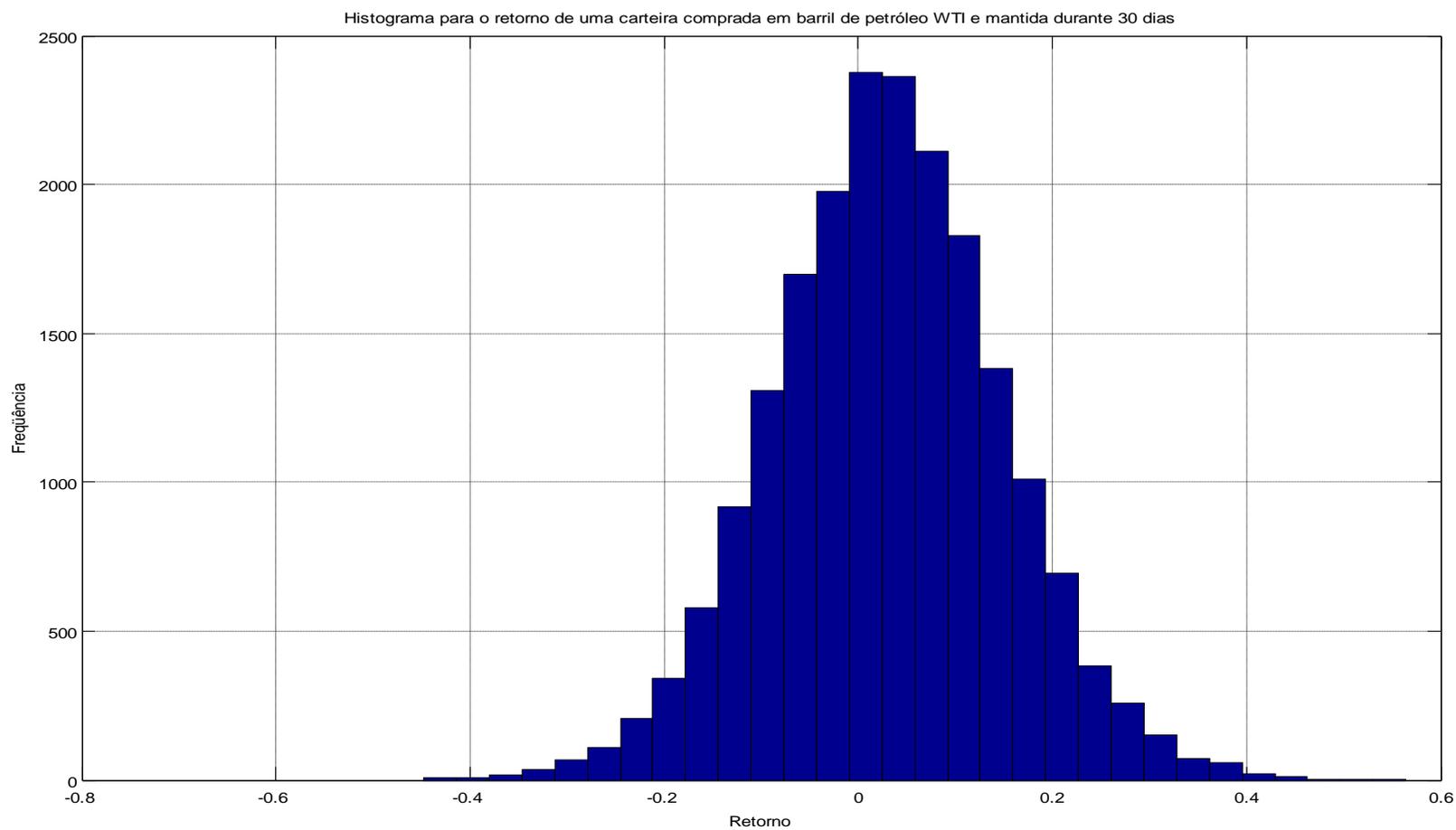


Gráfico 140 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada em barril de petróleo do tipo WTI e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

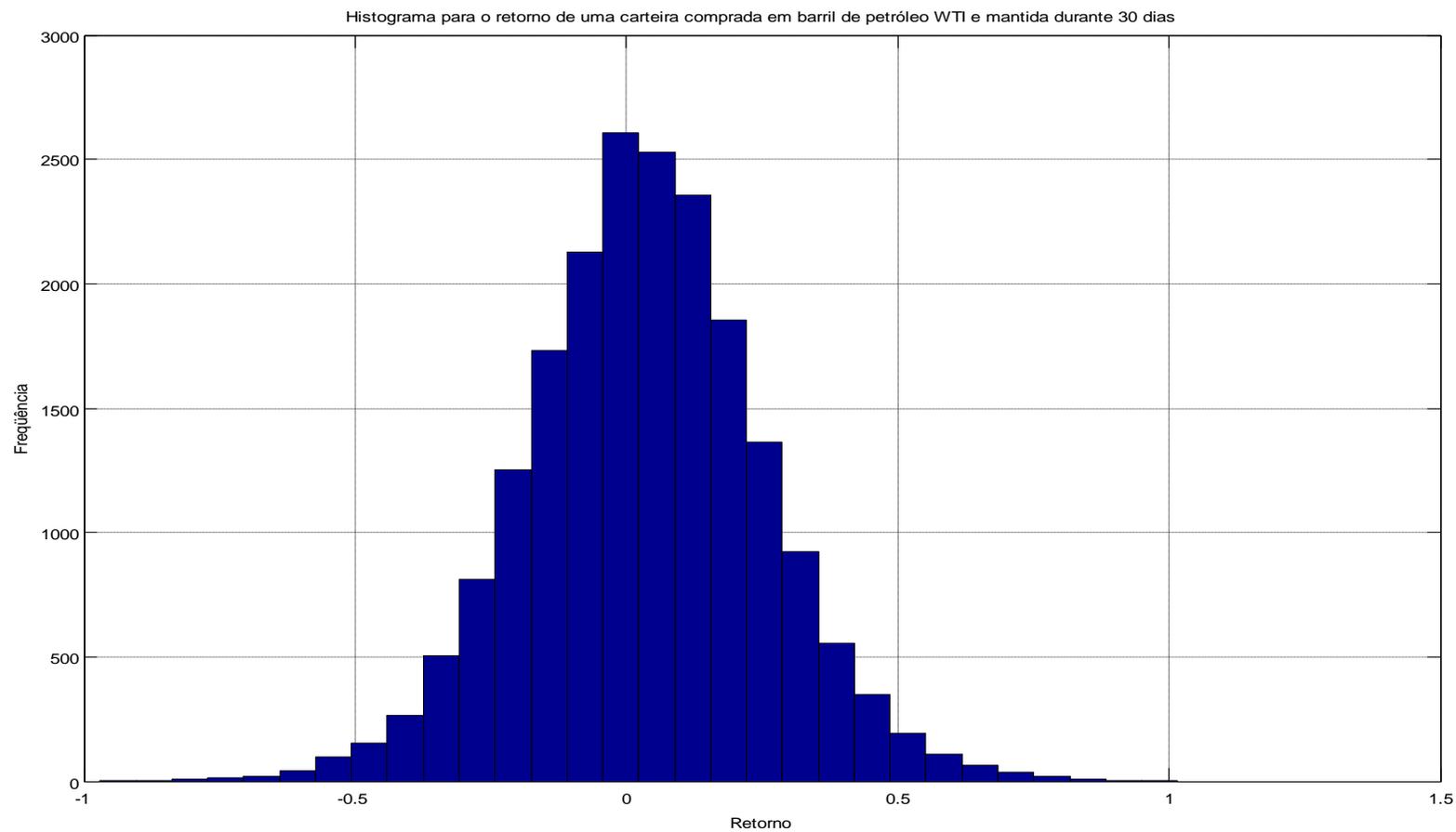


Gráfico 141 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada em barril de petróleo do tipo WTI e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

