



Evidência de padrões na volatilidade dos contratos de futuros de energia

por

Vera Lisa Mateus de Sá

Dissertação de Mestrado em Economia e Administração de Empresa

Orientador:

Professor Doutor Carlos Francisco Ferreira Alves

2017

Índice

Nota Bibliográfica.....	i
Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice de Tabelas	ix
Índice de Gráficos.....	xvii
1. Introdução.....	1
2. Revisão da Literatura.....	6
2.1 Medida de Rentabilidade.....	6
2.2 Uma definição de volatilidade	7
2.3 Medidas de volatilidade	7
2.4 Modelos de previsão da volatilidade dos futuros de energia	10
2.5 Modelos de explicação da volatilidade no mercado de futuros de energia.....	16
2.5.1 Efeito do volume de transações na volatilidade.....	16
2.5.2 Efeito da maturidade na volatilidade.....	18
2.5.3 Efeito da sazonalidade na volatilidade	19
2.6 Efeito <i>Momentum</i>	20
3. Metodologia e Base de Dados	22
3.1 Base de Dados	22
3.2 Modelos para deteção de padrões de volatilidade.....	23
3.2.1 Modelo base para explicar a volatilidade.....	23
3.2.2 Modelo para aferir sazonalidade na volatilidade	25
3.2.3 Modelo para aferir o efeito <i>momentum</i> na volatilidade	27
3.3 Modelos para deteção da interação entre as volatilidades do gás natural e do crude 27	
3.3.1 Usando equações independentes	29
3.3.2 Usando equações simultâneas	29
3.4 Procedimento para parametrização do modelo base	30
4. Apresentação e discussão dos resultados	33
4.1 Estatística Descritiva das séries de volatilidade.....	33
4.2 Análise de estacionariedade incluindo quebras de estrutura.....	34

4.2.1	Do Crude	35
4.2.2	Do Gás Natural.....	36
4.3	Resultados do Exercício de parametrização.....	37
4.3.1	Da série de volatilidade do Crude	37
4.3.2	Da série de volatilidade do Gás Natural.....	39
4.4	Modelo Base da Volatilidade	41
4.5	Sazonalidade na Volatilidade	43
4.6	Efeito <i>momentum</i> na Volatilidade.....	52
4.7	Interação das volatilidades do gás natural e do crude	54
4.7.1	Ponderações sobre a co-integração	55
4.7.2	Testes de Causalidade	56
4.7.3	Resultados da estimação do modelo com as equações independentes.....	57
4.7.4	Resultados da estimação do modelo com equações simultâneas	61
5.	Conclusões.....	64
	Bibliografia	66
Anexo A.	Testes de estacionariedade das séries (<i>Dickey-Fuller Aumentado</i>).....	70
Anexo B.	Tabelas Completas para a Sazonalidade.....	71
Anexo C.	Tabelas Completas para o <i>Momentum</i>	92
Anexo D.	Tabelas Completas para Interação das Volatilidades do Gás Natural e do Crude	98

Nota Bibliográfica

Vera Lisa Mateus de Sá licenciou-se em Matemática ramo Aplicada pela Faculdade de Ciência da Universidade do Porto, em 2003. Em 2005 concluiu o Mestrado em Métodos Computacionais em Ciências e em Engenharia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Foi bolsista de investigação na área de modelação matemática na FEUP. Em seguida passou a integrar os quadros da empresa TRENMO, Lda. como chefe de serviços e responsável pela modelação, avaliação e redesenho de redes de transportes públicos tendo trabalhado de perto com a STCP e a Carris de Lisboa. Em 2006 aceitou o convite da Escola Superior de Educação, Comunicação e Desporto do Instituto Politécnico da Guarda para lecionar as Unidades Curriculares da Área de Estatística. Em 2010 optou por ficar como bolsista de doutoramento a tempo integral para concluir os trabalhos e em 2011 obteve o grau de doutora pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto com aprovação com distinção na área de Matemática Aplicada.

Em 2010 constituiu uma empresa no ramo de comércio e serviços na qual desempenhou todas as funções e principalmente as da área de gestão de negócios.

Em 2013 concluiu o Mestrado em Ensino da Matemática no 3º Ciclo do Ensino Básico e Secundário. Nesse mesmo ano começou a colaborar com a Porto Editora, Lda., agora Bloco Gráfico, Lda. como revisora de materiais interativos da área de Matemática.

Em 2015 encerrou a empresa e resolveu descobrir mais sobre a área de economia, por isso ingressou no Mestrado de Economia e Administração de Empresas e passou a desempenhar o cargo de Especialista em Matemática Aplicada: Analista de Gestão e Organização na empresa Lagofra, Lda que se dedica ao comércio e indústria de vestuário.

Agradecimentos

À minha filha por me ter permitido não lhe dar tanto tempo para o poder dedicar a este projeto. Aos meus pais e irmão por todo o apoio que me prestaram para que isso fosse possível.

Agradeço ao Prof. Doutor Carlos Alves pela orientação prestada, pela sua dedicação, empenho e disponibilidade.

Resumo

A volatilidade desempenha um papel importante na tomada de decisões de investimento e na avaliação dos ativos financeiros. Daí que proliferem na literatura estudos com vista à sua especificação e medida, e onde é dada primordial atenção à análise do melhor método previsional. Neste trabalho calcula-se a volatilidade da taxa de rentabilidade diária de contratos de futuros de energia (do Crude e do Gás Natural), tendo em vista responder às seguintes questões: Há algum efeito de sazonalidade no mercado de futuros de energia? O efeito *momentum* do mercado de futuros está presente na determinação da volatilidade de futuros de energia? A volatilidade do Gás Natural influencia a volatilidade do Crude? E a volatilidade do Crude influencia a volatilidade do Gás Natural?

Do estudo realizado, verificou-se que as séries da volatilidade do crude e do gás natural têm o comportamento sazonal esperado. Pode, também, inferir-se que o crude continua a desempenhar um importante papel do ponto de vista económico pois a volatilidade do crude mostrou ter uma relação negativa com o *momentum* do mercado de futuros. Além disso comprovou-se que a volatilidade do crude influencia a volatilidade do gás natural, não sendo tão clara a influência inversa. O efeito *momentum* na volatilidade de futuros de energia é uma questão nova e que vem realçar o papel do crude na economia, principalmente antes da crise económica de 2008.

Os dados sobre os quais recai esta análise são os de contratos de futuros de energia com maturidades de 1, 3 e 5 meses, do Crude e do Gás Natural negociados na NYMEX.

Abstract

Volatility plays an important role in making investment decisions and evaluating financial assets. Hence the proliferation of studies that aim at specifying and measuring it, and where the main attention is in finding the best forecasting method. In this paper we calculate the volatility of the daily rate of return of energy futures contracts (Crude Oil and Natural Gas), in order to answer the following questions: Are there any seasonal effects on the energy futures market? Is the momentum effect of the futures market present in the determination of the volatility of energy futures? Does Natural Gas volatility influence Crude Oil volatility? And does the volatility of Crude Oil influence the volatility of Natural Gas?

From this study, it was verified that the series of Crude Oil volatility and of Natural Gas volatility have the expected seasonal behavior. It can also be inferred that Crude Oil continues to play an important role from the economic point of view because Crude Oil volatility has been shown to have a negative relation to the momentum of the futures market. In addition, it was verified that the volatility of Crude Oil influences the volatility of Natural Gas, albeit the inverse influence is not so clear. The momentum effect on the volatility of energy futures is a new issue that highlights the role of Crude Oil in the economy, especially before the 2008 economic crisis.

The data being analyzed here is that of energy futures contracts with maturities of 1, 3 and 5 months, of Crude Oil and Natural Gas traded on NYMEX.

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Variantes do Modelo GARCH investigadas por outros autores.	15
Tabela 4.1 – Resumo da estatística descritiva das variáveis referentes às séries de volatilidade do gás natural (v_{ngc1} , v_{ngc3} , v_{ngc5}) e do crude (v_{clc1} , v_{clc3} , v_{clc5}) com maturidades a um mês, três meses e cinco meses.	33
Tabela 4.2 – Valores do critério de informação de Bayes (CIB) para a determinação dos parâmetros do modelo base para a volatilidade do crude com maturidade a um mês, três meses e cinco meses.	38
Tabela 4.3 – Autocorrelação dos resíduos do modelo base para a variável dependente de crude a Um Mês (v_{clc1}), a Três Meses (v_{clc3}) e a Cinco Meses (v_{clc5}).	39
Tabela 4.4 – Valores do critério de informação de Bayes (CIB) para a determinação dos parâmetros do modelo base para a volatilidade do gás natural com maturidade a um mês, três meses e cinco meses.	40
Tabela 4.5 – Autocorrelação dos resíduos do modelo base para as variáveis dependentes v_{ngc1} , v_{ngc3} e v_{ngc5}	40
Tabela 4.6 – Coeficientes do modelo base estimado pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{clc1} e v_{ngc1} . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	41
Tabela 4.7 – Coeficientes do modelo base estimado pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{clc3} e v_{ngc3} . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	42
Tabela 4.8 – Coeficientes do modelo base estimado pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{clc5} e v_{ngc5} . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	43
Tabela 4.9 – Coeficientes das <i>dummies</i> da equação para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{clc1} e v_{ngc1} . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	44
Tabela 4.10 – Coeficientes das <i>dummies</i> da equação para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{clc3} e v_{ngc3} . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	45
Tabela 4.11 – Coeficientes das <i>dummies</i> da equação para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{clc5} e v_{ngc5} . O valor do <i>p-value</i> correspondente à	

significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	45
Tabela 4.12 – Coeficientes das <i>dummies</i> da equação para avaliar a influência do verão e do inverno na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries <i>v_clc1</i> , <i>v_clc3</i> e <i>v_clc5</i> . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.....	46
Tabela 4.13 – Coeficientes das <i>dummies</i> da equação para avaliar a influência do verão e do inverno na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries <i>v_ngc1</i> , <i>v_ngc3</i> e <i>v_ngc5</i> . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.....	47
Tabela 4.14 – Coeficientes das <i>dummies</i> da equação para avaliar a influência do dia da semana na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries <i>v_clc1</i> , <i>v_clc3</i> e <i>v_clc5</i> . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	48
Tabela 4.15 – Coeficientes da <i>dummy</i> da equação para avaliar a influência de um dia da semana na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries <i>v_clc1</i> , <i>v_clc3</i> e <i>v_clc5</i> . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	49
Tabela 4.16 – Coeficientes das <i>dummies</i> da equação para avaliar a influência do dia da semana na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries <i>v_ngc1</i> , <i>v_ngc3</i> e <i>v_ngc5</i> . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.....	50
Tabela 4.17 – Coeficientes da <i>dummy</i> da equação para avaliar a influência de um dia da semana na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries <i>v_ngc1</i> , <i>v_ngc3</i> e <i>v_ngc5</i> . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.....	51
Tabela 4.18 – Coeficientes da variável <i>Momentum</i> da equação para avaliar a influência do <i>Momentum</i> do mercado de futuros na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries <i>v_clc1</i> , <i>v_clc3</i> e <i>v_clc5</i> . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.....	53
Tabela 4.19 – Coeficientes da variável <i>Momentum</i> da equação para avaliar a influência do <i>Momentum</i> do mercado de futuros na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries <i>v_ngc1</i> , <i>v_ngc3</i> e <i>v_ngc5</i> . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.....	54

Tabela 4.20 – Coeficientes da variável volatilidade do gás natural da equação para avaliar a influência da volatilidade do Gás Natural na volatilidade do Crude, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_clc1 , v_clc3 e v_clc5 . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.....	58
Tabela 4.21 – Coeficientes da variável volatilidade do crude da equação para avaliar a influência da volatilidade do Crude na volatilidade do Gás Natural, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_ngc1 , v_ngc3 e v_ngc5 . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.....	60
Tabela 4.22 – Coeficientes da variável volatilidade do Gás Natural da equação para avaliar a influência da volatilidade do Gás Natural na volatilidade do Crude, estimados usando equações simultâneas pelo BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_clc1 , v_clc3 e v_clc5 . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	62
Tabela 4.23 – Coeficientes da variável volatilidade do crude da equação para avaliar a influência da volatilidade do Crude na volatilidade do Gás Natural, estimados usando equações simultâneas pelo BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_ngc1 , v_ngc3 e v_ngc5 . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	63
Tabela A.1 – Resultados do teste <i>Dickey-Fuller Aumentado</i> para v_clc1 , v_clc3 e v_clc5	70
Tabela A.2 – Resultados do teste <i>Dickey-Fuller Aumentado</i> para v_ngc1 , v_ngc3 e v_ngc5	70
Tabela B.1 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_clc3 . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	71
Tabela B.2 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_clc1 . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	72
Tabela B.3 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_clc5 . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	73
Tabela B.4 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_ngc1 . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	74

Tabela B.5 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc3} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	75
Tabela B.6 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc5} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	76
Tabela B.7 – Coeficientes das <i>dummies</i> das equações para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{clc1} e v_{ngc1} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	77
Tabela B.8 – Coeficientes das <i>dummies</i> das equações para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{clc3} e v_{ngc3} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	78
Tabela B.9 – Coeficientes das <i>dummies</i> das equações para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{clc5} e v_{ngc5} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	79
Tabela B.10 – Coeficientes das <i>dummies</i> das equações para avaliar a influência do verão ou inverno na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para todas as séries. O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	79
Tabela B.11 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc1} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	80
Tabela B.12 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc3} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	81
Tabela B.13 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc5} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	82
Tabela B.14 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc1} . O valor do	

<i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	83
Tabela B.15 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc3} . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	84
Tabela B.16 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc5} . O valor do <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.	85
Tabela B.17 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc1} . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	86
Tabela B.18 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc3} . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	87
Tabela B.19 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc5} . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	88
Tabela B.20 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc1} . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	89
Tabela B.21 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc3} . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	90
Tabela B.22 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc5} . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	91
Tabela C.1 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc1} . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	92
Tabela C.2 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc3} . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	93

Tabela C.3 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_clc5 . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	94
Tabela C.4 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_ngc1 . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	95
Tabela C.5 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_ngc3 . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	96
Tabela C.6 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_ngc5 . O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	97
Tabela D.1 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade do gás natural na volatilidade do crude, para maturidade a um mês. O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	98
Tabela D.2 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade do gás natural na volatilidade do crude, para maturidade a três meses. O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	99
Tabela D.3 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade do gás natural na volatilidade do crude, para maturidade a cinco meses. O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.	100
Tabela D.4 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do crude na volatilidade dos contratos de futuro do gás natural, com maturidades a um mês. O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis. .	101
Tabela D.5 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do crude na volatilidade dos contratos de futuro do gás natural, com maturidades a três meses. O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis. .	102
Tabela D.6 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do crude na volatilidade dos contratos de futuro do gás natural, com maturidades a cinco meses. O <i>p-value</i> correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis. .	103
Tabela D.7 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos	

contratos de futuro do crude, com maturidades a um mês, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do gás natural. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis. . 104

Tabela D.8 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a um mês, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do crude. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis. 105

Tabela D.9 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a três meses, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do gás natural. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis. 106

Tabela D.10 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a três meses, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do crude. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis. . 107

Tabela D.11 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a cinco meses, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do gás natural. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis. 108

Tabela D.12 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a cinco meses, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do crude. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis. . 109

Índice de Gráficos

Gráfico 4.1 – Séries de volatilidade dos contratos de futuros de crude com maturidade a um mês (v_{clc1}), três meses (v_{clc3}) e cinco meses (v_{clc5}).	35
Gráfico 4.2 – Séries de volatilidade dos contratos de futuros de gás natural com maturidade a um mês (v_{ngc1}), a três meses (v_{ngc3}) e a cinco meses (v_{ngc5}).	36
Gráfico 4.3 – Função de autocorrelação (FAC) e Autocorrelação Parcial (FACP) da série de volatilidades dos contratos de futuros do crude com maturidade a um mês, três meses e cinco meses.	38
Gráfico 4.4 – Função de autocorrelação (FAC) e Autocorrelação Parcial (FACP) da série de volatilidades dos contratos de futuros do gás natural com maturidade a um mês, três meses e cinco meses.....	39
Gráfico 4.5 – Série da volatilidade do crude com maturidade a um mês (v_{clc1}), série da volatilidade do gás natural com maturidade a um mês (v_{ngc1}) e série das diferenças entre v_{clc1} e v_{ngc1}	55
Gráfico 4.6 – Série da volatilidade do crude com maturidade a três meses (v_{clc3}), série da volatilidade do gás natural com maturidade a três meses (v_{ngc3}) e série das diferenças entre v_{clc3} e v_{ngc3}	55
Gráfico 4.7 – Série da volatilidade do crude com maturidade a cinco meses (v_{clc5}), série da volatilidade do gás natural com maturidade a cinco meses (v_{ngc5}) e série das diferenças entre v_{clc5} e v_{ngc5}	56

1. Introdução

Na história das trocas comerciais tornou-se essencial a realização de contratos que protejam do risco de oscilação de preço, tanto o fornecedor como o comprador de determinado produto. Estes contratos foram-se tornando, no que respeita às suas cláusulas contratuais, cada vez mais complexos e, conseqüentemente, surgiu a necessidade de os padronizar e estabelecer um local próprio para a sua transação de modo a reduzir o risco de crédito e a aumentar a sua liquidez (Bolsa de Valores do Porto, 1994).

Um contrato de futuro de energia é um acordo entre um vendedor que se compromete a entregar a energia subjacente (crude, gás não conduzido, óleo de aquecimento ou gás natural) e um comprador que se compromete a pagar o preço estipulado. Os contratos são padronizados pela bolsa onde se transacionam quanto a aspetos como a quantidade, a qualidade, o local e a data de entrega. Apenas o preço e o número de contratos a transacionar são negociáveis.

No mercado global de *commodities*¹ de energia há seis tipos de energia primária objeto de transação em mercados futuros, a saber Crude Oil WTI (petróleo bruto West Texas Intermediate) ou Light Sweet Crude Oil (sob a sigla CL, com unidade de contrato de 1000 barris, negociado em dólares e cêntimos americanos), Henry Hub Natural Gas (Gás Natural, sob a sigla NG, com unidade negociada de contrato de 10000 milhões de unidades térmicas britânicas - mmBtu, em dólares e cêntimos norte-americanos por mmBtu), Harbor No 2 Heating Oil (diesel com baixo teor de enxofre, sob a sigla HO, com unidade de contrato de 42000 galões, negociada em dólares e cêntimos norte-americanos por galão), RBOB gasoline (sob a sigla RB, com unidade de contrato de 42000 galões, negociado em dólares e cêntimos norte-americanos por galão), Brent Crude Oil (sob a sigla BB, com unidade de contrato de 1000 barris, negociado em dólares e cêntimos norte-americanos por barril) e European Low Sulphur Gasoil (sob a sigla 7F, com unidade de contrato de 100 toneladas métricas, negociado em dólares e cêntimos norte-americanos por tonelada métrica). Os quatro primeiros são

¹ *Commodity*, do inglês, que significa mercadorias.

transacionados na New York Mercantile Exchange (NYMEX) e os três últimos são transacionados no ICE (Intercontinental Exchange).

Os contratos de futuros de energia são negociados em bolsa. Os contratos são estabelecidos entre duas partes, mas uma vez celebrado o acordo entre cada um interpõem-se a bolsa e a câmara de compensação que atuam de forma que seja possível a venda da posição de comprador ou de vendedor até à maturidade do contrato (Bolsa de Valores do Porto, 1994). Por outras palavras, não é necessário que o comprador e/ou o vendedor mantenham a sua posição contratual até à maturidade, nem é necessário que cada um deles conserve a sua posição pelo mesmo período de tempo que o outro. A ação da câmara de compensação permite que cada um deles saia em qualquer momento através de uma operação de sentido contrário à inicial (isto é, vendendo se inicialmente comprou ou comprando um contrato fungível com o inicialmente vendido).

Os contratos de futuros oferecem uma maior alavancagem financeira, flexibilidade e integridade financeira do que a transação das próprias *commodities*, dado que em vez do preço total apenas é necessário mobilizar uma parte sob a forma de garantias (Bolsa de Valores do Porto, 1994).

A evolução nas transações sobre estes contratos cria, tal como nos demais instrumentos financeiros, flutuação ou alterações de preço. Esta variabilidade dos preços é designada volatilidade (Anderson, 1985).

Os contratos de futuros constituíram-se como instrumentos financeiros, por exemplo, de cobertura de risco (Edwards e Ma, 1985). Este facto conduziu ao interesse que estes despertaram na comunidade científica/académica e que se revela nos inúmeros estudos que surgiram nas últimas décadas (Vortelinos, 2017). Estes estudos incidem, entre outros temas, sobre a volatilidade dos preços, que tal com Herbert (1995) aponta, é informação necessária para estimar requisitos de margens ou garantias.

Os contratos de futuros oferecem aos especuladores uma oportunidade de investimento de grande risco/retorno por causa da dimensão de alavancagem envolvida.

Os agentes mais ativos nos produtos de energia e seus derivados são os produtores, distribuidores, consumidores grossistas (*wholesale*) e, como resultado de uma forte

desregulamentação, grandes e complexas instituições financeiras (Ergen e Rizvanoglu, 2016).

A relação de risco/rentabilidade é utilizada pelos investidores como fator de ponderação para tomar uma decisão de investimento. A volatilidade enquanto medida de variação de preço de um ativo em torno da média para um determinado período de tempo, assume um papel central.

Assim sendo, acreditando que percebendo o que influencia a volatilidade se poderá mitigar riscos e majorar rendimentos procurar-se-á, ao longo deste estudo entender o que a literatura contempla sobre o assunto e tentar esclarecer outras que possam não ter sido abordadas ou para as quais ainda não exista unanimidade de conclusões.

Neste estudo pretende-se investigar se a volatilidade dos preços de contratos de futuros de energia de uma determinada maturidade apresenta ou não algum efeito de sazonalidade (ou seja, se o dia da semana ou o mês do ano tem influência). Outra questão a que se tentará responder é se o efeito *momentum* se reflete na volatilidade. Da extensão da pesquisa realizada esta procura de efeito *momentum* na volatilidade parece ser um efeito que se está a transpor das ações para a volatilidade de futuros. Com isto tentar-se-á perceber mais do que a literatura atual contempla sobre o que influencia a volatilidade dos futuros de energia. Pois apenas se conseguiu apurar por Pirrong (2005) que há evidência que o *momentum* do mercado das ações influencia o *momentum* do mercado de futuros, podendo o primeiro ser considerado uma *proxy* para o segundo. Desta forma, procura-se responder ao desafio lançado por Halova (2012), indicando que poderia existir influência do *momentum* do mercado na volatilidade dos futuros de energia.

Outro dos objetivos é aferir se as volatilidades dos contratos de diferentes tipos de energia estão ou não correlacionadas. Por exemplo, se a volatilidade do crude exerce ou não algum tipo de influência sobre a volatilidade do gás natural. Trata-se, por isso, de um objetivo de investigação similar ao de Halova (2012), mas diferentemente do que fez esta autora que usou dados intradiários e uma extensão de 8 anos, tentar-se-á produzir os resultados a partir de dados diários.

Neste trabalho utilizaram-se preços diários de séries de contratos de futuros de energia quer sejam eles de Gás Natural ou *Crude Oil*, negociados na New York Mercantil Exchange (NYMEX) entre 3 de abril de 1992 e 7 de junho de 2017. Para a obtenção dos dados recorreu-se à Thomson Reuters Eikon. Os dados foram retirados para maturidades a um mês, três meses e cinco meses.

A modelação da volatilidade foi realizada com recurso a um modelo autorregressivo de defasagens distribuídas, usando os modelos BREAKLS e o modelo Generalizado Autorregressivo com Heteroscedasticidade (GARCH). Os modelos GARCH, são considerados pela literatura como os mais adequados para modelizar a volatilidade realizada (Vortelinos, 2017). A volatilidade realizada é aquela que já se observou podendo também ser designada de volatilidade histórica. É sobre a volatilidade histórica que este estudo recai.

No que respeita às conclusões obtidas, parece haver evidência de efeito *momentum* negativo para a volatilidade dos preços de contratos de futuros de crude mas não parece que um tal efeito esteja presente na série de volatilidade de contratos de futuros de gás natural.

No que diz respeito à sazonalidade do dia da semana verificou-se que para a volatilidade do crude diminui no dia que antecede a publicação do relatório de *stocks* do crude e que aumenta no dia da publicação. No caso da volatilidade do gás natural o mesmo fenómeno também se pode registar acrescido de um efeito negativo da sexta-feira.

No que se refere à interação entre as volatilidades do crude e do gás natural, não se verificou efeito causal nem influência da volatilidade do gás natural na volatilidade do crude, mas registou-se influência e causalidade da volatilidade do crude na volatilidade do gás natural.

Este trabalho estrutura-se do seguinte modo: no segundo capítulo faz-se a revisão da literatura ao nível das medidas de volatilidade utilizadas, o que se conhece que a possa influenciar. Nesse capítulo faz-se, ainda, uma revisão dos métodos já utilizados para modelar a volatilidade quer seja com o objetivo previsão ou de explicação. No Capítulo 3 descreve a base de dados e sua fonte e todos os métodos e técnicas a que se recorrerá

para alcançar os objetivos deste estudo. Ou seja, apresentam-se os métodos e os modelos usados para descrever a volatilidade e os testes a realizar para cumprir os objetivos. No capítulo seguinte apresentam-se e discutem-se os resultados, nomeadamente no que toca à análise de gráficos e tabelas com os resultados de estimação dos modelos e suas possíveis implicações. Reservou-se o último capítulo para as conclusões.

2. Revisão da Literatura

Em torno do tema volatilidade surgem outros conceitos como a taxa de rentabilidade, a forma de calcular a própria volatilidade, e os modelos para ajustar a série de dados da volatilidade. Este capítulo contém, além de uma definição destes conceitos, uma breve revisão sobre o que está publicado na literatura e as lacunas encontradas que o presente estudo tentará preencher. Apresenta-se, igualmente, uma síntese sobre os dados que foram utilizados na literatura nomeadamente quanto à dimensão da amostra e as *commodities* analisadas.

2.1 Medida de Rentabilidade

A Rentabilidade (em termos contínuos) de um contrato é medida a partir dos preços registados do seguinte modo:

$$R_{t,i} = \ln \left(\frac{P_{t,i}}{P_{t-k,i}} \right),$$

Equação 2.1

onde $R_{t,i}$ é a taxa de rentabilidade para o tempo t do contrato i , $P_{t,i}$ é o preço do dia t do contrato i . Esta taxa de rentabilidade é medida entre o momento t e k períodos anteriores a t . Se t for medido em dias e t igual a 1 então a taxa de rentabilidade obtida é diária.

Em grande parte dos estudos analisados k toma o valor 1 e é utilizado o preço médio do dia (Khediri e Charfeddine, 2015; Nicolau e Palomba, 2015; Alizadeh e Tamvakis, 2016; Bunnag, 2016; Charfeddine, 2016; Engen e Rizvanoghlu, 2016; Klein e Walther, 2016; Liu, 2016; e Wang *et al.*, 2016). Em Shi e Ho (2015) k também toma o valor 1, mas são utilizados os preços de fecho para calcular as rentabilidades diárias.

Halova (2012) que trabalha com dados intradiários utiliza o valor 10 minutos para k , ou seja, $P_{t,i}$ é o preço registado no minuto t e $P_{t-k,i}$ é o preço registado 10 minutos antes.

2.2 Uma definição de volatilidade

Entende-se por volatilidade de contratos de futuros de energia a dispersão dos preços em relação à sua média. A volatilidade é usualmente medida para um dado intervalo de tempo. A volatilidade indica a intensidade das oscilações nos preços de um ativo financeiro em determinado período de tempo. A volatilidade é utilizada como forma de medir o risco de um ativo, entendendo-se que quanto maior a volatilidade maior o risco do investimento (Anderson, 1985).

A volatilidade é denominada histórica ou realizada quando é calculada a partir de preços do ativo subjacente observados, ou seja, com base em informação passada (Vortelinos, 2017).

A volatilidade implícita é a volatilidade que está imbuída (isto é, está implícita) no preço de um ativo, mas que não pode ser diretamente observada. Admitindo que esse preço corresponde ao preço de equilíbrio do mercado e assumindo um modelo de avaliação desse ativo é possível determinar o nível de volatilidade que conduz a esse preço (Ang *et al.*, 2006).

2.3 Medidas de volatilidade

A volatilidade é calculada a partir das taxas de rentabilidade dos ativos. No caso da volatilidade histórica, a literatura apresenta diferentes formas de a quantificar².

Uma das formas de calcular volatilidade é considerar que esta é o resultado da soma dos quadrados das rentabilidades intradiárias, isto é:

$$VR_{t,i} = \sum_{j=0}^{n-1} R_{t-j,i}^2$$

Equação 2.2

² A volatilidade histórica é aquela que interessa a esta dissertação, razão pela qual não se fará uma revisão da literatura no que respeita a medidas de volatilidade implícita.

onde n é o número de observações de rentabilidade intradiárias, $R_{t,i}$ é a taxa de rentabilidade para o tempo t do contrato i e $VR_{t,i}$ é a volatilidade do tempo t para o contrato i .

Esta forma de calcular volatilidade foi utilizada, por exemplo, por Vortelinos (2017) que, embora tenha como unidade básica o minuto, considera para intervalo unitário de tempo cinco minutos.

Daal *et al.* (2006) e Li e Li (2015) usaram $VR_{t,i} = R_{t,i}^2$ para calcular volatilidade diária, onde o intervalo unitário de tempo, t , é um dia.

Halova (2012) que estudou dados intradiários prefere assumir para volatilidade o valor absoluto da taxa de rentabilidade, ou seja, $VR_{t,i} = |R_{t,i}|$. Tal como Vortelinos (2017), Halova (2012) também menciona que se pode estimar a volatilidade diária como a média do quadrado dos retornos para intervalos. Halova (2012) considera intervalos de 10 minutos enquanto que Vortelinos (2017) e Wang *et al.* (2008) consideram intervalos de 5 minutos. Wang *et al.* (2008) justificam que estes 5 minutos se devem a intermitências nas transações, pois entre uma transação e a resposta a essa transação decorrem sempre alguns segundos. Halova (2012) apresenta uma justificação idêntica indicando que para a bolsa de onde recolheu os dados se justificava considerar um intervalo um pouco maior (10 minutos).

A *proxy* para a volatilidade diária (referida, por Ergen e Rizvanoghlu, 2016) e talvez a mais simples é o desvio-padrão da taxa de rentabilidade. Ou seja, $VR_{t,i}$ é obtida do seguinte modo:

$$VR_{t,i} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (R_{t,i} - \bar{R})^2}{n - 1}}$$

Equação 2.3

onde n é o número de dias de transacção, $R_{t,i}$ é o logaritmo natural do quociente entre os preços de dois dias sucessivos para um contrato de maturidade i e \bar{R} é a média aritmética de $R_{t,i}$.

No caso de se pretender calcular a volatilidade para outros períodos, usa-se $\sigma_{t,i} = VR_{t,i} \times \sqrt{m}$, com $m = 5$ para volatilidade semanal, $m = 21$ para volatilidade mensal e $m = 252$ para volatilidade anual.

Uma outra forma de calcular volatilidade foi introduzida por Parkinson (1980). Este autor começa por assumir que a série $\ln(P_{t,i})$ segue um passeio aleatório³ (recorde-se que $P_{t,i}$ é o preço do dia t do contrato i). Depois prova que se D é a variância do deslocamento medido entre dois instantes unitários de tempo, então um estimador com menor desvio-padrão para D do que o habitual estimador $D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2$, onde n é o número de intervalos de deslocamento observados e d_i é o deslocamento no intervalo i sendo $\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$ a média dos deslocamentos, é o estimador $D = \frac{l^2}{4\ln(2)}$, onde l é a diferença entre o valor de posição máximo e o valor de posição mínimo. Conclui que se $l = \ln(P_{t,i}) - \ln(P_{t-1,i})$, se $P_{t,i} > P_{t-1,i}$ ou $l = -\ln(P_{t,i}) + \ln(P_{t-1,i})$, se $P_{t,i} \leq P_{t-1,i}$, então pode economizar-se em dados para estimar a variância de ativos. Por outras palavras, a variância do deslocamento de uma variável entre dois momentos do tempo pode ser estimada com menor desvio-padrão e usando menos informação, do que usando a fórmula tradicional da variância, usando a fórmula de Parkinson (1980).

Herbert (1995) baseando-se nestes resultados usa para calcular volatilidade de contratos de futuros a seguinte fórmula:

$$VR_t = \frac{(\ln(PH_t) - \ln(PL_t))^2}{4\ln(2)}$$

Equação 2.4

onde PH_t é o preço mais alto do dia t e PL_t é o preço mais baixo do dia t .

³ Este conceito será apresentado na secção 2.4.

2.4 Modelos de previsão da volatilidade dos futuros de energia

Esta secção contém uma revisão da literatura sobre a forma como a volatilidade é modelada e os princípios basilares em que assentam estes modelos. Começar-se-á por rever conceitos como passeio aleatório, modelos autorregressivos, modelos de médias móveis e modelos autorregressivos com heteroscedasticidade condicional. Estes modelos base permitem construir modelos para prever ou explicar a volatilidade.

Uma série temporal é um conjunto de valores de uma variável para diferentes períodos de tempo (DeFusco *et al.*, 2015).

Um passeio aleatório é uma série temporal na qual o valor de um período, X_t , é igual ao valor do período anterior mais um erro aleatório imprevisível. Este erro, e_t , tem variância constante e é não correlacionado com o termo de erro nos períodos anteriores (DeFusco *et al.*, 2015). Ou seja, um passeio aleatório pode ser descrito pela equação $X_t = X_{t-1} + e_t$.

Um passeio aleatório diz-se que tem um *drift* se é de esperar que o valor de um período aumente ou diminua um determinado valor constante relativamente ao período anterior. Ou seja, um passeio aleatório com *drift* pode ser descrito pela equação $X_t = a_0 + X_{t-1} + e_t$.

Os passeios aleatórios com ou sem *drift* são exemplo de séries temporais não estacionárias em covariância⁴.

Considerando os modelos autorregressivos de ordem p , $AR(p)$, em que o valor de um período é dado pela combinação linear dos valores dos p períodos precedentes, ou seja, pode ser descrito pela equação

$$X_t = a_0 + a_1X_{t-1} + a_2X_{t-2} + \dots + a_pX_{t-p} + e_t$$

Equação 2.5

⁴ Uma série é fracamente estacionária ou estacionária em covariância se para qualquer inteiro positivo n , para quaisquer inteiros t_1, t_2, \dots, t_n e k , os vectores n -dimensionais $(X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_n})$ e $(X_{t_1+k}, X_{t_2+k}, \dots, X_{t_n+k})$ possuem momentos até à segunda ordem e esses momentos são iguais (Murteira *et al.*, 1993).

onde e_t é o erro e deve ter ruído branco⁵. Então um passeio aleatório é um caso particular do AR(1) em que $a_1 = 1$.

Um processo AR(p) diz-se estacionário se $\sum_{i=1}^p a_i < 1$. Daí que o passeio aleatório não seja estacionário. Neste caso diz-se que a série tem uma raiz unitária. Por outras palavras se uma série tem raiz unitária então não é estacionária.

Além dos modelos autorregressivos existem também os modelos de média móvel de ordem q , MA(q), em que o valor de um período é dado pela combinação linear dos erros dos q períodos anteriores. Ou seja, pode ser descrito pela equação: $\mathbf{X}_t = \mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 \mathbf{e}_{t-1} + \mathbf{b}_2 \mathbf{e}_{t-2} + \dots + \mathbf{b}_q \mathbf{e}_{t-q}$. E os modelos que surgem da junção destes dois últimos, que são os modelos autorregressivos de médias móveis, ARMA(p, q), que são descritos pela equação: $\mathbf{X}_t = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_1 \mathbf{X}_{t-1} + \mathbf{a}_2 \mathbf{X}_{t-2} + \dots + \mathbf{a}_p \mathbf{X}_{t-p} + \mathbf{b}_1 \mathbf{e}_{t-1} + \mathbf{b}_2 \mathbf{e}_{t-2} + \dots + \mathbf{b}_q \mathbf{e}_{t-q}$. Note-se que um ARMA($p, 0$) é um AR(p) e um ARMA($0, q$) é um MA(q).

Quando se avança para a modelação de séries temporais tem de ter-se uma ideia do comportamento da série, pois existem já vários modelos para ajustar a série. A metodologia de Box-Jenkins é, provavelmente, a mais utilizada para esse efeito. Para escolher um modelo Box-Jenkins (1970) propuseram uma metodologia que, em primeira instância, se deve estacionarizar a sucessão cronológica (ou seja, operar sobre os dados originais da série de modo que possa ser descrita por modelos ARMA que são processos estacionários) e depois selecionar um modelo ARMA. Para escolher entre os modelos ARMA deve comparar-se a função de Autocorrelação e a Função de Autocorrelação Parcial com as representações teóricas destas funções para os diferentes modelos. Depois devem estimar-se os parâmetros do modelo selecionado. Por último avalia-se a qualidade da estatística do modelo e a qualidade do ajustamento (Murteira *et al.*, 1993).

A função de autocorrelação (FAC) é a representação gráfica de ρ_k . A correlação entre pares de valores do processo separados por um intervalo k e dada por $\rho_k =$

⁵ Um processo μ_t diz-se que constitui um ruído branco se é formado por uma sucessão de variáveis aleatórias com a mesma distribuição, média constante, variância constante e covariância nula para todos os períodos exceto o atual (Murteira *et al.*, 1993).

$\frac{E\{(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu)\}}{E\{(X_t - \mu)(X_t - \mu)\}}$, onde X_t é um processo estacionário e μ é a média (Murteira *et al.*, 1993).

A função de autocorrelação parcial (FACP) é a representação gráfica de ϕ_{kk} . Este ϕ_{kk} é a variação em X_{t+k} que acompanha em média uma variação unitária em X_t quando as variáveis intermédias ($X_{t+1}, \dots, X_{t+k-1}$) permanecem constantes (Murteira *et al.*, 1993).

Através da função de autocorrelação e função de autocorrelação parcial podemos identificar o melhor modelo e os possíveis parâmetros para o modelo. Identifica-se um modelo Autorregressivo com p defasamentos, $AR(p)$, quando na FAC se verifica um decaimento para zero sob forma exponencial ou sinusoidal amortecida e a FACP apresenta um decaimento brusco para zero a partir de um certo defasamento p (Murteira *et al.*, 1993). O modelo é de Média Móvel com q defasamentos, $MA(q)$, quando na FAC se verifica um decaimento brusco para zero a partir de um certo defasamento q e a FACP apresenta um decaimento para zero sob forma exponencial ou sinusoidal amortecida (Murteira *et al.*, 1993).

Uma expansão do modelo $AR(p)$ é o modelo autorregressivo de defasagem distribuída, $ADD(p, v)$, em que o valor de um período é dado pela combinação linear de p períodos anteriores e de v defasamentos de outra variável explicativa (Stock e Watson, 2004). Ou seja, pode ser descrito pela equação:

$$X_t = a_0 + a_1 X_{t-1} + \dots + a_p X_{t-p} + a_{p+1} Y_{t-1} + \dots + a_{p+v} Y_{t-v} + e_t.$$

Equação 2.6

A série formada pelas taxas de rentabilidades de um instrumento financeiro, em particular de futuros, é imprevisível e em alguns casos segue passeios aleatórios (Parkinson, 1980; Gujarati, 2006). Estas séries frequentemente exibem amplas oscilações, captadas pela volatilidade, sugerindo que a variância das séries temporais financeiras varia ao longo do tempo. Por outras palavras, a volatilidade destas séries normalmente revela padrões e, conseqüentemente, apresenta correlação serial. Isto significa que se a volatilidade é pequena num período tende a ser pequena no período seguinte (não necessariamente mais pequena do que no período anterior), e se é grande

num período tenderá a ser grande no período seguinte (mas não necessariamente maior do que no período anterior).

Gurajati (2006) propõe que se comece por descrever a volatilidade utilizando um modelo AR(p).

Todavia, a existência de padrões de volatilidade nas séries temporais implica que exista heteroscedasticidade dos termos de erro (violando-se, por isso, a hipótese de que este tem ruído branco).

Como referido, há que ter em atenção que a série da volatilidade apresenta muitas vezes correlação serial. Para contornar este problema e tornar possível a aplicação do método OLS (ou BREAKLS) para a estimação dos parâmetros do modelo podem ser aplicadas algumas técnicas (DeFusco *et al.*, 2015). Uma das técnicas que pode ser empregue para acomodar a heteroscedasticidade e a autocorrelação no termo de erro é a correção de Newey-West⁶ designada *Newey-West standard errors* e que Halova (2012) empregou para este fim.

Quando esta correção não é realizada dá-se o caso dos erros padrão dos modelos serem não consistentes o que levou a que a volatilidade passasse a ser modelizada com base numa nova classe de modelos designados modelos heteroscedásticos ou modelos de heteroscedasticidade condicional⁷. Foi Engle quem em 1982 apresentou o modelo Autorregressivo de Heteroscedasticidade Condicional (ARCH).

Uma série X_t com termo de erro μ_t diz-se um processo ARCH de ordem q se

$$\mu_t = \sigma_t \epsilon_t,$$

Equação 2.7

com $\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q \mu_{t-q}^2$, onde σ_t é a sequência não negativa de variáveis aleatórias (desvio-padrão dependente do tempo) e ϵ_t (componente estocástica da volatilidade) é uma sequência de variáveis aleatórias independentes e identicamente

⁶ A correção de Newey-West prevê que se use um estimador consistente em heteroscedasticidade e autocorrelação (HAC), ou seja, que torna os erros padrão do OLS ou BREAKLS consistentes quer a série possua heteroscedasticidade ou não e autocorrelação ou não. Este estimador HAC é chamado de estimador da variância de Newey-West em homenagem aos econométricos Whitney Newey e Kenneth West (DeFusco *et al.*, 2015).

⁷ Heteroscedasticidade significa que a variância do processo não é constante ao longo do tempo.

distribuídas, iid, de valor médio nulo e variância unitária (geralmente com distribuição de Gauss), sendo necessário que $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, q$ para que a variância condicionada seja finita.

Engle (1983) emprega o modelo Autorregressivo de Heteroscedasticidade Condicional (ARCH), por si introduzido em 1982, no estudo de séries de instrumentos financeiros, nomeadamente para estudar a média e a variância da série de dados da inflação dos Estados Unidos da América.

Tal como Bollerslev (1986) refere, enquanto séries temporais convencionais e modelos econométricos operam sob uma assunção de variância constante, os modelos ARCH, introduzidos por Engle, permitem que a variância condicional⁸ mude ao longo do tempo como uma função de erros passados deixando a variância não condicional constante.

Mais tarde Bollerslev (1986) apresentou o modelo ARCH generalizado, GARCH, que viria a ser o mais utilizado. Isto deve-se sobretudo ao facto de que a variância condicional depende não apenas dos q termos de erros quadráticos nos períodos de tempo anteriores, como ARCH(q) prevê, mas também das variâncias condicionadas nos p períodos de tempo precedentes. Assim o modelo GARCH(p, q) é descrito pelas Equação 2.7 e:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q \mu_{t-q}^2 + \alpha_{q+1} \sigma_{t-1}^2 + \dots + \alpha_{q+p} \sigma_{t-p}^2$$

Equação 2.8

onde ϵ_t são variáveis aleatórias iid com média zero e variância igual a um, independentes das realizações passadas de μ_{t-i} . Para garantir que $\sigma_t^2 > 0$ basta que $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, q$ e $\alpha_{q+j} \geq 0, j = 1, \dots, p$ (Wang *et al.*, 2016).

Switzer e El-Khoury (2007), Alizadeh e Tamvakis (2016), Klein e Walther (2016) são alguns dos autores que usam os métodos de GARCH para estimar a volatilidade uma vez que, tal como referem, a volatilidade dos contratos de futuros de energia apresenta autocorrelação e heteroscedasticidade.

⁸ Variância condicional porque a variância (do erro) no tempo t depende da variância (do erro) em períodos anteriores. A variância será não condicional quando não apresenta esta dependência.

Estes métodos, que já são utilizados há vários anos e no campo da previsão, têm vindo a ser substituídos por outros seus “derivados” sendo os modelos de GARCH (simples) muitas vezes utilizados unicamente como *benchmark*⁹. Recorde-se que os valores para a volatilidade que se obtêm a partir de um modelo comparado com os reais dão o erro de estimação, isto é, indicam-nos quão preciso é um modelo. Ao comparar a precisão de um modelo com outros tem-se uma ideia de qual poderá ser o melhor para obter previsões, quer dentro quer fora de uma amostra (DeFusco *et al.*, 2015).

Daal *et al.*(2006), Agnolucci (2009), Khediri e Charfeddine (2015), Li e Li (2015), Shi e Ho (2015), Alizadeh e Tamvakis (2016), Bunnag (2016), Charfeddine (2016), Engen e Rizvanoglu (2016), Klein e Walther (2016), Liu (2016), Wang *et al.* (2016), Aue *et al.* (2017) e Vortelinos (2017) são apenas alguns dos que nos seus estudos se dedicaram a perceber qual o melhor modelo para descrever e prever a volatilidade futura. A abordagem não foi a mesma e por isso cada um deles dá uma visão diferente do que poderá influenciar o comportamento da volatilidade mas nunca sem se dedicarem somente a estudar a série de volatilidade histórica e o que a poderia influenciar/explicar. Na Tabela 2.1 apresenta-se uma síntese sobre as variantes dos modelos de GARCH utilizados.

Autor	Variante do Modelo GARCH Investigada	Dados	Anos
Agnolucci (2009)	GARCH; APARCH; EGARCH; CGARCH; TGARCH	Crude Oil (Light Sweet) WTI of NYMEX	31/12/1991-21/5/2005
Shi e Ho (2015)	TV-FIGARCH; A-FIGARCH; NPCPM-FIGARCH; 3S-FIGARCH; FIGARCH	World stock indexes	1/1/2001-31/12/2012
Alizadeh e Tamvakis (2016)	EGARCH	Crude Oil WTI, Heating Oil N ^o 2, NY Harbour Gasoline, Henry Hub Natural Gas Futures	3/1/1994 - 30/9/2015
Charfeddine (2016)	FIGARCH; FIEGARCH	Crude Oil (Light sweet), RBOB regular gasoline, NYMEX N ^o 2 Heating Oil e propane	2/2/1985-10/1/2015; 11/3/2005-10/1/2015; 2/2/1994-10/1/2015; 8/2/1994-18/9/2009
Klein e Walther (2016)	MMGARCH; FIGARCH	Brent Crude Oil, European Crude Oil	1/1/1995-31/12/2014
Wang <i>et al.</i> (2016)	FIGARCH	Spot Price Brent Crude Oil, Crude Oil WTI	4/1/1993-9/9/2013
Vortelinos (2017)	GARCH	Crude Oil miNY future continuous contracts, Equity index futures	21/10/2002-14/10/2011

Tabela 2.1 – Variantes do Modelo GARCH investigadas por outros autores.

Para se poder realizar previsões a partir de um modelo este precisa ajustar-se aos dados. Ou seja, antes de se ter previsões fora da amostra primeiro o modelo tem de não “errar

⁹ *Benchmark* significa que é empregue apenas a título de referência para comparação com outros modelos que se afirmam melhores na previsão de valores futuros de uma série.

muito” o valor observado. O que implica que o modelo tenha, em primeiro lugar, ser suficientemente bom para explicar.

2.5 Modelos de explicação da volatilidade no mercado de futuros de energia

Para um modelo explicativo, as variáveis independentes envolvidas no modelo, também designadas variáveis explicativas indicam o que pode explicar/influenciar o aparecimento dos valores da série.

A série das volatilidades é uma série temporal. Segundo Vortelinos (2017) esta pode ser descrita tomando por base um modelo autorregressivo. Isto significa que a volatilidade no momento atual depende do valor da volatilidade em momentos anteriores.

Nas secções que se seguem apresenta-se o que a literatura aponta como outras causas para o comportamento da volatilidade.

2.5.1 Efeito do volume de transações na volatilidade

Alizadeh e Tamvakis (2016)¹⁰ afirmam que há uma relação positiva entre o aumento do volume das transações e a volatilidade dos contratos de futuros de energia e que esta parece ser maior quando o mercado está em *backwardation* do que em *contango*¹¹. A relação entre o volume de transações e a volatilidade é notada para maturidades de 2 a 6 meses no gás natural, mas esta não é notada de forma tão clara no crude. Alizadeh e Tamvakis (2016) incluem a variação do volume de transações como uma variável explicativa nas equações da média e da variância do seu modelo EGARCH.

¹⁰ Alizadeh e Tamvakis (2016), usam preços diários de futuros para 4 *commodities* (WTI Crude Oil, New York Harbour Heating Oil Number 2, New York Harbour Gasoline e Henry Hub Natural Gas Futures) negociadas na NYMEX.

¹¹ No caso do preço atual estar abaixo do preço futuro então diz-se que as cotações estão em *contango*. Caso o preço *spot*, para entrega imediata, da *commodity* esteja acima do preço para entrega no futuro então diz-se que as cotações estão em *backwardation* (Edwards e Ma, 1985, cap4).

Por sua vez Serletis (1991a)¹², Herbert (1995), Nicolau e Palomba (2015), Alizadeh e Tamvakis (2016) e Ftiti *et al.* (2017) concordam que o volume de transações é o fator que mais contribui positivamente para a volatilidade. Herbert (1995) conclui que o volume de transação mais do que a maturidade explica a variância da volatilidade e que volumes de transação passados influenciam a variabilidade corrente da volatilidade.

Num outro estudo, Ftiti *et al.* (2017) concluem que o volume causa volatilidade no mercado de futuros de energia apenas durante “tempos turbulentos” (que eles consideram como épocas de maior instabilidade económico-financeira), enquanto a volatilidade é que causa volume durante “tempos bons” e que não há relação entre a volatilidade e o volume no longo prazo devido à ausência de *noise traders* e liquidez dos *traders* no longo prazo. Este autor, alerta para possíveis problemas de endogeneidade e Foster (1995) refere que problemas deste tipo poderão ser contornados usando desfasamentos da variável. Para este autor os problemas de endogeneidade são criados pela correlação que se sabe existir para a volatilidade e volumes contemporâneos, derivados do mesmo fator que se assume ser de informação.

Serletis (1991a) afirma ter detetado o efeito negativo, esperado, da maturidade na variação de preços dos contratos de futuros. Contudo, este era menos pronunciado quando o volume de transações também era tomado em consideração, o que o levou a concluir que mais do que um fator em simultâneo afetava o volume de transações e a volatilidade (especulando que esses fatores podem ser de liquidez ou de informação).

Em suma, a volatilidade dos futuros de energia é influenciada pelo volume de transação, e, portanto, desfasamentos deste deve ser utilizado como variável explicativa de um modelo que se proponha explicar a volatilidade.

¹² Serletis (1991a) analisa contratos de futuros de três diferentes fontes de energia (*crude oil*, *heating oil* e *unleaded gas*) negociadas no New York Mercantile Exchange (NYMEX) aproveitando todos os meses da transação de um contrato, o que o deixa com uma amostra de 129 observações, de preços diários (o mais alto e o mais baixo). Em Serletis (1991b) volta a usar as mesmas *commodities* mas desta vez com um intervalo temporal maior e com as suposições feitas para estabelecer o que era preço *spot* e preço futuro ele gerou 166 observações.

2.5.2 Efeito da maturidade na volatilidade

O efeito da maturidade na volatilidade de contratos de futuros é um tema que tem sido amplamente discutido, tendo sido abordado com diferentes metodologias e sob vários prismas (Daal *et al.*, 2006; Sensoy e Hacıhasanoglu, 2014; Nicolau e Palomba, 2015 e Liu, 2016). Na base do estudo do efeito da maturidade está a asserção de Samuelson (1965) segundo a qual a volatilidade dos preços de futuros aumenta à medida que a maturidade diminui. Este tema tem sido abordado, como referido, de diversas formas e principalmente com diferentes modelos e metodologias.

Desde logo, Daal *et al.* (2006) debruçam-se sobre o efeito da maturidade nos contratos de futuros, ou seja, procuram verificar se a volatilidade dos preços de futuros aumenta à medida que os contratos de futuros se aproximam da sua maturidade. Ao estudarem vários tipos de *commodities*, concluem que o efeito da maturidade tende a ser mais forte nas *commodities* de energia e de agricultura do que nos futuros financeiros. Neste estudo é frisada a importância de ter sido avaliado cada contrato separadamente, para evitar os problemas de agregação, uma vez que os métodos tradicionais de agregação tenderão a distorcer os resultados em favor do efeito da maturidade.

Por sua vez, Liu (2016) utiliza a volatilidade estocástica¹³ como a medida de volatilidade para reavaliar o efeito da maturidade sobre os preços dos futuros de energia e conclui que quanto maior a volatilidade menor é a hipótese do efeito da maturidade de Samuelson, uma vez que a volatilidade estocástica parece revelar os seus “picos” independentemente da maturidade¹⁴.

Por fim, Herbert (1995) descreve a volatilidade como combinação linear do volume de transações e de uma variável que mede o tempo para o contrato atingir a maturidade.

Em suma, não é unânime que a maturidade influencie o comportamento da série de volatilidades.

¹³ Os modelos de volatilidade estocástica capturam o processo da volatilidade numa perspetiva probabilística. Estes modelos postulam que a volatilidade é impulsionada pelo seu próprio processo estocástico, ou seja, a sua própria seleção ordenada de variáveis aleatórias (Liu, 2016).

¹⁴ Liu (2016), que usa dados da NYMEX, descarregados do website oficial da U.S. Energy Information Administration, sobre 5 *commodities* de energia (*Crude oil, reformulated regular gasoline, RBOB regular gasoline, n°2 heating oil e propane*), também, para maturidades de 1, 2, 3 e 4 meses.

2.5.3 Efeito da sazonalidade na volatilidade

A *sazonalidade* é uma característica de uma série temporal na qual os dados revelam alterações regulares e previsíveis que ocorrem, por exemplo, a cada trimestre. Qualquer alteração previsível ou padrão numa série temporal que ocorra ou se repita durante o período de um ano pode ser designada como sazonal (Todorova, 2004).

A procura de produtos de energia não é igual todo o ano. Suenaga e Smith (2011) explicam que a gasolina tem uma procura maior no verão e que o óleo de aquecimento (*heating oil*) tem maior procura no inverno. Como ambos são derivados do petróleo e não são substitutos um do outro, então quando no verão se produz mais gasolina acaba por se produzir *heating oil* em quantidade superior à da procura. O mesmo se verificando para a gasolina no inverno. A sazonalidade na procura e nos *stocks* cria uma dinâmica na volatilidade de preços não linear. Os preços do *heating oil* tendem a ser mais voláteis de dezembro até março, uma vez que a procura é maior nesta época e o preço de produção é elevado para acompanhar a procura. Então, qualquer pequeno choque entre a procura e o fornecimento pode causar flutuações de preços. Estes choques ocorrem com mais facilidade no fim do inverno e início da primavera, pois é quando os *stocks* estão mais baixos. Este fenómeno também se verifica para a gasolina mas em julho e agosto que é quando os *stocks* de gasolina estão mais baixos (Suenaga e Smith, 2011).

Neste contexto, Martínéz e Torró (2015) que estudaram a influência da sazonalidade nas estratégias de cobertura (*hedging*) concluíram que existe uma tendência sazonal (aumenta no inverno e diminui no verão) na volatilidade do retorno de preços *spot* e futuros, devido à meteorologia, à procura e à sazonalidade nos níveis de *stock*, e que a volatilidade de preços *spot* é duas vezes maior do que a volatilidade de preços de futuros. Os resultados obtidos resultam de uma investigação usando dados da ICE para preços de gás natural *spot* e futuros mensais, que eles apontam como sendo os mais líquidos. Tal como Suenaga e Smith (2011) afirmam que também na europa se verifica que nos preços de gás natural há uma sazonalidade mais pronunciada no inverno do que no verão.

Também da análise de dados relativos ao gás natural, Todorova (2004) identifica um aumento de volatilidade dos preços às quartas-feiras que ela supõe se deva à informação

que é publicada nestes dias. Já Ergen e Rizvanoglu, 2016 dizem que o dia em que se verifica sazonalidade é segunda-feira, pois embora o dia de publicação da informação seja quarta-feira o efeito verifica-se após os dias de paragem nas transações (sábados e domingos).

Em suma, de acordo com a literatura, a série da volatilidade de futuros de gás natural parece ser influenciada pelo dia da transação e parece registar uma tendência sazonal semanal, embora não haja unanimidade quanto ao dia da semana em que se materializa essa sazonalidade. Para a série da volatilidade de futuros de crude não há evidência de sazonalidade.

2.6 Efeito *Momentum*

Estudando o mercado de ações norte americano, Jegadeesh e Titman (1993), afirmam que comprar ações com recentes altos retornos e vender ações com recentes baixos retornos produz lucro que é estatística e economicamente significativa, fenómeno que ficou conhecido como efeito *momentum*.

O efeito *momentum* dos retornos é provavelmente um dos mais difíceis de explicar no contexto dos paradigmas tradicionais dos preços de ativos baseados no risco (Jegadeesh e Titman, 2001).

Para Jegadeesh e Titman (2001) a maioria dos modelos supõe que o efeito *momentum* é causado pela correlação da série dos retornos de ações individuais que parece ser consistente com a evidência. No entanto, eles diferem quanto à correlação da série causada por uma falta de reação ou reação excessiva retardada. Se a correlação em série for causada por uma falta de reação, esperam-se que o *momentum* anormal positivo registado no período seja seguido de retornos normais no período subsequente. No entanto, se os retornos anormais são causados por reação excessiva atrasada, espera-se que o *momentum* anormal registado no período seja seguido de retornos negativos, uma vez que a reação excessiva atrasada deve ser revertida posteriormente.

Existe já muita literatura para o efeito *momentum* no mercado de ações, acentuando que a maioria é sobre ações dos Estados Unidos da América (Pirrongo, 2005). Outros autores, como Ciner (2001), afirmam existir interação entre os mercados de ações e de futuros.

Por Pirrongo (2005) sabe-se que há evidência de *momentum* nos mercados de futuros e que este está relacionado com o mercado de ações. Neste estudo é usado o *momentum* de Fama-French como fator explicativo do *momentum* de futuros de energia.

Halova (2012) nas recomendações para futura investigação refere que ainda não foi explorada a questão sobre o eventual efeito do *momentum* na volatilidade de futuros de energia.

Em suma, da extensão da pesquisa realizada e incitados pelo que Halova (2012) escreve a título de recomendação para futuras investigações, explorar-se-á a questão do efeito *momentum* na volatilidade dos futuros de energia.

3. Metodologia e Base de Dados

A escolha da medida de volatilidade, a escolha do modelo para modelar os dados e a escolha dos dados são importantes para a análise. Assim, subdividiu-se este capítulo em secções que descrevem respetivamente a base de dados utilizada e a forma como foram obtidos os dados, o método escolhido para a modelação/ajustamento da série de dados assim como os cuidados a ter para contornar problemas como a heteroscedasticidade e a autocorrelação potencialmente existente na série da volatilidade.

3.1 Base de Dados

No sentido de cumprir os objetivos necessita-se uma base de dados longa, e por isso, optou-se por utilizar dados diários de séries de contratos de futuros de energia do Gás Natural¹⁵ e do *Crude oil*, negociados na NYMEX. Os dados diários foram extraídos para o período de 3 de abril de 1992 a 9 de junho de 2017. Os dados referentes aos preços mais alto e mais baixo do dia e os dados referentes ao volume de transações já se encontrava divididos e codificados por tempo do contrato até à maturidade, ou seja, codificados por maturidade.

Para a obtenção destes dados recorreu-se à Thomson Reuters Eikon. Nesta base de dados apenas consta a informação dos dias em que houve transação, ou seja, encontra-se “limpa” de dias onde não houve transação, como é o caso de feriados. Os dados já estavam agrupados por maturidade pelo que já se encontrava constituída a série em que se identificam os preços de abertura e de fecho da sessão e os preços mais alto e mais baixo do dia, de um contrato de futuro de um determinado tipo de energia que vencerá em aproximadamente um mês, ou três meses ou cinco meses. Desta base de dados obtiveram-se, também, os valores do volume de transações diárias.

¹⁵ O gás natural, uma das fontes de energia cruciais, ganhou substancial importância e isso revelou-se também no aumento do número de contratos de futuros deste ativo negociados em bolsa (Ergen e Rizvanoghlu, 2016). Não é, portanto, de estranhar que tantos estudos se tenham dedicado ao estudo das séries de preços sobre este ativo.

Para obtenção dos dados referentes ao *momentum* das ações consultou-se a base de dados¹⁶ criada e disponibilizada pelo Prof. Kenneth R. French sob a referência “Momentum Factor (Mom) [Daily]”.

3.2 Modelos para deteção de padrões de volatilidade

Nesta secção apresentam-se os diferentes modelos utilizados para testar se outras causas, além das já apontadas na literatura, também influenciam a volatilidade, como por exemplo, o dia da semana ou o mês do ano.

Para validar os modelos utilizar-se-á a volatilidade de um contrato com maturidade i no dia t calculada, à semelhança de Herbert (1995), a partir da seguinte fórmula:

$$VR_{t,i} = \sqrt{\frac{(\ln(PH_{t,i}) - \ln(PL_{t,i}))^2}{4 \ln(2)}}$$

Equação 3.1

onde $PH_{t,i}$ é o preço mais alto do dia t do contrato i e $PL_{t,i}$ é o preço mais baixo do dia t do contrato i .

3.2.1 Modelo base para explicar a volatilidade

Para modelar a volatilidade e explicar o seu comportamento usar-se-á um modelo autorregressivo, que Vortelinos (2017) considera ser simples e suficiente para descrever a volatilidade. Assim, e também à semelhança de Herbert (1995) o modelo base para descrever a volatilidade é:

$$V_{t,i} = \beta_0 + \sum_{j=1}^d \beta_j V_{t-j,i} + e_{t,i}$$

Equação 3.2

¹⁶ A base de dados foi acedida, numa última versão, em agosto de 2017 e está disponível em http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html#BookEquity.

onde $V_{t,i}$ é a volatilidade actual para o contrato i , $V_{t-j,i}$ é a volatilidade desfasada j períodos da actual, d é o número de desfasamentos e $e_{t,i}$ é o termo de erro.

Dos estudos de Daal *et al.* (2006) e Liu (2016) sabe-se que a maturidade é um dos fatores a considerar no modelo da volatilidade dos preços dos contratos de futuros de energia. Herbert (1995) também não descarta este fator e inclui-o no seu modelo. Aqui investigar-se-ão três séries, uma para cada uma das maturidades consideradas ($i=1,3,5$).

Como referido na revisão da literatura, Serletis (1991a), Herbert (1995), Nicolau e Palomba (2015), Alizadeh e Tamvakis (2016) e Ftiti *et al.* (2017) corroboram que o volume de transações é o fator que mais contribui para a volatilidade.

Ftiti *et al.* (2017) alerta para problemas de endogeneidade que é preciso acautelar. Foster (1995) diz que se deve usar o volume desfasado para os evitar. Por isto, e à semelhança de Herbert (1995), Halova (2012), e Alizadeh e Tamvakis (2016) acrescentar-se-á a informação sobre o volume de transações, desfasado de um a v tempos ($Vol_{t-j,i}$, $j \in \{1, \dots, v\}$), na equação anterior, obtendo o modelo ADD(d, v):

$$V_{t,i} = \beta_0 + \sum_{j=1}^v \beta_j Vol_{t-j,i} + \sum_{j=1}^d \beta_{v+j} V_{t-j,i} + e_{t,i}.$$

Equação 3.3

Recorrer-se-á ao Eviews para realizar a análise estatística deste modelo e de cada um dos que a seguir se apresentam tomando, à semelhança de Halova (2012), erros *standard* de Newey-West para acomodar a heteroscedasticidade e a autocorrelação no termo de erro e assim tornar possível o uso do método BREAKLS para estimar os parâmetros do modelo¹⁷.

Como as séries do crude e do gás natural apresentam volatilidade que varia com o tempo, pode aplicar-se modelos de GARCH (apresentados na secção 2.4). A par deste modelo e a título de comparação usar-se-á também o modelo BREAKLS com as correções indicadas. Para o modelo GARCH admitir-se-á a equação anterior para a média, à semelhança de Halova (2012), sendo a equação para a variância dada por:

¹⁷ Como adiante melhor se explicitará, a escolha do método BREAKLS deve-se ao facto de se terem detetado quebras de estrutura nas séries temporais.

$$\sigma_{t,i}^2 = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_{1+j} \sigma_{t-j,i}^2 + \sum_{k=1}^p \alpha_{q+j} e_{t-k,i}$$

Equação 3.4

onde a distribuição condicional do erro, para um conjunto de informações num certo tempo t é assumida como uma distribuição normal de média zero e variância $\sigma_{t,i}^2$. Os valores de p e q são ajustados a cada caso, isto é, para a volatilidade de crude ou gás natural e com maturidades a um, a três ou a cinco meses.

Doravante referenciar-se-á o modelo descrito na Equação 3.3 como modelo base.

3.2.2 Modelo para aferir sazonalidade na volatilidade

A introdução de *dummies* no modelo é prática habitual (Todorova, 2004; Daal *et al.*, 2006), para analisar a influência dos diferentes meses e/ou dias da semana na volatilidade.

Para aferir o efeito do mês na volatilidade analisar-se-á a significância dos parâmetros associados às *dummies* do mês no seguinte modelo:

$$V_{t,i} = \beta_0 + \sum_{j=1}^v \beta_j Vol_{t-j,i} + \sum_{j=1}^d \beta_{v+j} V_{t-j,i} + \sum_{j=1}^{11} \beta_{1+v+d+j} M_{j,t,i} + e_{t,i}$$

Equação 3.5

onde $M_{j,t,i}$, $j \in \{1, 2, \dots, 11\}$ são *dummies* referentes aos onze primeiros meses do ano. Uma vez que não se podem usar *dummies* para todos os meses do ano optou-se por não fazer representar dezembro.

Ainda com a finalidade de verificar o efeito dos meses e corroborar a informação de comportamento apontado por Suenaga e Smith (2011) avaliar-se-á o seguinte modelo:

$$V_{t,i} = \beta_0 + \sum_{j=1}^v \beta_j Vol_{t-j,i} + \sum_{j=1}^d \beta_{v+j} V_{t-j,i} + \beta_{1+v+d} inverno_{t,i} + \beta_{2+v+d} verao_{t,i} + u_{t,i}$$

Equação 3.6

onde a variável verão, toma o valor 1 para os meses de junho a setembro e zero para os restantes meses e a variável inverno, toma o valor 1 para os meses de dezembro a março e zero nos restantes meses.

Da obrigatoriedade de transparência e informação aos investidores são publicados periodicamente relatórios¹⁸, que segundo Halova (2012) são publicados às quintas-feiras para o gás natural e às quartas-feiras para o crude. Sabe-se por Linn e Zhu (2004) que a volatilidade é substancialmente maior em torno da publicação destes relatórios sobre os *stocks* da mercadoria subjacente. Contudo, e segundo Halova (2012), o seu efeito pode verificar-se noutro dia que não o da publicação do relatório, como é o caso de este ser publicado nas vésperas de um feriado. Ergen e Rizvanoglu (2016) dizem que o dia de publicação de informação não coincide com o dia em que identificam a existência de sazonalidade (segunda-feira). A explicação que os autores surgem para este facto é que a informação é tratada durante os dias de não transação verificando-se a sua ação na segunda-feira.

Desta não concordância do dia em que o efeito dos relatórios é produzido analisar-se-á o efeito da inclusão do dia da semana no modelo da volatilidade. Assim, a equação para a média do modelo GARCH a analisar será:

$$V_{t,i} = \beta_0 + \sum_{j=1}^v \beta_j Vol_{t-j,i} + \sum_{j=1}^d \beta_{v+j} V_{t-j,i} + \sum_{j=1}^4 \beta_{v+d+j} D_{j,t,i} + e_{t,i}$$

Equação 3.7

onde $D_j, j \in \{1, 2, 3, 4\}$ são *dummies* referentes aos quatro primeiros dias da semana. Uma vez que, para evitar questões de colinearidade perfeita, não se podem usar *dummies* para todos os dias da semana optou-se por não fazer representar a sexta-feira.

Além do modelo GARCH, utilizar-se-á também o modelo BREAKLS com correções de Newey-West para estas equações.

¹⁸ Os relatórios a que se refere Halova (2012) são o Weekly Natural Gas Storage Report publicado às quintas-feiras pelas 10h30 e o Weekly Petroleum Status Report publicado às quintas-feiras pelas 11h.

3.2.3 Modelo para aferir o efeito *momentum* na volatilidade

O efeito *momentum*, como descrito em 2.6, foi estudado para retornos de ações e também para o mercado de futuros. Nesta dissertação procura-se investigar até que ponto a volatilidade do mercado de futuros de energia depende do *momentum* do respetivo mercado. Atendendo aos resultados reportados por Pirrong (2005), segundo os quais o *momentum* do mercado de futuros está relacionado com o *momentum* do mercado de ações, utilizar-se-á este último como *proxy* do *momentum* do mercado de futuros.

Por forma a aferir o efeito *momentum* na série de volatilidades acrescentar-se-á ao modelo base um termo que exprime o *momentum* do mercado de ações. O modelo a analisar será:

$$V_{t,i} = \beta_0 + \sum_{j=1}^v \beta_j Vol_{t-j,i} + \sum_{j=1}^d \beta_{v+j} V_{t-j,i} + \beta_{1+v+d} Mom + e_{t,i}$$

Equação 3.8

onde *Mom* é a variável que diz respeito ao *momentum* das ações.

Quer para a série das volatilidades do gás natural, quer para a série das volatilidades do crude, testar-se-á a hipótese de a volatilidade não ser influenciada pelo *momentum* do mercado de futuros (aproximado este pelo *momentum* do mercado de ações).

3.3 Modelos para deteção da interação entre as volatilidades do gás natural e do crude

À semelhança de Halova (2012) procurar-se-á aferir se há relação entre a série de volatilidade do Gás Natural e do Crude. Para realizar esta análise recorrer-se-á às equações que se apresentam a seguir, à semelhança do que fizeram Herbert (1995) e Ftiti *et al.* (2016) quando procuraram analisar a relação entre a volatilidade e o volume de transações.

Tal como alertado por Ftiti *et al.* (2016), para o caso da volatilidade versus volume de transação, também no caso das volatilidades do gás natural e do crude se colocam problemas de potencial endogeneidade. No sentido de os contornar adotam-se dois tipos de abordagem.

Na primeira abordagem, tal como fez Herbert (1995) utilizam-se equações independentes, englobando apenas desfasamentos da outra variável. Na segunda, seguindo a mesma abordagem de Foster (1995) utilizam-se equações simultâneas.

A questão de co-integração foi afastada pelos motivos que se descrevem na secção 4.7. Aí e no sentido de identificar a existência de co-integração entre cada par¹⁹ de séries do crude e do gás natural representar-se-ão as séries a respectiva diferença no sentido de identificar se as duas séries têm uma tendência estocástica comum. Além disso, de outros autores, por exemplo Halova (2014), sabe-se que a hipótese de co-integração entre estas séries foi afastada.

À semelhança de Ftiti (2016) correr-se-ão os testes de causalidade de Granger²⁰ para verificar se há causalidade (no sentido de Granger) entre a variável da volatilidade do crude e a variável da volatilidade do gás natural, para cada par.

Depois concluir-se-á que série de volatilidade do crude (do gás natural) influencia a série de volatilidade do gás natural (do crude) se o modelo para a série de volatilidades do crude (do gás natural) englobando como variáveis independentes desfasamentos da série de volatilidades do gás natural (do crude), tem um R^2 ajustado²¹ maior do que o modelo que não engloba estas variáveis independentes. Ou seja, se o modelo explica melhor a série de volatilidade com estas variáveis do que sem elas.

¹⁹ Considera-se um par se as séries disserem respeito à mesma maturidade.

²⁰ Segundo (Stock e Watson, 2004) o teste de causalidade de Granger testa a hipótese de os coeficientes de uma variável e seus desfasamentos serem todos iguais a zero o que implicaria que esses regressores não possuem conteúdo preditivo/explicativo para a variável dependente além do contido nas restantes variáveis independentes da regressão.

²¹ Designado no e-views por *Adjusted R-squared*, mede a bondade do ajustamento penalizando o valor de R^2 quando se acrescentam variáveis explicativas ao modelo que não contribuem para aumentar o poder explicativo do modelo.

3.3.1 Usando equações independentes

Estas equações partem da equação base de cada um dos modelos para descrever a volatilidade do crude ou do gás e acrescentam os termos da volatilidade do gás natural ou do crude, respetivamente, com tantos desfasamentos quantos os da volatilidade em questão. Assim, para analisar a influência da série de volatilidade do gás natural sobre a série de volatilidades do crude para os contratos com maturidade i utiliza-se a equação:

$$V_{crude,t,i} = \beta_0 + \beta_1 Vol_{crude,t-1,i} + \sum_{j=1}^{dc} \beta_{1+j} V_{crude,t-j,i} + \sum_{j=1}^{dg} \beta_{1+dc+j} V_{gás,t-j,i} + \sum_{j=1}^{dv} \beta_{1+dc+dg+j} Vol_{gás,t-j,i} + u_{t,i}$$

Equação 3.9

onde dc é o número de desfasagens a considerar para a volatilidade do crude e dg é o número de desfasagens a considerar para a volatilidade do gás natural e dv é o número de desfasagens a considerar para o volume de transações do gás natural. Para analisar a influência da série de volatilidade do crude sobre a série de volatilidades do gás natural para os contratos com maturidade i utiliza-se a equação:

$$V_{gás,t,i} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{dv} \alpha_j Vol_{gás,t-j,i} + \sum_{j=1}^{dg} \alpha_{dv+j} V_{gás,t-j,i} + \sum_{j=1}^{dc} \alpha_{dv+dg+j} V_{crude,t-j,i} + \alpha_{1+dv+dg+dc} Vol_{crude,t-j,i} + e_{t,i}$$

Equação 3.10

3.3.2 Usando equações simultâneas

Partindo novamente dos modelos base para descrever a volatilidade do crude e a volatilidade do gás natural, acrescentam-se os termos da outra variável (volatilidade do gás natural ou volatilidade do crude) com tantos desfasamentos quantos os utilizados no modelo base. Assim, para analisar a influência da série de volatilidade do gás natural sobre a volatilidade do crude e a influência da volatilidade do crude sobre a volatilidade do gás natural, para os contratos com maturidade i utiliza-se o seguinte sistema de equações:

$$\begin{aligned}
V_{crude,t,i} &= \beta_0 + \beta_1 Vol_{crude,t-1,i} + \sum_{j=1}^{dc} \beta_{1+j} V_{crude,t-j,i} + \sum_{j=0}^{dg} \beta_{2+dc+j} V_{gás,t-j,i} \\
&\quad + \sum_{j=1}^{dv} \beta_{2+dc+dg+j} Vol_{gás,t-j,i} + u_{t,i} \\
V_{gás,t,i} &= \alpha_0 + \sum_{j=1}^{dv} \alpha_j Vol_{gás,t-j,i} + \sum_{j=1}^{dg} \alpha_{dv+j} V_{gás,t-j,i} + \sum_{j=0}^{dc} \alpha_{1+dv+dg+j} V_{crude,t-j,i} \\
&\quad + \alpha_{2+dv+dg+dc} Vol_{crude,t-j,i} + e_{t,i}
\end{aligned}$$

Equação 3.11

onde dc é o número de defasagens a considerar para a volatilidade do crude e dg é o número de defasagens a considerar para a volatilidade do gás natural e dv é o número de defasagens a considerar para o volume de transações do gás natural.

3.4 Procedimento para parametrização do modelo base

Neste estudo consideram-se seis séries de volatilidade: a série de volatilidade do crude com maturidade a um mês (v_clc1), a série de volatilidade do crude com maturidade a três meses (v_clc3), a série de volatilidade do crude com maturidade a cinco meses (v_clc5), a série de volatilidade do gás natural com maturidade a um mês (v_ngc1), a série da volatilidade do gás natural com maturidade a três meses (v_ngc3) e a série de volatilidade do gás natural com maturidade a cinco meses (v_ngc5). Para cada uma das séries das volatilidades das taxas de rentabilidade dos contratos de futuro do Gás Natural e do *Crude Oil*, negociados na NYMEX analisar-se-ão primeiro as estatísticas descritivas e os gráficos das séries.