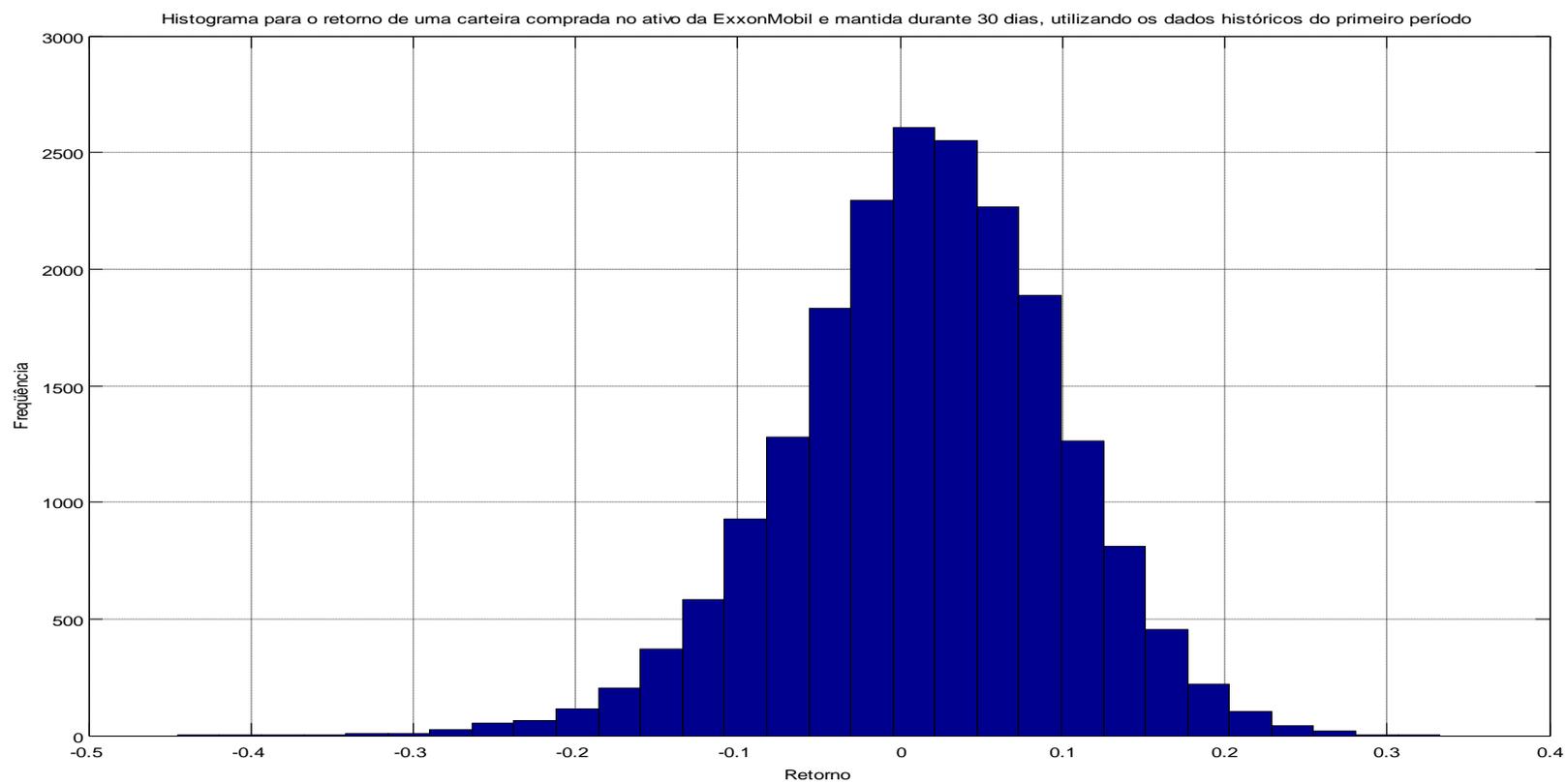


Gráfico 142 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da ExxonMobil e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

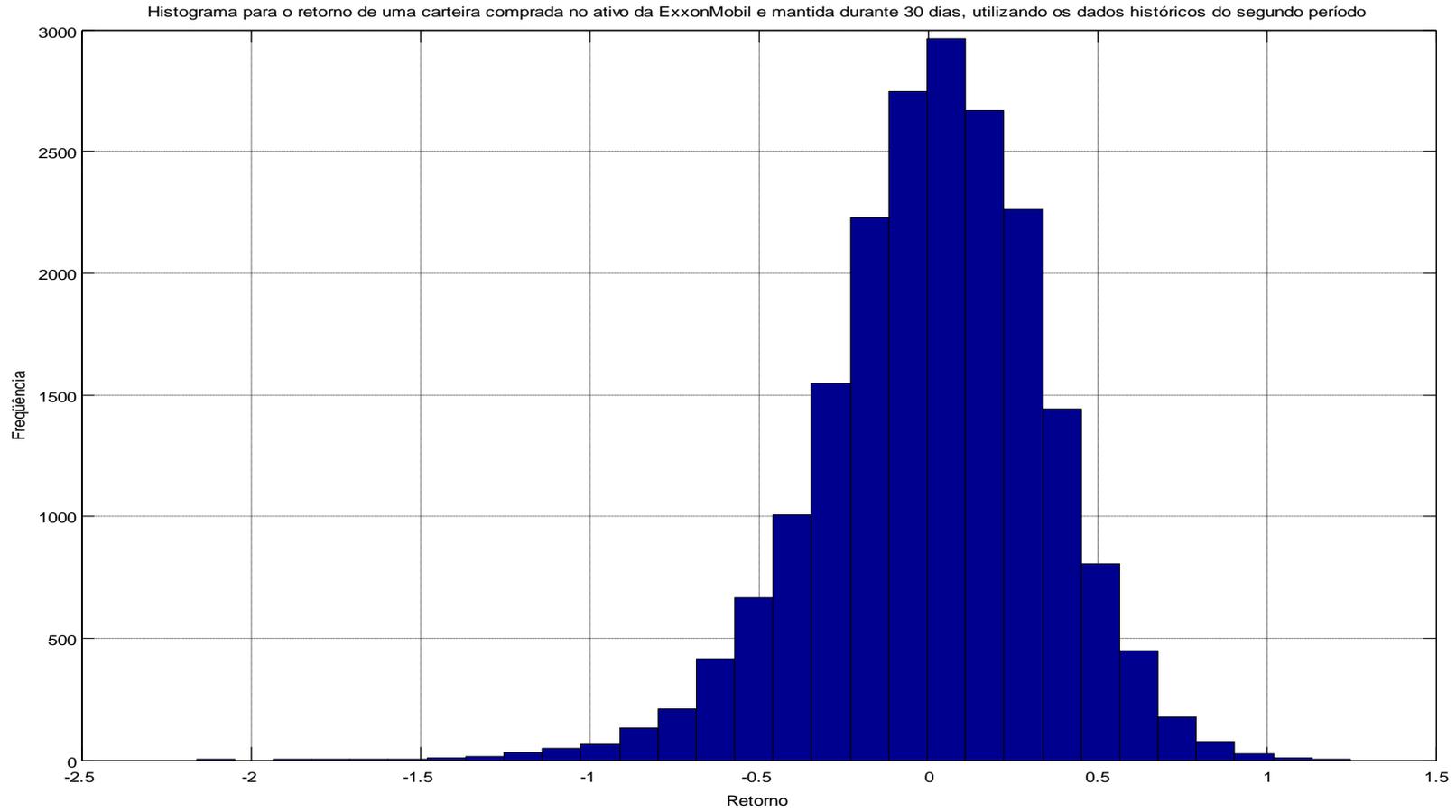


Gráfico 143 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da ExxonMobil e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

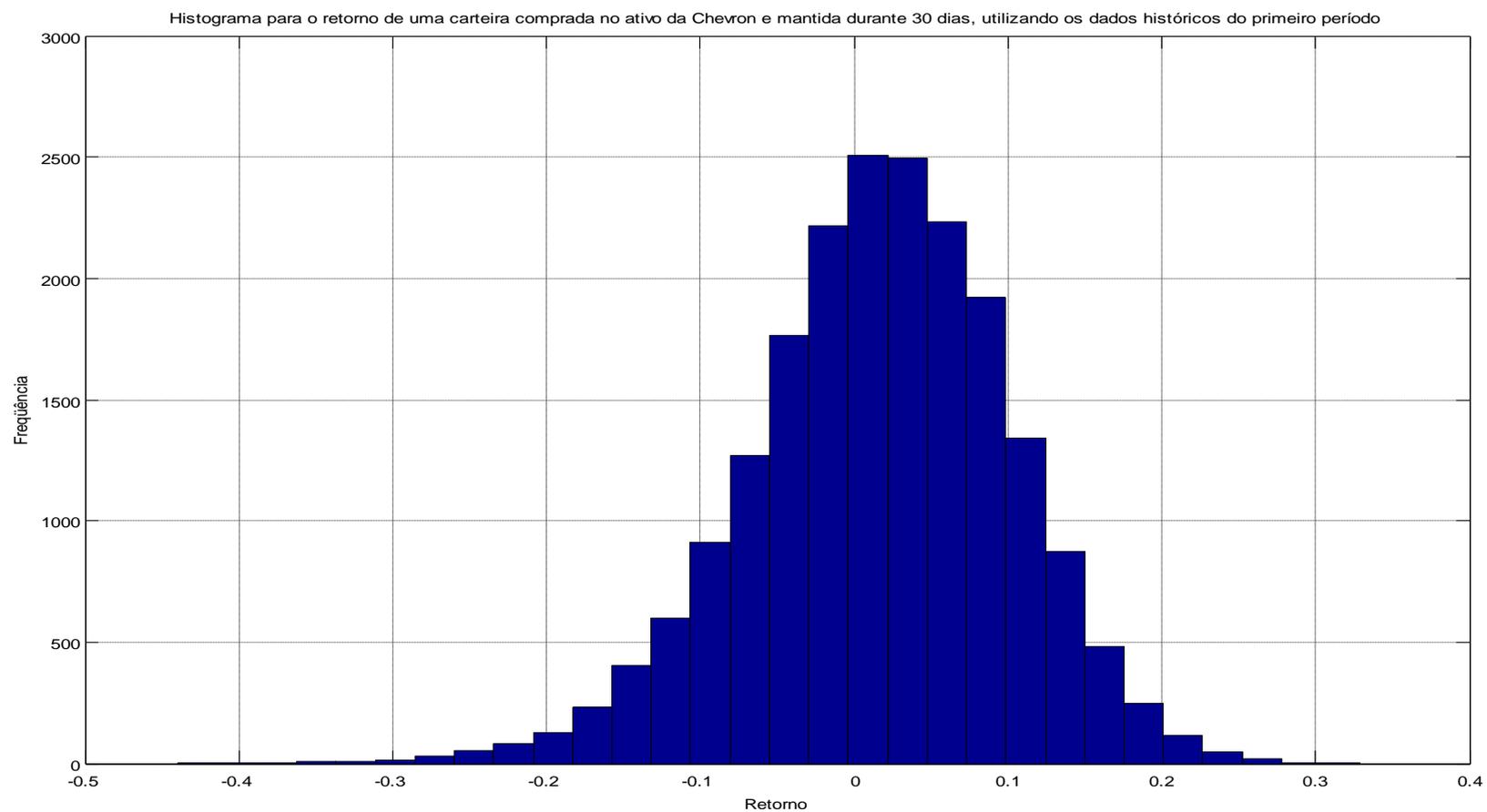


Gráfico 144 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Chevron e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