Para estas séries de volatilidade observar-se-ão, para identificar uma previsão do número de defasamentos da volatilidade a englobar na equação, os gráficos da FAC e da FACP da série da volatilidade (tal como aponta Murteira (1993) e foi descrito em 2.4).

Como referem Stock e Watson (2004) uma forma de determinar o número de defasamentos, d e v , a considerar é a aplicação do critério de informação de Bayes (CIB) que estima d e v através da fórmula:

$$CIB(d, v) = \ln\left(\frac{SQR(d, v)}{T}\right) + (d + v + 1) \frac{\ln(T)}{T}$$

Equação 3.12

onde $SQR(d, v)$ é a soma dos quadrados dos resíduos no modelo autorregressivo estimado com d defasamentos da volatilidade e v defasamentos do volume de transações e T é o tamanho total da amostra. O valor dos defasamentos, d e v , que se devem adotar é o que dá o menor valor de $CIB(d, v)$.

Depois calcular-se-ão as estatísticas t associadas à autocorrelação dos resíduos no sentido de certificar a escolha dos defasamentos do modelo (segundo o que propõe DeFusco *et al.*, 2015).

No sentido de verificar a estacionariedade das séries, para cada uma delas, correr-se-á, além do teste *Dickey-Fuller Aumentado*, para procurar identificar a presença de tendência estocástica, o teste *Multiple breakpoint test* do Eviews para a verificação de existência de quebras. Se existir um ou mais momentos de quebra então a análise será executada para cada segmento de dados identificado.

Da literatura, sabe-se que, em geral, as séries da volatilidade de contratos de futuros de energia apresentam heteroscedasticidade e autocorrelação. Contudo, para testar a hipótese de existência de homocedasticidade contra a hipótese de existência de heteroscedasticidade utilizar-se-á o teste de White e de Breuch-Pagan-Godfrey, do Eviews. Para testar a hipótese de existência de autocorrelação contra a de não existência de autocorrelação utilizar-se-á o teste de correlação serial LM de Breuch-Godfrey, do Eviews.

No que diz respeito ao modelo de GARCH optou-se por se usar, por exemplo à semelhança de Agnolucci (2009), um termo de erros quadráticos nos períodos de tempo anteriores, $q = 1$, e um de período de tempo precedente, $p = 1$, para as variâncias condicionadas, uma vez que o esforço computacional de aumentar os valores de p e q não apresentava grandes ganhos para a explicação da volatilidade.

Usando dados para séries temporais, verificar-se-á se a série de volatilidades (dita variável dependente) é influenciada por outras variáveis (ditas independentes). Ou seja, se o modelo explica melhor a série de volatilidade com estas variáveis do que sem elas. Tal será o caso de investigação de sazonalidade, com as variáveis para os meses e para os dias, e do efeito *momentum*, com a variável *momentum* das ações.

4. Apresentação e discussão dos resultados

Este capítulo reporta os resultados de todos os passos descritos na secção anterior. Aqui apresenta-se o essencial das tabelas e os gráficos que foram necessários em cada passo. Na secção 4.1 apresenta-se a estatística descritiva, na secção 4.2 trata-se das questões de estacionariedade e de quebra de estrutura, na secção 4.3 apresenta-se de forma conjunta, e resumida, o resultado dos diferentes modelos utilizados para cada uma das séries de volatilidades (do crude e gás natural para contratos com maturidade a um, três ou cinco meses). No presente estudo foi utilizado um total de 6824 dias de transação.

Na secção 4.4. apresentam-se as regressões do modelo base, e nas secções 4.5 e 4.6 analisam-se o caso da influência dos dias da semana e dos meses do ano e a presença de efeito *momentum*. Na secção 4.7 analisam-se os resultados da avaliação entre a influência da volatilidade do crude na volatilidade do gás natural e vice-versa.

4.1 Estatística Descritiva das séries de volatilidade

Aqui realiza-se uma primeira análise das séries de volatilidades no que toca à sua estatística descritiva.

	V_CLC1	V_CLC3	V_CLC5	V_NGC3	V_NGC1	V_NGC5
Média	0,018518	0,015329	0,011990	0,019064	0,025249	0,014792
Mediana	0,015966	0,013191	0,010033	0,017213	0,022174	0,013245
Máximo	0,170193	0,142191	0,138575	0,172270	0,194998	0,130304
Mínimo	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Desvio Padrão	0,011188	0,009458	0,008345	0,010861	0,014566	0,008710
Assimetria	2,759744	2,439697	2,357243	2,173828	2,164328	1,849193
Curtose	19,39446	16,84530	16,41581	17,32563	13,89508	12,64684
Observações	6824	6824	6824	6824	6824	6824

Tabela 4.1 – Resumo da estatística descritiva das variáveis referentes às séries de volatilidade do gás natural (v_{ngc1} , v_{ngc3} , v_{ngc5}) e do crude (v_{clc1} , v_{clc3} , v_{clc5}) com maturidades a um mês, três meses e cinco meses.

Como as séries de volatilidade são leptocúrticas e assimétricas positivas, como se pode ler na Tabela 4.1, então interpretações similares podem ser realizadas para todas elas. Ou

seja, todas as séries da volatilidade revelam uma concentração dos dados em torno da média porque para cada uma delas a distribuição é leptocúrtica o que significa que a grande maioria dos valores tende a estar concentrada em torno dos valores centrais. Contudo esta média está deslocada em direção aos valores mais elevados que se verificam pontualmente uma vez que a média é maior do que a mediana e a assimetria da distribuição é positiva. A volatilidade mínima é zero uma vez que pode haver dias de transação em que o preço mais alto é igual ao mais baixo, e uma volatilidade máxima assume um valor que deriva da taxa de rentabilidade máxima obtida para os preços mais alto e mais baixo negociados num dia de transação.

Na Tabela 4.1 também se pode ver que, embora todas sejam leptocúrticas, à medida que o tempo para a maturidade diminui o desvio-padrão aumenta, o que significa que a volatilidade assume valores um pouco mais afastados da média revelando mais amplitude nas oscilações da série de volatilidades.

4.2 Análise de estacionariedade incluindo quebras de estrutura

Nesta secção analisam-se os gráficos das séries da volatilidade dos contratos de futuros de energia do crude e do gás natural com as maturidades a um, três ou cinco meses.

O primeiro passo foi a observação das séries de volatilidade. A extensão dos gráficos permite verificar que: há algumas alterações na frequência mas não define o momento exato em que estas ocorrem, parecem existir grupos de volatilidade e parece não haver tendências. Como se verá adiante, através do *Bai-Perron multiple breakpoint test* (disponível no Eviews) foi possível verificar que tais quebras teriam razão para serem consideradas.

Ainda da análise dos gráficos, e em termos globais, o desenho (comportamento) das séries da volatilidade para as diferentes maturidades, quando se trata do mesmo ativo subjacente, é similar. Note-se que à medida que aumenta o tempo para a maturidade as séries de volatilidade para contratos de futuros diminuem as “perturbações” no compasso de variação.

Relativamente à estacionariedade foi executado o teste *Dickey-Fuller Aumentado* para verificação da existência de raiz unitária e em todos os casos esta hipótese foi afastada. Concluindo assim que as séries são estacionárias.

4.2.1 Do Crude

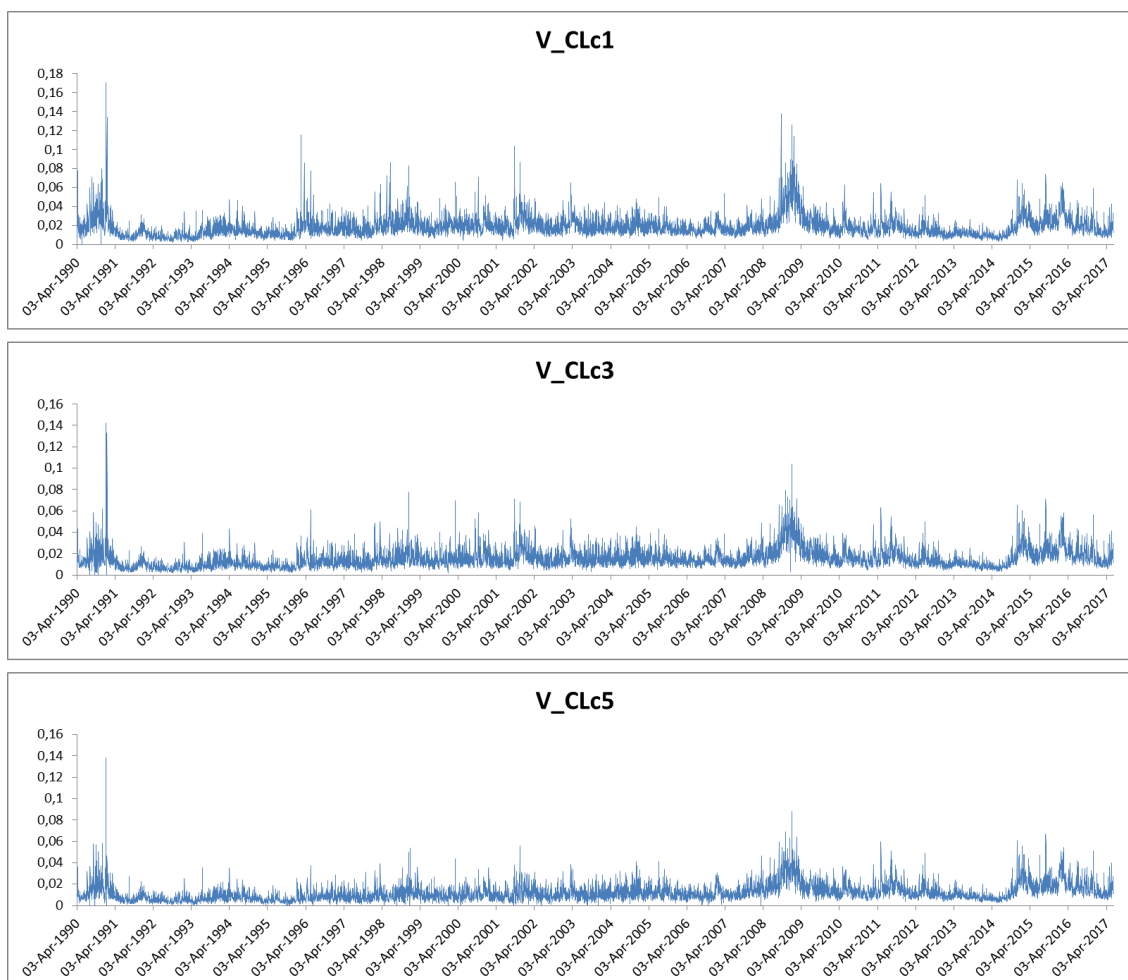


Gráfico 4.1 – Séries de volatilidade dos contratos de futuros de crude com maturidade a um mês (*v_clc1*), três meses (*v_clc3*) e cinco meses (*v_clc5*).

Da observação do Gráfico 4.1 poder-se-ia adivinhar que as séries admitiriam quebras e que estas ocorreriam em torno do ano de 1996, quando se verifica que relativamente ao período anterior se passa a ter variações de valor com maior amplitude, em 2003 quando a amplitude de variação da série parece obedecer a outro compasso e depois em 2008 quando os valores sobem abruptamente. Este facto é corroborado quando se corre, em

EvIEWS, *Bai-Perron multiple breakpoint test* e se obtêm as datas de quebra: 9/1/1996, 1/4/2003 e 28/1/2009, para v_clc1 ; 9/1/1996, 1/4/2002, 29/4/2008, para v_clc3 ; e 9/1/1996, 18/3/2003 e 4/3/2008, para v_clc5 .

De notar que as quebras são identificadas praticamente nos mesmos instantes ou quando não na mesma data, em data muito próxima.

4.2.2 Do Gás Natural

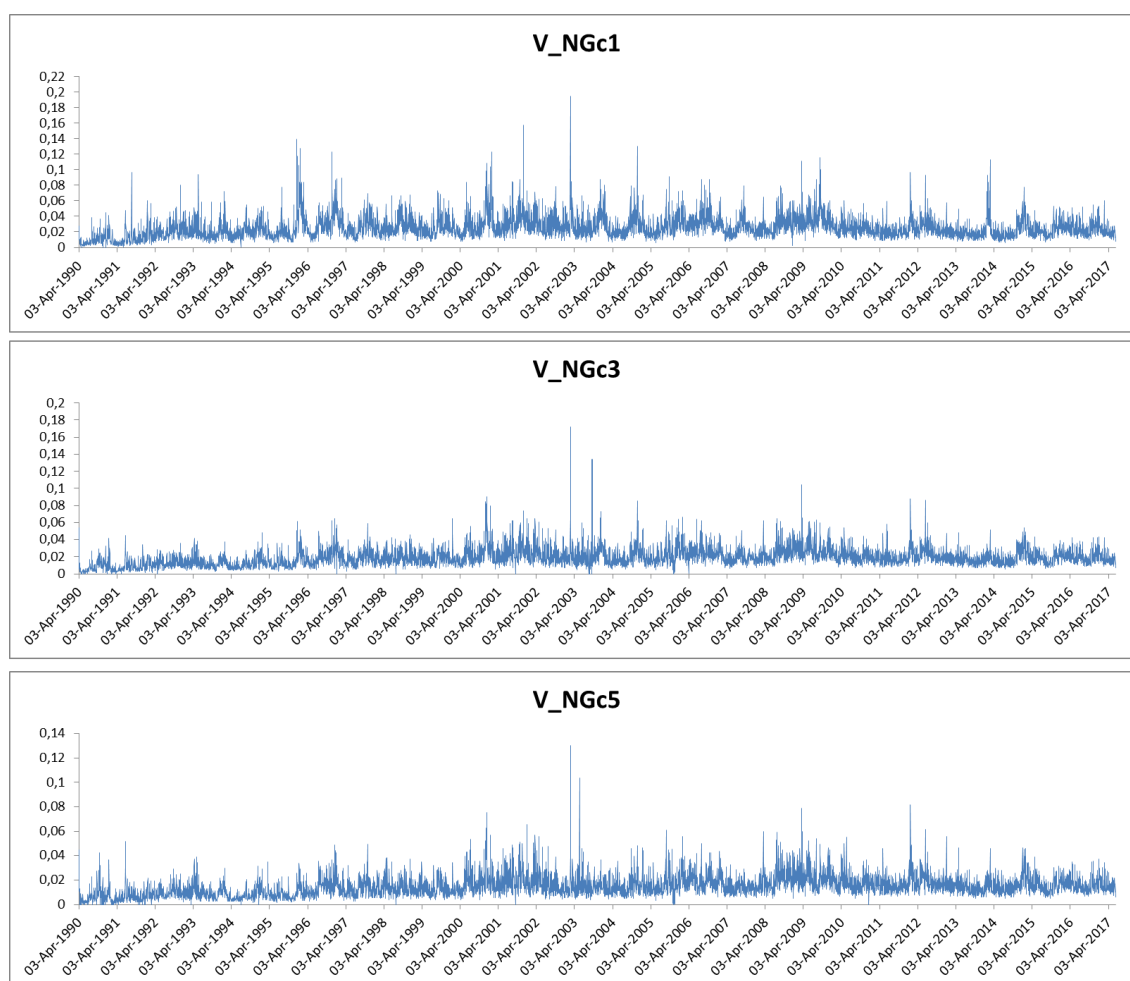


Gráfico 4.2 – Séries de volatilidade dos contratos de futuros de gás natural com maturidade a um mês (v_ngc1), a três meses (v_ngc3) e a cinco meses (v_ngc5).

Da observação do Gráfico 4.2 poder-se-ia adivinhar que as quebras ocorreriam em 1996, quando se verifica que relativamente ao período anterior se passa a ter períodos

de variações mais amplas, em 2003, no caso de v_ngc3 , ou em 2000, no caso de v_ngc5 , aumento na amplitude de variação, e em 2010 quando a volatilidade parece aumentar (sendo este facto mais visível para v_ngc5). Aplicando o *Bai-Perron multiple breakpoint test* obtêm-se as datas de quebra: 19/12/1996, para v_ngc1 ; 15/8/1996 e 19/9/2003, para v_ngc3 ; e 13/3/1996, 10/5/2000 e 8/6/2010, para v_ngc5 . Sendo a quebra no ano de 1996 é a única que se verifica nas três séries.

4.3 Resultados do Exercício de parametrização

Para estimar os parâmetros dos modelos apresentados no capítulo anterior é necessário determinar o número de desfasamentos a considerar, quer para a variável independente da volatilidade, quer para a variável do volume de transação. Da determinação dos desfasamentos para cada caso e cada modelo comparam-se os valores dos coeficientes dos modelos (BREAKLS e GARCH) e respetiva significância individual dos coeficientes obtida.

4.3.1 Da série de volatilidade do Crude

Seguindo o método descrito em 3.4, começa-se por fazer representar os gráficos da FAC e FACP da v_clc1 , v_clc3 e v_clc5 .

Do Gráfico 4.3 escolhe-se como proposta para o número de desfasamentos da variável v_clc1 , a englobar como variável independente no modelo, $d = 10$. Embora na FACP ainda se verifiquem valores iguais aos de $d = 10$ em $d = 12$, para $d = 11$ o valor é quase metade do anterior. Então será até $d = 11$ que se irá investigar qual o menor valor de CIB que se encontra. De forma análoga, escolhe-se como proposta para o número de desfasamentos das variáveis v_clc3 e v_clc5 , a englobar como variável independente no modelo, $d = 8$.

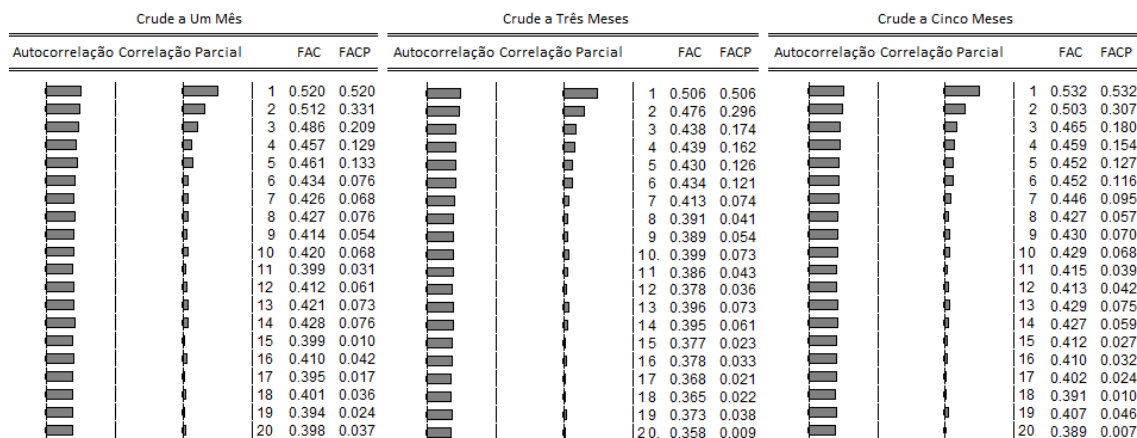


Gráfico 4.3 – Função de autocorrelação (FAC) e Autocorrelação Parcial (FACP) da série de volatilidades dos contratos de futuros do crude com maturidade a um mês, três meses e cinco meses.

Na Tabela 4.2 podem consultar-se os valores de $CIB(d, v)$ para diferentes valores de d e v para os casos de v_clc1 , v_clc3 e v_clc5 para selecionar o número de desfasamentos das variáveis respeitantes à volatilidade e aos desfasamentos do volume de transação diário, d e v , respectivamente.

CIB		d										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Crude a Um Mês												
v	1	-9,300125	-9,413387	-9,456429	-9,471614	-9,488001	-9,492851	-9,502539	-9,506909	-9,509189	-9,512321	-9,511978
	2	-9,307574	-9,412397	-9,455142	-9,470321	-9,486708	-9,491558	-9,501244	-9,505614	-9,507896	-9,511026	-9,510682
Crude a Três Meses												
v	1	-9,621985	-9,707703	-9,735917	-9,760478	-9,774767	-9,788162	-9,794153	-9,794486			
	2	-9,627626	-9,706753	-9,734663	-9,759186	-9,773477	-9,786870	-9,792860	-9,793193			
Crude a Cinco Meses												
v	1	-9,915034	-10,005041	-10,034442	-10,055832	-10,070058	-10,081944	-10,091402	-10,093198			
	2	-9,919367	-10,004086	-10,033228	-10,054548	-10,068767	-10,080649	-10,090114	-10,091910			

Tabela 4.2 – Valores do critério de informação de Bayes (CIB) para a determinação dos parâmetros do modelo base para a volatilidade do crude com maturidade a um mês, três meses e cinco meses.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 4.2 e admitindo o critério de minimização do valor de CIB obtêm-se: $d = 10$ e $v = 1$, para v_clc1 ; $d = 8$ e $v = 1$, para v_clc3 e $d = 8$ e $v = 1$, para v_clc5 . Para os valores encontrados verificou-se, para um nível de 5% (onde o valor crítico da estatística é 1,96), que os resíduos já não apresentam autocorrelação (os resultados estão na Tabela 4.3).

	Autocorrelação	Erro Std	Lag	Estatística t
Crude a Um Mês	-0,002	0,012114	1	-0,16509
	-0,006	0,012114	2	-0,49528
	-0,01	0,012114	3	-0,82547
	-0,015	0,012114	4	-1,2382
Crude a Três Meses	-0,002	0,012113	1	-0,16512
	-0,006	0,012113	2	-0,49535
	-0,013	0,012113	3	-1,07327
	-0,019	0,012113	4	-1,56882
Crude a Cinco Meses	-0,004	0,012113	1	-0,330236
	-0,009	0,012113	2	-0,743032
	-0,015	0,012113	3	-1,238388
	-0,021	0,012113	4	-1,73374

Tabela 4.3 – Autocorrelação dos resíduos do modelo base para a variável dependente de crude a Um Mês (v_{clc1}), a Três Meses (v_{clc3}) e a Cinco Meses (v_{clc5}).

4.3.2 Da série de volatilidade do Gás Natural

Tal como para as séries da volatilidade do crude seguir-se-á o método descrito em 3.4 e começar-se-á por fazer representar os gráficos da FAC e FACP da v_{ngc1} , v_{ngc3} e v_{ngc5} .

Do Gráfico 4.4 escolhe-se como proposta para o número de desfasamentos da variável v_{ngc1} , v_{ngc3} e v_{ngc5} , a englobar como variável independente no modelo, $d = 7$, $d = 8$ e $d = 8$, respectivamente.

Gás Natural a Um Mês				Gás Natural a Três Meses				Gás Natural a Cinco Meses						
Autocorrelação	Correlação Parcial	FAC	FACP	Autocorrelação	Correlação Parcial	FAC	FACP	Autocorrelação	Correlação Parcial	FAC	FACP			
		1	0.494	0.494			1	0.401	0.401			1	0.432	0.432
		2	0.451	0.274			2	0.421	0.309			2	0.393	0.253
		3	0.415	0.169			3	0.356	0.152			3	0.370	0.177
		4	0.413	0.154			4	0.370	0.154			4	0.369	0.153
		5	0.423	0.149			5	0.382	0.158			5	0.397	0.172
		6	0.366	0.039			6	0.307	0.025			6	0.325	0.038
		7	0.367	0.067			7	0.326	0.068			7	0.331	0.069
		8	0.367	0.073			8	0.323	0.079			8	0.321	0.056
		9	0.350	0.041			9	0.318	0.056			9	0.326	0.064

Gráfico 4.4 – Função de autocorrelação (FAC) e Autocorrelação Parcial (FACP) da série de volatilidades dos contratos de futuros do gás natural com maturidade a um mês, três meses e cinco meses.

Na Tabela 4.4 podem consultar-se os valores de $CIB(d, v)$ para diferentes valores de d e v para os casos de v_{ngc1} , v_{ngc3} e v_{ngc5} , para seleccionar o número de

desfasamentos das variáveis respeitantes à volatilidade e aos desfasamentos do volume de transação diário, d e v , respectivamente.

CIB		d							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Gás Natural a Um Mês									
v	1	-8,734851	-8,811275	-8,838654	-8,861100	-8,882152	-8,882345	-8,885502	
	2	-8,750384	-8,811714	-8,838744	-8,861456	-8,882695	-8,882972	-8,885989	
	3	-8,749249	-8,811719	-8,838101	-8,861012	-8,882034	-8,882259	-8,885222	
Gás Natural a Três Meses									
v	1	-9,220302	-9,319224	-9,341402	-9,364293	-9,388237	-9,387884	-9,391250	-9,396179
	2	-9,229227	-9,319115	-9,340997	-9,363926	-9,387820	-9,387495	-9,390837	-9,395761
	3	-9,228172	-9,318429	-9,340051	-9,363160	-9,387016	-9,386691	-9,389975	-9,394911
Gás Natural a Cinco Meses									
v	1	-9,696452	-9,759718	-9,789377	-9,811297	-9,839316	-9,839883	-9,843405	-9,845400
	2	-9,705131	-9,760046	-9,789390	-9,811270	-9,839155	-9,839737	-9,843084	-9,845096
	3	-9,703970	-9,759985	-9,788154	-9,810078	-9,837960	-9,838545	-9,841892	-9,843950

Tabela 4.4 – Valores do critério de informação de Bayes (CIB) para a determinação dos parâmetros do modelo base para a volatilidade do gás natural com maturidade a um mês, três meses e cinco meses.

Os valores da Tabela 4.4 só foram explorados até ao número de desfasamentos apontado pelos gráficos da FAC e FACP para as séries de volatilidade. Para a estimação do modelo base efetuada com os desfasamentos $d = 7$ e $v = 2$, para v_ngc1 e $d = 8$ e $v = 1$, nos casos v_ngc3 e v_ngc5 , verificou-se para um nível de 5% (onde o valor crítico da estatística é 1,96), que os resíduos já não apresentam autocorrelação (ver Tabela 4.5).

	Autocorrelação	Erro Std	Lag	Estatística t
Gás Natural a Um Mês	-0,004	0,012112	1	-0,33026
	-0,007	0,012112	2	-0,57796
	-0,019	0,012112	3	-1,56874
	-0,019	0,012112	4	-1,56874
Gás Natural a Três Meses	-0,005	0,012113	1	-0,4128
	-0,011	0,012113	2	-0,90815
	-0,009	0,012113	3	-0,74303
	-0,014	0,012113	4	-1,15583
Gás Natural a Cinco Meses	-0,004	0,012113	1	-0,33024
	-0,01	0,012113	2	-0,82559
	-0,01	0,012113	3	-0,82559
	-0,018	0,012113	4	-1,48808

Tabela 4.5 – Autocorrelação dos resíduos do modelo base para as variáveis dependentes v_ngc1 , v_ngc3 e v_ngc5 .

4.4 Modelo Base da Volatilidade

Com base nos parâmetros obtidos para os desfasamentos do modelo base das diferentes séries de volatilidade do crude e do gás natural correram-se, em Eviews, o modelo GARCH para as Equação 3.3 e Equação 3.4 e o modelo BREAKLS para a Equação 3.3. A descrição completa dos coeficientes dos modelos obtidos pode ser conferida na Tabela 4.6, para o caso de maturidade a um mês, Tabela 4.7, para o caso de maturidade a três meses e Tabela 4.8, para o caso de maturidade a cinco meses.

No que se refere aos coeficientes dos desfasamentos da variável da volatilidade, o termo constante é o que tem coeficiente mais baixo logo é o de menor intervenção na explicação da volatilidade; os de maior contributo distribuem-se do primeiro ao quinto desfasamento da própria volatilidade, sendo que dependendo do período alguns dos desfasamentos não são significativos.

	Crude a Um Mês								Gás Natural a Um Mês				
	GARCH				BreakLS				GARCH		BreakLS		
	período	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	12-04-1990	19-12-1996	12-04-1990	19-12-1996
		05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	18-12-1996	09-06-2017	18-12-1996	09-06-2017
C	0.002 (0.0020)	0.008 (0.0000)	0.003 (0.0000)	0.001 (0.0004)	0.001 (0.1084)	0.008 (0.0000)	0.001 (0.3319)	0.002 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.002 (0.0001)	0.006 (0.0000)	0.003 (0.0000)	0.008 (0.0000)
V(-1)	0.178 (0.0000)	0.133 (0.0000)	0.060 (0.0329)	0.255 (0.0000)	0.186 (0.0000)	0.186 (0.0000)	0.064 (0.0617)	0.296 (0.0000)	0.296 (0.0000)	0.178 (0.0000)	0.178 (0.0000)	0.293 (0.0000)	0.221 (0.0000)
V(-2)	0.127 (0.0003)	0.158 (0.0000)	0.041 (0.1964)	0.180 (0.0000)	0.150 (0.0004)	0.168 (0.0000)	0.121 (0.0003)	0.191 (0.0000)	0.191 (0.0000)	0.159 (0.0000)	0.120 (0.0000)	0.144 (0.0015)	0.133 (0.0000)
V(-3)	0.109 (0.0006)	0.136 (0.0000)	0.098 (0.0007)	0.096 (0.0003)	0.143 (0.0002)	0.107 (0.0003)	0.083 (0.0105)	0.086 (0.0010)	0.086 (0.0010)	0.088 (0.0047)	0.100 (0.0000)	0.049 (0.1898)	0.088 (0.0000)
V(-4)	0.073 (0.0195)	0.080 (0.0012)	0.074 (0.0119)	0.049 (0.0646)	0.019 (0.5773)	0.042 (0.0946)	0.110 (0.0225)	0.040 (0.1639)	0.040 (0.1639)	0.083 (0.0066)	0.102 (0.0000)	0.103 (0.0048)	0.096 (0.0000)
V(-5)	0.123 (0.0000)	0.065 (0.0100)	0.152 (0.0000)	0.029 (0.3150)	0.046 (0.2718)	0.072 (0.0037)	0.166 (0.0003)	0.048 (0.0473)	0.048 (0.0473)	0.048 (0.1255)	0.193 (0.0000)	0.042 (0.1135)	0.143 (0.0000)
V(-6)	0.058 (0.0653)	-0.011 (0.6472)	0.098 (0.0003)	0.079 (0.0049)	0.043 (0.4575)	0.015 (0.5528)	0.069 (0.0548)	0.044 (0.0983)	0.044 (0.0983)	0.070 (0.0104)	0.047 (0.0014)	0.039 (0.2549)	0.019 (0.3612)
V(-7)	0.058 (0.0413)	-0.049 (0.0548)	0.092 (0.0013)	0.025 (0.3456)	0.121 (0.2234)	-0.053 (0.0211)	0.097 (0.0066)	0.020 (0.4576)	0.020 (0.4576)	0.068 (0.0212)	0.053 (0.0001)	0.056 (0.1067)	0.056 (0.0001)
V(-8)	0.028 (0.3169)	0.033 (0.2274)	0.096 (0.0002)	0.046 (0.0684)	0.037 (0.6120)	0.021 (0.3102)	0.115 (0.0041)	0.042 (0.0956)	0.042 (0.0956)				
V(-9)	0.060 (0.0368)	0.001 (0.9655)	0.049 (0.0913)	0.057 (0.0254)	0.076 (0.0505)	-0.002 (0.9243)	0.075 (0.0131)	0.019 (0.4774)	0.019 (0.4774)				
V(-10)	0.016 (0.6013)	0.073 (0.0019)	0.062 (0.0305)	0.076 (0.0009)	0.028 (0.4146)	0.066 (0.0050)	0.064 (0.0446)	0.076 (0.0045)	0.076 (0.0045)				
VOL(-1)	3.39E-09 (0.8003)	-8.74E-09 (0.2580)	9.30E-10 (0.6185)	1.14E-09 (0.2068)	1.81E-08 (0.3880)	-3.69E-09 (0.7501)	7.07E-10 (0.7326)	7.44E-10 (0.4400)	7.44E-10 (0.4400)	2.70E-07 (0.0000)	-2.40E-08 (0.0000)	4.90E-07 (0.0000)	-2.58E-08 (0.0003)
VOL(-2)										-9.01E-08 (0.0876)	1.31E-08 (0.0073)	-2.33E-07 (0.0054)	1.25E-08 (0.0579)
C		4.73E-07 (0.0000)								5.33E-06 (0.0000)			
RESID(-1)^2		0.065 (0.0000)								0.146 (0.0000)			
GARCH(-1)		0.934 (0.0000)								0.832 (0.0000)			
Nº Obs.		6814				6814				6817			6817
R ²		0.423494				0.431633				0.366544			0.372189
R ² Ajustado		0.419490				0.427685				0.364773			0.370434

Tabela 4.6 – Coeficientes do modelo base estimado pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{cl1} e v_{ng1} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

Da análise dos coeficientes dos modelos da Tabela 4.6 a Tabela 4.8 é possível verificar que as variáveis correspondentes aos desfasamentos do volume de transações²² que se referem ao efeito deste sobre a volatilidade mostram que este efeito é ambíguo, pois nem sempre o coeficiente da variável é significativo e quando o é umas vezes o coeficiente assume valores positivos e outra assume valores negativos. Da literatura sabe-se que o volume de transações afeta a volatilidade e que a sua relação será positiva, ou seja, quando aumenta o volume de transações aumenta a volatilidade. Aqui nem sempre se verifica esta relação, pelos resultados obtidos dá inclusive a sensação que esta relação com o decorrer dos anos se inverteu e passou a ser negativa, sendo isto mais notado no gás natural.

período	Crude a Três Meses								Gás Natural a Três Meses					
	GARCH				BreakLS				GARCH			BreakLS		
	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	14-08-1996	15-08-1996	19-09-2003	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003
C	0.002 (0.0000)	0.007 (0.0000)	0.006 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.002 (0.0012)	0.006 (0.0000)	0.006 (0.0000)	0.003 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.008 (0.0000)	0.005 (0.0000)	0.003 (0.0000)	0.007 (0.0000)	0.006 (0.0000)
V(-1)	0.189 (0.0000)	0.133 (0.0000)	0.024 (0.4268)	0.289 (0.0000)	0.199 (0.0000)	0.193 (0.0000)	0.018 (0.5772)	0.283 (0.0000)	0.284 (0.0000)	0.114 (0.0000)	0.109 (0.0000)	0.289 (0.0000)	0.184 (0.0001)	0.102 (0.0001)
V(-2)	0.084 (0.0028)	0.138 (0.0000)	0.004 (0.9133)	0.181 (0.0000)	0.047 (0.1580)	0.154 (0.0000)	0.033 (0.2400)	0.208 (0.0000)	0.122 (0.0009)	0.077 (0.0013)	0.200 (0.0000)	0.092 (0.0012)	0.090 (0.0044)	0.237 (0.0003)
V(-3)	0.114 (0.0000)	0.089 (0.0000)	0.090 (0.0029)	0.093 (0.0001)	0.031 (0.4756)	0.070 (0.0196)	0.068 (0.0142)	0.066 (0.0046)	0.084 (0.0080)	0.083 (0.0004)	0.056 (0.0033)	0.102 (0.0011)	0.062 (0.0868)	0.045 (0.1308)
V(-4)	0.082 (0.0067)	0.064 (0.0116)	0.085 (0.0057)	0.077 (0.0008)	0.113 (0.0000)	0.048 (0.0497)	0.094 (0.0004)	0.091 (0.0092)	0.075 (0.0373)	0.099 (0.0000)	0.074 (0.0000)	0.077 (0.0068)	0.058 (0.0745)	0.105 (0.0000)
V(-5)	0.138 (0.0000)	0.023 (0.3489)	0.132 (0.0000)	0.037 (0.1283)	0.085 (0.2323)	0.058 (0.0133)	0.141 (0.0000)	0.031 (0.2339)	0.050 (0.1875)	0.184 (0.0000)	0.175 (0.0000)	0.040 (0.2125)	0.157 (0.0000)	0.126 (0.0002)
V(-6)	0.073 (0.0142)	0.018 (0.4498)	0.090 (0.0033)	0.101 (0.0000)	0.213 (0.0841)	0.032 (0.1932)	0.093 (0.0005)	0.064 (0.0142)	0.058 (0.1264)	-0.017 (0.5024)	0.009 (0.6240)	0.039 (0.1937)	-0.033 (0.2618)	-0.008 (0.8056)
V(-7)	0.052 (0.0838)	-0.002 (0.9503)	0.073 (0.0176)	0.063 (0.0073)	0.105 (0.0120)	-0.016 (0.5307)	0.065 (0.0374)	0.091 (0.0015)	0.034 (0.3368)	0.019 (0.4273)	0.055 (0.0008)	-0.003 (0.9035)	0.051 (0.0299)	0.048 (0.0155)
V(-8)	0.026 (0.4057)	0.014 (0.5838)	0.116 (0.0000)	0.068 (0.0027)	-0.002 (0.9585)	0.015 (0.4712)	0.081 (0.0120)	0.050 (0.0707)	0.056 (0.0715)	0.053 (0.0164)	0.089 (0.0000)	0.068 (0.0106)	0.054 (0.0419)	0.076 (0.0001)
VOL(-1)	-2.60E-10 (0.9930)	5.57E-08 (0.0026)	-5.14E-09 (0.5801)	-6.35E-09 (0.0876)	2.79E-08 (0.4811)	4.36E-08 (0.0884)	-4.68E-09 (0.6937)	-7.47E-09 (0.1626)	5.34E-07 (0.0000)	1.32E-07 (0.0329)	-8.43E-09 (0.0885)	6.47E-07 (0.0003)	1.64E-07 (0.1771)	-1.37E-08 (0.0440)
C		3.99E-07 (0.0000)								1.89E-06 (0.0000)				
RESID(-1)^2		0.065 (0.0000)								0.111 (0.0000)				
GARCH(-1)		0.932 (0.0000)								0.874 (0.0000)				
Nº Obs.		6816				6816				6816			6816	
R ²		0.397990				0.405055				0.317214			0.322294	
R ² Ajustado		0.394525				0.401630				0.314296			0.319398	

Tabela 4.7 – Coeficientes do modelo base estimado pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_clc3 e v_ngc3. O valor do p-value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

²² Relembre-se que na Tabela 4.7 o número de desfasamentos da variável do volume de transações é dois por questões de estabilidade como se mostrou na secção 4.2.2, sendo este o único caso com dois desfasamentos para a variável do volume de transações.

período	Crude a Cinco Meses								Gás Natural a Cinco Meses							
	GARCH				BreakLS				GARCH				BreakLS			
	16-04-1996	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1996	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1996	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1996	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
C	0.002 (0.0000)	0.005 (0.0000)	0.004 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.001 (0.0000)	0.005 (0.0000)	0.004 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.005 (0.0000)	0.004 (0.0000)	0.005 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.005 (0.0000)	0.007 (0.0000)	0.005 (0.0000)
V(-1)	0.180 (0.0000)	0.158 (0.0000)	0.041 (0.1710)	0.292 (0.0000)	0.178 (0.0000)	0.195 (0.0000)	0.024 (0.4816)	0.291 (0.0000)	0.256 (0.0000)	0.218 (0.0000)	0.197 (0.0000)	0.059 (0.0395)	0.288 (0.0000)	0.228 (0.0000)	0.192 (0.0000)	0.086 (0.0024)
V(-2)	0.092 (0.0014)	0.078 (0.0018)	0.058 (0.0922)	0.187 (0.0000)	0.098 (0.0001)	0.083 (0.0013)	0.084 (0.0102)	0.204 (0.0000)	0.095 (0.0161)	0.060 (0.1272)	0.122 (0.0000)	0.194 (0.0000)	0.065 (0.0279)	0.044 (0.1599)	0.095 (0.0000)	0.176 (0.0000)
V(-3)	0.123 (0.0000)	0.058 (0.0180)	0.139 (0.0000)	0.077 (0.0009)	0.033 (0.3803)	0.041 (0.0871)	0.117 (0.0006)	0.070 (0.0017)	0.134 (0.0007)	0.065 (0.0652)	0.064 (0.0007)	0.021 (0.5028)	0.136 (0.0000)	0.092 (0.0098)	0.061 (0.0072)	0.050 (0.0593)
V(-4)	0.054 (0.0614)	0.037 (0.1317)	0.102 (0.0018)	0.054 (0.0156)	0.127 (0.0000)	0.038 (0.1147)	0.106 (0.0002)	0.044 (0.1311)	0.069 (0.0660)	0.106 (0.0025)	0.112 (0.0000)	0.042 (0.1147)	0.065 (0.0876)	0.081 (0.0120)	0.086 (0.0000)	0.183 (0.0493)
V(-5)	0.109 (0.0002)	0.035 (0.1718)	0.093 (0.0025)	0.048 (0.0404)	0.119 (0.0524)	0.047 (0.0755)	0.100 (0.0034)	0.034 (0.2057)	0.039 (0.2934)	0.053 (0.1633)	0.152 (0.0000)	0.206 (0.0000)	0.043 (0.3174)	0.045 (0.1464)	0.142 (0.0000)	0.183 (0.0000)
V(-6)	0.076 (0.0209)	0.006 (0.8303)	0.095 (0.0025)	0.091 (0.0000)	0.109 (0.0086)	0.027 (0.2704)	0.107 (0.0005)	0.068 (0.0095)	0.042 (0.2933)	0.076 (0.0226)	0.018 (0.3715)	-0.034 (0.1894)	0.022 (0.4515)	0.067 (0.0469)	-0.002 (0.9266)	-0.019 (0.4311)
V(-7)	0.034 (0.2727)	0.031 (0.1752)	0.054 (0.0632)	0.074 (0.0006)	0.085 (0.0067)	0.036 (0.2612)	0.062 (0.0570)	0.087 (0.0003)	0.079 (0.0291)	-0.007 (0.8389)	0.034 (0.0954)	0.053 (0.0423)	0.042 (0.1729)	0.014 (0.7206)	0.031 (0.1411)	0.064 (0.0176)
V(-8)	0.037 (0.2062)	0.005 (0.8621)	0.030 (0.3038)	0.076 (0.0006)	0.040 (0.2860)	0.013 (0.5268)	0.008 (0.8164)	0.066 (0.0015)	0.006 (0.8496)	0.058 (0.0626)	0.032 (0.0789)	0.100 (0.0001)	0.005 (0.8554)	0.079 (0.0206)	0.021 (0.3166)	0.092 (0.0010)
VOL(-1)	9.42E-08 (0.1811)	1.46E-07 (0.5378)	1.33E-08 (0.2602)	-7.56E-09 (0.2602)	1.61E-07 (0.1460)	1.21E-07 (0.0058)	3.11E-08 (0.2684)	-8.81E-09 (0.2294)	1.12E-06 (0.0000)	1.90E-07 (0.1654)	1.09E-07 (0.0173)	2.37E-08 (0.1202)	1.08E-06 (0.0001)	3.00E-08 (0.8231)	7.03E-08 (0.2368)	1.31E-08 (0.3344)
C	2.65E-07 (0.0000)								1.05E-06 (0.0000)							
RESID(-1)^2	0.053 (0.0000)								0.102 (0.0000)							
GARCH(-1)	0.944 (0.0000)								0.887 (0.0000)							
Nº Obs.	6816				6816				6816				6816			
R ²	0.425500				0.429916				0.326583				0.329905			
R ² Ajustado	0.422194				0.426635				0.322707				0.326048			

Tabela 4.8 – Coeficientes do modelo base estimado pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{clc5} e v_{ngc5} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

4.5 Sazonalidade na Volatilidade

Para avaliar o efeito que cada um dos meses poderá ter sobre a volatilidade das taxas de rentabilidade dos contratos de futuros de energia confrontaram-se os resultados obtidos para o modelo base e para os modelos descrito pela Equação 3.5 e Equação 3.6 (ver Tabela 4.9 a Tabela 4.13).

Quer seja pelo método BREAKLS, quer seja pelo método GARCH, pode verificar-se que quando as variáveis *dummies*, que representam cada um dos meses do ano ou os períodos de verão ou inverno, são acrescentadas ao modelo base este só para algum passa a descrever melhor a volatilidade. No caso da volatilidade do crude com maturidade a um mês, não se verificou melhoria com a introdução de nenhuma das *dummies*, mas para as outras maturidades verifica-se que, para o período de 1996 a 2003, a volatilidade reage negativamente ao verão e positivamente ao inverno. À medida que a maturidade aumenta pode notar-se o efeito de mais meses. Os meses nos quais se verifica este efeito ou são de verão (julho e agosto) ou de inverno (dezembro, janeiro e março). No caso da volatilidade do gás natural o efeito dos meses é essencialmente notado para os meses de inverno sendo este efeito positivo. Contudo,

para a volatilidade do gás natural com maturidade a cinco meses o efeito de verão também foi notado sendo este negativo.

As Tabela B.7 a Tabela B.10 reportam os resultados de estimativa dos modelos que levaram a esta leitura. As tabelas completas obtidas para a Equação 3.5 e para a Equação 3.6 são apresentadas no Anexo B, aqui apenas se apresentam os resultados que dizem respeito às *dummies* por uma questão de economia de espaço e por forma a facilitar a leitura.

período	Crude a Um Mês								Gás Natural a Um Mês			
	GARCH				BreakLS				GARCH		BreakLS	
	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	12-04-1990	19-12-1996	12-04-1990	19-12-1996
ADD(d,v)	(10,1)				(10,1)				(7,2)		(7,2)	
M1	-7.97E-05 (0.9257)	0.001 (0.4406)	0.001 (0.2855)	0.001 (0.0256)	0.002 (0.3433)	-3.43E-06 (0.9973)	8.09E-05 (0.9556)	0.002 (0.0370)	-9.80E-05 (0.9248)	0.000720 (0.2937)	-0.000187 (0.9259)	0.001002 (0.2381)
M2	-0.001 (0.0852)	0.001 (0.5834)	1.01E-04 (0.9168)	0.001 (0.1331)	-3.67E-04 (0.6679)	-0.001 (0.3987)	-0.001 (0.3083)	0.002 (0.0565)	-0.002927 (0.0108)	-0.001163 (0.0695)	-0.001950 (0.2366)	-0.000535 (0.6191)
M3	-0.001 (0.2326)	0.001 (0.3663)	0.001 (0.3747)	0.001 (0.3163)	-1.70E-04 (0.7975)	0.001 (0.3705)	-9.07E-06 (0.9932)	0.001 (0.3190)	-0.004398 (0.0000)	-0.001277 (0.0415)	-0.003731 (0.0155)	-0.002162 (0.0052)
M4	-0.001 (0.3395)	-0.001 (0.3846)	-2.50E-04 (0.7764)	0.001 (0.0817)	-0.001 (0.5123)	-0.001 (0.5707)	-0.001 (0.1880)	0.001 (0.1305)	-0.006078 (0.0000)	-0.001146 (0.0604)	-0.004503 (0.0082)	-0.001868 (0.0111)
M5	-0.001 (0.5469)	-0.001 (0.4550)	-6.41E-05 (0.9411)	0.001 (0.0654)	-3.01E-04 (0.6414)	-0.001 (0.3594)	-0.001 (0.4684)	0.002 (0.0458)	-0.005811 (0.0000)	-0.001099 (0.0857)	-0.004291 (0.0105)	-0.001655 (0.0212)
M6	-4.91E-04 (0.5275)	-0.001 (0.3517)	-4.98E-04 (0.5569)	0.001 (0.0689)	3.17E-04 (0.6813)	-4.76E-04 (0.7275)	-0.001 (0.3931)	0.001 (0.0589)	-0.004685 (0.0000)	-0.000777 (0.1715)	-0.003764 (0.0236)	-0.001568 (0.0361)
M7	-0.001 (0.1021)	-0.002 (0.0538)	1.08E-04 (0.9161)	0.001 (0.0910)	-2.36E-04 (0.7658)	-0.002 (0.0390)	-0.001 (0.4384)	0.001 (0.1749)	-0.003855 (0.0000)	-0.001029 (0.1042)	-0.003607 (0.0260)	-0.001256 (0.1127)
M8	-0.001 (0.3816)	-0.003 (0.0154)	1.50E-04 (0.8667)	0.001 (0.0524)	0.001 (0.3676)	-0.002 (0.0434)	-1.25E-04 (0.9063)	0.002 (0.0598)	0.000605 (0.3505)	-0.000227 (0.7122)	-0.002490 (0.1373)	-0.000130 (0.8672)
M9	-0.001 (0.1515)	-0.002 (0.0897)	0.001 (0.4513)	0.002 (0.0296)	1.92E-04 (0.8026)	-0.001 (0.5547)	0.001 (0.7115)	0.001 (0.1072)	-0.003787 (0.0004)	-0.000458 (0.4779)	-0.003345 (0.0379)	0.000144 (0.8817)
M10	-0.001 (0.1286)	-0.001 (0.6660)	0.001 (0.4827)	0.001 (0.2558)	1.21E-04 (0.8892)	-0.001 (0.3594)	-2.04E-04 (0.8621)	0.001 (0.3155)	-0.004166 (0.0000)	0.000159 (0.8029)	-0.003469 (0.0379)	0.000152 (0.8515)
M11	-1.24E-04 (0.8609)	-0.001 (0.6914)	3.68E-04 (0.7329)	0.002 (0.0097)	0.001 (0.3075)	2.59E-04 (0.8643)	-4.36E-04 (0.7262)	0.002 (0.0157)	-0.004697 (0.0000)	-0.000477 (0.4772)	-0.003664 (0.0375)	0.000329 (0.7137)
Nº Obs.	6814				6814				6817		6817	
R ²	0.424210				0.435287				0.369827		0.377218	
R ² Ajustado	0.416416				0.427642				0.366014		0.373449	

Tabela 4.9 – Coeficientes das *dummies* da equação para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correcção Newey-West, para as séries *v_clc1* e *v_ngc1*. O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	Crude a Três Meses								Gás Natural a Três Meses							
	GARCH				BreakLS				GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003		
ADD(d,v)	(8,1)								(8,1)							
M1	-1.79E-04	0.001	0.002	0.001	0.001	1.21E-04	0.001	0.001	7.43E-06	0.001484	-7.93E-05	0.000459	-0.000680	0.000135		
M2	(0.7887)	(0.3114)	(0.0472)	(0.0972)	(0.4747)	(0.9015)	(0.3201)	(0.1961)	(0.9928)	(0.0738)	(0.8989)	(0.6343)	(0.6685)	(0.8631)		
M3	(0.2167)	(0.2929)	(0.5701)	(0.0689)	(0.5805)	(0.1971)	(0.9293)	(0.2894)	(0.0446)	(0.0028)	(0.5509)	(0.3506)	(0.2774)	(0.1530)		
M4	(0.1956)	(0.4933)	(0.0778)	(0.3630)	(0.5664)	(0.7326)	(0.4847)	(0.8991)	(0.0044)	(0.0042)	(0.0558)	(0.1545)	(0.0959)	(0.0057)		
M5	(0.1715)	(0.1677)	(0.8851)	(0.0864)	(0.2624)	(0.3622)	(0.6421)	(0.7262)	(0.0001)	(0.0007)	(0.4093)	(0.0263)	(0.0501)	(0.1077)		
M6	(0.3767)	(0.0782)	(0.9919)	(0.0706)	(0.4452)	(0.0912)	(0.6826)	(0.2317)	(0.0005)	(0.0901)	(0.2464)	(0.0671)	(0.0844)	(0.0630)		
M7	(0.6569)	(0.1218)	(0.6649)	(0.0551)	(0.7132)	(0.1285)	(0.7856)	(0.3767)	(0.0001)	(0.0432)	(0.8744)	(0.1310)	(0.2259)	(0.1179)		
M8	(0.1392)	(0.0027)	(0.4463)	(0.3198)	(0.4155)	(0.0158)	(0.2452)	(0.8377)	(0.0207)	(0.0184)	(0.3420)	(0.2485)	(0.0791)	(0.3686)		
M9	(0.3098)	(0.0008)	(0.9637)	(0.0622)	(0.8620)	(0.0250)	(0.8537)	(0.2496)	(0.0085)	(0.3154)	(0.0697)	(0.1271)	(0.1520)	(0.0886)		
M10	(0.1452)	(0.0606)	(0.2325)	(0.0047)	(0.7667)	(0.6088)	(0.8228)	(0.1958)	(0.0013)	(0.7705)	(0.0171)	(0.0317)	(0.2301)	(0.1501)		
M11	(0.1506)	(0.5751)	(0.3676)	(0.3508)	(0.8261)	(0.4353)	(0.9090)	(0.6477)	(0.0038)	(0.6960)	(0.2938)	(0.0734)	(0.5018)	(0.2057)		
Nº Obs.	6816								6816							
R²	0.400074				0.409056				0.317571				0.325977			
R² Ajustado	0.392677				0.401770				0.311305				0.319789			

Tabela 4.10 – Coeficientes das *dummies* da equação para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correcção Newey-West, para as séries *v_clc3* e *v_ngc3*. O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	Crude a Cinco Meses								Gás Natural a Cinco Meses							
	GARCH				BreakLS				GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
ADD(d,v)	(8,1)								(8,1)							
M1	2.68E-05	4.33E-04	0.001	0.001	0.001	-2.03E-04	0.001	0.001	0.000897	0.000897	0.000767	0.003153	0.000992	-0.000205	0.000905	0.002984
M2	(0.9625)	(0.4351)	(0.1907)	(0.1021)	(0.4281)	(0.7884)	(0.5714)	(0.1965)	(0.2070)	(0.3503)	(0.2081)	(0.0000)	(0.1375)	(0.8389)	(0.3526)	(0.0021)
M3	(0.3393)	(0.1196)	(0.5488)	(0.1880)	(0.6779)	(0.1105)	(0.3607)	(0.6250)	(0.000751)	(0.000193)	(0.000261)	(0.000564)	(0.001310)	(0.000464)	(0.001152)	(0.1085)
M4	(0.1463)	(0.0834)	(0.4383)	(0.2101)	(0.3433)	(0.1598)	(0.3742)	(0.8832)	(0.2972)	(0.8607)	(0.8913)	(0.0002)	(0.3167)	(0.1620)	(0.6673)	(0.1085)
M5	(0.3279)	(0.3679)	(0.3581)	(0.3262)	(0.9200)	(0.8246)	(0.3772)	(0.9932)	(0.000445)	(0.000638)	(0.000873)	(0.001227)	(0.000756)	(0.000335)	(0.000110)	(0.00110)
M6	(0.1783)	(0.0018)	(0.1955)	(0.3678)	(0.3701)	(0.0040)	(0.1565)	(0.7838)	(0.4482)	(0.4641)	(0.1052)	(0.0570)	(0.1357)	(0.7519)	(0.9464)	(0.8684)
M7	(0.1823)	(0.0005)	(0.1333)	(0.1834)	(0.5477)	(0.0047)	(0.2184)	(0.5455)	(0.001543)	(0.000606)	(0.000705)	(0.001299)	(0.000759)	(0.001008)	(0.000224)	(0.000136)
M8	(0.5423)	(0.0005)	(0.1333)	(0.1834)	(0.5477)	(0.0047)	(0.2184)	(0.5455)	(0.0530)	(0.5256)	(0.2162)	(0.0166)	(0.3019)	(0.3448)	(0.8156)	(0.8441)
M9	(0.1823)	(0.0005)	(0.1333)	(0.1834)	(0.5477)	(0.0047)	(0.2184)	(0.5455)	(0.001216)	(0.000294)	(0.001009)	(0.001808)	(0.000816)	(0.000953)	(0.000303)	(0.000655)
M10	(0.1823)	(0.0005)	(0.1333)	(0.1834)	(0.5477)	(0.0047)	(0.2184)	(0.5455)	(0.0765)	(0.7746)	(0.0763)	(0.0017)	(0.1821)	(0.3345)	(0.7520)	(0.3366)
M11	(0.1823)	(0.0005)	(0.1333)	(0.1834)	(0.5477)	(0.0047)	(0.2184)	(0.5455)	(0.001175)	(0.000933)	(0.000318)	(0.000796)	(0.000386)	(0.001557)	(0.000311)	(0.000401)
Nº Obs.	6816								6816							
R²	0.428243				0.433948				0.329549				0.335246			
R² Ajustado	0.421194				0.426969				0.321283				0.327050			

Tabela 4.11 – Coeficientes das *dummies* da equação para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correcção Newey-West, para as séries *v_clc5* e *v_ngc5*. O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	GARCH				BreakLS			
Crude a Um Mês								
período	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
ADD(d,v)	(10,1)				(10,1)			
Verao	-1.66E-04 (0.6386)	-0.001 (0.0028)	-3.48E-05 (0.9306)	-2.96E-05 (0.9251)	2.55E-04 (0.4943)	-0.001 (0.1820)	3.67E-04 (0.4371)	2.67E-05 (0.9391)
inverno	2.04E-05 (0.9585)	0.002 (0.0000)	4.66E-04 (0.2208)	-4.12E-04 (0.1788)	2.85E-04 (0.5686)	0.001 (0.2410)	4.70E-04 (0.3361)	-2.07E-04 (0.5799)
Nº Obs.	6814				6814			
R ²	0.423246				0.432425			
R ² Ajustado	0.418552				0.427806			
Crude a Três Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008
	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
Verao	-4.71E-05 (0.8746)	-0.001 (0.0143)	-2.66E-04 (0.4921)	-7.64E-06 (0.9769)	9.06E-05 (0.7696)	-0.001 (0.0860)	-2.33E-04 (0.5524)	-6.22E-07 (0.9985)
inverno	4.70E-05 (0.8830)	0.001 (0.0004)	0.001 (0.1394)	-4.39E-04 (0.1228)	4.01E-04 (0.3803)	0.001 (0.1638)	0.001 (0.1708)	-2.30E-04 (0.5145)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.398850				0.406298			
R ² Ajustado	0.394675				0.402175			
Crude a Cinco Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
Verao	9.13E-05 (0.7279)	-4.63E-04 (0.0973)	3.76E-05 (0.9185)	4.25E-05 (0.8692)	9.82E-05 (0.7228)	-0.001 (0.0926)	7.19E-05 (0.8343)	8.85E-05 (0.7820)
inverno	1.50E-04 (0.6081)	0.001 (0.0000)	0.001 (0.1371)	-2.78E-04 (0.2967)	2.29E-04 (0.5438)	0.001 (0.0377)	0.001 (0.0576)	-1.34E-04 (0.6799)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.426747				0.431288			
R ² Ajustado	0.422766				0.427338			

Tabela 4.12 – Coeficientes das *dummies* da equação para avaliar a influência do verão e do inverno na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries *v_clc1*, *v_clc3* e *v_clc5*. O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	GARCH				BreakLS			
Gás Natural a Um Mês								
período	12-04-1990	19-12-1996			12-04-1990	19-12-1996		
	18-12-1996	09-06-2017			18-12-1996	09-06-2017		
ADD(d,v)	(7,2)				(7,2)			
verao	0.001	1.41E-04			0.001	6.41E-05		
	(0.0702)	(0.6236)			(0.2152)	(0.8558)		
inverno	0.002	1.24E-04			0.002	2.26E-04		
	(0.0000)	(0.6832)			(0.0012)	(0.5803)		
Nº Obs.	6817				6817			
R ²	0.367601				0.373141			
R ² Ajustado	0.365460				0.371018			
Gás Natural a Três Meses								
período	16-04-1990	01-04-2003	29-04-2008		16-04-1990	01-04-2003	29-04-2008	
	05-01-1996	28-04-2008	09-06-2017		05-01-1996	28-04-2008	09-06-2017	
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
verao	0.001	0.001	-4.03E-04		2.76E-04	-1.64E-04	-1.47E-04	
	(0.1979)	(0.1053)	(0.1402)		(0.4256)	(0.7518)	(0.6674)	
inverno	0.001	0.001	4.70E-05		0.001	0.001	1.78E-04	
	(0.0027)	(0.0383)	(0.8654)		(0.0031)	(0.4420)	(0.6180)	
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.317740				0.323037			
R ² Ajustado	0.314218				0.319543			
Gás Natural a Cinco Meses								
período	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
verao	2.76E-04	3.62E-04	-2.33E-04	-0.001	-5.79E-05	4.00E-04	-3.09E-04	-0.001
	(0.4316)	(0.3830)	(0.4667)	(0.0007)	(0.8539)	(0.3999)	(0.4607)	(0.0023)
inverno	0.001	2.60E-04	-3.11E-05	4.66E-04	0.001	2.49E-04	-8.13E-05	0.001
	(0.0050)	(0.5475)	(0.9201)	(0.1723)	(0.1023)	(0.5830)	(0.8602)	(0.0932)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.328250				0.331647			
R ² Ajustado	0.323585				0.327006			

Tabela 4.13 – Coeficientes das *dummies* da equação para avaliar a influência do verão e do inverno na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_ngc1 , v_ngc3 e v_ngc5 . O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

Para avaliar o efeito que cada um dos dias da semana poderá ter sobre a volatilidade das taxas de rentabilidade dos contratos de futuros de energia confrontaram-se os resultados obtidos para o modelo base e para os modelos descrito pela Equação 3.7.

No caso das séries de volatilidade do crude para maturidade a um mês das *dummies* utilizadas para representar os dias da semana, a haver algum dia que possa ter alguma influência é quarta-feira (ver Tabela 4.14, as tabelas completas podem ser consultadas no Anexo B). Por este motivo correu-se a equação utilizando unicamente a *dummy* para a quarta-feira (D3) e como na terça-feira também a variável era significativa correu-se também o modelo usando só D2 (ver Tabela 4.15). Dos resultados para a avaliação individual dos dias conclui-se que a quarta-feira (dia de publicação do relatório dos

stocks de crude) é um dia de influência positiva (ou seja, aumenta a volatilidade) e no dia que antecede esta publicação (terça-feira) há uma influência negativa (a volatilidade diminui).

	GARCH				BreakLS			
Crude a Um Mês								
período	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
ADD(d,v)	(10,1)				(10,1)			
D1	0.001 (0.1921)	0.001 (0.1528)	0.002 (0.0031)	-8.19E-05 (0.8509)	0.001 (0.2153)	0.002 (0.0093)	0.001 (0.0802)	3.45E-04 (0.5062)
D2	-2.63E-04 (0.5317)	-0.001 (0.0971)	0.001 (0.2045)	0.001 (0.1168)	-2.13E-04 (0.7098)	-4.57E-04 (0.5057)	0.001 (0.4251)	0.001 (0.2796)
D3	0.001 (0.2238)	0.003 (0.0004)	0.003 (0.0000)	0.001 (0.0014)	0.001 (0.0716)	0.003 (0.0000)	0.003 (0.0000)	0.001 (0.0395)
D4	3.58E-04 (0.4238)	0.001 (0.2158)	0.002 (0.0087)	0.001 (0.2114)	0.001 (0.3033)	0.001 (0.0667)	0.002 (0.0003)	4.50E-04 (0.4090)
Nº Obs.	6814				6814			
R ²	0.428648				0.437447			
R ² Ajustado	0.423316				0.432196			
Crude a Três Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008
	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
D1	1.73E-04 (0.6569)	-1.12E-04 (0.8019)	0.001 (0.0417)	-1.39E-04 (0.7221)	1.67E-04 (0.7604)	1.41E-04 (0.8271)	0.001 (0.1403)	3.34E-04 (0.5215)
D2	-4.80E-04 (0.2877)	-0.002 (0.0010)	0.001 (0.1677)	0.001 (0.0669)	8.88E-05 (0.8441)	-0.001 (0.0470)	3.94E-04 (0.4958)	0.001 (0.2505)
D3	4.59E-04 (0.2676)	0.001 (0.0051)	0.002 (0.0001)	0.001 (0.0008)	0.002 (0.0139)	0.002 (0.0181)	0.003 (0.0000)	0.001 (0.0510)
D4	3.56E-04 (0.4067)	1.88E-04 (0.6646)	0.001 (0.0124)	0.001 (0.0170)	0.001 (0.0758)	4.68E-04 (0.4243)	0.001 (0.0053)	0.001 (0.1400)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.402363				0.410113			
R ² Ajustado	0.397501				0.405314			
Crude a Cinco Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
D1	2.10E-04 (0.5335)	3.21E-04 (0.3946)	0.001 (0.0966)	-1.11E-04 (0.7604)	2.33E-04 (0.5938)	2.12E-04 (0.6461)	0.001 (0.1135)	3.65E-04 (0.4546)
D2	-2.10E-04 (0.6187)	7.54E-05 (0.8499)	0.001 (0.0370)	4.96E-04 (0.1534)	1.48E-04 (0.6672)	-1.47E-04 (0.7149)	0.001 (0.0527)	0.001 (0.1273)
D3	2.67E-04 (0.4734)	0.001 (0.0006)	0.002 (0.0002)	0.001 (0.0052)	0.001 (0.0251)	0.001 (0.0038)	0.002 (0.0000)	0.001 (0.0161)
D4	2.88E-04 (0.4438)	0.001 (0.1568)	0.002 (0.0024)	0.001 (0.0172)	0.001 (0.1157)	4.82E-04 (0.2449)	0.002 (0.0002)	0.001 (0.0503)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.429075				0.434041			
R ² Ajustado	0.424430				0.429436			

Tabela 4.14 – Coeficientes das *dummies* da equação para avaliar a influência do dia da semana na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries *v_clc1*, *v_clc3* e *v_clc5*. O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	GARCH				BreakLS			
Crude a Um Mês								
período	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
ADD(d,v)	(10,1)				(10,1)			
Nº Obs.	6814				6814			
D2	-0.001 (0.1126)	-0.003 (0.0000)	-0.001 (0.0714)	2.63E-04 (0.4137)	-0.001 (0.0353)	-0.002 (0.0003)	-0.001 (0.1110)	4.54E-05 (0.9023)
R ² Ajustado	0.420811				0.429236			
D3	3.96E-04 (0.2793)	0.003 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.001 (0.0005)	0.001 (0.1147)	0.002 (0.0000)	0.002 (0.0025)	0.001 (0.0514)
R ² Ajustado	0.422031				0.430441			
Crude a Três Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008
	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
Nº Obs.	6816				6816			
D2	-0.001 (0.0433)	-0.002 (0.0000)	-4.91E-04 (0.1956)	1.87E-04 (0.5146)	-0.001 (0.1381)	-0.002 (0.0001)	-0.001 (0.0440)	5.76E-05 (0.8929)
R ² Ajustado	0.395789				0.402954			
D3	4.61E-04 (0.1509)	0.002 (0.0000)	0.001 (0.0010)	0.001 (0.0019)	0.001 (0.0333)	0.002 (0.0005)	0.002 (0.0000)	0.001 (0.1754)
R ² Ajustado	0.397213				0.404669			
Crude a Cinco Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
Nº Obs.	6816				6816			
D2	-4.06E-04 (0.2362)	-0.001 (0.0994)	-4.95E-05 (0.8924)	-7.43E-09 (0.7643)	-3.79E-04 (0.1691)	-0.001 (0.0385)	-3.22E-04 (0.4104)	7.87E-05 (0.8381)
R ² Ajustado	0.422208				0.426689			
D3	2.08E-04 (0.4787)	0.001 (0.0003)	0.001 (0.0032)	0.001 (0.0100)	0.001 (0.0555)	0.001 (0.0012)	0.001 (0.0004)	0.001 (0.0891)
R ² Ajustado	0.424083				0.428925			

Tabela 4.15 – Coeficientes da *dummy* da equação para avaliar a influência de um dia da semana na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries *v_clc1*, *v_clc3* e *v_clc5*. O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

No caso da volatilidade do gás natural, ao analisar a Tabela 4.16, verifica-se que a sexta-feira parece ter menos volatilidade do que os demais dias da semana. Por isto, correu-se o modelo usando as *dummies* dos dias da semana separadamente. Na Tabela 4.17 estão os resultados da estimação dos modelos no que respeita à variável *dummy*. Da leitura desta tabela pode acrescentar-se que a volatilidade aumenta na quinta-feira (dia de publicação do relatório de stocks do gás natural) e diminui nos restantes dias.

	GARCH				BreakLS					
Gás Natural a Um Mês										
período	12-04-1990 19-12-1996 18-12-1996 09-06-2017				12-04-1990 19-12-1996 18-12-1996 09-06-2017					
ADD(d,v)	(7,2)				(7,2)					
D1	-7.06E-05 (0.9184)	0.003 (0.0000)			0.001 (0.0900)	0.003 (0.0000)				
D2	3.30E-04 (0.6143)	0.002 (0.0000)			0.002 (0.0109)	0.002 (0.0007)				
D3	-4.91E-04 (0.4349)	0.002 (0.0000)			0.002 (0.0613)	0.003 (0.0000)				
D4	4.06E-04 (0.5160)	0.007 (0.0000)			0.002 (0.0236)	0.007 (0.0000)				
Nº Obs.	6817				6817					
R ²	0.382842				0.389741					
R ² Ajustado	0.380388				0.387314					
Gás Natural a Três Meses										
período	16-04-1990 15-08-1996 19-09-2003 14-08-1996 18-09-2003 09-06-2017			16-04-1990 15-08-1996 19-09-2003 14-08-1996 18-09-2003 09-06-2017						
ADD(d,v)	(8,1)						(8,1)			
D1	0.001 (0.2416)	4.80E-04 (0.4014)	0.002 (0.0000)				0.001 (0.0887)	0.001 (0.5370)	0.002 (0.0004)	
D2	0.001 (0.2404)	0.001 (0.0440)	0.002 (0.0002)				0.001 (0.0265)	0.001 (0.2691)	0.001 (0.0030)	
D3	3.23E-04 (0.5290)	0.002 (0.0012)	0.001 (0.0011)				0.001 (0.0635)	0.003 (0.0001)	0.001 (0.0041)	
D4	0.001 (0.0961)	0.004 (0.0000)	0.006 (0.0000)				0.001 (0.0070)	0.004 (0.0000)	0.006 (0.0000)	
Nº Obs.	6816						6816			
R ²	0.340504						0.346144			
R ² Ajustado	0.336512						0.342187			
Gás Natural a Cinco Meses										
período	16-04-1990 13-03-1996 10-05-2000 08-06-2010 12-03-1996 09-05-2000 07-06-2010 09-06-2017				16-04-1990 13-03-1996 10-05-2000 08-06-2010 12-03-1996 09-05-2000 07-06-2010 09-06-2017					
ADD(d,v)	(8,1)								(8,1)	
D1	3.02E-04 (0.4839)	-0.001 (0.4026)	0.001 (0.0001)	0.002 (0.0001)	0.001 (0.0127)	-2.47E-04 (0.6970)	0.002 (0.0001)	0.002 (0.0000)		
D2	4.38E-04 (0.3416)	0.001 (0.2155)	0.001 (0.0076)	0.002 (0.0000)	0.001 (0.0114)	0.001 (0.3744)	0.001 (0.0062)	0.001 (0.0001)		
D3	0.001 (0.1206)	-4.03E-04 (0.5354)	0.002 (0.0000)	0.001 (0.0818)	0.001 (0.0038)	-4.19E-04 (0.4747)	0.003 (0.0000)	0.001 (0.0139)		
D4	0.001 (0.0481)	0.002 (0.0010)	0.005 (0.0000)	0.005 (0.0000)	0.001 (0.0059)	0.002 (0.0001)	0.005 (0.0000)	0.005 (0.0000)		
Nº Obs.	6816								6816	
R ²	0.350566								0.354902	
R ² Ajustado	0.345282								0.349654	

Tabela 4.16 – Coeficientes das *dummies* da equação para avaliar a influência do dia da semana na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries *v_ngc1*, *v_ngc3* e *v_ngc5*. O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	GARCH				BreakLS			
Gás Natural a Um Mês								
período	12-04-1990	19-12-1996			12-04-1990	19-12-1996		
	18-12-1996	09-06-2017			18-12-1996	09-06-2017		
ADD(d,v)	(7,2)				(7,2)			
Nº Obs.	6817				6817			
D1	-1.35E-04	-1.27E-05			-6.21E-05	5.09E-05		
	(0.8129)	(0.9697)			(0.9179)	(0.9136)		
R ² Ajustado	0.364587				0.370250			
D2	4.30E-04	-0.001			0.001	-0.002		
	(0.4345)	(0.0002)			(0.1777)	(0.0000)		
R ² Ajustado	0.366147				0.372019			
D3	-0.001	-0.001			5.29E-05	2.30E-04		
	(0.2074)	(0.0102)			(0.9310)	(0.5807)		
R ² Ajustado	0.363794				0.370278			
D4	4.65E-04	0.005			0.001	0.005		
	(0.3188)	(0.0000)			(0.2456)	(0.0000)		
R ² Ajustado	0.377624				0.383048			
D5	-9.77E-05	-0.003			-0.002	-0.004		
	(0.8536)	(0.0000)			(0.0090)	(0.0000)		
R ² Ajustado	0.371324				0.377570			
Gás Natural a Três Meses								
período	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003		16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	
	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017		14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017	
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
Nº Obs.	6816				6816			
D1	1.68E-04	-0.001	-4.16E-05		5.41E-06	-0.001	-2.08E-04	
	(0.6719)	(0.0026)	(0.8941)		(0.9890)	(0.0162)	(0.6569)	
R ² Ajustado	0.314802				0.319835			
D2	1.91E-04	-2.77E-04	-0.001		4.08E-04	-0.001	-0.001	
	(0.6533)	(0.5556)	(0.0094)		(0.3363)	(0.1892)	(0.0010)	
R ² Ajustado	0.314888				0.320428			
D3	-2.02E-04	4.98E-04	-0.001		4.28E-05	0.002	-0.001	
	(0.5857)	(0.2731)	(0.0007)		(0.9087)	(0.0136)	(0.0019)	
R ² Ajustado	0.315339				0.342187			
D4	4.37E-04	0.003	0.004		0.001	0.003	0.005	
	(0.2704)	(0.0000)	(0.0000)		(0.1318)	(0.0001)	(0.0000)	
R ² Ajustado	0.333883				0.338764			
D5	-0.001	-0.002	-0.003		-0.001	-0.002	-0.003	
	(0.1554)	(0.0000)	(0.0000)		(0.0078)	(0.0002)	(0.0000)	
R ² Ajustado	0.320316				0.325670			
Gás Natural a Cinco Meses								
período	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
Nº Obs.	6816				6816			
D1	-1.85E-04	-0.001	-0.001	-3.00E-04	1.73E-04	-0.001	-2.81E-04	-5.69E-05
	(0.5660)	(0.0186)	(0.0082)	(0.3676)	(0.5832)	(0.0729)	(0.5099)	(0.8869)
R ² Ajustado	0.322449				0.325982			
D2	-1.49E-05	4.91E-04	-0.001	-7.23E-05	2.84E-04	1.23E-04	-0.001	-4.61E-04
	(0.9674)	(0.2641)	(0.0033)	(0.8448)	(0.4271)	(0.7891)	(0.0081)	(0.2120)
R ² Ajustado	0.323323				0.326902			
D3	2.70E-04	-0.001	0.001	-0.001	2.75E-04	-0.001	0.001	-0.001
	(0.4315)	(0.0436)	(0.0519)	(0.0012)	(0.3882)	(0.0195)	(0.0235)	(0.0011)
R ² Ajustado	0.324090				0.327527			
D4	4.77E-04	0.002	0.004	0.004	3.10E-04	0.002	0.003	0.004
	(0.1490)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.3569)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
R ² Ajustado	0.339798				0.343598			
D5	-0.001	-0.001	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	-0.003	-0.003
	(0.1014)	(0.3360)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0004)	(0.2255)	(0.0000)	(0.0000)
R ² Ajustado	0.331882				0.335564			

Tabela 4.17 – Coeficientes da *dummy* da equação para avaliar a influência de um dia da semana na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{ngc1} , v_{ngc3} e v_{ngc5} . O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

4.6 Efeito *momentum* na Volatilidade

Para aferir o efeito *momentum* na série da volatilidade quer do crude quer do gás natural, compararam-se os resultados da estimação dos modelos GARCH e BREAKLS para a Equação 3.3 (ver Tabela 4.6 a Tabela 4.8) confrontando-os com os obtidos para a Equação 3.8.

As tabelas completas com os resultados de estimação obtidos estão apresentados no Anexo C, na Tabela 4.18 e na Tabela 4.19 apresentam-se apenas os coeficientes referentes à variável do *momentum* para a volatilidade do crude e do gás natural, respetivamente.

Quando se acrescenta a variável independente que diz respeito ao *momentum* das ações os resultados mostram que estes contribuem para melhor explicar a variável dependente (a volatilidade). No caso de v_clc1 os coeficientes da variável referente ao *momentum* das ações (Mom) só é significativo a 10% e 5% para os períodos de 9/1/1996-31/3/2003 e 1/4/2003-27/1/2009, respetivamente. No caso de v_clc3 apenas o coeficiente da variável referente ao *momentum* das ações (Mom) para o período 1/4/2003-28/4/2008 é significativo a 5%. Para o caso de v_clc5 apenas para o período 19/3/2003 a 3/3/2008 a variável Mom tem coeficiente significativo ao nível de 10%. Estes resultados mostram que há uma ligação entre o *momentum* mercado de ações e a volatilidade do crude, no período que antecedeu a crise (ditos períodos de acalmia), sendo esta negativa. Ou seja, quando o momento é maior a volatilidade é menor.