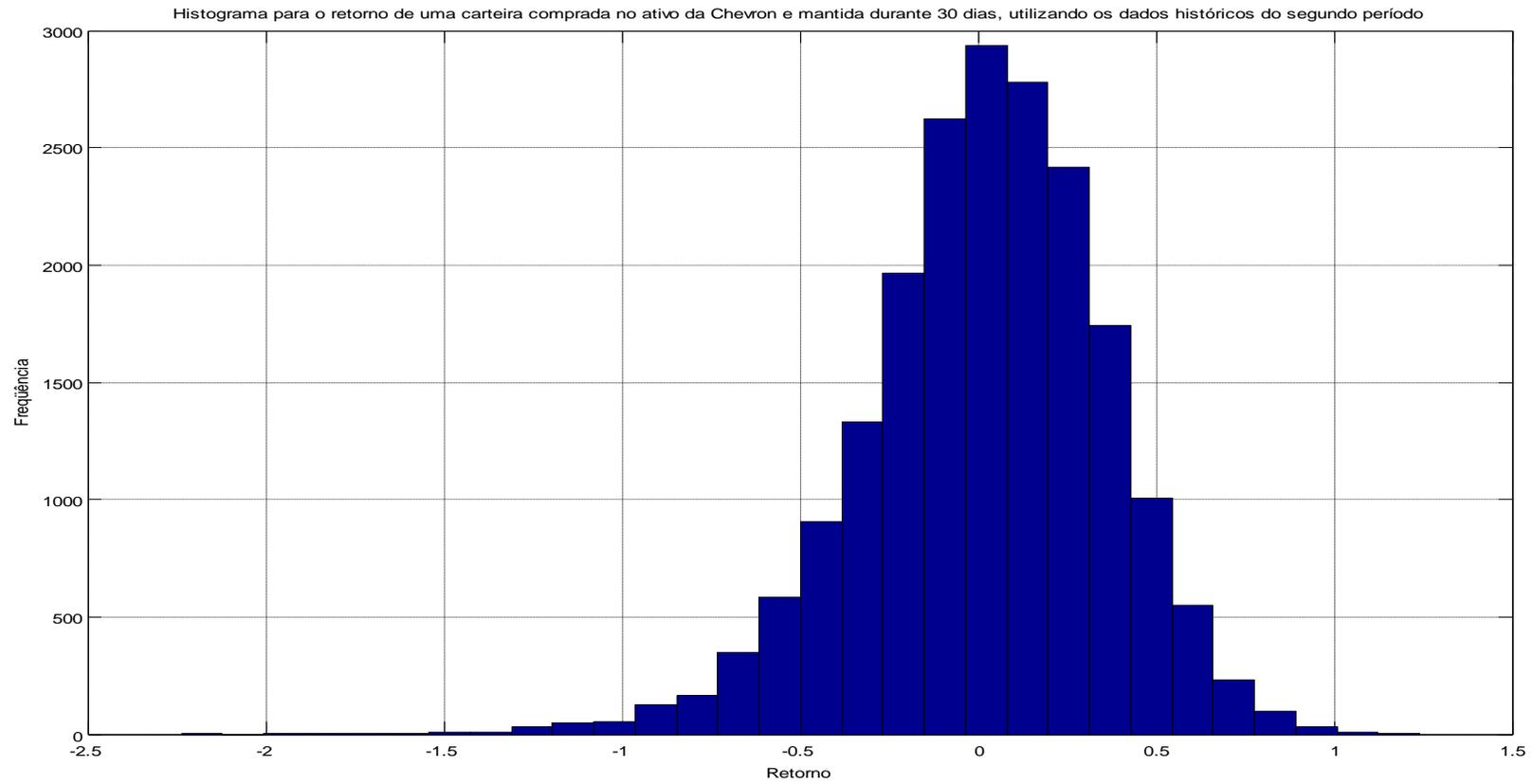


Gráfico 145 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Chevron e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

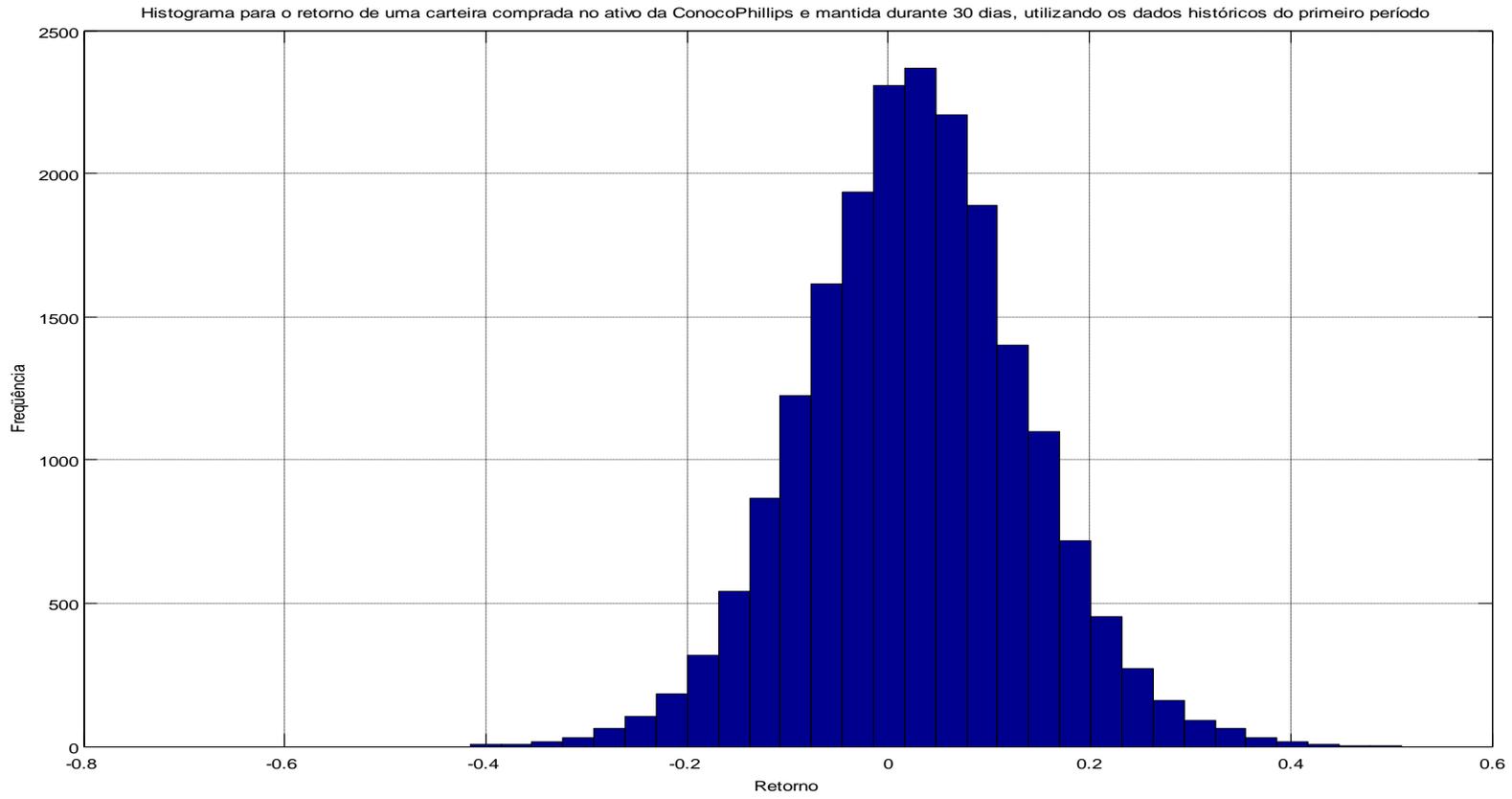


Gráfico 146 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da ConocoPhillips e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