No que diz respeito à volatilidade do gás natural, os resultados obtidos mostram que para as maturidades a um mês e a três meses a variável *momentum* das ações não contribui para melhorar a descrição da série da volatilidade, pois os coeficientes desta variável não são significativos para nenhum dos períodos. O mesmo já não acontece para a volatilidade das taxas de rentabilidade dos contratos de futuros do gás natural com maturidade a cinco meses, pois no período de 10/5/2000-7/6/2010 o coeficiente da variável Mom é significativo ao nível de 1% e o modelo melhora no que respeita à explicação da variável dependente. Contudo, isto pode constituir um indicador da fraca ligação entre o *momentum* do mercado de ações e a volatilidade do gás natural.

	GARCH				BreakLS			
Crude a Um Mês								
período	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
ADD(d,v)	(10,1)				(10,1)			
Mom	1.92E-04 (0.5961)	-3.46E-04 (0.0614)	-4.49E-04 (0.0262)	1.90E-04 (0.2474)	1.44E-04 (0.8623)	-3.49E-04 (0.0724)	3.86E-04 (0.3941)	1.82E-04 (0.5320)
Nº Obs.	6814				6814			
R ²	0.423953				0.432184			
R ² Ajustado	0.419608				0.427902			
Crude a Três Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008
	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
Mom	1.65E-04 (0.5552)	-2.45E-04 (0.1282)	-0.001 (0.0489)	3.19E-05 (0.8092)	2.86E-04 (0.7249)	-3.39E-04 (0.0686)	-0.001 (0.0884)	-6.71E-05 (0.7673)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.398542				0.405634			
R ² Ajustado	0.394723				0.401860			
Crude a Cinco Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
Mom	-2.64E-05 (0.9115)	-3.96E-05 (0.7580)	-4.64E-04 (0.0529)	7.13E-05 (0.5461)	-6.57E-05 (0.9234)	-1.83E-04 (0.1859)	-4.18E-04 (0.1991)	1.29E-05 (0.9494)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.425671				0.430193			
R ² Ajustado	0.422024				0.426575			

Tabela 4.18 – Coeficientes da variável *Momentum* da equação para avaliar a influência do *Momentum* do mercado de futuros na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries *v_clc1*, *v_clc3* e *v_clc5*. O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	GARCH				BreakLS			
Gás Natural a Um Mês								
período	12-04-1990 19-12-1996 18-12-1996 09-06-2017				12-04-1990 19-12-1996 18-12-1996 09-06-2017			
ADD(d,v)	(7,2)				(7,2)			
Mom	-0.001 -2.02E-05 (0.2070) (0.8840)				3.80E-04 -1.73E-04 (0.5330) (0.3011)			
Nº Obs.	6817				6817			
R ²	0.366402				0.372316			
R ² Ajustado	0.364444				0.370376			
Gás Natural a Três Meses								
período	16-04-1990 01-04-2003 29-04-2008 05-01-1996 28-04-2008 09-06-2017				16-04-1990 01-04-2003 29-04-2008 05-01-1996 28-04-2008 09-06-2017			
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
Mom	-1.25E-04 -7.97E-05 -4.97E-05 (0.7563) (0.6998) (0.6888)				1.52E-04 -3.09E-04 -1.24E-04 (0.7124) (0.2034) (0.4807)			
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.317313				0.322566			
R ² Ajustado	0.314092				0.319370			
Gás Natural a Cinco Meses								
período	16-04-1990 13-03-1996 10-05-2000 08-06-2010 12-03-1996 09-05-2000 07-06-2010 09-06-2017				16-04-1990 13-03-1996 10-05-2000 08-06-2010 12-03-1996 09-05-2000 07-06-2010 09-06-2017			
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)			
Mom	3.17E-04 3.41E-04 -4.34E-04 1.53E-04 (0.3252) (0.1340) (0.0002) (0.4243)				4.63E-04 2.76E-04 -3.52E-04 -4.66E-05 (0.1857) (0.2052) (0.0197) (0.8327)			
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.327412				0.330916			
R ² Ajustado	0.323142				0.326668			

Tabela 4.19 – Coeficientes da variável *Momentum* da equação para avaliar a influência do *Momentum* do mercado de futuros na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_{ngc1} , v_{ngc3} e v_{ngc5} . O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

4.7 Interação das volatilidades do gás natural e do crude

No que respeita à interação entre a volatilidade dos futuros do gás natural e do crude, começa-se por avaliar se as séries da volatilidade do crude e do gás natural para uma mesma maturidade estão ou não co-integradas. Depois realizam-se os testes de causalidade de Granger. Em último analisam-se os resultados da estimação dos parâmetros para as Equação 3.9, Equação 3.10 e Equação 3.11.

4.7.1 Ponderações sobre a co-integração

Como forma a afastar ou aceitar a existência de co-integração entre cada par de volatilidades, representaram-se as volatilidades do gás natural e do crude e a sua diferença. Os Gráfico 4.5 a Gráfico 4.7 mostram que a hipótese de as séries serem co-integradas pode ser afastada na medida em que, embora as séries das diferenças assumam valores próximo de zero, estas diferenças assumem maioritariamente valores negativos.

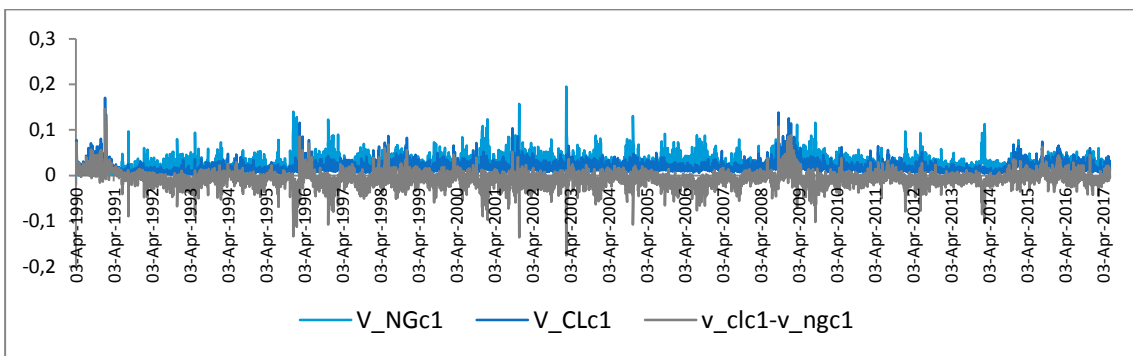


Gráfico 4.5 – Série da volatilidade do crude com maturidade a um mês (v_{clc1}), série da volatilidade do gás natural com maturidade a um mês (v_{ngc1}) e série das diferenças entre v_{clc1} e v_{ngc1} .

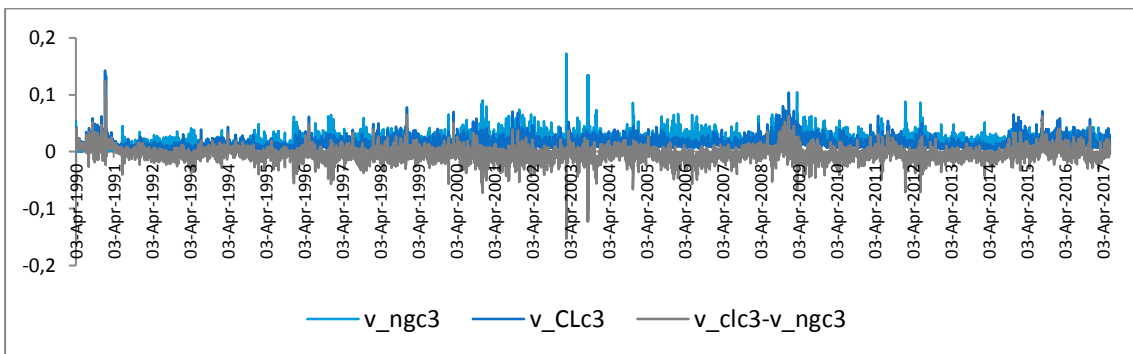


Gráfico 4.6 – Série da volatilidade do crude com maturidade a três meses (v_{clc3}), série da volatilidade do gás natural com maturidade a três meses (v_{ngc3}) e série das diferenças entre v_{clc3} e v_{ngc3} .

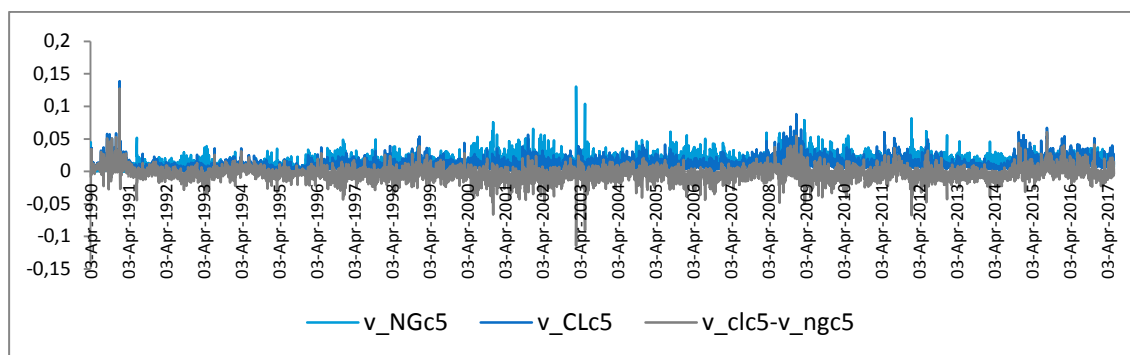


Gráfico 4.7 – Série da volatilidade do crude com maturidade a cinco meses (v_{clc5}), série da volatilidade do gás natural com maturidade a cinco meses (v_{ngc5}) e série das diferenças entre v_{clc5} e v_{ngc5} .

Halova (2012) que também trabalhou a influência destas duas séries refere que não considera no seu estudo que as séries da volatilidade do crude e do gás natural sejam co-integradas.

Não se correram testes de co-integração pois estes estão preparados apenas para séries que são integradas de ordem um²³ ou de ordens superiores, que não é o caso uma vez que as séries com que se está a trabalhar são integradas de ordem zero, ou seja, não têm raiz unitária e por isso são consideradas estacionárias.

4.7.2 Testes de Causalidade

No sentido de averiguar quanto à existência de causalidade da volatilidade dos contratos de futuros do crude na volatilidade dos contratos de futuros do gás natural, para contratos com maturidade a 1, 3 e 5 meses, correram-se em Eviews, respetivamente com 7, 8 e 8 desfasagens, os testes de causalidade de Granger. Estes testes, para o caso de maturidade a um mês revelaram que quer a volatilidade do gás natural não causa no sentido de Granger a volatilidade do crude, quer a volatilidade do crude não causa no sentido de Granger a volatilidade do gás natural. No caso de maturidade a três e cinco meses concluiu-se que a volatilidade do crude causa variações na volatilidade do gás natural no sentido de Granger. No que respeita à maturidade a três meses ainda se obteve que a volatilidade do gás natural causa no sentido de Granger a volatilidade do

²³ Segundo (Stock e Watson, 2004) se uma série (y_t) é integrada de ordem um então possui uma raiz autorregressiva unitária e a série das primeiras diferenças ($y_t - y_{t-1}$) é estacionária.

crude ao nível de significância de 5%, mas não ao nível de significância de 1%. No caso da maturidade a cinco meses obteve-se que a volatilidade do gás natural causa no sentido de Granger a volatilidade do crude ao nível de significância de 10% mas não ao nível de significância de 5%.

4.7.3 Resultados da estimação do modelo com as equações independentes

Para avaliar a interação da volatilidade das taxas de rentabilidade dos contratos de futuros do crude na volatilidade das taxas de rentabilidade dos contratos de futuros do gás natural confrontaram-se os resultados obtidos para o modelo base e para os modelos descrito pela Equação 3.10. Para avaliar a interação da volatilidade das taxas de rentabilidade dos contratos de futuros do gás natural na volatilidade das taxas de rentabilidade dos contratos de futuro do crude confrontaram-se os resultados obtidos para o modelo base e para os modelos descrito pela Equação 3.9.

A Tabela 4.20 apresenta os resultados da estimação do modelo da volatilidade do crude usando como variável explicativa a volatilidade do gás natural. De forma análoga, a Tabela 4.21 apresenta os resultados de estimação do modelo que envolve a volatilidade do crude como variável explicativa para a volatilidade do gás natural. As tabelas completas são reportadas no Anexo D.

Numa primeira análise e atendendo apenas ao resultado do R^2 ajustado pode suspeitar-se que as variáveis desfasadas da volatilidade do gás natural não ajudam a explicar a volatilidade do crude. Contudo, a significância individual dos coeficientes das variáveis desfasadas da volatilidade do gás natural não permitem aferir qual delas tem maior contributo. De facto, uma vez que, para v_clc1 e, para o período 01/04/2003-27/01/2009, nenhum dos coeficientes é significativo. Para o período 18/04/1990-05/01/1996, apenas a que tem um tempo de desfasamento tem significância a 5%. Para 27/01/2009-09/06/2017 apenas a que tem três tempos de desfasamento tem significância a 5%. No que toca a v_clc3 em todos os períodos há pelo menos um coeficiente que é significativo em cada um dos períodos. No caso de v_clc5 apenas no período de 04/03/2008 a 09/06/2007 há dois coeficientes com significância, o de três tempos de

desfasamento com nível de 10% de significância e o de cinco tempos de desfasamento com nível de 5% de significância.

	GARCH				BreakLS			
Painel 1 - Crude a Um Mês vs. Gás Natural a Um Mês								
período	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
v_ngc1(-1)	-0.044 (0.0254)	0.039 (0.0128)	-0.020 (0.2083)	0.013 (0.4162)	-0.018 (0.3557)	0.026 (0.0978)	-0.022 (0.2885)	0.016 (0.4522)
v_ngc1(-2)	-0.009 (0.6014)	0.029 (0.0544)	0.023 (0.1899)	-0.003 (0.8853)	-0.009 (0.7016)	0.018 (0.3944)	0.026 (0.2727)	0.005 (0.7776)
v_ngc1(-3)	-0.008 (0.6477)	-0.025 (0.0558)	0.011 (0.4178)	-0.039 (0.0102)	0.020 (0.3442)	-0.022 (0.1337)	0.012 (0.6064)	-0.053 (0.0017)
v_ngc1(-4)	0.002 (0.9065)	0.029 (0.0262)	0.011 (0.4899)	0.007 (0.6519)	-0.006 (0.7116)	0.011 (0.5660)	0.010 (0.6641)	0.012 (0.4497)
v_ngc1(-5)	-0.009 (0.5518)	0.001 (0.9529)	-0.007 (0.6798)	0.010 (0.4857)	-0.007 (0.7332)	0.002 (0.8993)	0.008 (0.7819)	0.023 (0.1525)
v_ngc1(-6)	-0.006 (0.7181)	0.002 (0.9012)	-0.025 (0.1373)	0.018 (0.2434)	-0.027 (0.2042)	-0.023 (0.1417)	-0.021 (0.3231)	0.029 (0.0808)
v_ngc1(-7)	0.004 (0.7756)	-0.003 (0.8001)	-0.001 (0.9452)	0.022 (0.1248)	-0.018 (0.3932)	0.006 (0.7054)	-7.96E-05 (0.9964)	0.012 (0.5386)
vol_ngc1(-1)	1.17E-08 (0.7765)	-3.36E-08 (0.0728)	-9.79E-09 (0.5094)	-3.35E-09 (0.3422)	-3.54E-08 (0.3805)	-3.34E-08 (0.1028)	-3.20E-08 (0.0836)	-4.49E-09 (0.3028)
vol_ngc1(-2)	4.86E-08 (0.3017)	-2.47E-08 (0.1572)	6.32E-09 (0.6578)	9.05E-10 (0.7893)	2.51E-08 (0.5420)	-1.54E-08 (0.4650)	4.05E-08 (0.1298)	-2.41E-09 (0.6389)
Nº Obs.	6814				6814			
R ²	0.425480				0.436304			
R ² Ajustado	0.418395				0.429352			
Painel 2 - Crude a Três Meses vs. Gás Natural a Três Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008
	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017
v_ngc3(-1)	-0.010 (0.6798)	0.014 (0.3831)	0.004 (0.8009)	-0.005 (0.7628)	0.010 (0.7009)	0.008 (0.6411)	-0.019 (0.2771)	-0.008 (0.7274)
v_ngc3(-2)	0.020 (0.3988)	-0.003 (0.8503)	0.012 (0.4663)	-0.004 (0.8024)	-0.009 (0.8189)	-0.002 (0.9098)	0.018 (0.2516)	0.011 (0.6347)
v_ngc3(-3)	0.004 (0.8559)	-0.052 (0.0011)	-2.65E-04 (0.9868)	-0.021 (0.1967)	0.047 (0.2081)	-0.038 (0.0260)	0.009 (0.6613)	-0.042 (0.0492)
v_ngc3(-4)	-0.038 (0.0925)	0.014 (0.4027)	0.024 (0.1606)	0.030 (0.0759)	-0.034 (0.2719)	0.019 (0.2365)	0.030 (0.1122)	0.025 (0.1662)
v_ngc3(-5)	-0.016 (0.4597)	0.029 (0.0418)	-0.019 (0.2534)	0.029 (0.0647)	-0.009 (0.7574)	0.021 (0.2225)	-0.019 (0.2945)	0.041 (0.1060)
v_ngc3(-6)	-0.010 (0.6796)	-0.018 (0.1826)	-0.016 (0.3443)	0.024 (0.1349)	-0.022 (0.4957)	-0.005 (0.7899)	0.008 (0.6458)	0.029 (0.1897)
v_ngc3(-7)	-0.035 (0.1404)	0.007 (0.5731)	-0.009 (0.5945)	0.021 (0.1570)	-0.070 (0.0525)	0.012 (0.5705)	-0.015 (0.2604)	0.023 (0.2845)
v_ngc3(-8)	0.013 (0.5497)	0.004 (0.7169)	-0.039 (0.0325)	-0.009 (0.6082)	0.014 (0.6247)	0.002 (0.9042)	-0.046 (0.0139)	-0.025 (0.1773)
vol_ngc3(-1)	-6.49E-08 (0.5469)	-1.01E-07 (0.0363)	-1.14E-08 (0.7516)	-1.75E-08 (0.0086)	-2.77E-07 (0.0105)	-1.31E-08 (0.8546)	2.16E-09 (0.9492)	-2.60E-08 (0.0005)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.402228				0.410977			
R ² Ajustado	0.395576				0.404422			
Painel 3 - Crude a Cinco Meses vs. Gás Natural a Cinco Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
v_ngc5(-1)	-0.006 (0.8187)	-0.004 (0.7919)	-1.01E-04 (0.9965)	-0.012 (0.5153)	0.022 (0.4623)	0.001 (0.9647)	-0.021 (0.2820)	-0.019 (0.4354)
v_ngc5(-2)	-0.011 (0.6517)	4.43E-04 (0.9783)	-0.005 (0.8398)	-0.002 (0.9253)	0.001 (0.9710)	0.003 (0.8713)	-0.010 (0.6262)	0.023 (0.3302)
v_ngc5(-3)	0.004 (0.8700)	-0.018 (0.2780)	-0.006 (0.7741)	-0.029 (0.0997)	0.038 (0.1761)	-0.015 (0.3953)	0.009 (0.7071)	-0.059 (0.0077)
v_ngc5(-4)	-0.032 (0.2253)	0.013 (0.4227)	0.027 (0.2447)	0.023 (0.2020)	-0.018 (0.6365)	0.008 (0.6424)	0.028 (0.1856)	0.021 (0.2783)
v_ngc5(-5)	-0.033 (0.2402)	0.004 (0.7801)	0.004 (0.8585)	0.037 (0.0209)	-0.050 (0.1767)	0.004 (0.8272)	0.010 (0.6376)	0.054 (0.0371)
v_ngc5(-6)	0.026 (0.3732)	-0.012 (0.3352)	-0.029 (0.2324)	0.006 (0.7028)	0.026 (0.4862)	-0.015 (0.4847)	-0.008 (0.7095)	0.009 (0.7113)
v_ngc5(-7)	-0.013 (0.6016)	-0.004 (0.7996)	-0.002 (0.9221)	0.016 (0.3524)	-0.025 (0.5554)	0.008 (0.6467)	-0.005 (0.7893)	0.020 (0.3407)
v_ngc5(-8)	-0.018 (0.4245)	0.006 (0.7375)	-0.029 (0.2252)	-0.012 (0.5177)	-0.046 (0.0803)	0.007 (0.6192)	-0.039 (0.0328)	-0.023 (0.2478)
vol_ngc5(-1)	-2.96E-07 (0.2358)	-6.85E-08 (0.4067)	-3.77E-08 (0.6082)	-1.11E-08 (0.3600)	-7.90E-07 (0.0024)	-1.70E-10 (0.9984)	-5.65E-08 (0.4032)	-2.54E-08 (0.0399)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.428211				0.434241			
R ² Ajustado	0.421849				0.427946			

Tabela 4.20 – Coeficientes da variável volatilidade do gás natural da equação para avaliar a influência da volatilidade do Gás Natural na

volatilidade do Crude, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_clc1 , v_clc3 e v_clc5 . O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

Analisando a Tabela 4.21 e atendendo apenas ao resultado do R^2 ajustado está-se em crer que as variáveis desfasadas da volatilidade do crude poderão ser um fator explicativo da volatilidade do gás natural. Da análise de significância individual dos coeficientes das variáveis do modelo, para v_ngc1 , verifica-se que apenas o primeiro e o décimo tempo de desfasamentos da volatilidade do crude tendem a ajudar a explicar o comportamento da série de volatilidades do gás natural. Para v_ngc3 , verifica-se que apenas um dos coeficientes em cada período é significativo. No caso de v_ngc5 para o período de 08/06/2010-09/06/2017 todos os coeficientes são não significativos, mas para os restantes períodos há pelo menos dois coeficientes, em cada período, que são significativos.

	GARCH				BreakLS				
Painel 1 - Gás Natural a Um Mês vs. Crude a Um Mês									
período	18-04-1990	19-12-1996			18-04-1990	19-12-1996			
	18-12-1996	09-06-2017			18-12-1996	09-06-2017			
v_clc1(-1)	0.061 (0.0360)	-0.032 (0.0649)			0.119 (0.0180)	-0.028 (0.1951)			
v_clc1(-2)	0.014 (0.6799)	-0.004 (0.7852)			0.050 (0.0653)	3.60E-04 (0.9873)			
v_clc1(-3)	0.043 (0.0561)	0.014 (0.4051)			0.068 (0.0669)	0.015 (0.4592)			
v_clc1(-4)	-0.055 (0.0736)	-0.017 (0.3231)			-0.103 (0.0007)	0.006 (0.7792)			
v_clc1(-5)	-0.009 (0.7559)	0.020 (0.2277)			-0.023 (0.3672)	0.005 (0.8103)			
v_clc1(-6)	0.020 (0.4687)	0.019 (0.2857)			0.010 (0.7567)	0.006 (0.7896)			
v_clc1(-7)	-0.018 (0.5709)	-0.015 (0.4106)			-0.033 (0.2200)	0.014 (0.6092)			
v_clc1(-8)	-0.043 (0.1605)	2.52E-05 (0.9988)			-0.020 (0.5606)	-0.001 (0.9595)			
v_clc1(-9)	0.007 (0.8133)	0.010 (0.5275)			-0.014 (0.5380)	4.76E-04 (0.9829)			
v_clc1(-10)	-0.058 (0.0521)	0.042 (0.0095)			-0.062 (0.0179)	0.021 (0.2579)			
VOL_clc1(-1)	-6.73E-09 (0.7041)	1.32E-09 (0.2244)			-6.05E-08 (0.0073)	2.40E-10 (0.8412)			
Nº Obs.	6814				6814				
R ²	0.368771				0.375633				
R ² Ajustado	0.364950				0.371853				
Painel 2 - Gás Natural a Três Meses vs. Crude a Três Meses									
período	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003			16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	
	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017			14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017	
v_clc3(-1)	-0.016 (0.5198)	0.084 (0.0000)	-0.026 (0.1580)			-0.003 (0.8992)	0.036 (0.3635)	1.69E-05 (0.9994)	
v_clc3(-2)	-0.008 (0.7864)	0.001 (0.9543)	-0.004 (0.8246)			-0.005 (0.8438)	0.002 (0.9468)	-0.032 (0.2614)	
v_clc3(-3)	-0.002 (0.9242)	-0.010 (0.6747)	0.024 (0.1876)			0.020 (0.3594)	0.009 (0.7997)	0.019 (0.4247)	
v_clc3(-4)	0.019 (0.4901)	0.038 (0.1420)	0.007 (0.7324)			0.024 (0.3904)	0.048 (0.1669)	0.011 (0.6139)	
v_clc3(-5)	-0.019 (0.5469)	-0.008 (0.7771)	0.021 (0.2709)			-0.033 (0.0773)	-0.025 (0.4557)	0.018 (0.4362)	
v_clc3(-6)	0.051 (0.0216)	0.018 (0.4847)	0.031 (0.0792)			0.066 (0.1216)	0.017 (0.5905)	0.041 (0.1330)	
v_clc3(-7)	-0.040 (0.1832)	-0.033 (0.1462)	0.022 (0.2185)			-0.062 (0.0033)	-0.011 (0.7511)	0.017 (0.4601)	
v_clc3(-8)	-0.022 (0.3872)	-0.018 (0.5150)	-0.026 (0.1223)			-0.025 (0.2348)	-0.021 (0.5007)	-0.008 (0.7095)	
VOL_clc3(-1)	6.24E-08 (0.0981)	6.91E-08 (0.0010)	-6.29E-09 (0.1523)			5.86E-08 (0.0909)	3.78E-08 (0.3256)	-7.52E-09 (0.0955)	
Nº Obs.	6816				6816				
R ²	0.319889				0.326120				
R ² Ajustado	0.314254				0.320537				
Painel 3 - Gás Natural a Cinco Meses vs. Crude a Cinco Meses									
período	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010		16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017		12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017
v_clc5(-1)	0.038 (0.1471)	0.120 (0.0002)	-0.035 (0.0904)	-0.021 (0.3577)		0.025 (0.2263)	0.104 (0.0033)	0.005 (0.8649)	-0.014 (0.5129)
v_clc5(-2)	-0.050 (0.0135)	-0.020 (0.5031)	-0.006 (0.7633)	0.013 (0.5584)		-0.041 (0.0289)	-0.001 (0.9862)	0.009 (0.7602)	0.012 (0.6018)
v_clc5(-3)	0.014 (0.3338)	-0.002 (0.9631)	0.050 (0.0079)	-0.002 (0.9404)		0.034 (0.2727)	-0.001 (0.9666)	0.043 (0.1060)	-0.021 (0.4279)
v_clc5(-4)	0.011 (0.6795)	0.029 (0.3841)	-0.010 (0.6218)	-0.002 (0.9354)		0.018 (0.3961)	0.041 (0.2339)	0.006 (0.8169)	0.004 (0.8844)
v_clc5(-5)	-0.019 (0.4616)	0.016 (0.6625)	-0.010 (0.6406)	0.012 (0.6249)		-0.004 (0.8449)	0.006 (0.8672)	-0.006 (0.8277)	0.020 (0.3931)
v_clc5(-6)	0.106 (0.0000)	0.037 (0.2899)	0.034 (0.1067)	0.019 (0.4609)		0.097 (0.0158)	0.027 (0.4583)	-2.44E-04 (0.9930)	0.017 (0.5193)
v_clc5(-7)	-0.071 (0.0150)	-0.103 (0.0065)	0.031 (0.1618)	0.007 (0.7726)		-0.094 (0.0001)	-0.095 (0.0065)	0.016 (0.5174)	0.019 (0.4379)
v_clc5(-8)	-0.035 (0.2562)	-0.029 (0.4636)	-0.018 (0.3263)	-0.001 (0.9735)		-0.026 (0.2386)	-0.044 (0.1572)	0.004 (0.8717)	-0.013 (0.5631)
VOL_clc5(-1)	5.39E-09 (0.9519)	2.35E-08 (0.7789)	1.87E-08 (0.2344)	-2.79E-09 (0.7489)		1.45E-08 (0.8508)	2.53E-08 (0.7992)	8.46E-09 (0.6430)	3.44E-09 (0.6889)
Nº Obs.	6816				6816				
R ²	0.330420				0.335135				
R ² Ajustado	0.322969				0.327737				

Tabela 4.21 – Coeficientes da variável volatilidade do crude da equação para avaliar a influência da volatilidade do Crude na volatilidade do Gás Natural, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção

Newey-West, para as séries v_ngc1 , v_ngc3 e v_ngc5 . O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

4.7.4 Resultados da estimação do modelo com equações simultâneas

Para avaliar a interação da volatilidade das taxas de rentabilidade dos contratos de futuros do crude na volatilidade das taxas de rentabilidade dos contratos de futuros do gás natural, e/ou vice-versa, correram-se as equações simultâneas dadas pelas Equação 3.9 e Equação 3.10. Aqui utilizou-se apenas o modelo BREAKLS.

Da análise da Tabela 4.22 é possível reiterar as conclusões obtidas na seção anterior. Nesta tabela pode constatar-se que os coeficientes referentes às variáveis dos defasamentos da volatilidade do gás natural, de um modo geral, são não significativos. Contudo, a variável contemporânea da volatilidade do gás natural é significativa, mas é cada vez menos à medida que aumenta a maturidade. O que pode levar a acreditar que a volatilidade do gás natural contribui pouco para a volatilidade do crude. O valor de R^2 Ajustado melhora, o que faz acreditar que os poucos coeficientes da volatilidade do gás natural que têm significância são suficientes para melhorar a explicação da volatilidade do crude. Por outras palavras, a volatilidade do Gás Natural exerce alguma influência sobre a volatilidade do crude.

Da análise da Tabela 4.23 constata-se que os coeficientes do primeiro defasamento da volatilidade do crude e a variável contemporânea da volatilidade do crude são, de um modo geral, significativos. O valor de R^2 Ajustado melhora o que indica que a volatilidade do Crude tem influência sobre a volatilidade do Gás Natural.

Crude explicado pelo Gás Natural										
Períodos do Gás Natural a Um Mês					Períodos do Crude a Um Mês					
período	18-04-1990	19-12-1996			18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009		
	18-12-1996	09-06-2017			05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017		
C	0.003	0.002			0.002	0.008	-0.001	0.002		
	(0.0026)	(0.0000)			(0.0159)	(0.0000)	(0.4421)	(0.0155)		
v_ngc1(-1)	-0.004	-0.023			-0.037	0.009	-0.042	0.007		
	(0.8469)	(0.0329)			(0.1446)	(0.5720)	(0.0499)	(0.7555)		
v_ngc1(-2)	-0.027	0.017			-0.016	0.012	0.003	-0.001		
	(0.2393)	(0.1236)			(0.5407)	(0.4851)	(0.8731)	(0.9590)		
v_ngc1(-3)	0.013	-0.027			0.014	-0.026	0.002	-0.056		
	(0.5446)	(0.0090)			(0.5495)	(0.0772)	(0.9296)	(0.0027)		
v_ngc1(-4)	-0.004	0.003			-0.013	0.006	-0.005	0.008		
	(0.8642)	(0.7866)			(0.5729)	(0.6754)	(0.8126)	(0.6785)		
v_ngc1(-5)	-0.010	-0.003			-0.009	-0.004	-0.006	0.014		
	(0.6165)	(0.7389)			(0.7007)	(0.7727)	(0.7406)	(0.4608)		
v_ngc1(-6)	-0.030	-0.007			-0.030	-0.023	-0.028	0.027		
	(0.1464)	(0.4818)			(0.1984)	(0.1236)	(0.1463)	(0.1451)		
v_ngc1(-7)	-3.16E-04	0.003			-0.018	0.001	-0.013	0.007		
	(0.9869)	(0.7958)			(0.4329)	(0.9418)	(0.5007)	(0.6633)		
vol_ngc1(-1)	-4.61E-08	-3.76E-09			-6.44E-08	-3.51E-08	-2.67E-08	-3.35E-09		
	(0.3432)	(0.3889)			(0.2735)	(0.0740)	(0.1685)	(0.5063)		
vol_ngc1(-2)	2.68E-08	-4.17E-09			3.62E-08	-1.43E-08	3.83E-08	-2.93E-09		
	(0.5850)	(0.3280)			(0.5394)	(0.4610)	(0.0323)	(0.5571)		
v_ngc1	0.057	0.080			0.067	0.057	0.131	0.047		
	(0.0038)	(0.0000)			(0.0025)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0113)		
Nº Obs.	6814				6814					
R ²	0.426877				0.442887					
R ² Ajustado	0.423237				0.435681					
Períodos do Gás Natural a Três Meses					Períodos do Crude a Três Meses					
período	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003			16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	
	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017			05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	
C	0.003	0.006	0.002			0.003	0.005	0.006	0.002	
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0016)			(0.0001)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0076)	
v_ngc3(-1)	-0.025	-0.003	-0.035			-0.029	-0.015	-0.027	-0.018	
	(0.4557)	(0.8739)	(0.0126)			(0.4100)	(0.4090)	(0.1740)	(0.3337)	
v_ngc3(-2)	-0.019	-0.012	-0.011			-0.019	-0.012	-0.017	-0.004	
	(0.5434)	(0.4855)	(0.4270)			(0.5625)	(0.4756)	(0.3972)	(0.8167)	
v_ngc3(-3)	0.012	-0.040	-0.024			0.033	-0.044	0.005	-0.046	
	(0.7045)	(0.0193)	(0.0975)			(0.3285)	(0.0098)	(0.7963)	(0.0152)	
v_ngc3(-4)	-0.049	0.021	0.010			-0.048	0.013	0.019	0.017	
	(0.1193)	(0.2062)	(0.4668)			(0.1552)	(0.4614)	(0.3617)	(0.3719)	
v_ngc3(-5)	-0.018	0.005	-0.001			-0.016	0.009	-0.028	0.018	
	(0.5734)	(0.7555)	(0.9304)			(0.6292)	(0.6059)	(0.1769)	(0.3310)	
v_ngc3(-6)	-0.019	-0.007	0.027			-0.025	-0.002	0.015	0.026	
	(0.5520)	(0.6610)	(0.0560)			(0.4649)	(0.9204)	(0.4557)	(0.1781)	
v_ngc3(-7)	-0.043	0.006	0.001			-0.070	0.005	-0.020	0.018	
	(0.1646)	(0.7231)	(0.9689)			(0.0414)	(0.7615)	(0.3045)	(0.3329)	
v_ngc3(-8)	0.028	-0.015	-0.039			0.009	-0.004	-0.052	-0.037	
	(0.3387)	(0.3567)	(0.0050)			(0.7713)	(0.8022)	(0.0072)	(0.0505)	
vol_ngc3(-1)	-3.51E-07	-5.84E-08	-1.38E-08			-3.42E-07	-2.91E-08	-1.11E-09	-2.51E-08	
	(0.0169)	(0.3546)	(0.0401)			(0.0317)	(0.6373)	(0.9797)	(0.0014)	
v_ngc3	0.139	0.093	0.124			0.136	0.102	0.113	0.111	
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)			(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	
Nº Obs.	6816				6816					
R ²	0.411007				0.421874					
R ² Ajustado	0.405863				0.415093					
Períodos do Gás Natural a Cinco Meses					Períodos do Crude a Cinco Meses					
período	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010		16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	
	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017		05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	
C	0.002	0.006	0.001	0.002		0.002	0.004	0.004	0.002	
	(0.0001)	(0.0000)	(0.0037)	(0.0109)		(0.0001)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0040)	
v_ngc5(-1)	0.005	-0.083	-0.047	0.018		0.009	-0.026	-0.038	-0.035	
	(0.8899)	(0.0131)	(0.0015)	(0.4835)		(0.8056)	(0.1702)	(0.1171)	(0.0612)	
v_ngc5(-2)	0.002	-0.021	-0.004	-0.004		-0.002	-0.004	-0.028	0.008	
	(0.9533)	(0.5167)	(0.7893)	(0.8772)		(0.9647)	(0.8288)	(0.2377)	(0.6717)	
v_ngc5(-3)	0.034	2.40E-04	-0.039	-0.056		0.032	-0.023	3.43E-04	-0.065	
	(0.3239)	(0.9940)	(0.0076)	(0.0232)		(0.3755)	(0.2290)	(0.9887)	(0.0005)	
v_ngc5(-4)	-0.037	0.014	-0.005	0.020		-0.022	-4.78E-04	0.016	0.012	
	(0.2875)	(0.6583)	(0.7555)	(0.4134)		(0.5383)	(0.9796)	(0.5158)	(0.5029)	
v_ngc5(-5)	-0.056	0.029	-0.008	0.031		-0.052	-0.006	-0.010	0.030	
	(0.1057)	(0.3664)	(0.5695)	(0.2153)		(0.1438)	(0.7360)	(0.6768)	(0.1127)	
v_ngc5(-6)	0.025	-0.074	0.006	-0.005		0.026	-0.015	-0.013	0.010	
	(0.4712)	(0.0209)	(0.6637)	(0.8336)		(0.4668)	(0.4083)	(0.5910)	(0.6035)	
v_ngc5(-7)	-0.026	0.028	0.006	-0.006		-0.027	0.005	-0.012	0.014	
	(0.4438)	(0.3858)	(0.6590)	(0.8061)		(0.4471)	(0.7931)	(0.6172)	(0.4452)	
v_ngc5(-8)	-0.033	-0.003	-0.020	-0.029		-0.047	0.001	-0.036	-0.032	
	(0.3001)	(0.9356)	(0.1653)	(0.2353)		(0.1580)	(0.9706)	(0.1248)	(0.0830)	
vol_ngc5(-1)	-8.91E-07	-1.12E-07	3.82E-08	-2.14E-08		-8.39E-07	-1.49E-08	-6.13E-08	-2.23E-08	
	(0.0103)	(0.5062)	(0.4029)	(0.1832)		(0.0162)	(0.8801)	(0.4622)	(0.1019)	
v_ngc5	0.059	0.066	0.147	0.087		0.046	0.106	0.138	0.122	
	(0.0794)	(0.0342)	(0.0000)	(0.0003)		(0.1829)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	
Nº Obs.	6816				6816					
R ²	0.440555				0.443839					
R ² Ajustado	0.433994				0.437317					

Tabela 4.22 – Coeficientes da variável volatilidade do Gás Natural da equação para avaliar a influência da volatilidade do Gás Natural na volatilidade do Crude, estimados usando equações simultâneas pelo BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_clc1, v_clc3 e v_clc5. O valor do p-value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

Gás Natural explicado pelo Crude									
Períodos do Gás Natural a Um Mês					Períodos do Crude a Um Mês				
período	18-04-1990	19-12-1996			18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	
	18-12-1996	09-06-2017			05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	
C	0.006	0.007			0.007	0.007	0.007	0.006	
	(0.0000)	(0.0000)			(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	
v_clc1	0.079	0.159			0.097	0.125	0.250	0.084	
	(0.0117)	(0.0000)			(0.0082)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0129)	
v_clc1(-1)	0.104	-0.061			0.060	-0.007	-0.022	-0.080	
	(0.0025)	(0.0024)			(0.1383)	(0.8347)	(0.5474)	(0.0271)	
v_clc1(-2)	0.037	-0.026			0.030	0.030	-0.084	-0.012	
	(0.2523)	(0.1869)			(0.4325)	(0.3057)	(0.0208)	(0.7412)	
v_clc1(-3)	0.058	-0.002			0.056	0.012	-0.011	0.009	
	(0.0776)	(0.9135)			(0.1373)	(0.6828)	(0.7728)	(0.8003)	
v_clc1(-4)	-0.105	-0.004			-0.088	-0.030	-0.016	-0.004	
	(0.0011)	(0.8492)			(0.0175)	(0.3127)	(0.6539)	(0.9020)	
v_clc1(-5)	-0.025	-0.010			-0.006	-0.008	-0.042	-0.028	
	(0.4294)	(0.6121)			(0.8727)	(0.7791)	(0.2574)	(0.4387)	
v_clc1(-6)	0.007	0.001			0.011	-0.054	-0.021	0.050	
	(0.8251)	(0.9487)			(0.7593)	(0.0677)	(0.5625)	(0.0883)	
v_clc1(-7)	-0.040	0.010			-0.044	-0.003	0.014	-0.001	
	(0.2187)	(0.6126)			(0.2333)	(0.9221)	(0.6950)	(0.9700)	
v_clc1(-8)	-0.022	-0.010			-0.029	0.009	-0.060	-0.001	
	(0.4936)	(0.6172)			(0.4408)	(0.7659)	(0.0990)	(0.9858)	
v_clc1(-9)	-0.022	-0.004			-0.040	-0.001	-0.037	0.017	
	(0.4870)	(0.8542)			(0.2709)	(0.9789)	(0.3034)	(0.6205)	
v_clc1(-10)	-0.065	0.009			-0.054	-0.049	0.050	0.025	
	(0.0363)	(0.6260)			(0.1324)	(0.0875)	(0.0859)	(0.4494)	
VOL_clc1(-1)	-6.07E-08	-1.75E-10			-5.50E-08	4.13E-09	3.00E-09	3.08E-10	
	(0.0091)	(0.9006)			(0.0272)	(0.7862)	(0.5774)	(0.8577)	
Nº Obs.	6814				6814				
R ²	0.382490				0.385090				
R ² Ajustado	0.378567				0.377136				
Períodos do Gás Natural a Três Meses					Períodos do Crude a Três Meses				
período	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003		16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	
	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017		05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	
C	0.002	0.005	0.005		0.003	0.005	0.005	0.005	
	(0.0215)	(0.0000)	(0.0000)		(0.0063)	(0.0000)	(0.0002)	(0.0000)	
v_clc3	0.104	0.187	0.185		0.099	0.180	0.339	0.126	
	(0.0009)	(0.0000)	(0.0000)		(0.0029)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	
v_clc3(-1)	-0.025	0.003	-0.043		-0.032	-0.003	0.025	-0.055	
	(0.4622)	(0.9291)	(0.0493)		(0.3659)	(0.9280)	(0.5510)	(0.0325)	
v_clc3(-2)	-0.013	-0.025	-0.064		-0.020	-0.014	-0.164	-0.013	
	(0.6927)	(0.3721)	(0.0036)		(0.5557)	(0.6187)	(0.0001)	(0.6234)	
v_clc3(-3)	0.017	-0.007	0.003		0.012	0.013	-0.022	-0.007	
	(0.5791)	(0.8131)	(0.8788)		(0.7266)	(0.6531)	(0.5849)	(0.7812)	
v_clc3(-4)	0.013	0.039	-0.007		0.011	0.009	0.010	0.007	
	(0.6679)	(0.1752)	(0.7545)		(0.7352)	(0.7567)	(0.8027)	(0.7885)	
v_clc3(-5)	-0.040	-0.036	0.006		-0.032	-0.025	-0.073	0.018	
	(0.1963)	(0.2092)	(0.7819)		(0.3355)	(0.3688)	(0.0733)	(0.4936)	
v_clc3(-6)	0.047	0.009	0.029		0.044	0.002	0.050	0.018	
	(0.1382)	(0.7603)	(0.1899)		(0.1966)	(0.9431)	(0.2228)	(0.4714)	
v_clc3(-7)	-0.073	-0.008	0.003		-0.068	-0.009	0.004	-0.001	
	(0.0231)	(0.7867)	(0.9062)		(0.0447)	(0.7442)	(0.9217)	(0.9544)	
v_clc3(-8)	-0.023	-0.026	-0.020		-0.011	-0.031	-0.086	-0.006	
	(0.4656)	(0.3561)	(0.3404)		(0.7452)	(0.2519)	(0.0355)	(0.8171)	
VOL_clc3(-1)	5.40E-08	3.04E-08	-7.99E-09		3.48E-08	9.81E-09	8.32E-09	-9.60E-09	
	(0.2835)	(0.2955)	(0.1517)		(0.5151)	(0.7385)	(0.6295)	(0.1176)	
Nº Obs.	6816				6816				
R ²	0.339480				0.346043				
R ² Ajustado	0.333711				0.338373				
Períodos do Gás Natural a Cinco Meses					Períodos do Crude a Cinco Meses				
período	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	
	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	
C	0.002	0.004	0.005	0.004	0.002	0.003	0.005	0.005	
	(0.0008)	(0.0021)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0007)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	
v_clc5	0.039	0.081	0.255	0.084	0.030	0.205	0.261	0.122	
	(0.2007)	(0.0373)	(0.0000)	(0.0017)	(0.3404)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	
v_clc5(-1)	0.018	0.092	-0.038	-0.045	0.014	0.017	-0.009	-0.031	
	(0.5719)	(0.0213)	(0.0794)	(0.1154)	(0.6676)	(0.5638)	(0.8148)	(0.1627)	
v_clc5(-2)	-0.045	-0.008	-0.032	-0.003	-0.040	0.012	-0.100	-0.010	
	(0.1487)	(0.8423)	(0.1412)	(0.9240)	(0.2107)	(0.6897)	(0.0063)	(0.6618)	
v_clc5(-3)	0.032	-0.003	0.014	-0.027	0.023	0.055	1.22E-04	-0.032	
	(0.2990)	(0.9313)	(0.5147)	(0.3557)	(0.4723)	(0.0615)	(0.9973)	(0.1445)	
v_clc5(-4)	0.014	0.040	-0.017	0.001	0.010	0.013	-0.032	0.014	
	(0.6584)	(0.3039)	(0.4302)	(0.9678)	(0.7579)	(0.6533)	(0.3802)	(0.5309)	
v_clc5(-5)	-0.009	1.13E-04	-0.022	0.018	0.001	-0.013	-0.021	0.003	
	(0.7779)	(0.9977)	(0.3014)	(0.5301)	(0.9706)	(0.6506)	(0.5607)	(0.8850)	
v_clc5(-6)	0.093	0.021	-0.018	0.010	0.093	-0.007	-0.021	0.008	
	(0.0028)	(0.5898)	(0.4057)	(0.7361)	(0.0033)	(0.8019)	(0.5557)	(0.7049)	
v_clc5(-7)	-0.097	-0.099	-0.010	0.016	-0.095	-0.039	0.012	-0.002	
	(0.0020)	(0.0123)	(0.6419)	(0.5731)	(0.0027)	(0.1814)	(0.7473)	(0.9112)	
v_clc5(-8)	-0.027	-0.045	-0.012	-0.019	-0.018	-0.041	-0.026	-0.001	
	(0.3756)	(0.2501)	(0.5633)	(0.4729)	(0.5595)	(0.1511)	(0.4630)	(0.9784)	
VOL_clc5(-1)	5.97E-09	1.53E-08	1.07E-10	3.83E-09	-1.54E-08	-3.31E-08	1.11E-08	-8.44E-09	
	(0.9559)	(0.8809)	(0.9956)	(0.6876)	(0.8890)	(0.6162)	(0.7137)	(0.3276)	
Nº Obs.	6816				6816				
R ²	0.351213				0.346244				
R ² Ajustado	0.343605				0.338577				

Tabela 4.23 – Coeficientes da variável volatilidade do crude da equação para avaliar a influência da volatilidade do Crude na volatilidade do Gás Natural, estimados usando equações simultâneas pelo BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_ngc1, v_ngc3 e v_ngc5. O valor do p-value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

5. Conclusões

Embora a volatilidade seja um tema que tenha sido já amplamente estudado, independentemente do tipo de *commodity*, não é abordada sempre sobre o mesmo prisma. No presente estudo analisaram-se: o efeito *momentum* na volatilidade, a presença de sazonalidade mensal e a influência do dia da semana. Além disso investigase a relação existente entre as séries de volatilidade do crude e do gás natural.

Tendo como principal objetivo perceber melhor o que motiva o comportamento da volatilidade dos futuros de energia neste trabalho procurou-se cobrir algumas das lacunas encontradas na literatura ou dar uma outra perspectiva sobre algumas das ambiguidades encontradas.

Uma dessas ambiguidades foi ao nível do dia da semana onde se verificava o efeito da publicação dos relatórios sobre os *stocks*. Neste estudo, concluiu-se que no caso da volatilidade do gás natural o dia mais influente é quinta-feira e no caso da volatilidade do crude os dias de mais influência são terça-feira e quarta-feira. Verificou-se que a volatilidade aumenta no dia de publicação do relatório de *stocks* de crude e que diminui no dia anterior. Este fenómeno também se pode notar na volatilidade do gás natural cujo dia de publicação do relatório de *stocks* do gás natural é a quinta-feira registando-se também uma relação negativa da volatilidade com a sexta-feira. Neste último caso, fica a dúvida se por ser vésperas de fim de semana ou se por ser o dia seguinte ao da publicação do relatório.

A par desta análise realizou-se um estudo que visava confirmar os movimentos de consumo de energia motivados pelos meses /estações do ano. Correndo modelos com *dummies* para os meses do ano e para o período de verão (junho a setembro) e de inverno (dezembro a março) identificou-se que a volatilidade regista estes fluxos. A volatilidade do crude reage positivamente aos meses de inverno e negativamente aos meses de verão, ou seja, a volatilidade aumenta nos meses de inverno e diminui nos meses de verão. A volatilidade do gás natural reage positivamente aos meses de inverno.

Além disso, identificou-se que ainda não tinha sido investigado o efeito *momentum*, ou seja, a influência do *momentum* do mercado de futuros (aproximado pelo *momentum* do

mercado de ações) na volatilidade de futuros de energia. Para a série da volatilidade do crude verificou-se um efeito negativo com relevância para o período que antecedeu a crise econômica. No que toca à influência do *momentum* na volatilidade do gás natural esta apenas se registou para um dos períodos dos contratos com maturidade a cinco meses, revelando uma fraca ligação entre a variável *momentum* e a volatilidade do gás natural.

Com uma abordagem similar a outras já adotadas para dados de alta frequência, neste trabalho averiguou-se a possibilidade de influência da volatilidade do gás natural na volatilidade do crude e a possibilidade de influência da volatilidade do crude na volatilidade do gás natural. Concluiu-se que a volatilidade do gás natural ou não tem ou tem uma influência muito reduzida sobre a volatilidade do crude e que a volatilidade do crude influencia a volatilidade do gás natural, sendo esta influência mais notada nos contratos com maturidade a três meses.

De ressaltar que este estudo foi realizado para contratos de futuros de energia negociados na América do Norte, ficando para futura a questão se estas conclusões serão igualmente válidas para os contratos de futuros de energia negociados na Europa.

Neste estudo utilizou-se o *momentum* do mercado de ações para representar o *momentum* do mercado de futuros o que pode constituir uma limitação. Por isto, numa futura investigação calcular-se-á diretamente o *momentum* do mercado de futuros e verificar-se-á se este é fator determinante da volatilidade do crude e do gás natural.

Bibliografia

Agnolucci, P. (2009) “Volatility in crude oil futures: A comparison of the predictive ability of GARCH and implied volatility models”, in *Energy Economics*, Vol.31, pp.316-321.

Alizadeh, A. H. e M. Tamvakis (2016) “Market conditions, trader types and price–volume relation in energy futures markets”, in *Energy Economics*, Vol.56, pp. 134-149.

Anderson, R. W. (1985) “Some Determinants of the Volatility of Futures Prices”, in *The Journal of Futures Markets*, Vol.5, N°3, pp. 331-348.

Ang, A., R. J. Hodrick, Y. Xing e X. Zhang (2006) “The Cross-Section of Volatility and Expected Returns”, in *The Journal of Finance*, Vol.61, N°1, pp. 259-299.

Aue, A., L. Horváth e D. F. Pellatt (2017) “Functional Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity”, in *Journal of Time Series Analysis*, Vol.38, pp.3-21.

Bollerslev, T. (1986) “Generalised autoregressive conditional heteroscedasticity”, in *Journal of Economic*, Vol.31, pp.307-327.

Bolsa de valores do Porto (1994?), *Introdução aos Mercados de Futuros e Opções*, Porto: Associação da Bolsa de Valores do Porto.

Bunnag, T. (2016) “Volatility Transmission in Crude Oil, Gold, Standard and Poor’s 500 and US Dollar Index Futures using Vector Autoregressive-Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Model”, in *International Journal of Energy Economics and Policy*, Vol.6, N°1, pp.39-52.

Charfeddine, L. (2016) “Breaks or long range dependence in the energy futures volatility: Out-of-sample forecasting and VaR analysis”, in *Economic Modelling*, Vol.53, pp.354-374.

Ciner, C. (2001) “Energy Shocks and Financial Markets: Nonlinear Linkages”, in *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, Vol.5, N°3, pp.203-212.

Daal, E., J. Farhat e P. P. Wei (2006) “Does futures exhibit maturity effect? New evidence from an extensive set of US and foreign futures contracts”, in *Review of Financial Economics*, Vol.15, pp.113-128.

DeFusco, R.A., D.W. McLeavey, J.E. Pinto e D.E. Runkle (2015), *Quantitative Investment Analysis*, CFA Institute Investment Books. 3rd Edition, Chapter 10, pp.459-524.

Edwards, F., Ma C.W. (1985), *Future and Options*, São Paulo. McGraw-Hill.

Engle, R.F. (1983) “Estimates of the Variance of U.S. Inflation Based upon the ARCH Model”, in *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol.15, N°3, pp.286-301.

Ergen, I. e I. Rizvanoglu (2016) “Asymmetric impacts of fundamentals on the natural gas futures volatility: An augmented GARCH approach”, in *Energy Economics*, Vol.56, pp.64-74.

Foster, A.J. (1995) “Volume-Volatility Relationships for Crude Oil Futures Markets”, in *The Journal of Futures Markets*, Vol.15, N°8, pp.929-951.

Ftiti, Z., F. Jawadi e W. Louhichi (2017) “Modelling the relationship between future energy intraday volatility and trading volume with wavelet”, in *Applied Economics*, Vol.49, N°20, pp.1981-1993.

Gujarati, D. (2006), *Basic Econometrics*, 4^a edição. São Paulo. Campus.

Halova, M. (2012) “Gas Does Affect Oil: Evidence for Intraday Prices and Inventory Announcements”, Department of Economics, Boston College, working paper.

Herbert, J.H. (1995) “Trading volume, maturity and natural gas futures price volatility”, in *Energy Economic*, Vol.17, N°4, pp.293-299.

Jegadeesh, N. e S. Titman (1993) “Returns to buying winners and selling losers: Implications for stock market efficiency”, *Journal of Finance*. Vol. 48, pp. 65–91.

Jegadeesh, N. e S. Titman (2001) “Momentum”, Working Paper. University of Illinois.

- Klein, T. e T. Walther (2016) “Oil price volatility forecast with memory GARCH”, in *Energy Economics*, Vol.58, pp.46-58.
- Li, G. e Y. Li (2015) “Forecasting copper future volatility under model uncertainty”, in *Resources Policy*, Vol. 46, pp.167-176.
- Linn, S. e Z. Zhu (2004) “Natural Gas Prices and the Gas Storage Report: Public News and Volatility in energy Futures Markets”, in *The Journal of Futures Markets*, Vol.24, N°3, pp.283-313.
- Liu, W. (2016) “A re-examination of maturity effect of energy futures price from the perspective of stochastic volatility”, in *Energy Economics*, Vol.56, pp. 351-362.
- Martínez, B. e H Torró (2015) “European natural gas seasonal effects on future hedging”, in *Energy Economics*, Vol.50, pp.154-168.
- Murteira, B.J.F., D.A. Muller e K.F. Turkman (1993) *Análise de Sucessões Cronológicas*, Lisboa. McGraw Hill.
- Nicolau, M. e G. Palomba (2015) “Dynamic relationships between spot and futures prices. The case of energy and gold commodities”, in *Resources Policy*, Vol.45, pp.130-143.
- Pirrong C. (2005) “Momentum in Future Markets”, Bauer College of Business, University of Houston, working paper.
- Samuelson, P.A. (1965) “Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly”, in *Industrial Management Review*, Vol.6, pp.41-49.
- Serletis, A. (1991a) “Maturity effects in energy futures” in *Energy Economics*, Vol.12, N°2, pp.150-157.
- Serletis, A. (1991b) “Rational expectations, risk and efficiency in energy futures markets” in *Energy Economics*, Vol.12, N°2, pp.111-115.
- Sensoy, A. e E. Hacihasanoglu (2014) “Time-varying long range dependence in energy futures markets”, in *Energy Economics*, Vol.46, pp.318-327.

Shi, Y. e K.-Y. Ho (2015) “Modeling high-frequency volatility with three-state FIGARCH models”, in *Economic Modelling*, Vol.51, pp.473-483.

Stock, J.H. e M.W. Watson (2004) *Econometria*. São Paulo. Addison Wesley Bra.

Suenaga, H. e A. Smith (2011) “Volatility Dynamics and Seasonality in Energy Prices: Implications for Crack-Spread Price Risk”, in *The Energy Journal*, Vol.32, N°3, pp.27-58.

Switzer, L., M. El-Khoury (2007) “Extreme Volatility, Speculative Efficiency, and the Hedging Effectiveness of the Oil Futures Markets”, in *The Journal of Futures Markets*, Vol.27, N°1, pp.61-84.

Todorova, M. I. (2004) “Modeling Energy Commodity Futures: Is Seasonality Part of it?”, in *The Journal of Alternative Investments*, Vol.Fall 2004, pp.10-31.

Vortelinos, D. I. (2017) “Forecasting Realized Volatility: *HAR* against Principal Components Combining, neural networks and *GARCH*”, in *Research in International Business and Finance*, Vol.39, pp.824-839.

Wang, T., J. Wu e J. Yang (2008) “Realized Volatility and Correlation in Energy Futures Markets”, in *The Journal of Futures Markets*, Vol.28, N°10, pp.993-1011.

Wang, Y., C. Wu e L. Yang (2016) “Forecasting crude oil market volatility: A Markov switching multifractal volatility approach”, in *International Journal of Forecasting*, Vol.32, pp.1-9.

Anexo A. Testes de estacionariedade das séries (*Dickey-Fuller Aumentado*)

Na Tabela A.1 podem consultar-se os resultados do teste *Dickey-Fuller Aumentado* de onde se pode concluir que as séries v_clc1 , v_clc3 e v_clc5 não têm raiz unitária.

Hipótese nula1: V_CLC1 tem raiz unitária
 Hipótese nula2: V_CLC3 tem raiz unitária
 Hipótese nula3: V_CLC5 tem raiz unitária

	Estatística t	p-value
Estatísticas do teste Dickey-Fuller Aumentado (v_clc1)	-8.056227	0.0000
Estatísticas do teste Dickey-Fuller Aumentado (v_clc3)	-8.448274	0.0000
Estatísticas do teste Dickey-Fuller Aumentado (v_clc5)	-7.895509	0.0000
Valores críticos do teste:		
Nível 1%	-3.431132	
Nível 5%	-2.861770	
Nível 10%	-2.566935	

Tabela A.1 – Resultados do teste *Dickey-Fuller Aumentado* para v_clc1 , v_clc3 e v_clc5 .

Na Tabela A.2 podem consultar-se os resultados do teste *Dickey-Fuller Aumentado* de onde se pode concluir que as séries v_ngc1 , v_ngc3 e v_ngc5 não têm raiz unitária.

Hipótese nula1: V_NGC1 tem raiz unitária
 Hipótese nula2: V_NGC3 tem raiz unitária
 Hipótese nula3: V_NGC5 tem raiz unitária

	Estatística t	p-value
Estatísticas do teste Dickey-Fuller Aumentado (v_ngc1)	-10.25777	0.0000
Estatísticas do teste Dickey-Fuller Aumentado (v_ngc3)	-11.73863	0.0000
Estatísticas do teste Dickey-Fuller Aumentado (v_ngc5)	-11.63997	0.0000
Valores críticos do teste:		
Nível 1%	-3.431131	
Nível 5%	-2.861770	
Nível 10%	-2.566934	

Tabela A.2 – Resultados do teste *Dickey-Fuller Aumentado* para v_ngc1 , v_ngc3 e v_ngc5 .

Anexo B. Tabelas Completas para a Sazonalidade

Aqui apresentam-se as tabelas completas para a Equação 3.5 e a Equação 3.7. Apresentam-se também aqui as tabelas resumidas dos modelos em que se acrescenta à equação do modelo base a variável *dummy* correspondente a cada um dos meses, uma de cada vez. Para estes indicam-se unicamente os valores dos coeficientes, os *p-value* do teste de significância individual para estes e o R² Ajustado de cada modelo.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008
	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017
C	0.002846 (0.0000)	0.009231 (0.0000)	0.006556 (0.0000)	0.000874 (0.1282)	0.002267 (0.0137)	0.008034 (0.0000)	0.007086 (0.0000)	0.001942 (0.0122)
V(-1)	0.179665 (0.0000)	0.116461 (0.0000)	0.018148 (0.5568)	0.285185 (0.0000)	0.192515 (0.0000)	0.183789 (0.0000)	0.013706 (0.6680)	0.279642 (0.0000)
V(-2)	0.077901 (0.0067)	0.125287 (0.0000)	-0.003152 (0.9314)	0.178744 (0.0000)	0.043653 (0.1957)	0.146188 (0.0000)	0.027733 (0.2866)	0.207065 (0.0000)
V(-3)	0.113460 (0.0001)	0.077390 (0.0006)	0.080431 (0.0087)	0.093341 (0.0001)	0.028354 (0.5224)	0.063651 (0.0355)	0.062386 (0.0271)	0.064950 (0.0052)
V(-4)	0.078715 (0.0117)	0.056692 (0.0331)	0.079938 (0.0126)	0.077447 (0.0009)	0.109750 (0.0000)	0.041385 (0.0889)	0.087826 (0.0008)	0.091220 (0.0091)
V(-5)	0.136929 (0.0000)	0.015713 (0.5397)	0.126006 (0.0000)	0.038080 (0.1290)	0.081615 (0.2560)	0.052287 (0.0274)	0.135802 (0.0000)	0.031118 (0.2312)
V(-6)	0.069054 (0.0238)	0.011155 (0.6456)	0.082947 (0.0069)	0.102583 (0.0000)	0.210748 (0.0851)	0.027436 (0.2602)	0.088467 (0.0010)	0.065399 (0.0129)
V(-7)	0.051107 (0.0876)	-0.011664 (0.6568)	0.067930 (0.0290)	0.062809 (0.0082)	0.103341 (0.0139)	-0.022097 (0.3737)	0.063366 (0.0404)	0.092047 (0.0013)
V(-8)	0.026373 (0.4026)	0.007961 (0.7643)	0.114516 (0.0000)	0.072163 (0.0016)	-0.003449 (0.9410)	0.006437 (0.7587)	0.080357 (0.0137)	0.051307 (0.0634)
VOL(-1)	8.11E-09 (0.7891)	5.93E-08 (0.0033)	-9.86E-09 (0.3239)	-7.46E-09 (0.0668)	3.39E-08 (0.4055)	3.94E-08 (0.1222)	-9.54E-09 (0.4056)	-8.00E-09 (0.1584)
M1	-0.000179 (0.7887)	0.000748 (0.3114)	0.001708 (0.0472)	0.001131 (0.0972)	0.001247 (0.4747)	0.000121 (0.9015)	0.001210 (0.3201)	0.001261 (0.1961)
M2	-0.001048 (0.2167)	-0.000762 (0.2929)	0.000519 (0.5701)	0.001130 (0.0689)	-0.000470 (0.5805)	-0.001222 (0.1971)	-8.24E-05 (0.9293)	0.000914 (0.2894)
M3	-0.000889 (0.1956)	0.000442 (0.4933)	0.001227 (0.0778)	0.000615 (0.3630)	-0.000430 (0.5664)	0.000381 (0.7326)	0.000692 (0.4847)	9.65E-05 (0.8991)
M4	-0.000788 (0.1715)	-0.001135 (0.1677)	-0.000134 (0.8851)	0.001018 (0.0864)	-0.000884 (0.2624)	-0.000954 (0.3622)	-0.000440 (0.6421)	0.000255 (0.7262)
M5	-0.000561 (0.3767)	-0.001105 (0.0782)	-8.23E-06 (0.9919)	0.001142 (0.0706)	-0.000553 (0.4452)	-0.001611 (0.0912)	-0.000377 (0.6826)	0.000977 (0.2317)
M6	-0.000255 (0.6569)	-0.001102 (0.1218)	-0.000357 (0.6649)	0.001169 (0.0551)	-0.000280 (0.7132)	-0.001474 (0.1285)	-0.000281 (0.7856)	0.000668 (0.3767)
M7	-0.000943 (0.1392)	-0.002152 (0.0027)	-0.000566 (0.4463)	0.000687 (0.3198)	-0.000662 (0.4155)	-0.002258 (0.0158)	-0.001158 (0.2452)	0.000159 (0.8377)
M8	-0.000610 (0.3098)	-0.002239 (0.0008)	3.59E-05 (0.9637)	0.001111 (0.0622)	0.000147 (0.8620)	-0.002122 (0.0250)	-0.000188 (0.8537)	0.001077 (0.2496)
M9	-0.000968 (0.1452)	-0.001308 (0.0606)	0.000948 (0.2325)	0.001769 (0.0047)	-0.000245 (0.7667)	-0.000679 (0.6088)	0.000215 (0.8228)	0.001158 (0.1958)
M10	-0.000952 (0.1506)	-0.000347 (0.5751)	0.000702 (0.3676)	0.000629 (0.3508)	-0.000195 (0.8261)	-0.000782 (0.4353)	0.000103 (0.9090)	0.000366 (0.6477)
M11	-0.000131 (0.8394)	-0.001063 (0.1903)	0.000597 (0.4258)	0.001921 (0.0012)	0.000249 (0.7641)	-7.07E-05 (0.9576)	0.000332 (0.7176)	0.001446 (0.0967)
C		4.03E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.071413 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.926834 (0.0000)						
R ²		0.400074				0.409056		
R ² Ajustado		0.392677				0.401770		

Tabela B.1 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para *v_clc3*. O valor do *p-value*

correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
C	0.002736 (0.0006)	0.011047 (0.0000)	0.003147 (0.0032)	0.000346 (0.5411)	0.001336 (0.2344)	0.009444 (0.0000)	0.001334 (0.2277)	0.001046 (0.1451)
V(-1)	0.170902 (0.0001)	0.120314 (0.0005)	0.059035 (0.0600)	0.249445 (0.0000)	0.179827 (0.0000)	0.177389 (0.0000)	0.060141 (0.0752)	0.292084 (0.0000)
V(-2)	0.123098 (0.0000)	0.141085 (0.0000)	0.038516 (0.1557)	0.178258 (0.0000)	0.146533 (0.0005)	0.160840 (0.0000)	0.118313 (0.0004)	0.188781 (0.0000)
V(-3)	0.108890 (0.0005)	0.123983 (0.0011)	0.092427 (0.0018)	0.095546 (0.0003)	0.141116 (0.0002)	0.101960 (0.0006)	0.079552 (0.0148)	0.085540 (0.0010)
V(-4)	0.072410 (0.0162)	0.062159 (0.0491)	0.073549 (0.0149)	0.049437 (0.0545)	0.017423 (0.6268)	0.037472 (0.1410)	0.108282 (0.0278)	0.039146 (0.1692)
V(-5)	0.121539 (0.0005)	0.056055 (0.0545)	0.150568 (0.0000)	0.029671 (0.2307)	0.044335 (0.2942)	0.067290 (0.0073)	0.163656 (0.0003)	0.048603 (0.0452)
V(-6)	0.056773 (0.0411)	-0.014891 (0.6481)	0.096639 (0.0020)	0.079846 (0.0006)	0.042119 (0.4664)	0.012220 (0.6245)	0.067709 (0.0598)	0.044577 (0.0952)
V(-7)	0.054953 (0.0959)	-0.052894 (0.0613)	0.091632 (0.0012)	0.025854 (0.3041)	0.120250 (0.2267)	-0.055821 (0.0149)	0.097628 (0.0060)	0.020959 (0.4314)
V(-8)	0.026430 (0.4618)	0.022587 (0.3487)	0.097450 (0.0017)	0.048138 (0.0599)	0.035933 (0.6202)	0.016750 (0.4271)	0.116415 (0.0036)	0.042450 (0.0934)
V(-9)	0.057469 (0.0566)	-0.001243 (0.9594)	0.051653 (0.0759)	0.058483 (0.0168)	0.074664 (0.0568)	-0.005351 (0.7992)	0.076638 (0.0118)	0.020020 (0.4499)
V(-10)	0.015577 (0.5843)	0.062299 (0.0190)	0.063513 (0.0335)	0.078316 (0.0022)	0.029042 (0.3937)	0.064342 (0.0056)	0.068228 (0.0339)	0.079086 (0.0030)
VOL(-1)	4.48E-09 (0.7685)	-9.22E-09 (0.5187)	6.90E-10 (0.7875)	9.59E-10 (0.4715)	1.94E-08 (0.3512)	-3.11E-09 (0.7872)	8.12E-10 (0.7005)	5.96E-10 (0.5290)
M1	-7.97E-05 (0.9257)	0.000962 (0.4406)	0.001019 (0.2855)	0.001458 (0.0256)	0.001913 (0.3433)	-3.43E-06 (0.9973)	8.09E-05 (0.9556)	0.002173 (0.0370)
M2	-0.001320 (0.0852)	0.001275 (0.5834)	0.000101 (0.9168)	0.001370 (0.1331)	-0.000367 (0.6679)	-0.000914 (0.3987)	-0.001157 (0.3083)	0.001712 (0.0565)
M3	-0.000909 (0.2326)	0.001036 (0.3663)	0.001328 (0.3747)	0.000592 (0.3163)	-0.000170 (0.7975)	0.001119 (0.3705)	-9.07E-06 (0.9932)	0.000710 (0.3190)
M4	-0.000735 (0.3395)	-0.000990 (0.3846)	-0.000250 (0.7764)	0.001160 (0.0817)	-0.000500 (0.5123)	-0.000663 (0.5707)	-0.001461 (0.1880)	0.001040 (0.1305)
M5	-0.000522 (0.5469)	-0.000899 (0.4550)	-6.41E-05 (0.9411)	0.001159 (0.0654)	-0.000301 (0.6414)	-0.001000 (0.3594)	-0.000782 (0.4684)	0.001621 (0.0458)
M6	-0.000491 (0.5275)	-0.001082 (0.3517)	-0.000498 (0.5569)	0.001147 (0.0689)	0.000317 (0.6813)	-0.000476 (0.7275)	-0.000947 (0.3931)	0.001361 (0.0589)
M7	-0.001149 (0.1021)	-0.002187 (0.0538)	0.000108 (0.9161)	0.001004 (0.0910)	-0.000236 (0.7658)	-0.002087 (0.0390)	-0.000894 (0.4384)	0.000993 (0.1749)
M8	-0.000657 (0.3816)	-0.002697 (0.0154)	0.000150 (0.8667)	0.001226 (0.0524)	0.000841 (0.3676)	-0.002142 (0.0434)	-0.000125 (0.9063)	0.001807 (0.0598)
M9	-0.001055 (0.1515)	-0.002037 (0.0897)	0.000790 (0.4513)	0.001548 (0.0296)	0.000192 (0.8026)	-0.000820 (0.5547)	0.000540 (0.7115)	0.001240 (0.1072)
M10	-0.001052 (0.1286)	-0.000571 (0.6660)	0.000665 (0.4827)	0.000717 (0.2558)	0.000121 (0.8892)	-0.000976 (0.3594)	-0.000204 (0.8621)	0.000699 (0.3155)
M11	-0.000124 (0.8609)	-0.000500 (0.6914)	0.000368 (0.7329)	0.002135 (0.0097)	0.000797 (0.3075)	0.000259 (0.8643)	-0.000436 (0.7262)	0.002000 (0.0157)
C		4.68E-07 (0.0003)						
RESID(-1)^2		0.069631 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.929797 (0.0000)						
R ²		0.424210				0.435287		
R ² Ajustado		0.416416				0.427642		

Tabela B.2 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clcl}. O valor do p-value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
C	0.002140 (0.0000)	0.007244 (0.0000)	0.005410 (0.0000)	0.000755 (0.1481)	0.001293 (0.0302)	0.006515 (0.0000)	0.005501 (0.0000)	0.001946 (0.0018)
V(-1)	0.175020 (0.0000)	0.136636 (0.0000)	0.033813 (0.2707)	0.287919 (0.0000)	0.172919 (0.0000)	0.179522 (0.0000)	0.018053 (0.5950)	0.287967 (0.0000)
V(-2)	0.088627 (0.0025)	0.059927 (0.0177)	0.051515 (0.1430)	0.184797 (0.0000)	0.095739 (0.0001)	0.071080 (0.0056)	0.078684 (0.0144)	0.202527 (0.0000)
V(-3)	0.120592 (0.0000)	0.047304 (0.0582)	0.132252 (0.0000)	0.076748 (0.0012)	0.031898 (0.4129)	0.032230 (0.1906)	0.111942 (0.0013)	0.068883 (0.0018)
V(-4)	0.053050 (0.0683)	0.027472 (0.2782)	0.095657 (0.0036)	0.054109 (0.0182)	0.124571 (0.0000)	0.029469 (0.2208)	0.101046 (0.0003)	0.043982 (0.1327)
V(-5)	0.107265 (0.0002)	0.023667 (0.3510)	0.086211 (0.0058)	0.048868 (0.0402)	0.116991 (0.0550)	0.039051 (0.1425)	0.093935 (0.0049)	0.033843 (0.2080)
V(-6)	0.074482 (0.0305)	0.000387 (0.9885)	0.086338 (0.0063)	0.092014 (0.0000)	0.108083 (0.0091)	0.021031 (0.3879)	0.101395 (0.0010)	0.068443 (0.0089)
V(-7)	0.032654 (0.2798)	0.019876 (0.3962)	0.048980 (0.0918)	0.075325 (0.0006)	0.084524 (0.0061)	0.029062 (0.3681)	0.057283 (0.0704)	0.088172 (0.0003)
V(-8)	0.039010 (0.1830)	-0.004554 (0.8633)	0.027747 (0.3441)	0.079047 (0.0004)	0.040024 (0.2886)	0.005003 (0.8130)	0.004594 (0.8906)	0.067379 (0.0012)
VOL(-1)	8.22E-08 (0.2587)	1.91E-07 (0.0004)	1.21E-08 (0.6158)	-6.22E-09 (0.4144)	1.63E-07 (0.1081)	1.59E-07 (0.0013)	2.74E-08 (0.2791)	-8.18E-09 (0.2962)
M1	2.68E-05 (0.9625)	0.000433 (0.4351)	0.001117 (0.1907)	0.001064 (0.1021)	0.001046 (0.4281)	-0.000203 (0.7884)	0.000634 (0.5714)	0.001151 (0.1965)
M2	-0.000700 (0.3393)	-0.000951 (0.1196)	-0.000511 (0.5488)	0.000740 (0.1880)	-0.000281 (0.6779)	-0.001241 (0.1105)	-0.000716 (0.3607)	0.000385 (0.6250)
M3	-0.000608 (0.3279)	0.000489 (0.3679)	-0.000747 (0.3581)	0.000576 (0.3262)	-6.07E-05 (0.9200)	0.000204 (0.8246)	-0.000688 (0.3772)	5.97E-06 (0.9932)
M4	-0.000779 (0.1463)	-0.001138 (0.0834)	-0.000630 (0.4383)	0.000735 (0.2101)	-0.000569 (0.3433)	-0.001166 (0.1598)	-0.000737 (0.3742)	-9.79E-05 (0.8832)
M5	-0.000340 (0.4977)	-0.001331 (0.0094)	-0.001121 (0.1502)	0.000975 (0.0995)	-0.000308 (0.5687)	-0.001684 (0.0246)	-0.001310 (0.1077)	0.000808 (0.2938)
M6	0.000140 (0.7843)	-0.001560 (0.0096)	-0.000666 (0.3798)	0.001116 (0.0584)	0.000141 (0.8082)	-0.001658 (0.0332)	-0.000569 (0.4630)	0.000740 (0.3027)
M7	-0.000749 (0.1783)	-0.001926 (0.0018)	-0.000982 (0.1955)	0.000611 (0.3678)	-0.000610 (0.3701)	-0.002160 (0.0040)	-0.001311 (0.1565)	0.000208 (0.7838)
M8	-0.000295 (0.5423)	-0.001995 (0.0005)	-0.001101 (0.1333)	0.000734 (0.1834)	0.000412 (0.5477)	-0.002091 (0.0047)	-0.001127 (0.2184)	0.000521 (0.5455)
M9	-0.000753 (0.1823)	-0.000764 (0.1609)	4.42E-05 (0.9562)	0.001265 (0.0275)	0.000173 (0.8066)	-0.000826 (0.3604)	-0.000349 (0.6568)	0.000858 (0.2950)
M10	-0.000718 (0.2116)	-0.000635 (0.2169)	-0.000427 (0.5461)	0.000427 (0.5013)	0.000224 (0.7593)	-0.000878 (0.2550)	-0.000801 (0.3366)	0.000221 (0.7688)
M11	-0.000127 (0.8094)	-0.001462 (0.0260)	-0.000543 (0.4831)	0.001409 (0.0185)	0.000376 (0.5487)	-0.000733 (0.4886)	-0.000815 (0.3223)	0.001111 (0.1607)
C		2.53E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.053774 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.943324 (0.0000)						
R ²		0.428243				0.433948		
R ² Ajustado		0.421194				0.426969		