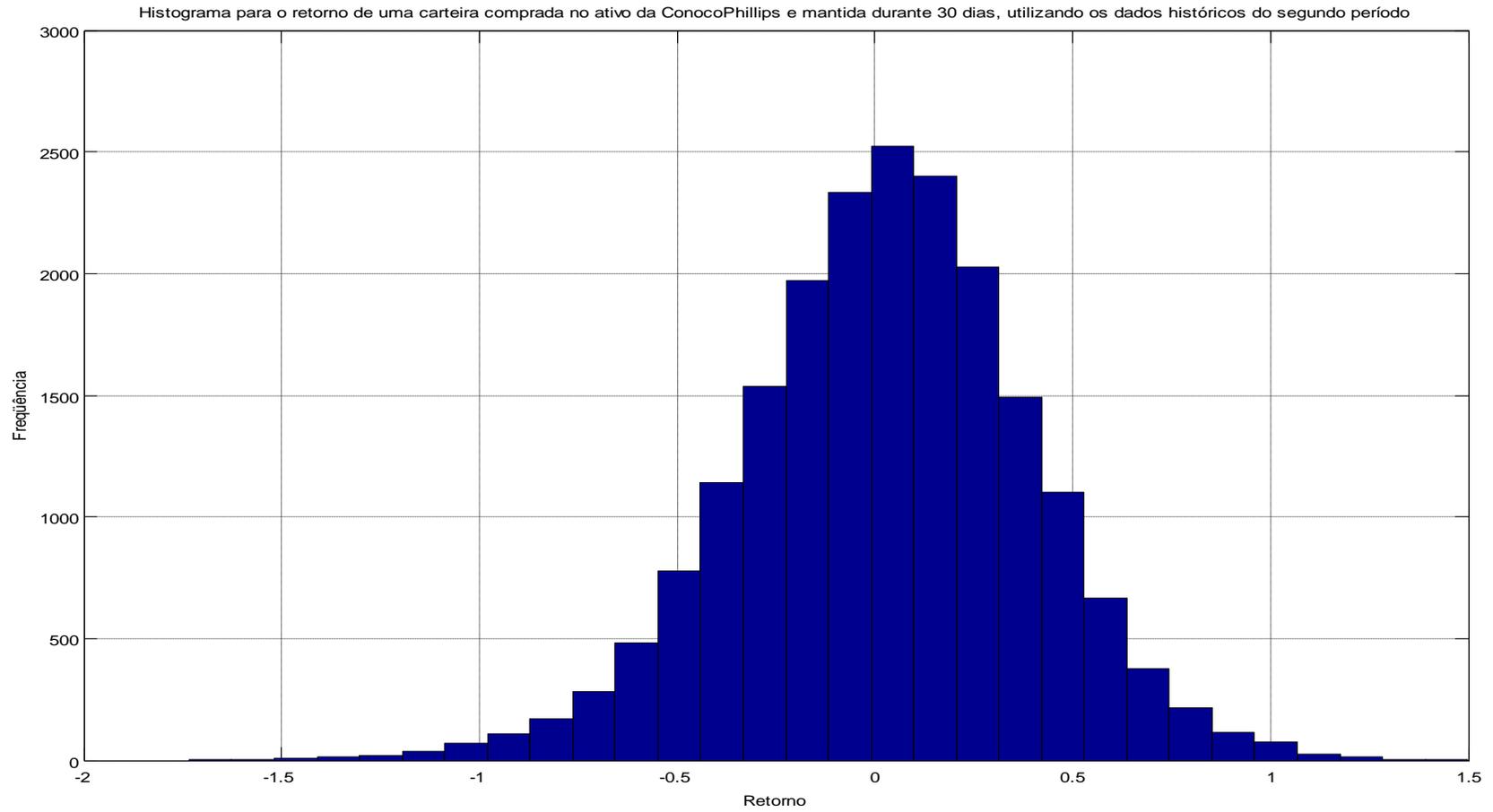


Gráfico 147 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da ConocoPhillips e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

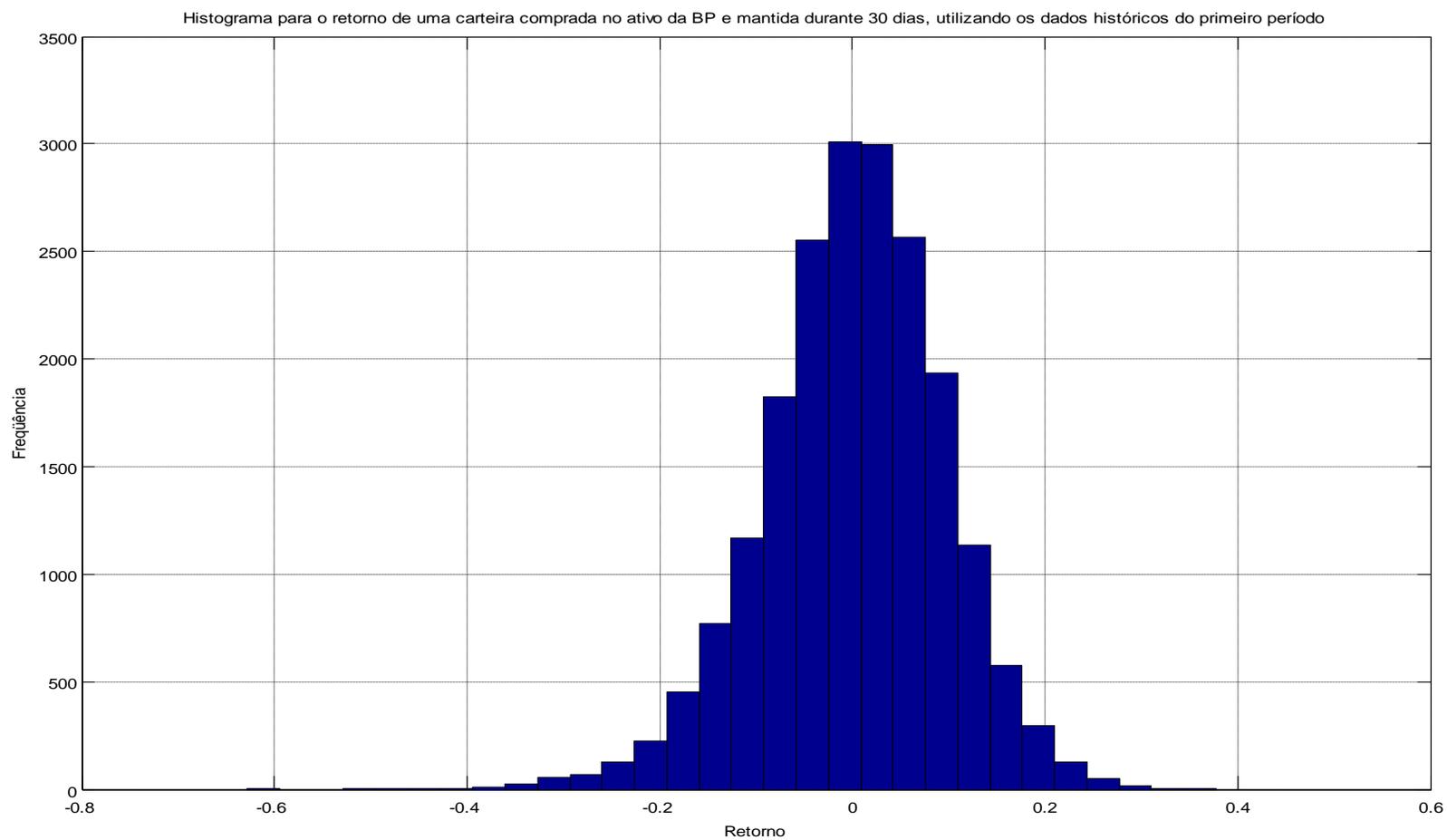


Gráfico 148 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da BP e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

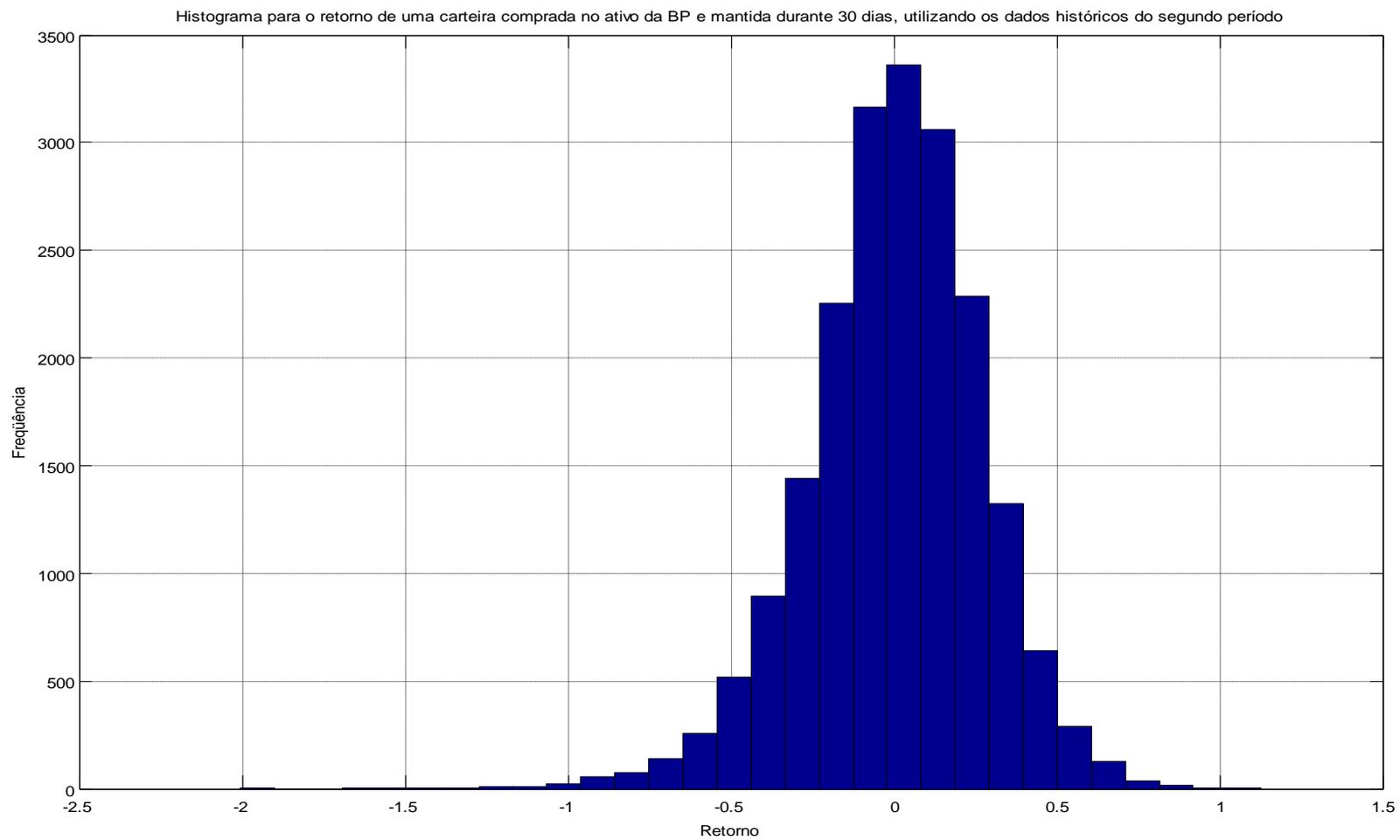


Gráfico 149 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da BP e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