Tabela B.3 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc5} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	GARCH		BreakLS	
	12-04-1990	19-12-1996	12-04-1990	19-12-1996
	18-12-1996	09-06-2017	18-12-1996	09-06-2017
C	0.008023 (0.0000)	0.007367 (0.0000)	0.007268 (0.0000)	0.009110 (0.0000)
V(-1)	0.258495 (0.0000)	0.178351 (0.0000)	0.277004 (0.0000)	0.215204 (0.0000)
V(-2)	0.136946 (0.0000)	0.118251 (0.0000)	0.131222 (0.0045)	0.127654 (0.0000)
V(-3)	0.057961 (0.0841)	0.092722 (0.0000)	0.041349 (0.2571)	0.082630 (0.0000)
V(-4)	0.060331 (0.0487)	0.100561 (0.0000)	0.096427 (0.0075)	0.091844 (0.0000)
V(-5)	0.035473 (0.2602)	0.187851 (0.0000)	0.035845 (0.1756)	0.139191 (0.0000)
V(-6)	0.052324 (0.0659)	0.041585 (0.0062)	0.033736 (0.3236)	0.015443 (0.4454)
V(-7)	0.063181 (0.0339)	0.049369 (0.0003)	0.049014 (0.1611)	0.052696 (0.0003)
VOL(-1)	2.74E-07 (0.0000)	-2.49E-08 (0.0000)	4.96E-07 (0.0000)	-2.64E-08 (0.0002)
VOL(-2)	-4.86E-08 (0.3967)	1.28E-08 (0.0075)	-2.12E-07 (0.0106)	1.20E-08 (0.0663)
M1	-9.80E-05 (0.9248)	0.000720 (0.2937)	-0.000187 (0.9259)	0.001002 (0.2381)
M2	-0.002927 (0.0108)	-0.001163 (0.0695)	-0.001950 (0.2366)	-0.000535 (0.6191)
M3	-0.004398 (0.0000)	-0.001277 (0.0415)	-0.003731 (0.0155)	-0.002162 (0.0052)
M4	-0.006078 (0.0000)	-0.001146 (0.0604)	-0.004503 (0.0082)	-0.001868 (0.0111)
M5	-0.005811 (0.0000)	-0.001099 (0.0857)	-0.004291 (0.0105)	-0.001655 (0.0212)
M6	-0.004685 (0.0000)	-0.000777 (0.1715)	-0.003764 (0.0236)	-0.001568 (0.0361)
M7	-0.003855 (0.0000)	-0.001029 (0.1042)	-0.003607 (0.0260)	-0.001256 (0.1127)
M8	0.000605 (0.3505)	-0.000227 (0.7122)	-0.002490 (0.1373)	-0.000130 (0.8672)
M9	-0.003787 (0.0004)	-0.000458 (0.4779)	-0.003345 (0.0379)	0.000144 (0.8817)
M10	-0.004166 (0.0000)	0.000159 (0.8029)	-0.003469 (0.0379)	0.000152 (0.8515)
M11	-0.004697 (0.0000)	-0.000477 (0.4772)	-0.003664 (0.0375)	0.000329 (0.7137)
C	3.98E-06 (0.0000)			
RESID(-1)^2	0.134768 (0.0000)			
GARCH(-1)	0.851619 (0.0000)			
R ²	0.369827		0.377218	
R ² Ajustado	0.366014		0.373449	

Tabela B.4 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc1} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	GARCH			BreakLS		
	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003
	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017
C	0.004438 (0.0000)	0.010385 (0.0000)	0.006064 (0.0000)	0.004386 (0.0000)	0.010050 (0.0000)	0.007601 (0.0000)
V(-1)	0.258514 (0.0000)	0.109866 (0.0000)	0.105411 (0.0000)	0.272607 (0.0000)	0.179723 (0.0002)	0.098646 (0.0001)
V(-2)	0.108003 (0.0030)	0.070717 (0.0034)	0.197359 (0.0000)	0.083191 (0.0044)	0.085355 (0.0052)	0.233015 (0.0004)
V(-3)	0.073127 (0.0207)	0.078699 (0.0008)	0.053153 (0.0060)	0.094665 (0.0020)	0.058007 (0.1071)	0.041649 (0.1576)
V(-4)	0.064297 (0.0767)	0.092328 (0.0001)	0.068362 (0.0000)	0.070179 (0.0145)	0.053443 (0.0901)	0.101383 (0.0000)
V(-5)	0.044829 (0.2363)	0.173532 (0.0000)	0.171568 (0.0000)	0.035516 (0.2631)	0.152097 (0.0000)	0.122432 (0.0003)
V(-6)	0.055253 (0.1394)	-0.021438 (0.4145)	0.007378 (0.6842)	0.035046 (0.2372)	-0.037647 (0.1836)	-0.010559 (0.7479)
V(-7)	0.032554 (0.3578)	0.014712 (0.5410)	0.052362 (0.0015)	-0.007069 (0.7937)	0.046213 (0.0546)	0.045676 (0.0214)
V(-8)	0.052813 (0.0845)	0.039857 (0.0797)	0.086859 (0.0000)	0.062271 (0.0181)	0.047377 (0.0792)	0.073017 (0.0002)
VOL(-1)	6.48E-07 (0.0000)	3.73E-08 (0.6079)	-9.62E-09 (0.0690)	7.30E-07 (0.0001)	1.39E-07 (0.2775)	-1.83E-08 (0.0099)
M1	7.43E-06 (0.9928)	0.001484 (0.0738)	-7.93E-05 (0.8989)	0.000459 (0.6343)	-0.000680 (0.6685)	0.000135 (0.8631)
M2	-0.001590 (0.0446)	-0.003174 (0.0028)	-0.000326 (0.5509)	-0.000813 (0.3506)	-0.002088 (0.2774)	-0.000989 (0.1530)
M3	-0.001999 (0.0044)	-0.002610 (0.0042)	-0.001056 (0.0558)	-0.001228 (0.1545)	-0.002736 (0.0959)	-0.002022 (0.0057)
M4	-0.003288 (0.0001)	-0.003282 (0.0007)	-0.000434 (0.4093)	-0.002124 (0.0263)	-0.003005 (0.0501)	-0.001174 (0.1077)
M5	-0.002485 (0.0005)	-0.001467 (0.0901)	-0.000644 (0.2464)	-0.001626 (0.0671)	-0.002435 (0.0844)	-0.001388 (0.0630)
M6	-0.002543 (0.0001)	-0.001809 (0.0432)	-7.80E-05 (0.8744)	-0.001456 (0.1310)	-0.001919 (0.2259)	-0.001185 (0.1179)
M7	-0.001587 (0.0207)	-0.002221 (0.0184)	-0.000552 (0.3420)	-0.001029 (0.2485)	-0.002678 (0.0791)	-0.000725 (0.3686)
M8	-0.001570 (0.0085)	-0.000942 (0.3154)	-0.001131 (0.0697)	-0.001321 (0.1271)	-0.002121 (0.1520)	-0.001246 (0.0886)
M9	-0.002105 (0.0013)	-0.000245 (0.7705)	-0.001526 (0.0171)	-0.002038 (0.0317)	-0.001785 (0.2301)	-0.001265 (0.1501)
M10	-0.002119 (0.0038)	-0.000369 (0.6960)	-0.000583 (0.2938)	-0.001624 (0.0734)	-0.001049 (0.5018)	-0.000932 (0.2057)
M11	-0.001955 (0.0038)	-0.002463 (0.0008)	-0.000168 (0.7825)	-0.001541 (0.0645)	-0.001318 (0.4253)	-0.000439 (0.6157)
C		1.85E-06 (0.0000)				
RESID(-1)^2		0.124438 (0.0000)				
GARCH(-1)		0.863908 (0.0000)				
R ²		0.317571			0.325977	
R ² Ajustado		0.311305			0.319789	

Tabela B.5 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc3} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017
C	0.002805 (0.0000)	0.005740 (0.0000)	0.004159 (0.0000)	0.006460 (0.0000)	0.003022 (0.0000)	0.006001 (0.0000)	0.006427 (0.0000)	0.006670 (0.0000)
V(-1)	0.235091 (0.0000)	0.198149 (0.0000)	0.196268 (0.0000)	0.034618 (0.2632)	0.274897 (0.0000)	0.219831 (0.0000)	0.189981 (0.0000)	0.059320 (0.0268)
V(-2)	0.085934 (0.0346)	0.046361 (0.2339)	0.119548 (0.0000)	0.175987 (0.0000)	0.057418 (0.0439)	0.035848 (0.2585)	0.093477 (0.0000)	0.155851 (0.0000)
V(-3)	0.119117 (0.0024)	0.047892 (0.1661)	0.067216 (0.0004)	0.002283 (0.9416)	0.128755 (0.0001)	0.083708 (0.0185)	0.059809 (0.0088)	0.034846 (0.1838)
V(-4)	0.058283 (0.1228)	0.091193 (0.0101)	0.108086 (0.0000)	0.025844 (0.3535)	0.059439 (0.1162)	0.073823 (0.0215)	0.085088 (0.0000)	0.026713 (0.2129)
V(-5)	0.027495 (0.4577)	0.042295 (0.2683)	0.150634 (0.0000)	0.186664 (0.0000)	0.037410 (0.3733)	0.037705 (0.2257)	0.141681 (0.0000)	0.168827 (0.0000)
V(-6)	0.039483 (0.3158)	0.059723 (0.0750)	0.019646 (0.3456)	-0.047738 (0.0678)	0.019217 (0.5116)	0.059322 (0.0772)	-0.002004 (0.9194)	-0.028489 (0.2422)
V(-7)	0.077366 (0.0321)	-0.017144 (0.6408)	0.034715 (0.0841)	0.040050 (0.1326)	0.038567 (0.1993)	0.007782 (0.8427)	0.031234 (0.1364)	0.053298 (0.0423)
V(-8)	0.006326 (0.8428)	0.044246 (0.1573)	0.033485 (0.0678)	0.088882 (0.0005)	0.002113 (0.9385)	0.071691 (0.0390)	0.020638 (0.3177)	0.083845 (0.0034)
VOL(-1)	1.20E-06 (0.0000)	1.29E-07 (0.4193)	1.13E-07 (0.0179)	2.38E-08 (0.2098)	1.21E-06 (0.0000)	-2.06E-08 (0.8870)	7.45E-08 (0.2588)	2.03E-08 (0.2868)
M1	0.000897 (0.2070)	0.000897 (0.3503)	0.000767 (0.2081)	0.003153 (0.0000)	0.000992 (0.1375)	-0.000206 (0.8389)	0.000905 (0.3526)	0.002984 (0.0021)
M2	-0.000751 (0.2972)	-0.000193 (0.8607)	-7.41E-05 (0.8913)	0.002261 (0.0002)	-0.000564 (0.3167)	-0.001310 (0.1620)	0.000464 (0.6673)	0.001152 (0.1085)
M3	-0.000445 (0.4482)	0.000638 (0.4641)	0.000873 (0.1052)	0.001227 (0.0570)	-0.000756 (0.1357)	-0.000335 (0.7519)	-6.71E-05 (0.9464)	0.000110 (0.8684)
M4	-0.001543 (0.0530)	-0.000606 (0.5256)	0.000705 (0.2162)	0.001299 (0.0166)	-0.000759 (0.3019)	-0.001008 (0.3448)	0.000224 (0.8156)	0.000136 (0.8441)
M5	-0.001216 (0.0765)	-0.000294 (0.7746)	0.001009 (0.0763)	0.001808 (0.0017)	-0.000816 (0.1821)	-0.000953 (0.3345)	0.000303 (0.7520)	0.000655 (0.3366)
M6	-0.001175 (0.1015)	-0.000933 (0.3261)	-0.000318 (0.6070)	0.000796 (0.1519)	-0.000386 (0.6023)	-0.001557 (0.1594)	-0.000311 (0.7314)	-0.000401 (0.5590)
M7	-0.001139 (0.1238)	-0.000567 (0.5479)	0.000332 (0.5834)	0.000153 (0.8021)	-0.001104 (0.0463)	-0.000888 (0.4889)	0.000206 (0.8264)	-0.000769 (0.1933)
M8	-0.000594 (0.3187)	0.001615 (0.0808)	0.000125 (0.8405)	-0.000175 (0.7771)	-0.000786 (0.1216)	0.000274 (0.8169)	-3.02E-05 (0.9744)	-0.000982 (0.1082)
M9	-0.000576 (0.3483)	0.002524 (0.0092)	0.000787 (0.1743)	-0.000455 (0.4771)	-0.000654 (0.2483)	0.001124 (0.3246)	0.000485 (0.6258)	-0.001198 (0.0421)
M10	-0.000937 (0.1799)	0.002035 (0.0277)	0.000739 (0.2261)	0.000858 (0.1286)	-0.000188 (0.7902)	0.000273 (0.8078)	0.000851 (0.3626)	0.000107 (0.8793)
M11	-0.001143 (0.1091)	0.000471 (0.6626)	-0.000622 (0.3516)	0.000853 (0.2206)	-0.000952 (0.0563)	-0.000905 (0.3886)	9.14E-05 (0.9289)	6.72E-05 (0.9203)
C		1.10E-06 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.116051 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.874789 (0.0000)						
R ²		0.329549				0.335246		
R ² Ajustado		0.321283				0.327050		

Tabela B.6 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.5 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc5} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

Crude a Um Mês									Gás Natural a Um Mês			
período	GARCH				BreakLS				GARCH		BreakLS	
	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	12-04-1990	19-12-1996	12-04-1990	19-12-1996
ADD(d,v)	(10,1)				(10,1)				(7,2)		(7,2)	
Nº Obs.	6814				6814				6817		6817	
M1	0.001 (0.2296)	0.001 (0.0001)	0.001 (0.2338)	0.001 (0.1420)	0.001 (0.3129)	0.001 (0.2840)	0.001 (0.5797)	0.001 (0.0828)	0.003 (0.0007)	0.001 (0.0079)	0.003 (0.0340)	0.002 (0.0071)
R ² Ajustado	0.417672				0.426551				0.365805		0.371481	
M2	-0.001 (0.3851)	0.002 (0.0000)	-1.26E-04 (0.8611)	4.32E-04 (0.2098)	-0.001 (0.3191)	-2.88E-04 (0.6483)	-0.001 (0.2334)	4.16E-04 (0.5162)	0.001 (0.4326)	-0.001 (0.1435)	0.001 (0.3748)	3.72E-05 (0.9676)
R ² Ajustado	0.416832				0.425919				0.364449		0.370290	
M3	-2.04E-04 (0.7363)	0.002 (0.0080)	0.001 (0.0059)	-3.32E-04 (0.5323)	-3.95E-04 (0.2853)	0.002 (0.0440)	4.95E-04 (0.3457)	-4.22E-04 (0.3491)	-2.08E-04 (0.7984)	-0.001 (0.1049)	-0.001 (0.1580)	-0.002 (0.0012)
R ² Ajustado	0.418078				0.426453				0.365188		0.371021	
M4	-3.53E-05 (0.9517)	-4.20E-04 (0.5886)	-0.001 (0.4541)	2.64E-04 (0.5406)	-0.001 (0.1438)	-9.82E-05 (0.8951)	-0.001 (0.0669)	1.23E-04 (0.7548)	-0.001 (0.1483)	-0.001 (0.1589)	-0.001 (0.0676)	-0.001 (0.0055)
R ² Ajustado	0.417802				0.426007				0.365096		0.370812	
M5	1.71E-04 (0.7240)	-1.38E-04 (0.8239)	-3.67E-04 (0.5659)	3.15E-04 (0.5260)	-0.001 (0.0980)	-3.62E-04 (0.5479)	-3.56E-04 (0.4956)	0.001 (0.2742)	-0.001 (0.3326)	-4.96E-04 (0.2827)	-0.001 (0.1132)	-0.001 (0.0124)
R ² Ajustado	0.417732				0.425930				0.365025		0.370632	
M6	2.54E-04 (0.6138)	-3.34E-04 (0.6140)	-0.001 (0.1937)	3.67E-04 (0.4568)	1.35E-04 (0.7939)	1.56E-04 (0.8693)	-0.001 (0.3614)	0.001 (0.2655)	-1.86E-04 (0.8267)	-1.30E-04 (0.7128)	-0.001 (0.3955)	-0.001 (0.0345)
R ² Ajustado	0.417605				0.425870				0.364680		0.370519	
M7	-4.63E-04 (0.4624)	-0.002 (0.0463)	-1.87E-04 (0.7031)	1.63E-04 (0.7689)	-4.85E-04 (0.4010)	-0.002 (0.0005)	-4.75E-04 (0.4845)	1.61E-04 (0.7538)	0.001 (0.4049)	-3.68E-04 (0.4122)	-0.001 (0.4138)	-0.001 (0.2666)
R ² Ajustado	0.417920				0.426201				0.364557		0.370357	
M8	9.02E-05 (0.8630)	-0.002 (0.0046)	-1.16E-04 (0.8461)	3.81E-04 (0.4289)	0.001 (0.3851)	-0.002 (0.0020)	3.79E-04 (0.4596)	0.001 (0.1988)	-3.11E-04 (0.5971)	0.001 (0.1992)	4.28E-04 (0.6116)	0.001 (0.2260)
R ² Ajustado	0.417974				0.426425				0.364561		0.370365	
M9	-3.50E-04 (0.5581)	-0.001 (0.0582)	0.001 (0.2960)	0.001 (0.2539)	-1.51E-05 (0.9759)	-1.30E-04 (0.9006)	0.001 (0.3271)	2.52E-04 (0.6727)	1.31E-04 (0.8841)	2.03E-04 (0.6610)	-4.13E-04 (0.5565)	0.001 (0.2828)
R ² Ajustado	0.417522				0.425934				0.364643		0.370418	
M10	-3.61E-04 (0.5469)	3.06E-04 (0.5194)	4.28E-04 (0.4558)	-3.01E-04 (0.5780)	-1.11E-04 (0.8644)	-3.58E-04 (0.5373)	2.57E-04 (0.6859)	-2.45E-04 (0.5881)	-1.45E-04 (0.8565)	0.001 (0.0662)	-4.89E-04 (0.5041)	0.001 (0.1251)
R ² Ajustado	0.417441				0.425815				0.364816		0.370467	
M11	0.001 (0.1924)	3.65E-04 (0.5597)	7.97E-05 (0.8871)	0.001 (0.0022)	0.001 (0.3122)	0.001 (0.3972)	-2.00E-05 (0.9774)	0.001 (0.0249)	-2.91E-04 (0.7509)	7.18E-05 (0.8899)	-0.001 (0.4723)	0.001 (0.1160)
R ² Ajustado	0.417943				0.426201				0.364638		0.370518	
M12	0.001 (0.1394)	0.001 (0.2039)	-2.78E-04 (0.6495)	-0.001 (0.0877)	-2.94E-04 (0.6656)	0.001 (0.5267)	4.49E-04 (0.6537)	-0.001 (0.1228)	0.004 (0.0000)	0.001 (0.2310)	0.003 (0.0458)	0.001 (0.3619)
R ² Ajustado	0.417402				0.426021				0.365334		0.371067	

Tabela B.7 – Coeficientes das *dummies* das equações para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries *v_cle1* e *v_ngc1*. O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	Crude a Três Meses								Gás Natural a Três Meses							
	GARCH				BreakLS				GARCH				BreakLS			
	período	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	
ADD(d,v)	(8,1)				(8,1)				(8,1)				(8,1)			
Nº Obs.	6816				6816				6816				6816			
M1	4.99E-04 (0.2628)	0.002 (0.0000)	0.001 (0.0160)	1.40E-04 (0.7649)	0.002 (0.3219)	0.001 (0.0734)	0.001 (0.1410)	0.001 (0.3446)	0.002 (0.0105)	0.003 (0.0000)	4.96E-04 (0.3046)	0.002 (0.0084)	0.001 (0.1927)	0.001 (0.0532)		
R ² Ajustado	0.394507				0.402240				0.314026				0.320062			
M2	-4.65E-04 (0.5320)	8.12E-05 (0.8793)	1.48E-04 (0.8370)	1.26E-04 (0.7434)	-3.32E-04 (0.5547)	-3.68E-04 (0.3940)	-1.23E-04 (0.8094)	2.37E-04 (0.6858)	2.02E-04 (0.7865)	-0.002 (0.0245)	2.20E-04 (0.5784)	2.83E-04 (0.5907)	-2.23E-04 (0.8756)	-1.03E-04 (0.8071)		
R ² Ajustado	0.394228				0.401341				0.313542				0.319118			
M3	-2.64E-04 (0.6365)	0.001 (0.0032)	0.001 (0.0311)	-4.35E-04 (0.3713)	-2.52E-04 (0.5005)	0.001 (0.0827)	0.001 (0.2299)	-0.001 (0.1191)	-1.71E-05 (0.9776)	-0.001 (0.0951)	-4.93E-04 (0.2058)	-1.85E-06 (0.9969)	-0.001 (0.3249)	-0.001 (0.0109)		
R ² Ajustado	0.394715				0.401911				0.314436				0.319680			
M4	-1.86E-04 (0.6431)	-3.20E-04 (0.6222)	-0.001 (0.4653)	-1.51E-05 (0.9690)	-0.001 (0.1107)	-1.49E-04 (0.8092)	-0.001 (0.3244)	-4.72E-04 (0.1922)	-0.003288 (0.0001)	-0.003282 (0.0007)	-0.000434 (0.4093)	-0.001 (0.1003)	-0.001 (0.1396)	-2.09E-04 (0.6465)		
R ² Ajustado	0.394280				0.401490				0.311305				0.319461			
M5	9.93E-05 (0.8364)	-1.78E-04 (0.6549)	-3.66E-04 (0.5551)	2.05E-04 (0.6379)	-3.65E-04 (0.2430)	-0.001 (0.0972)	-3.70E-04 (0.4517)	3.24E-04 (0.5306)	-3.83E-04 (0.5380)	-1.72E-05 (0.9743)	-7.01E-05 (0.8615)	-3.34E-04 (0.4559)	-0.001 (0.3357)	-4.23E-04 (0.3361)		
R ² Ajustado	0.394262				0.401468				0.314024				0.319233			
M6	3.99E-04 (0.3223)	-2.46E-04 (0.6511)	-0.001 (0.2462)	1.77E-04 (0.6519)	-8.28E-05 (0.8355)	-0.001 (0.2032)	-2.73E-04 (0.6817)	-2.12E-05 (0.9581)	-4.85E-04 (0.3770)	-4.33E-04 (0.4628)	0.001 (0.1129)	-1.94E-04 (0.7505)	-6.70E-05 (0.9349)	-2.70E-04 (0.5725)		
R ² Ajustado	0.394122				0.401369				0.313759				0.319128			
M7	-3.32E-04 (0.4988)	-0.001 (0.0153)	-0.001 (0.0795)	-3.19E-04 (0.5346)	-0.001 (0.3004)	-0.001 (0.0002)	-0.001 (0.0572)	-0.001 (0.2031)	3.91E-04 (0.5159)	-0.001 (0.1787)	9.55E-06 (0.9829)	1.66E-04 (0.7596)	-0.001 (0.2513)	2.33E-04 (0.6829)		
R ² Ajustado	0.394856				0.402055				0.314085				0.319261			
M8	4.22E-05 (0.9258)	-0.001 (0.0034)	-2.73E-04 (0.6355)	1.44E-04 (0.7068)	3.65E-04 (0.4916)	-0.001 (0.0017)	-1.35E-04 (0.8394)	4.21E-04 (0.5448)	3.29E-04 (0.5064)	0.001 (0.3698)	-0.001 (0.2589)	-1.32E-04 (0.7785)	-2.52E-04 (0.7168)	-3.18E-04 (0.5001)		
R ² Ajustado	0.394392				0.401687				0.313831				0.319145			
M9	-3.33E-04 (0.5192)	-3.74E-04 (0.4748)	0.001 (0.2880)	0.001 (0.0438)	-4.69E-05 (0.9227)	1.95E-04 (0.8441)	1.83E-04 (0.7505)	0.001 (0.4163)	-9.46E-05 (0.8610)	0.001 (0.0137)	-0.001 (0.0634)	-0.001 (0.1556)	6.44E-05 (0.9359)	-3.23E-04 (0.6167)		
R ² Ajustado	0.394022				0.401361				0.313714				0.319214			
M10	-3.37E-04 (0.5100)	0.001 (0.1204)	3.80E-04 (0.4937)	-3.95E-04 (0.4130)	-6.00E-06 (0.9914)	9.30E-05 (0.8666)	1.48E-04 (0.7463)	-3.52E-04 (0.4611)	-1.24E-04 (0.8463)	0.001 (0.1047)	5.18E-05 (0.8995)	-3.95E-04 (0.4216)	0.001 (0.3236)	3.99E-05 (0.9330)		
R ² Ajustado	0.394082				0.401320				0.314078				0.319239			
M11	0.001 (0.2310)	-1.26E-04 (0.8463)	2.85E-04 (0.5854)	0.001 (0.0052)	4.27E-04 (0.3967)	0.001 (0.3633)	3.66E-04 (0.4665)	0.001 (0.1100)	6.09E-05 (0.9180)	-0.001 (0.0234)	4.69E-04 (0.3274)	-2.67E-04 (0.5151)	4.50E-04 (0.6341)	0.001 (0.3583)		
R ² Ajustado	0.394376				0.401671				0.313656				0.319244			
M12	0.001 (0.0803)	0.001 (0.0254)	-3.41E-04 (0.5661)	-0.001 (0.0324)	1.35E-04 (0.8504)	0.001 (0.3043)	-3.51E-05 (0.9646)	-0.001 (0.2650)	0.002 (0.0001)	0.002 (0.0031)	0.001 (0.1610)	0.001 (0.1199)	0.002 (0.1687)	0.001 (0.1140)		
R ² Ajustado	0.394413				0.401602				0.311305				0.320108			

Tabela B.8 – Coeficientes das *dummies* das equações para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries *v_clc3* e *v_ngc3*. O valor do *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	Crude a Cinco Meses								Gás Natural a Cinco Meses							
	GARCH				BreakLS				GARCH				BreakLS			
período	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
ADD(d.v)	(8,1)				(8,1)				(8,1)				(8,1)			
Nº Obs.	6816				6816				6816				6816			
M1	4.79E-04 (0.2278)	0.002 (0.0000)	0.002 (0.0026)	3.10E-04 (0.4821)	0.001 (0.3628)	0.001 (0.0573)	0.001 (0.1145)	0.001 (0.1958)	0.002 (0.0027)	0.001 (0.3447)	0.001 (0.2710)	0.002 (0.0000)	0.002 (0.0038)	2.42E-04 (0.6996)	0.001 (0.2377)	0.003 (0.0007)
R ² Ajustado	0.422350				0.427298				0.324952				0.328208			
M2	-3.01E-04 (0.6420)	-3.10E-05 (0.9476)	-6.31E-07 (0.9992)	-6.86E-05 (0.8487)	-3.62E-04 (0.4385)	-2.79E-04 (0.5112)	-6.98E-05 (0.8679)	-1.03E-04 (0.8407)	-3.15E-05 (0.9565)	-0.001 (0.5204)	-4.44E-04 (0.2611)	0.001 (0.0099)	-1.07E-04 (0.7902)	-0.001 (0.0426)	2.23E-04 (0.7780)	0.001 (0.1486)
R ² Ajustado	0.421990				0.426348				0.322230				0.325913			
M3	-1.97E-04 (0.7028)	0.001 (0.0002)	-2.06E-04 (0.7371)	-2.53E-04 (0.5223)	-1.01E-04 (0.7741)	0.001 (0.0366)	-2.81E-05 (0.9436)	-0.001 (0.1727)	3.65E-04 (0.3215)	3.82E-04 (0.4687)	0.001 (0.1404)	2.61E-04 (0.6482)	-2.65E-04 (0.4149)	2.15E-04 (0.7448)	-3.57E-04 (0.6005)	-1.95E-04 (0.6894)
R ² Ajustado	0.422403				0.426936				0.321790				0.325732			
M4	-4.06E-04 (0.3339)	-2.20E-04 (0.6664)	-1.35E-04 (0.8288)	-6.88E-05 (0.8623)	-0.001 (0.0678)	-2.18E-04 (0.6474)	-1.09E-04 (0.8246)	-0.001 (0.0611)	-0.001 (0.2934)	-0.001 (0.1751)	3.86E-04 (0.3758)	4.52E-04 (0.2742)	-2.63E-04 (0.6419)	-0.001 (0.3597)	-3.42E-05 (0.9565)	2.79E-04 (0.9568)
R ² Ajustado	0.422092				0.426568				0.322156				0.325720			
M5	8.86E-05 (0.8106)	-2.74E-04 (0.3960)	-0.001 (0.2839)	2.00E-04 (0.6232)	-3.68E-04 (0.1346)	-0.001 (0.0479)	-0.001 (0.1596)	3.62E-04 (0.4801)	-2.90E-04 (0.5600)	-0.001 (0.3546)	0.001 (0.0737)	0.001 (0.0158)	-3.01E-04 (0.4938)	-0.001 (0.2123)	6.70E-05 (0.9181)	0.001 (0.2535)
R ² Ajustado	0.422058				0.426592				0.322204				0.325783			
M6	0.001 (0.1122)	-0.001 (0.2846)	-9.89E-05 (0.8544)	3.52E-04 (0.3687)	1.19E-04 (0.7299)	-0.001 (0.1296)	1.36E-04 (0.7302)	2.88E-04 (0.4877)	-2.82E-04 (0.6020)	-0.001 (0.0686)	-0.001 (0.1406)	7.51E-07 (0.9984)	1.59E-04 (0.7936)	-0.001 (0.1190)	-0.001 (0.2453)	-0.001 (0.1996)
R ² Ajustado	0.421889				0.426426				0.322647				0.326073			
M7	-3.86E-04 (0.3809)	-0.001 (0.0276)	-0.001 (0.2477)	-1.96E-04 (0.7013)	-0.001 (0.1434)	-0.001 (0.0000)	-0.001 (0.1648)	-3.20E-04 (0.4913)	-3.43E-04 (0.5652)	-0.001 (0.2225)	-2.66E-05 (0.9560)	-0.001 (0.2261)	-0.001 (0.1259)	-3.89E-04 (0.6591)	-5.14E-05 (0.9311)	-0.001 (0.0093)
R ² Ajustado	0.422558				0.426998				0.322517				0.325965			
M8	1.56E-04 (0.6593)	-0.001 (0.0161)	-0.001 (0.2829)	-7.26E-05 (0.8358)	4.02E-04 (0.4071)	-0.001 (0.0004)	-4.50E-04 (0.4715)	4.19E-05 (0.9487)	1.62E-04 (0.6709)	0.001 (0.0343)	-2.29E-04 (0.6447)	-0.001 (0.0485)	-2.95E-04 (0.3711)	0.001 (0.3244)	-3.10E-04 (0.6196)	-0.001 (0.0135)
R ² Ajustado	0.422248				0.426712				0.322547				0.326003			
M9	-3.47E-04 (0.4382)	2.32E-04 (0.5622)	0.001 (0.3031)	0.001 (0.1875)	1.46E-04 (0.7591)	2.28E-04 (0.7040)	3.67E-04 (0.3808)	4.09E-04 (0.4800)	1.86E-04 (0.6463)	0.002 (0.0021)	4.80E-04 (0.2896)	-0.001 (0.0226)	-1.67E-04 (0.6792)	0.001 (0.0265)	2.45E-04 (0.7096)	-0.001 (0.0003)
R ² Ajustado	0.421760				0.426401				0.322929				0.326402			
M10	-3.06E-04 (0.5001)	3.97E-04 (0.2554)	1.01E-04 (0.8334)	-3.92E-04 (0.3789)	1.90E-04 (0.7138)	1.26E-04 (0.7483)	-1.39E-04 (0.7793)	-2.85E-04 (0.5349)	-9.98E-05 (0.8507)	0.002 (0.0071)	4.79E-04 (0.3175)	2.56E-04 (0.5315)	2.93E-04 (0.5909)	0.001 (0.3482)	0.001 (0.2572)	3.16E-04 (0.5512)
R ² Ajustado	0.421702				0.426345				0.322518				0.325938			
M11	3.31E-04 (0.3937)	-4.61E-04 (0.4074)	1.60E-05 (0.9774)	0.001 (0.0957)	3.45E-04 (0.3906)	2.84E-04 (0.7030)	-1.59E-04 (0.7139)	0.001 (0.1480)	-2.80E-04 (0.6091)	-1.21E-05 (0.9884)	-0.001 (0.0681)	-1.04E-04 (0.8566)	-4.47E-04 (0.1864)	-4.99E-04 (0.4370)	-1.77E-04 (0.7969)	-1.52E-04 (0.7439)
R ² Ajustado	0.421921				0.426515				0.322098				0.325742			
M12	4.86E-04 (0.1924)	0.001 (0.0075)	0.001 (0.2934)	-0.001 (0.0631)	-7.55E-05 (0.8857)	0.001 (0.1215)	0.001 (0.3158)	-0.001 (0.3949)	0.001 (0.1255)	-2.45E-04 (0.7537)	-3.79E-04 (0.3890)	-0.001 (0.0322)	4.93E-04 (0.2418)	4.81E-04 (0.5663)	-2.87E-04 (0.7094)	-1.17E-04 (0.7919)
R ² Ajustado	0.422271				0.426781				0.322179				0.325771			

Tabela B.9 – Coeficientes das dummies das equações para avaliar a influência no mês do ano na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para as séries v_clc5 e v_ngc5. O valor do p-value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	GARCH				BreakLS					GARCH				BreakLS			
	Crude a Um Mês									Gás Natural a Um Mês							
período	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	12-04-1990	19-12-1996	12-04-1990	19-12-1996	12-04-1990	19-12-1996	12-04-1990	19-12-1996	
ADD(d.v)	(10,1)				(10,1)				(7,2)				(7,2)				
Nº Obs.	6814				6814				6817				6817				
Verão	-1.73E-04 (0.5845)	-0.002 (0.0000)	-2.48E-04 (0.4478)	4.57E-04 (0.0942)	1.25E-04 (0.7247)	-0.001 (0.0338)	1.48E-04 (0.7259)	0.001 (0.0473)	1.75E-04 (0.6955)	7.39E-05 (0.7641)	-3.86E-04 (0.3871)	-4.66E-05 (0.8882)	0.002 (0.0000)	5.64E-05 (0.8271)	0.002 (0.0017)	1.94E-04 (0.6076)	
R ² Ajustado	0.417617				0.426531				0.364554				0.370289				
Invverno	1.07E-04 (0.7596)	0.002 (0.0000)	4.81E-04 (0.1214)	-3.75E-05 (0.8873)	0.001 (0.1369)	1.53E-04 (0.7402)	0.001 (0.3674)	8.03E-05 (0.7921)	0.002 (0.365439)	5.64E-05 (0.8271)	0.002 (0.0017)	1.94E-04 (0.6076)	0.002 (0.0000)	5.64E-05 (0.8271)	0.002 (0.0017)	1.94E-04 (0.6076)	
R ² Ajustado	0.417213				0.426297				0.365439				0.371120				
	Crude a Três Meses									Gás Natural a Três Meses							
período	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	19-09-2003	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	19-09-2003	
ADD(d.v)	(8,1)				(8,1)				(8,1)				(8,1)				
Nº Obs.	6816				6816				6816				6816				
verão	-6.67E-05 (0.8049)	-0.001 (0.0000)	-0.001 (0.1052)	2.24E-04 (0.3336)	-9.15E-05 (0.7642)	-0.001 (0.0046)	-4.90E-04 (0.1773)	1.11E-04 (0.7101)	3.89E-05 (0.9084)	3.37E-04 (0.3014)	-4.22E-04 (0.0805)	-2.97E-04 (0.3377)	-4.07E-04 (0.3995)	-2.34E-04 (0.4433)	0.001 (0.313830)	0.001 (0.319271)	
R ² Ajustado	0.394837				0.405883				0.313830				0.319271				
Invverno	7.26E-05 (0.8006)	0.001 (0.0000)	0.001 (0.0255)	-4.34E-04 (0.0814)	3.55E-04 (0.4065)	0.001 (0.0154)	0.001 (0.0757)	-2.30E-04 (0.4692)	0.001 (0.0049)	3.99E-04 (0.1514)	2.46E-04 (0.3154)	0.001 (0.0037)	0.001 (0.3264)	2.52E-04 (0.4306)	0.001 (0.0037)	2.52E-04 (0.4306)	
R ² Ajustado	0.394768				0.402244				0.314746				0.319792				
	Crude a Cinco Meses									Gás Natural a Cinco Meses							
período	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	
ADD(d.v)	(8,1)				(8,1)				(8,1)				(8,1)				
Nº Obs.	6816				6816				6816				6816				
verão	2.96E-05 (0.8980)	-0.001 (0.0001)	-2.19E-04 (0.4966)	1.89E-04 (0.3854)	-9.03E-06 (0.9759)	-0.001 (0.0007)	-2.63E-04 (0.4092)	1.55E-04 (0.5886)	-1.16E-04 (0.6821)	2.31E-04 (0.5026)	-2.15E-04 (0.4220)	-0.001 (0.0000)	-3.29E-04 (0.2072)	2.86E-04 (0.5236)	-2.69E-04 (0.4508)	-0.001 (0.0000)	
R ² Ajustado	0.422579				0.427034				0.323614				0.327039				
Invverno	1.09E-04 (0.6719)	0.001 (0.0000)	0.001 (0.1005)	-3.00E-04 (0.1821)	1.80E-04 (0.6337)	0.001 (0.0017)	0.001 (0.0523)	-1.78E-04 (0.5393)	0.001 (0.0024)	8.50E-05 (0.8122)	9.76E-05 (0.7068)	0.001 (0.0007)	0.001 (0.0389)	6.84E-05 (0.8737)	8.44E-05 (0.8298)	0.001 (0.0003)	
R ² Ajustado	0.422905				0.427491				0.323467				0.326765				