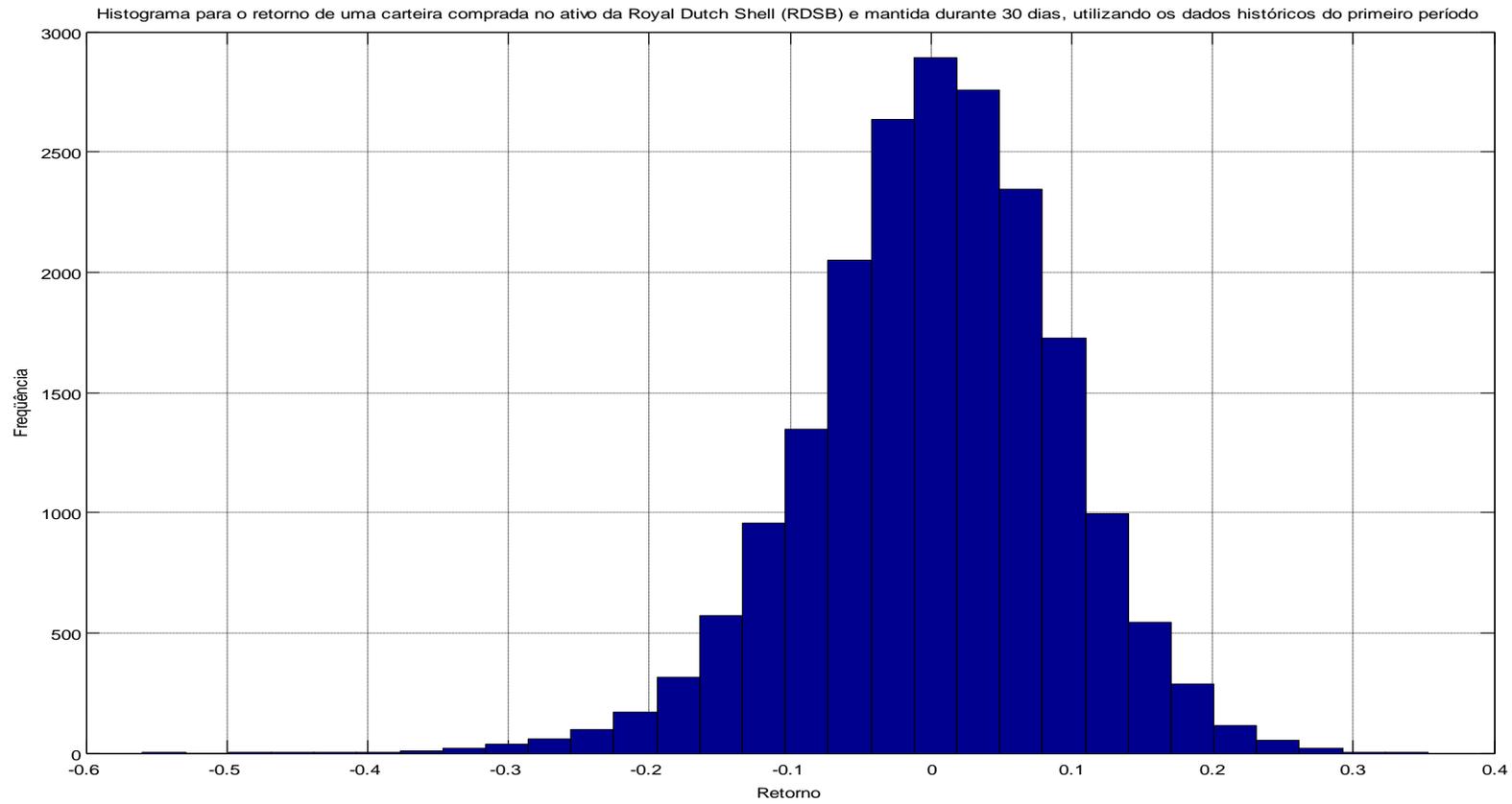


Gráfico 150 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Royal Dutch Shell e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

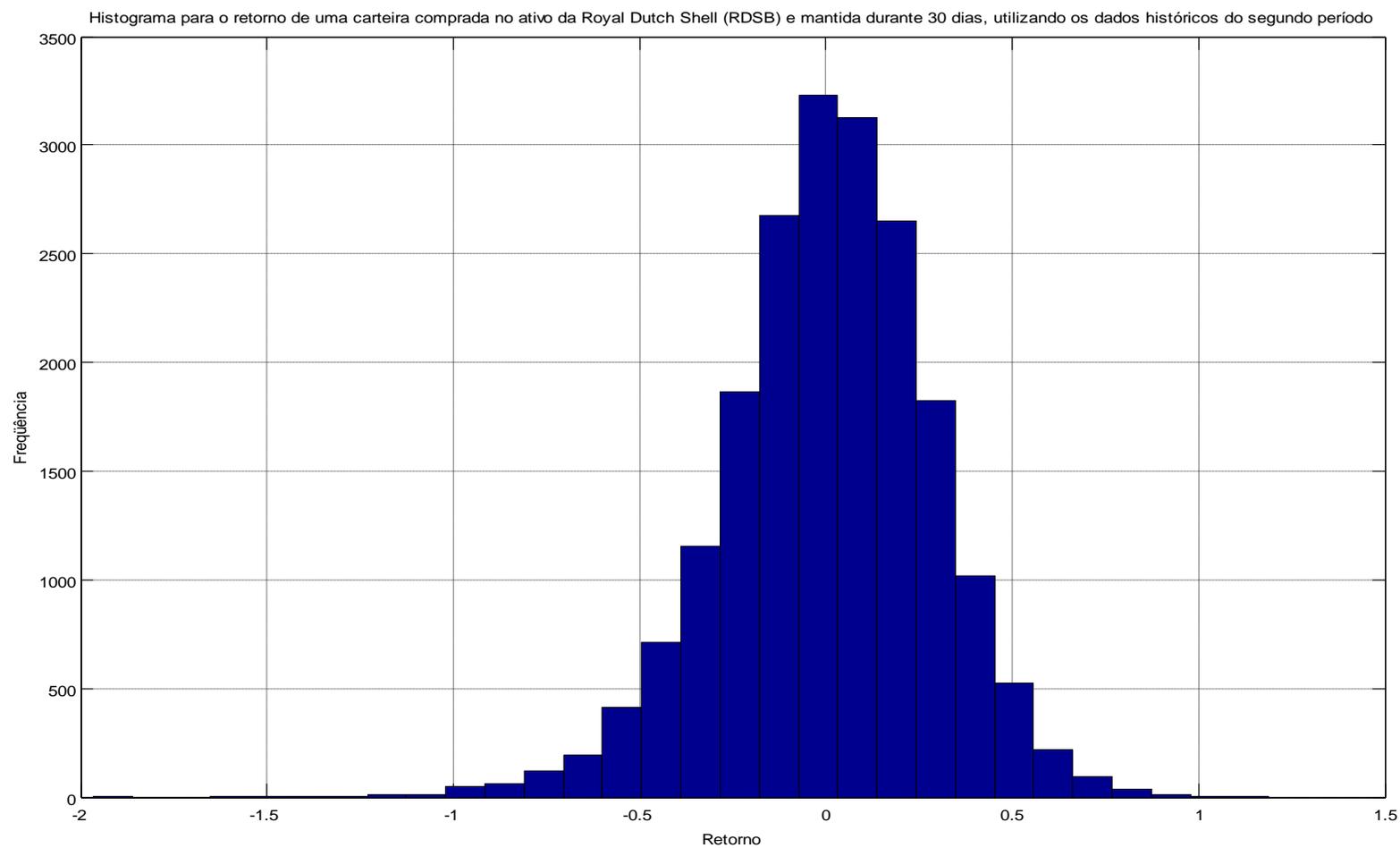


Gráfico 151 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Royal Dutch Shell e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

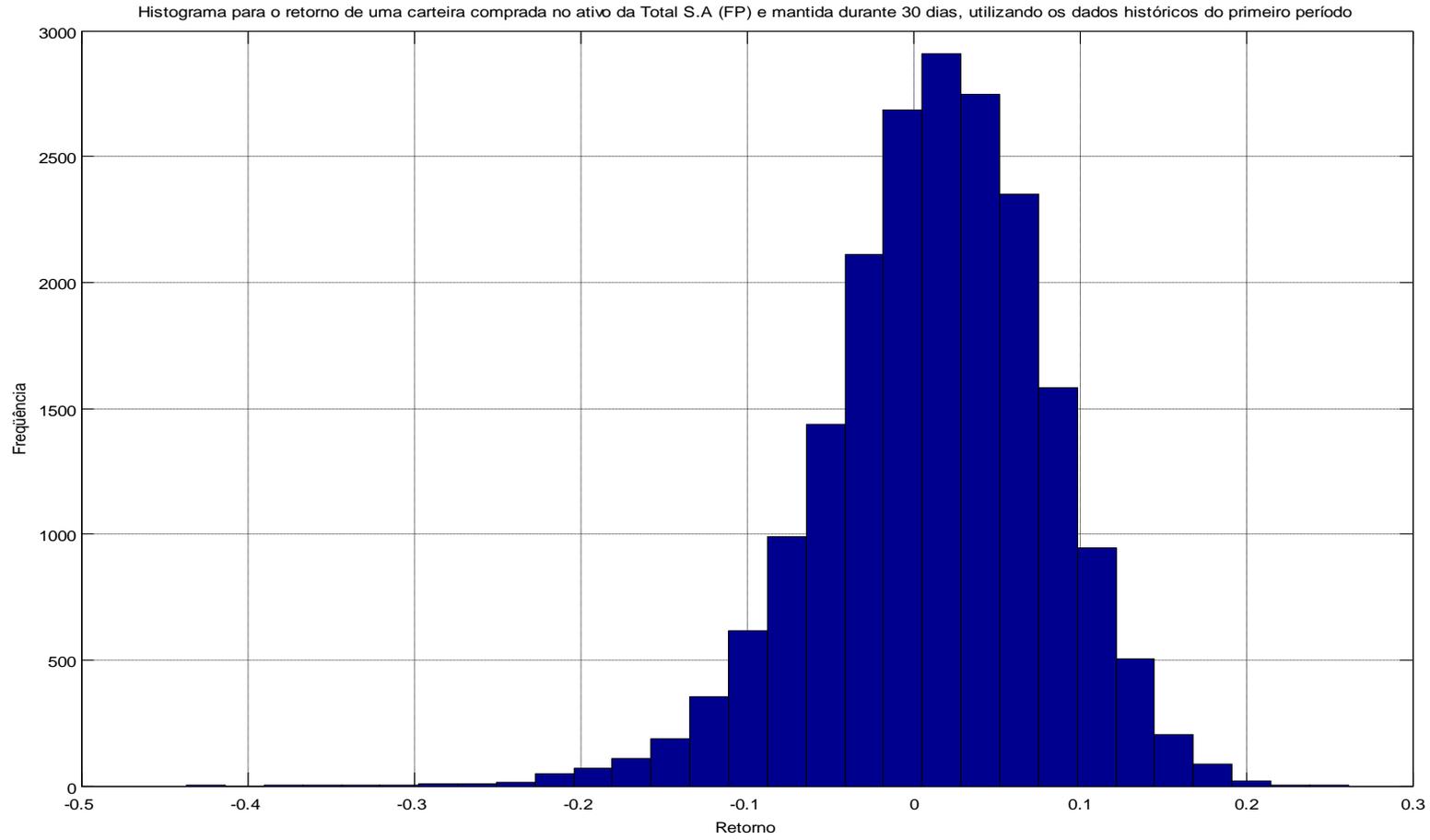


Gráfico 152 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Total S.A. e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

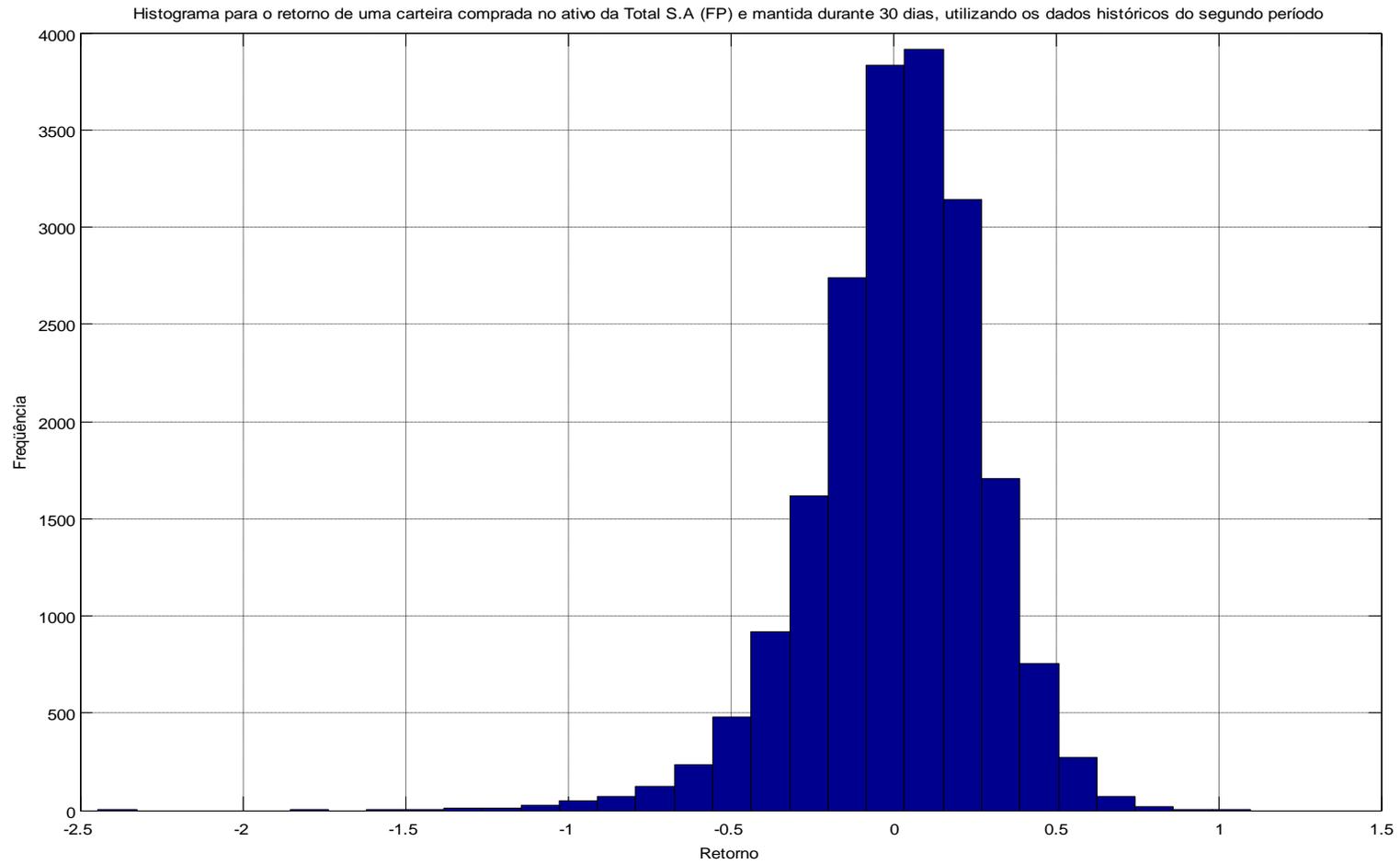


Gráfico 153 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Total S.A. e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

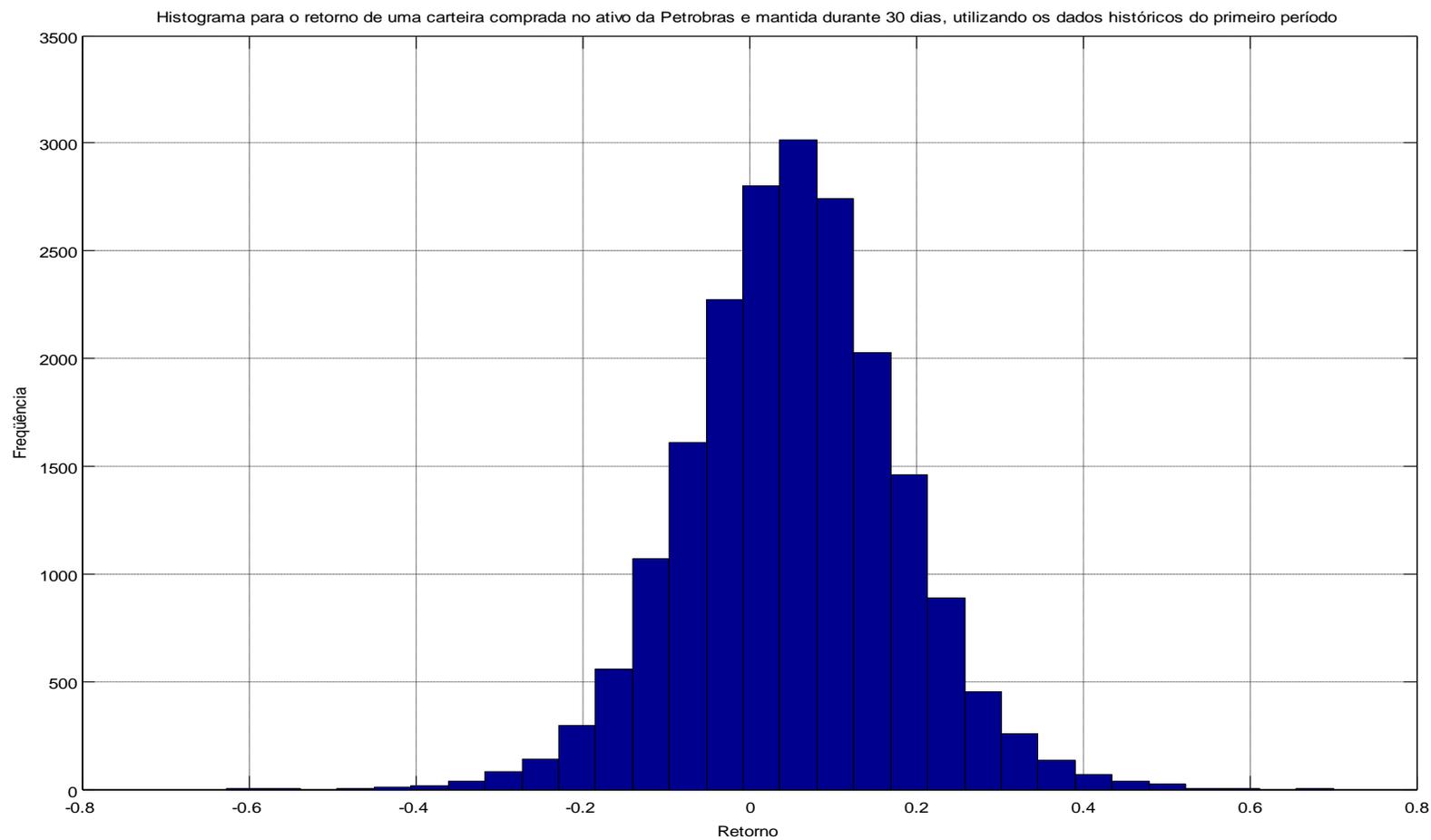


Gráfico 154 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Petrobras e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

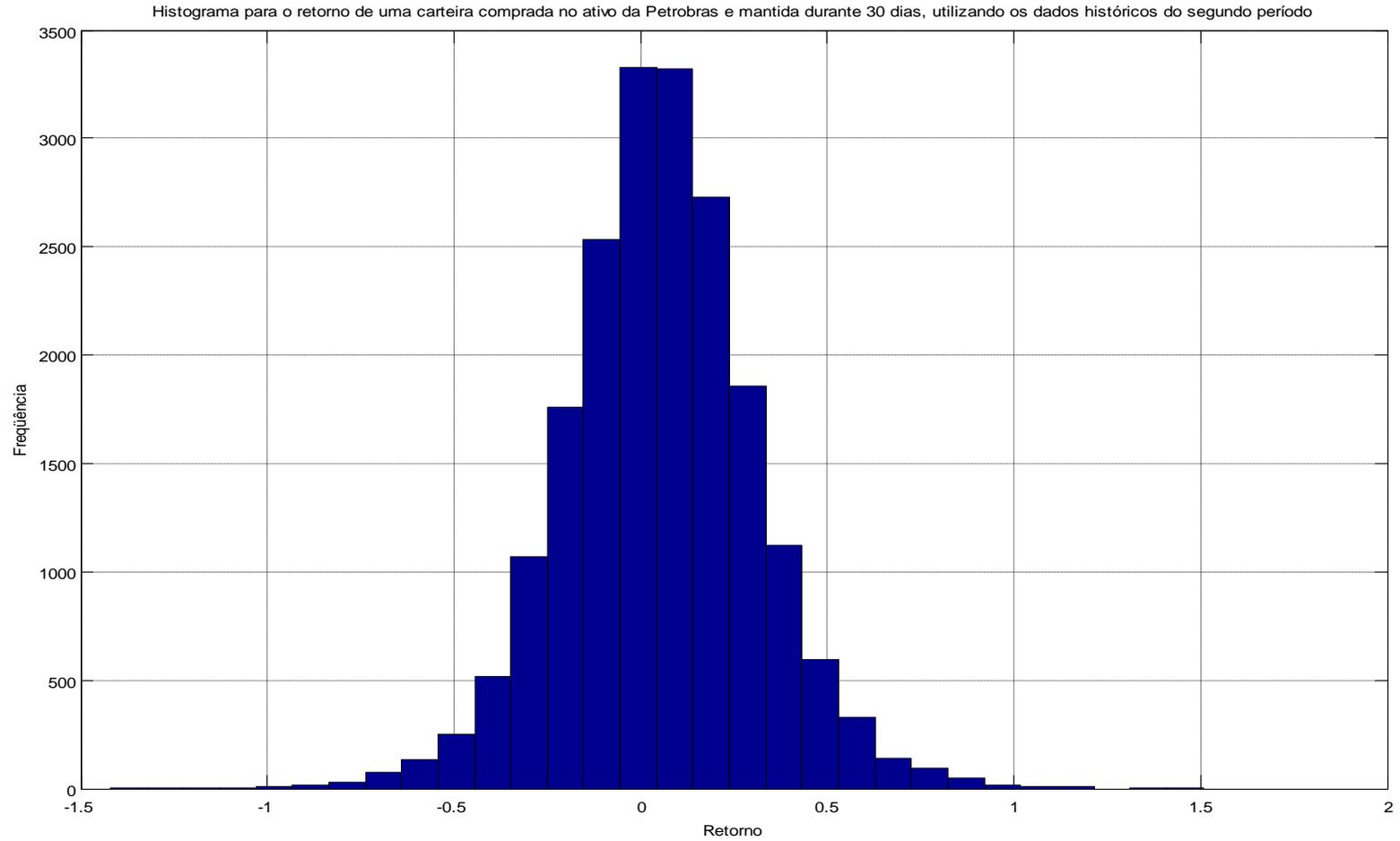


Gráfico 155 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Petrobras e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

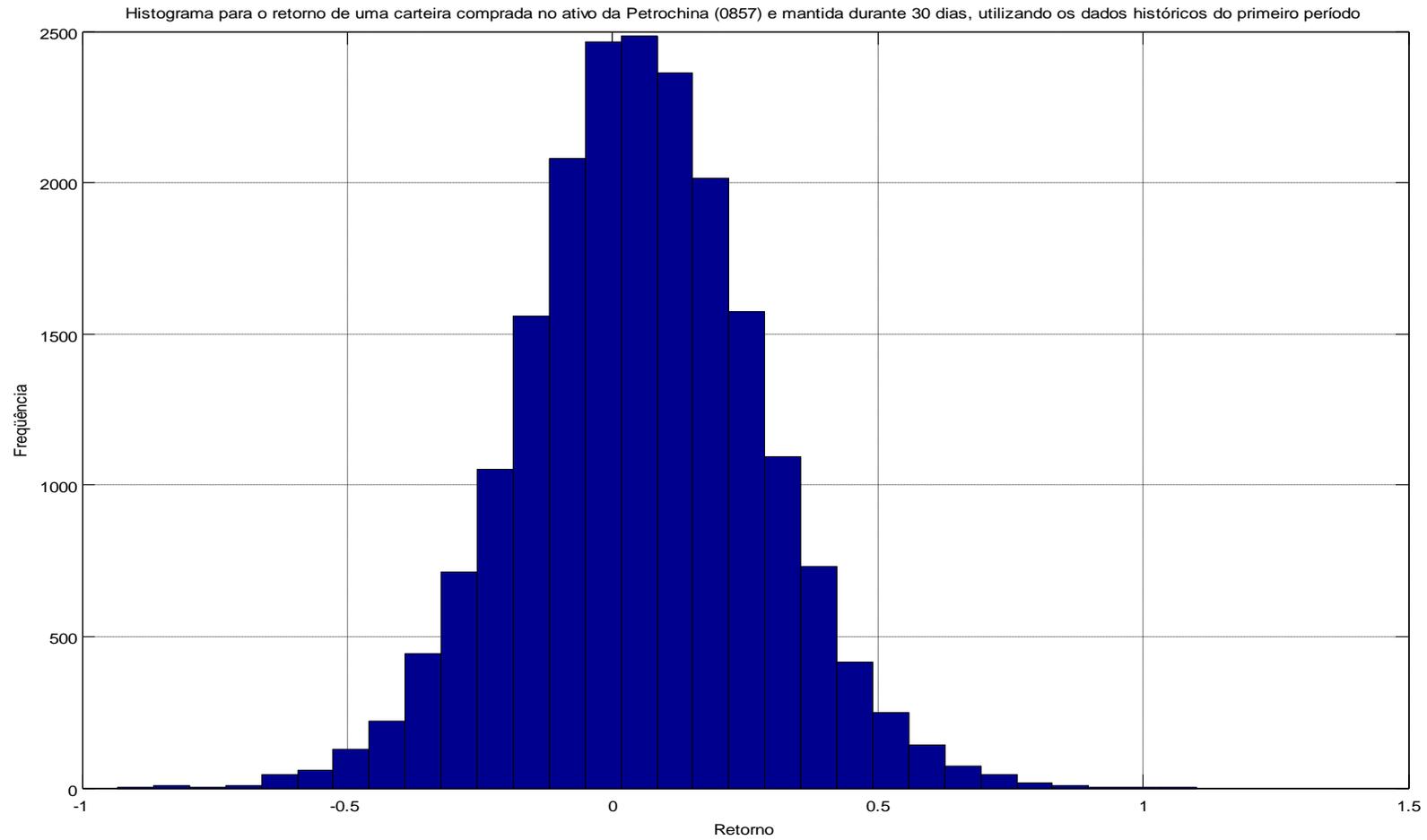


Gráfico 156 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Petrochina e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

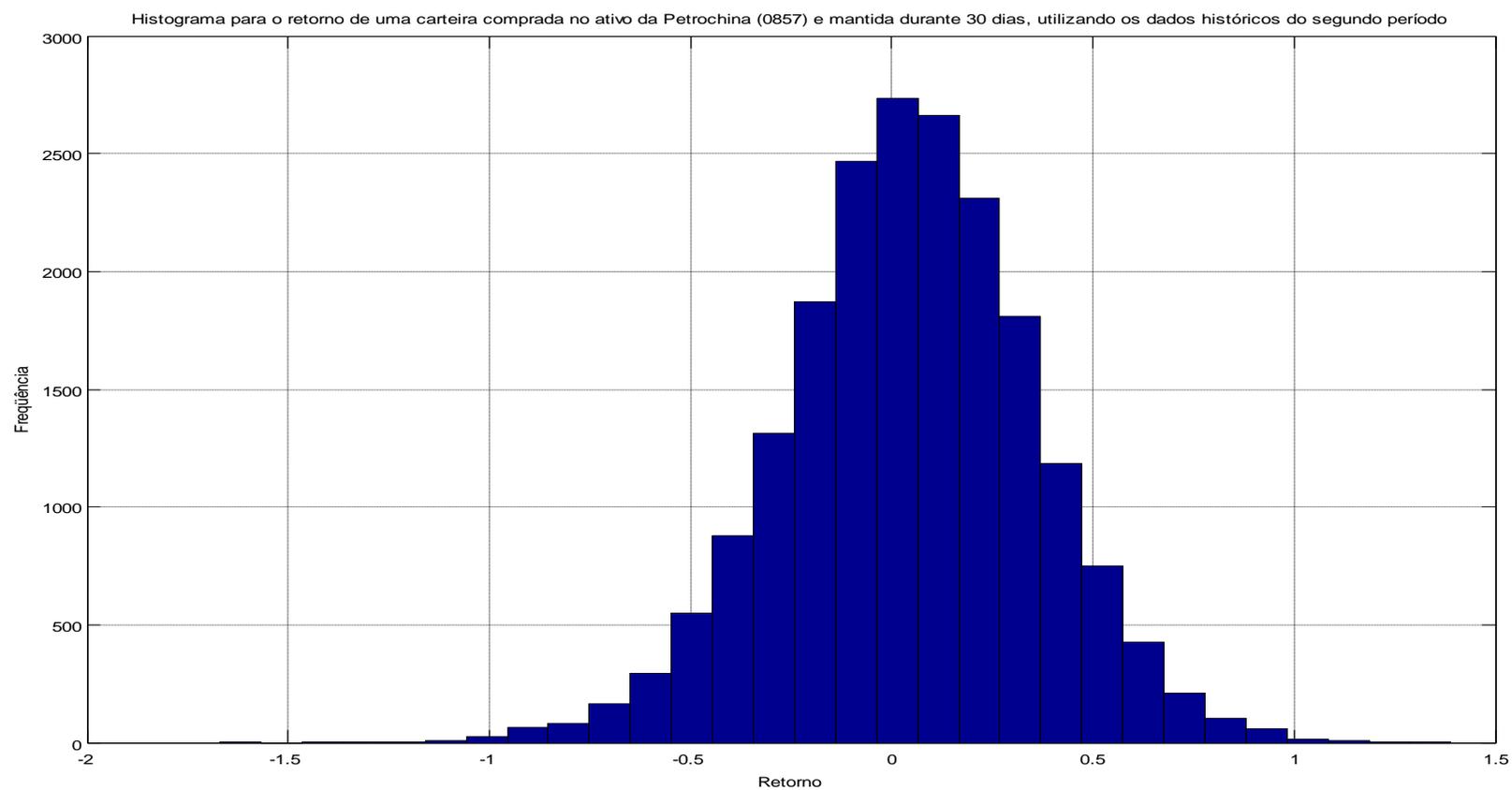


Gráfico 157 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Petrochina e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

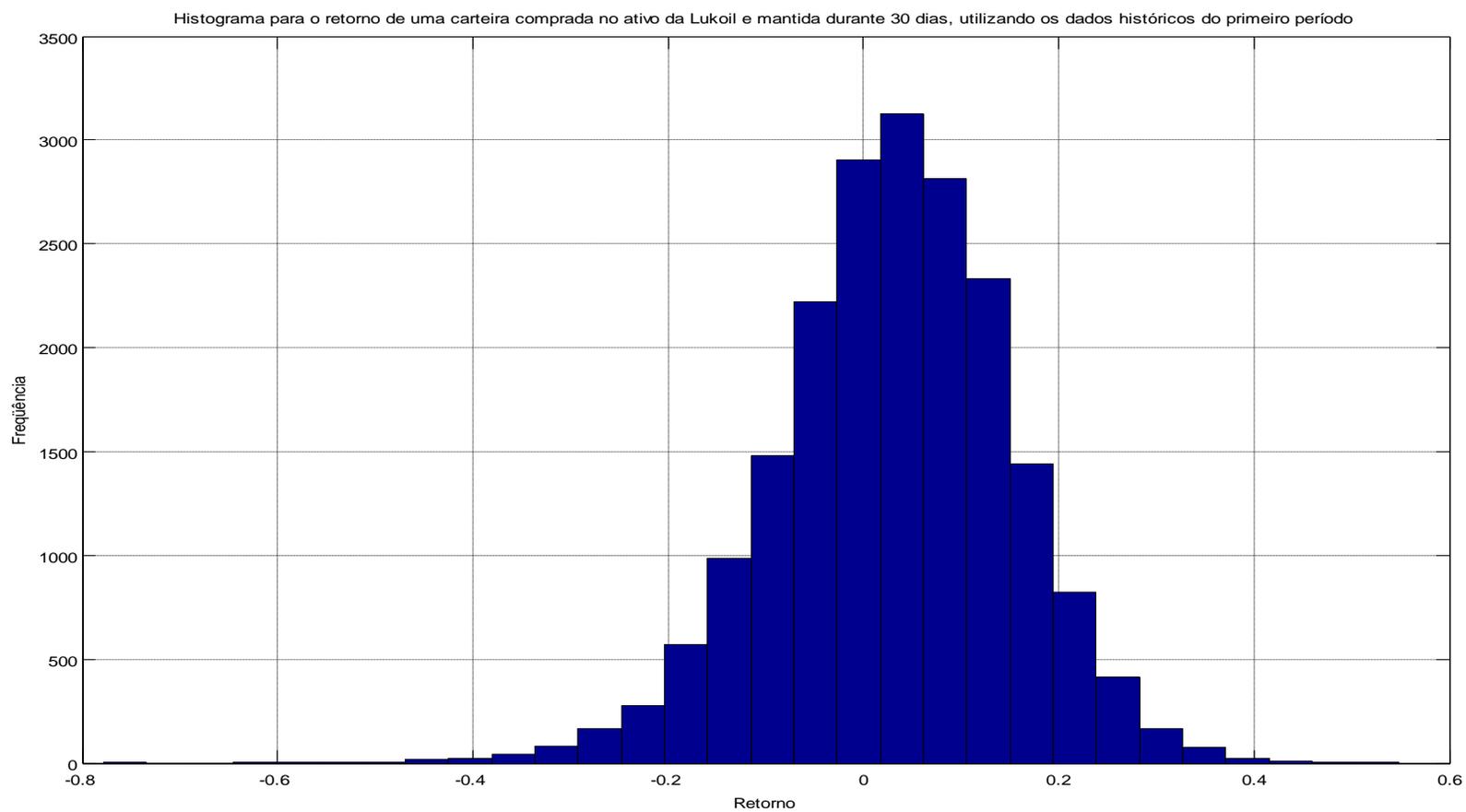


Gráfico 158 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Lukoil e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do primeiro período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação

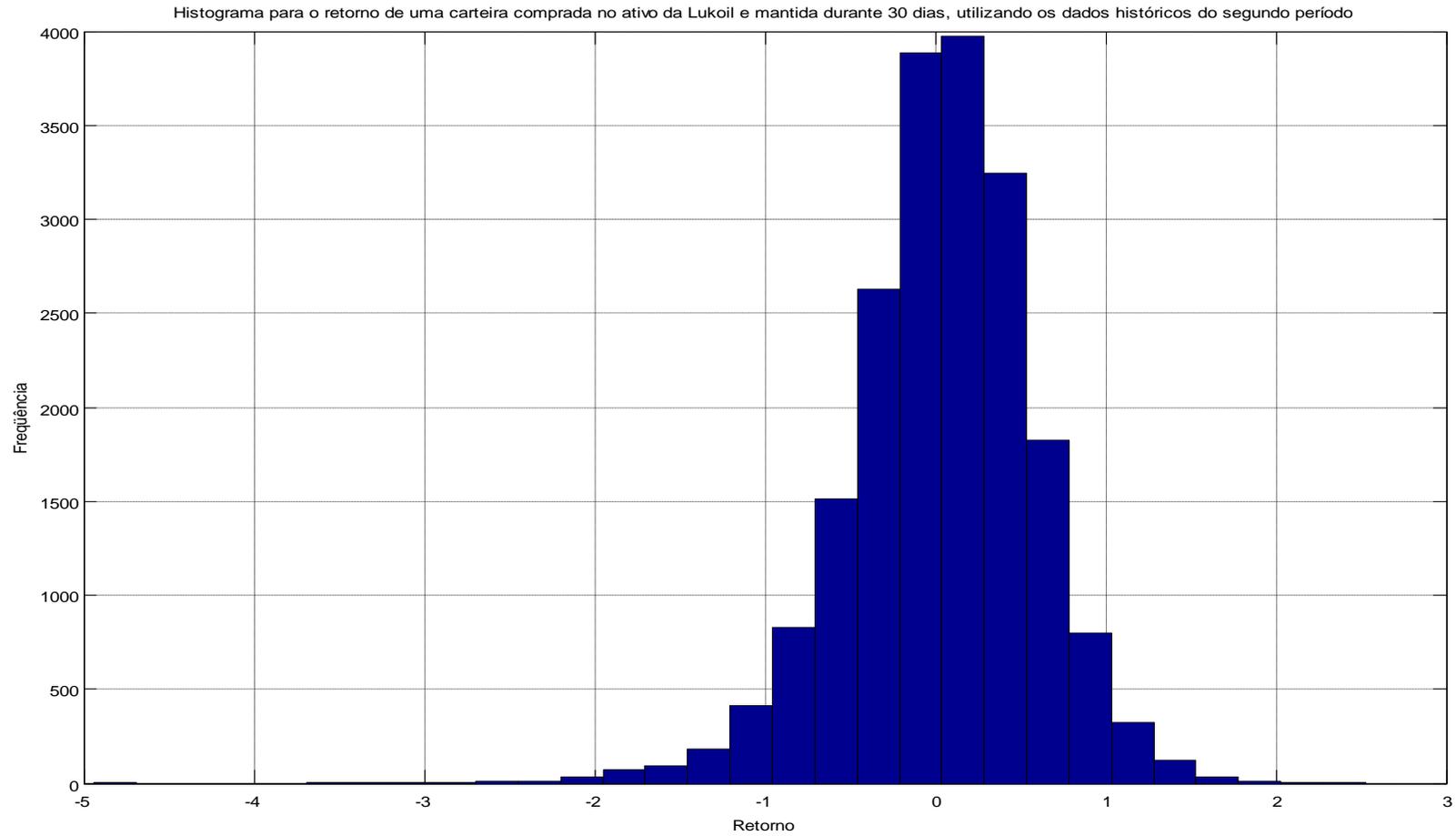


Gráfico 159 - Histograma referente à simulação de retornos de uma carteira comprada no ativo da Lukoil e mantida durante 30 dias, utilizando os dados históricos do segundo período

Fonte: Elaborada pelo autor da dissertação