Tabela B.10 – Coeficientes das dummies das equações para avaliar a influência do verão ou inverno na volatilidade, estimados pelos métodos GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para todas as séries. O valor do p-value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	GARCH				BreakLS			
Crude a Um Mês								
período	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
C	0.002 (0.0018)	0.010 (0.0000)	0.003 (0.0001)	0.002 (0.0004)	0.001 (0.2169)	0.008 (0.0000)	4.65E-04 (0.5702)	0.002 (0.0000)
V(-1)	0.177 (0.0000)	0.121 (0.0000)	0.060 (0.0366)	0.253 (0.0000)	0.185 (0.0000)	0.182 (0.0000)	0.063 (0.0627)	0.296 (0.0000)
V(-2)	0.126 (0.0003)	0.144 (0.0000)	0.040 (0.2055)	0.180 (0.0000)	0.150 (0.0004)	0.165 (0.0000)	0.121 (0.0003)	0.191 (0.0000)
V(-3)	0.110 (0.0006)	0.126 (0.0000)	0.096 (0.0010)	0.096 (0.0003)	0.143 (0.0002)	0.105 (0.0005)	0.082 (0.0111)	0.087 (0.0010)
V(-4)	0.073 (0.0214)	0.064 (0.0138)	0.074 (0.0128)	0.049 (0.0606)	0.019 (0.5796)	0.040 (0.1096)	0.110 (0.0234)	0.040 (0.1636)
V(-5)	0.123 (0.0000)	0.059 (0.0184)	0.151 (0.0000)	0.028 (0.3274)	0.046 (0.2728)	0.070 (0.0061)	0.165 (0.0003)	0.048 (0.0470)
V(-6)	0.058 (0.0677)	-0.014 (0.5780)	0.097 (0.0003)	0.079 (0.0046)	0.043 (0.4572)	0.013 (0.6144)	0.069 (0.0558)	0.044 (0.0966)
V(-7)	0.057 (0.0461)	-0.053 (0.0408)	0.091 (0.0012)	0.025 (0.3460)	0.121 (0.2233)	-0.056 (0.0150)	0.097 (0.0063)	0.020 (0.4536)
V(-8)	0.027 (0.3241)	0.022 (0.4163)	0.095 (0.0002)	0.046 (0.0657)	0.037 (0.6096)	0.018 (0.3749)	0.116 (0.0039)	0.042 (0.0940)
V(-9)	0.059 (0.0412)	-0.003 (0.9211)	0.049 (0.0959)	0.058 (0.0242)	0.076 (0.0508)	-0.004 (0.8415)	0.076 (0.0125)	0.019 (0.4728)
V(-10)	0.016 (0.6233)	0.063 (0.0077)	0.061 (0.0372)	0.076 (0.0009)	0.028 (0.4130)	0.063 (0.0060)	0.065 (0.0402)	0.077 (0.0043)
VOL(-1)	3.94E-09 (0.7665)	-7.72E-09 (0.3461)	7.93E-10 (0.6787)	1.12E-09 (0.2159)	1.95E-08 (0.3456)	-3.01E-09 (0.7960)	7.47E-10 (0.7170)	7.23E-10 (0.4529)
Verao	-1.66E-04 (0.6386)	-0.001 (0.0028)	-3.48E-05 (0.9306)	-2.96E-05 (0.9251)	2.55E-04 (0.4943)	-0.001 (0.1820)	3.67E-04 (0.4371)	2.67E-05 (0.9391)
inverno	2.04E-05 (0.9585)	0.002 (0.0000)	4.66E-04 (0.2208)	-4.12E-04 (0.1788)	2.85E-04 (0.5686)	0.001 (0.2410)	4.70E-04 (0.3361)	-2.07E-04 (0.5799)
C	4.82E-07 (0.0000)							
RESID(-1)^2	0.068 (0.0000)							
GARCH(-1)	0.931 (0.0000)							
Nº Obs.	6814				6814			
R ²	0.423246				0.432425			
R ² Ajustado	0.418552				0.427806			

Tabela B.11 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{c1c1} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	GARCH				BreakLS			
Crude a Três Meses								
período	16-04-1990 05-01-1996	09-01-1996 31-03-2003	01-04-2003 28-04-2008	29-04-2008 09-06-2017	16-04-1990 05-01-1996	09-01-1996 31-03-2003	01-04-2003 28-04-2008	29-04-2008 09-06-2017
C	0.002 (0.0000)	0.008 (0.0000)	0.006 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.002 (0.0046)	0.007 (0.0000)	0.007 (0.0000)	0.003 (0.0000)
V(-1)	0.189 (0.0000)	0.121 (0.0000)	0.021 (0.4819)	0.288 (0.0000)	0.198 (0.0000)	0.188 (0.0000)	0.016 (0.6184)	0.282 (0.0000)
V(-2)	0.083 (0.0031)	0.129 (0.0000)	0.001 (0.9827)	0.180 (0.0000)	0.047 (0.1631)	0.150 (0.0000)	0.030 (0.2618)	0.208 (0.0000)
V(-3)	0.114 (0.0000)	0.082 (0.0001)	0.086 (0.0045)	0.093 (0.0001)	0.030 (0.4860)	0.067 (0.0264)	0.065 (0.0211)	0.066 (0.0045)
V(-4)	0.082 (0.0075)	0.057 (0.0252)	0.082 (0.0084)	0.077 (0.0008)	0.113 (0.0000)	0.045 (0.0675)	0.090 (0.0005)	0.092 (0.0091)
V(-5)	0.138 (0.0000)	0.019 (0.4512)	0.129 (0.0000)	0.037 (0.1328)	0.084 (0.2383)	0.055 (0.0208)	0.138 (0.0000)	0.031 (0.2321)
V(-6)	0.072 (0.0160)	0.012 (0.6005)	0.086 (0.0054)	0.101 (0.0000)	0.213 (0.0845)	0.028 (0.2410)	0.090 (0.0008)	0.065 (0.0139)
V(-7)	0.052 (0.0851)	-0.009 (0.7317)	0.069 (0.0229)	0.063 (0.0080)	0.104 (0.0122)	-0.020 (0.4278)	0.063 (0.0453)	0.091 (0.0014)
V(-8)	0.026 (0.4077)	0.008 (0.7678)	0.113 (0.0000)	0.069 (0.0025)	-0.003 (0.9443)	0.010 (0.6420)	0.079 (0.0149)	0.050 (0.0700)
VOL(-1)	-4.93E-10 (0.9867)	5.93E-08 (0.0014)	-4.84E-09 (0.5986)	-6.06E-09 (0.1142)	2.88E-08 (0.4687)	4.49E-08 (0.0763)	-6.39E-09 (0.5738)	-6.94E-09 (0.1949)
Verão	-4.71E-05 (0.8746)	-0.001 (0.0143)	-2.66E-04 (0.4921)	-7.64E-06 (0.9769)	9.06E-05 (0.7696)	-0.001 (0.0860)	-2.33E-04 (0.5524)	-6.22E-07 (0.9985)
inverno	4.70E-05 (0.8830)	0.001 (0.0004)	0.001 (0.1394)	-4.39E-04 (0.1228)	4.01E-04 (0.3803)	0.001 (0.1638)	0.001 (0.1708)	-2.30E-04 (0.5145)
C		3.98E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.067 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.930 (0.0000)						
Nº Obs.		6816				6816		
R ²		0.398850				0.406298		
R ² Ajustado		0.394675				0.402175		

Tabela B.12 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_clc3. O valor do p-value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

	GARCH				BreakLS			
Crude a Cinco Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
C	0.002 (0.0000)	0.006 (0.0000)	0.004 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.001 (0.0004)	0.005 (0.0000)	0.004 (0.0000)	0.002 (0.0000)
V(-1)	0.180 (0.0000)	0.142 (0.0000)	0.039 (0.1914)	0.292 (0.0000)	0.178 (0.0000)	0.186 (0.0000)	0.021 (0.5288)	0.291 (0.0000)
V(-2)	0.092 (0.0014)	0.066 (0.0071)	0.056 (0.1065)	0.186 (0.0000)	0.098 (0.0001)	0.076 (0.0030)	0.082 (0.0115)	0.204 (0.0000)
V(-3)	0.123 (0.0000)	0.051 (0.0363)	0.137 (0.0000)	0.077 (0.0009)	0.033 (0.3839)	0.035 (0.1519)	0.114 (0.0009)	0.070 (0.0017)
V(-4)	0.054 (0.0614)	0.030 (0.2292)	0.100 (0.0021)	0.054 (0.0154)	0.127 (0.0000)	0.032 (0.1842)	0.103 (0.0002)	0.044 (0.1312)
V(-5)	0.109 (0.0002)	0.027 (0.2901)	0.091 (0.0033)	0.048 (0.0411)	0.118 (0.0521)	0.041 (0.1238)	0.097 (0.0039)	0.034 (0.2048)
V(-6)	0.075 (0.0224)	-2.40E-04 (0.9928)	0.092 (0.0035)	0.091 (0.0000)	0.109 (0.0093)	0.021 (0.3772)	0.104 (0.0006)	0.068 (0.0092)
V(-7)	0.033 (0.2833)	0.022 (0.3277)	0.053 (0.0704)	0.074 (0.0007)	0.085 (0.0067)	0.030 (0.3479)	0.059 (0.0641)	0.087 (0.0003)
V(-8)	0.036 (0.2101)	-0.003 (0.9119)	0.028 (0.3354)	0.076 (0.0006)	0.039 (0.2978)	0.006 (0.7700)	0.005 (0.8675)	0.066 (0.0015)
VOL(-1)	9.03E-08 (0.2014)	1.82E-07 (0.0001)	1.51E-08 (0.4968)	-7.76E-09 (0.2524)	1.58E-07 (0.1633)	1.40E-07 (0.0019)	3.09E-08 (0.2533)	-8.72E-09 (0.2324)
Verão	9.13E-05 (0.7279)	-4.63E-04 (0.0973)	3.76E-05 (0.9185)	4.25E-05 (0.8692)	9.82E-05 (0.7228)	-0.001 (0.0926)	7.19E-05 (0.8343)	8.85E-05 (0.7820)
inverno	1.50E-04 (0.6081)	0.001 (0.0000)	0.001 (0.1371)	-2.78E-04 (0.2967)	2.29E-04 (0.5438)	0.001 (0.0377)	0.001 (0.0576)	-1.34E-04 (0.6799)
C	2.60E-07 (0.0000)							
RESID(-1)^2	0.053 (0.0000)							
GARCH(-1)	0.944 (0.0000)							
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.426747				0.431288			
R ² Ajustado	0.422766				0.427338			

Tabela B.13 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc5} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	GARCH		BreakLS	
	Gás Natural a Um Mês			
	12-04-1990 18-12-1996	19-12-1996 09-06-2017	12-04-1990 18-12-1996	19-12-1996 09-06-2017
C	0.002 (0.0090)	0.006 (0.0000)	0.003 (0.0000)	0.007 (0.0000)
V(-1)	0.279 (0.0000)	0.178 (0.0000)	0.284 (0.0000)	0.221 (0.0000)
V(-2)	0.148 (0.0000)	0.119 (0.0000)	0.137 (0.0029)	0.133 (0.0000)
V(-3)	0.081 (0.0110)	0.101 (0.0000)	0.045 (0.2161)	0.087 (0.0000)
V(-4)	0.077 (0.0112)	0.101 (0.0000)	0.100 (0.0059)	0.096 (0.0000)
V(-5)	0.043 (0.1618)	0.193 (0.0000)	0.039 (0.1423)	0.143 (0.0000)
V(-6)	0.067 (0.0135)	0.047 (0.0012)	0.035 (0.3036)	0.018 (0.3722)
V(-7)	0.065 (0.0269)	0.053 (0.0001)	0.050 (0.1605)	0.056 (0.0002)
VOL(-1)	2.84E-07 (0.0000)	-2.40E-08 (0.0000)	4.98E-07 (0.0000)	-2.58E-08 (0.0003)
VOL(-2)	-7.28E-08 (0.1898)	1.31E-08 (0.0071)	-2.20E-07 (0.0077)	1.25E-08 (0.0576)
verao	0.001 (0.0702)	1.41E-04 (0.6236)	0.001 (0.2152)	6.41E-05 (0.8558)
inverno	0.002 (0.0000)	1.24E-04 (0.6832)	0.002 (0.0012)	2.26E-04 (0.5803)
C	5.45E-06 (0.0000)			
RESID(-1)^2	0.151 (0.0000)			
GARCH(-1)	0.826 (0.0000)			
Nº Obs.	6817		6817	
R ²	0.367601		0.373141	
R ² Ajustado	0.365460		0.371018	

Tabela B.14 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc1} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	GARCH			BreakLS		
	Gás Natural a Três Meses					
	16-04-1990 05-01-1996	01-04-2003 28-04-2008	29-04-2008 09-06-2017	16-04-1990 05-01-1996	01-04-2003 28-04-2008	29-04-2008 09-06-2017
C	0.002 (0.0007)	0.007 (0.0000)	0.005 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.007 (0.0000)	0.006 (0.0000)
V(-1)	0.272 (0.0000)	0.113 (0.0000)	0.108 (0.0000)	0.279 (0.0000)	0.182 (0.0001)	0.101 (0.0001)
V(-2)	0.114 (0.0018)	0.077 (0.0014)	0.200 (0.0000)	0.087 (0.0029)	0.089 (0.0046)	0.236 (0.0003)
V(-3)	0.080 (0.0107)	0.082 (0.0005)	0.055 (0.0041)	0.097 (0.0015)	0.062 (0.0898)	0.045 (0.1329)
V(-4)	0.069 (0.0530)	0.098 (0.0000)	0.072 (0.0000)	0.073 (0.0105)	0.057 (0.0802)	0.105 (0.0000)
V(-5)	0.047 (0.2136)	0.183 (0.0000)	0.174 (0.0000)	0.038 (0.2387)	0.156 (0.0000)	0.125 (0.0002)
V(-6)	0.055 (0.1410)	-0.018 (0.4897)	0.008 (0.6510)	0.036 (0.2207)	-0.034 (0.2492)	-0.008 (0.7976)
V(-7)	0.030 (0.3921)	0.019 (0.4355)	0.055 (0.0009)	-0.006 (0.8131)	0.050 (0.0326)	0.048 (0.0173)
V(-8)	0.051 (0.0989)	0.053 (0.0170)	0.088 (0.0000)	0.063 (0.0173)	0.053 (0.0469)	0.075 (0.0001)
VOL(-1)	6.18E-07 (0.0000)	1.37E-07 (0.0276)	-8.61E-09 (0.0867)	6.99E-07 (0.0001)	1.71E-07 (0.1625)	-1.40E-08 (0.0390)
verao	0.001 (0.1979)	0.001 (0.1053)	-4.03E-04 (0.1402)	2.76E-04 (0.4256)	-1.64E-04 (0.7518)	-1.47E-04 (0.6674)
inverno	0.001 (0.0027)	0.001 (0.0383)	4.70E-05 (0.8654)	0.001 (0.0031)	0.001 (0.4420)	1.78E-04 (0.6180)
C		1.83E-06 (0.0000)				
RESID(-1)^2		0.111 (0.0000)				
GARCH(-1)		0.875 (0.0000)				
Nº Obs.		6816			6816	
R ²		0.317740			0.323037	
R ² Ajustado		0.314218			0.319543	

Tabela B.15 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc3} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	Gás Natural a Cinco Meses							
	16-04-1990 12-03-1996	13-03-1996 09-05-2000	10-05-2000 07-06-2010	08-06-2010 09-06-2017	16-04-1990 12-03-1996	13-03-1996 09-05-2000	10-05-2000 07-06-2010	08-06-2010 09-06-2017
C	0.001 (0.0003)	0.004 (0.0000)	0.005 (0.0000)	0.007 (0.0000)	0.002 (0.0000)	0.004 (0.0000)	0.007 (0.0000)	0.006 (0.0000)
V(-1)	0.249 (0.0000)	0.219 (0.0000)	0.197 (0.0000)	0.046 (0.1080)	0.285 (0.0000)	0.229 (0.0000)	0.192 (0.0000)	0.074 (0.0083)
V(-2)	0.087 (0.0272)	0.061 (0.1225)	0.121 (0.0000)	0.181 (0.0000)	0.062 (0.0319)	0.045 (0.1551)	0.094 (0.0000)	0.167 (0.0000)
V(-3)	0.127 (0.0010)	0.064 (0.0653)	0.063 (0.0009)	0.009 (0.7683)	0.133 (0.0000)	0.093 (0.0097)	0.061 (0.0074)	0.043 (0.1084)
V(-4)	0.063 (0.0926)	0.106 (0.0025)	0.112 (0.0000)	0.031 (0.2541)	0.063 (0.0997)	0.081 (0.0116)	0.085 (0.0000)	0.035 (0.1038)
V(-5)	0.033 (0.3750)	0.053 (0.1658)	0.151 (0.0000)	0.195 (0.0000)	0.041 (0.3356)	0.045 (0.1484)	0.142 (0.0000)	0.176 (0.0000)
V(-6)	0.039 (0.3237)	0.077 (0.0226)	0.018 (0.3838)	-0.042 (0.1012)	0.021 (0.4812)	0.067 (0.0459)	-0.002 (0.9174)	-0.025 (0.3105)
V(-7)	0.077 (0.0332)	-0.008 (0.8372)	0.034 (0.0990)	0.045 (0.0942)	0.040 (0.1859)	0.014 (0.7145)	0.031 (0.1439)	0.057 (0.0293)
V(-8)	0.004 (0.8983)	0.059 (0.0589)	0.032 (0.0871)	0.092 (0.0002)	0.003 (0.9053)	0.080 (0.0202)	0.020 (0.3196)	0.086 (0.0020)
VOL(-1)	1.16E-06 (0.0000)	1.83E-07 (0.1997)	1.02E-07 (0.0357)	1.99E-08 (0.2319)	1.10E-06 (0.0001)	1.28E-08 (0.9284)	6.54E-08 (0.2777)	1.80E-08 (0.2289)
verao	2.76E-04 (0.4316)	3.62E-04 (0.3830)	-2.33E-04 (0.4667)	-0.001 (0.0007)	-5.79E-05 (0.8539)	4.00E-04 (0.3999)	-3.09E-04 (0.4607)	-0.001 (0.0023)
inverno	0.001 (0.0050)	2.60E-04 (0.5475)	-3.11E-05 (0.9201)	4.66E-04 (0.1723)	0.001 (0.1023)	2.49E-04 (0.5830)	-8.13E-05 (0.8602)	0.001 (0.0932)
C		9.72E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.101 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.890 (0.0000)						
Nº Obs.		6816				6816		
R ²		0.328250				0.331647		
R ² Ajustado		0.323585				0.327006		

Tabela B.16 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.6 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc5} . O valor do p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente é indicado por baixo de cada coeficiente, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
C	0.001651 (0.0072)	0.007872 (0.0000)	0.001910 (0.0103)	0.000835 (0.0784)	0.000907 (0.3465)	0.006950 (0.0000)	-0.000641 (0.4276)	0.001750 (0.0046)
V(-1)	0.185528 (0.0000)	0.146836 (0.0001)	0.070413 (0.0249)	0.251406 (0.0000)	0.189928 (0.0000)	0.198980 (0.0000)	0.069190 (0.0506)	0.295513 (0.0000)
V(-2)	0.125315 (0.0000)	0.158574 (0.0000)	0.046568 (0.0879)	0.189475 (0.0000)	0.149320 (0.0004)	0.164839 (0.0000)	0.124549 (0.0003)	0.192786 (0.0000)
V(-3)	0.106225 (0.0008)	0.135060 (0.0006)	0.098623 (0.0007)	0.101040 (0.0001)	0.141949 (0.0002)	0.104729 (0.0004)	0.087134 (0.0068)	0.087664 (0.0009)
V(-4)	0.077533 (0.0115)	0.085129 (0.0194)	0.073978 (0.0150)	0.043182 (0.0973)	0.021043 (0.5408)	0.048106 (0.0487)	0.107606 (0.0197)	0.037640 (0.1917)
V(-5)	0.118096 (0.0007)	0.048297 (0.0967)	0.138022 (0.0000)	0.018933 (0.4612)	0.042545 (0.2974)	0.059831 (0.0128)	0.157376 (0.0009)	0.045546 (0.0591)
V(-6)	0.059927 (0.0311)	-0.003700 (0.9153)	0.103831 (0.0009)	0.078119 (0.0008)	0.043364 (0.4588)	0.020517 (0.4177)	0.070490 (0.0561)	0.044271 (0.0955)
V(-7)	0.057576 (0.0797)	-0.042200 (0.1239)	0.097832 (0.0005)	0.035466 (0.1617)	0.123012 (0.2187)	-0.053232 (0.0237)	0.101452 (0.0049)	0.021873 (0.4083)
V(-8)	0.024533 (0.4996)	0.034569 (0.1569)	0.097163 (0.0017)	0.048580 (0.0601)	0.035692 (0.6255)	0.021316 (0.3120)	0.119331 (0.0034)	0.042672 (0.0920)
V(-9)	0.065221 (0.0303)	0.002720 (0.9107)	0.040913 (0.1574)	0.052302 (0.0360)	0.076747 (0.0487)	-0.002325 (0.9113)	0.067441 (0.0219)	0.017591 (0.5025)
V(-10)	0.013696 (0.6348)	0.064882 (0.0152)	0.054312 (0.0667)	0.070587 (0.0064)	0.025663 (0.4437)	0.061900 (0.0075)	0.060890 (0.0591)	0.075290 (0.0053)
VOL(-1)	3.61E-10 (0.9806)	-1.44E-08 (0.2967)	1.04E-09 (0.6820)	1.27E-09 (0.3309)	1.63E-08 (0.4427)	-6.87E-09 (0.5549)	7.03E-10 (0.7329)	8.15E-10 (0.4011)
D1	0.000649 (0.1921)	0.000991 (0.1528)	0.001720 (0.0031)	-8.19E-05 (0.8509)	0.000917 (0.2153)	0.002071 (0.0093)	0.001481 (0.0802)	0.000345 (0.5062)
D2	-0.000263 (0.5317)	-0.001356 (0.0971)	0.000777 (0.2045)	0.000763 (0.1168)	-0.000213 (0.7098)	-0.000457 (0.5057)	0.000568 (0.4251)	0.000541 (0.2796)
D3	0.000563 (0.2238)	0.002584 (0.0004)	0.002658 (0.0000)	0.001472 (0.0014)	0.001365 (0.0716)	0.002855 (0.0000)	0.002784 (0.0000)	0.001140 (0.0395)
D4	0.000358 (0.4238)	0.000857 (0.2158)	0.001511 (0.0087)	0.000614 (0.2114)	0.000541 (0.3033)	0.001180 (0.0667)	0.001956 (0.0003)	0.000450 (0.4090)
C		4.86E-07 (0.0001)						
RESID(-1)^2		0.068841 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.930250 (0.0000)						
R ²		0.428648				0.437447		
R ² Ajustado		0.423316				0.432196		

Tabela B.17 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_clc1 . O p -value correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008
	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017
C	0.002040 (0.0001)	0.007242 (0.0000)	0.004877 (0.0000)	0.001306 (0.0012)	0.001423 (0.0473)	0.006079 (0.0000)	0.005313 (0.0000)	0.002040 (0.0005)
V(-1)	0.197167 (0.0000)	0.138101 (0.0000)	0.028138 (0.3607)	0.287737 (0.0000)	0.200357 (0.0000)	0.200425 (0.0000)	0.020388 (0.5165)	0.283010 (0.0000)
V(-2)	0.083245 (0.0034)	0.143646 (0.0000)	0.009194 (0.7969)	0.187645 (0.0000)	0.051419 (0.1179)	0.157745 (0.0000)	0.041796 (0.1265)	0.209589 (0.0000)
V(-3)	0.115207 (0.0001)	0.092950 (0.0000)	0.091059 (0.0035)	0.097660 (0.0001)	0.032471 (0.4549)	0.071902 (0.0185)	0.073642 (0.0084)	0.067245 (0.0039)
V(-4)	0.083645 (0.0057)	0.066659 (0.0101)	0.083692 (0.0064)	0.071908 (0.0022)	0.112092 (0.0000)	0.046980 (0.0567)	0.088724 (0.0007)	0.089158 (0.0105)
V(-5)	0.132943 (0.0000)	0.011603 (0.6528)	0.121009 (0.0001)	0.028976 (0.2378)	0.078267 (0.2619)	0.049670 (0.0337)	0.123224 (0.0001)	0.029238 (0.2605)
V(-6)	0.074494 (0.0136)	0.018060 (0.4362)	0.090943 (0.0029)	0.100399 (0.0000)	0.213691 (0.0836)	0.033150 (0.1787)	0.088376 (0.0009)	0.064722 (0.0140)
V(-7)	0.053022 (0.0823)	0.007030 (0.7860)	0.077667 (0.0118)	0.069196 (0.0040)	0.108414 (0.0111)	-0.009973 (0.6880)	0.076167 (0.0140)	0.091507 (0.0013)
V(-8)	0.024566 (0.4482)	0.015944 (0.5418)	0.118928 (0.0000)	0.068690 (0.0027)	-0.002875 (0.9506)	0.013227 (0.5224)	0.085816 (0.0083)	0.050201 (0.0696)
VOL(-1)	-1.26E-08 (0.6785)	3.97E-08 (0.0354)	-4.51E-09 (0.6221)	-7.19E-09 (0.0599)	1.90E-08 (0.6339)	3.13E-08 (0.2272)	-6.10E-09 (0.6140)	-7.64E-09 (0.1681)
D1	0.000173 (0.6569)	-0.000112 (0.8019)	0.001192 (0.0417)	-0.000139 (0.7221)	0.000167 (0.7604)	0.000141 (0.8271)	0.000865 (0.1403)	0.000334 (0.5215)
D2	-0.000480 (0.2877)	-0.001516 (0.0010)	0.000721 (0.1677)	0.000642 (0.0669)	8.88E-05 (0.8441)	-0.001101 (0.0470)	0.000394 (0.4958)	0.000579 (0.2505)
D3	0.000459 (0.2676)	0.001281 (0.0051)	0.002096 (0.0001)	0.001233 (0.0008)	0.001527 (0.0139)	0.001527 (0.0181)	0.002593 (0.0000)	0.001016 (0.0510)
D4	0.000356 (0.4067)	0.000188 (0.6646)	0.001365 (0.0124)	0.000782 (0.0170)	0.000801 (0.0758)	0.000468 (0.4243)	0.001431 (0.0053)	0.000713 (0.1400)
C		4.09E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.068751 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.928851 (0.0000)						
R ²		0.402363				0.410113		
R ² Ajustado		0.397501				0.405314		

Tabela B.18 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_clc3 . O p -value correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
C	0.001503 (0.0004)	0.004963 (0.0000)	0.003124 (0.0000)	0.001148 (0.0025)	0.000788 (0.0337)	0.004466 (0.0000)	0.003089 (0.0000)	0.001767 (0.0002)
V(-1)	0.181911 (0.0000)	0.159324 (0.0000)	0.041923 (0.1680)	0.291140 (0.0000)	0.178865 (0.0000)	0.198530 (0.0000)	0.022064 (0.5109)	0.291300 (0.0000)
V(-2)	0.092894 (0.0012)	0.083443 (0.0009)	0.066679 (0.0502)	0.191267 (0.0000)	0.101017 (0.0000)	0.086213 (0.0008)	0.095297 (0.0033)	0.205883 (0.0000)
V(-3)	0.123095 (0.0000)	0.061653 (0.0129)	0.144150 (0.0000)	0.080176 (0.0007)	0.035159 (0.3560)	0.042951 (0.0769)	0.123571 (0.0003)	0.071246 (0.0014)
V(-4)	0.055837 (0.0720)	0.033583 (0.1825)	0.098220 (0.0025)	0.048826 (0.0321)	0.126951 (0.0000)	0.035835 (0.1375)	0.100026 (0.0004)	0.041224 (0.1566)
V(-5)	0.104939 (0.0003)	0.028447 (0.2687)	0.078097 (0.0128)	0.042044 (0.0731)	0.112207 (0.0568)	0.040632 (0.1181)	0.082158 (0.0161)	0.031483 (0.2420)
V(-6)	0.077820 (0.0233)	0.005581 (0.8322)	0.091233 (0.0034)	0.091318 (0.0000)	0.109377 (0.0081)	0.028540 (0.2451)	0.102735 (0.0007)	0.068411 (0.0087)
V(-7)	0.035917 (0.2421)	0.036540 (0.1068)	0.059924 (0.0432)	0.078927 (0.0003)	0.088694 (0.0051)	0.041183 (0.2040)	0.072149 (0.0239)	0.088630 (0.0002)
V(-8)	0.035241 (0.2512)	0.004617 (0.8575)	0.037665 (0.1999)	0.075169 (0.0007)	0.038747 (0.2917)	0.011896 (0.5740)	0.014612 (0.6556)	0.066000 (0.0014)
VOL(-1)	8.43E-08 (0.2581)	1.39E-07 (0.0009)	1.67E-08 (0.4338)	-7.66E-09 (0.2515)	1.54E-07 (0.1650)	1.12E-07 (0.0118)	3.31E-08 (0.2340)	-8.89E-09 (0.2281)
D1	0.000210 (0.5335)	0.000321 (0.3946)	0.000912 (0.0966)	-0.000111 (0.7604)	0.000233 (0.5938)	0.000212 (0.6461)	0.000794 (0.1135)	0.000365 (0.4546)
D2	-0.000210 (0.6187)	7.54E-05 (0.8499)	0.001091 (0.0370)	0.000496 (0.1534)	0.000148 (0.6672)	-0.000147 (0.7149)	0.000943 (0.0527)	0.000689 (0.1273)
D3	0.000267 (0.4734)	0.001325 (0.0006)	0.001989 (0.0002)	0.000989 (0.0052)	0.001278 (0.0251)	0.001321 (0.0038)	0.002346 (0.0000)	0.001139 (0.0161)
D4	0.000288 (0.4438)	0.000558 (0.1568)	0.001540 (0.0024)	0.000736 (0.0172)	0.000551 (0.1157)	0.000482 (0.2449)	0.001745 (0.0002)	0.000905 (0.0503)
C		2.67E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.052899 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.943642 (0.0000)						
R ²		0.429075				0.434041		
R ² Ajustado		0.424430				0.429436		

Tabela B.19 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_clc5. O p-value correspondente à significância individual de cada coeficiente está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH		BreakLS	
	12-04-1990	19-12-1996	12-04-1990	19-12-1996
	18-12-1996	09-06-2017	18-12-1996	09-06-2017
C	0.001766 (0.0086)	0.003012 (0.0000)	0.001834 (0.0277)	0.004328 (0.0000)
V(-1)	0.297901 (0.0000)	0.189565 (0.0000)	0.295741 (0.0000)	0.229600 (0.0000)
V(-2)	0.160097 (0.0000)	0.132029 (0.0000)	0.144364 (0.0014)	0.139045 (0.0000)
V(-3)	0.087255 (0.0044)	0.090298 (0.0000)	0.049005 (0.1901)	0.086410 (0.0000)
V(-4)	0.083041 (0.0058)	0.121794 (0.0000)	0.101083 (0.0055)	0.105139 (0.0000)
V(-5)	0.050138 (0.1045)	0.140850 (0.0000)	0.038082 (0.1493)	0.107600 (0.0000)
V(-6)	0.068133 (0.0123)	0.073363 (0.0000)	0.040413 (0.2400)	0.034722 (0.0865)
V(-7)	0.068748 (0.0210)	0.055189 (0.0000)	0.057973 (0.0962)	0.060664 (0.0001)
VOL(-1)	2.64E-07 (0.0000)	-1.17E-08 (0.0167)	4.88E-07 (0.0000)	-1.47E-08 (0.0300)
VOL(-2)	-8.43E-08 (0.1057)	1.71E-09 (0.7220)	-2.30E-07 (0.0057)	2.45E-09 (0.7039)
D1	-7.06E-05 (0.9184)	0.002948 (0.0000)	0.001415 (0.0900)	0.003178 (0.0000)
D2	0.000330 (0.6143)	0.001766 (0.0000)	0.002234 (0.0109)	0.001623 (0.0007)
D3	-0.000491 (0.4349)	0.001903 (0.0000)	0.001514 (0.0613)	0.003058 (0.0000)
D4	0.000406 (0.5160)	0.006815 (0.0000)	0.002113 (0.0236)	0.006785 (0.0000)
C	4.18E-06 (0.0000)			
RESID(-1)^2	0.139327 (0.0000)			
GARCH(-1)	0.845449 (0.0000)			
R ²	0.382842		0.389741	
R ² Ajustado	0.380388		0.387314	

Tabela B.20 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ng1} . O p -value correspondente à significância individual de cada coeficiente está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH			BreakLS		
	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003
	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017
C	0.001406 (0.0095)	0.005791 (0.0000)	0.002370 (0.0001)	0.001744 (0.0002)	0.005268 (0.0001)	0.003612 (0.0000)
V(-1)	0.285848 (0.0000)	0.113443 (0.0000)	0.143119 (0.0000)	0.290527 (0.0000)	0.180491 (0.0002)	0.130204 (0.0000)
V(-2)	0.120146 (0.0010)	0.084739 (0.0002)	0.194859 (0.0000)	0.092352 (0.0012)	0.102824 (0.0016)	0.233324 (0.0005)
V(-3)	0.081786 (0.0116)	0.092652 (0.0001)	0.051398 (0.0067)	0.101205 (0.0010)	0.074114 (0.0484)	0.041361 (0.1658)
V(-4)	0.077060 (0.0298)	0.094462 (0.0000)	0.092857 (0.0000)	0.077216 (0.0063)	0.051941 (0.0987)	0.119607 (0.0000)
V(-5)	0.048258 (0.1950)	0.159645 (0.0000)	0.118875 (0.0000)	0.036518 (0.2475)	0.134034 (0.0000)	0.074486 (0.0176)
V(-6)	0.058854 (0.1151)	-0.014247 (0.5757)	0.041336 (0.0237)	0.039596 (0.1808)	-0.031609 (0.2656)	0.012609 (0.7290)
V(-7)	0.035506 (0.3027)	0.030863 (0.1927)	0.060898 (0.0002)	-0.000917 (0.9731)	0.060544 (0.0102)	0.061595 (0.0019)
V(-8)	0.053260 (0.0878)	0.055369 (0.0123)	0.079920 (0.0000)	0.066454 (0.0118)	0.061304 (0.0179)	0.066856 (0.0005)
VOL(-1)	5.39E-07 (0.0000)	1.45E-07 (0.0222)	-6.45E-09 (0.1807)	6.48E-07 (0.0003)	1.64E-07 (0.1909)	-1.34E-08 (0.0401)
D1	0.000617 (0.2416)	0.000480 (0.4014)	0.002197 (0.0000)	0.000881 (0.0887)	0.000512 (0.5370)	0.002089 (0.0004)
D2	0.000635 (0.2404)	0.001151 (0.0440)	0.001536 (0.0002)	0.001199 (0.0265)	0.000985 (0.2691)	0.001295 (0.0030)
D3	0.000323 (0.5290)	0.001843 (0.0012)	0.001327 (0.0011)	0.000910 (0.0635)	0.003045 (0.0001)	0.001342 (0.0041)
D4	0.000830 (0.0961)	0.003732 (0.0000)	0.005752 (0.0000)	0.001361 (0.0070)	0.004162 (0.0000)	0.006208 (0.0000)
C		1.78E-06 (0.0000)				
RESID(-1)^2		0.110524 (0.0000)				
GARCH(-1)		0.875528 (0.0000)				
R ²		0.340504			0.346144	
R ² Ajustado		0.336512			0.342187	

Tabela B.21 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc3} . O p -value correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017
C	0.001083 (0.0226)	0.004049 (0.0000)	0.002125 (0.0002)	0.002797 (0.0007)	0.001355 (0.0001)	0.004073 (0.0000)	0.003971 (0.0000)	0.002772 (0.0009)
V(-1)	0.254782 (0.0000)	0.227684 (0.0000)	0.204413 (0.0000)	0.110757 (0.0001)	0.289062 (0.0000)	0.239751 (0.0000)	0.202206 (0.0000)	0.128428 (0.0000)
V(-2)	0.097506 (0.0138)	0.058284 (0.1364)	0.136557 (0.0000)	0.175361 (0.0000)	0.066337 (0.0216)	0.039147 (0.2131)	0.101660 (0.0000)	0.160861 (0.0000)
V(-3)	0.134259 (0.0007)	0.064480 (0.0685)	0.077101 (0.0001)	0.008154 (0.7855)	0.136119 (0.0000)	0.096267 (0.0068)	0.065000 (0.0045)	0.044764 (0.0787)
V(-4)	0.067859 (0.0748)	0.115333 (0.0012)	0.102785 (0.0000)	0.083212 (0.0023)	0.065876 (0.0740)	0.089271 (0.0057)	0.083909 (0.0000)	0.073593 (0.0007)
V(-5)	0.033786 (0.3530)	0.029976 (0.4347)	0.112096 (0.0000)	0.130477 (0.0000)	0.035517 (0.4007)	0.021322 (0.5023)	0.108906 (0.0001)	0.113163 (0.0000)
V(-6)	0.043625 (0.2774)	0.079441 (0.0177)	0.034213 (0.0979)	0.018763 (0.4841)	0.023788 (0.4175)	0.072617 (0.0265)	0.011683 (0.5720)	0.019534 (0.4139)
V(-7)	0.083357 (0.0225)	-0.007533 (0.8363)	0.041099 (0.0376)	0.050381 (0.0566)	0.044979 (0.1334)	0.013661 (0.7171)	0.034941 (0.1031)	0.064991 (0.0148)
V(-8)	0.005813 (0.8528)	0.068698 (0.0300)	0.041776 (0.0243)	0.082970 (0.0009)	0.003444 (0.8989)	0.084994 (0.0119)	0.027514 (0.1794)	0.082345 (0.0031)
VOL(-1)	1.11E-06 (0.0000)	2.19E-07 (0.0949)	1.05E-07 (0.0194)	3.05E-08 (0.0466)	1.09E-06 (0.0001)	3.19E-08 (0.8117)	7.97E-08 (0.1698)	1.71E-08 (0.1971)
D1	0.000302 (0.4839)	-0.000567 (0.4026)	0.001445 (0.0001)	0.001899 (0.0001)	0.000985 (0.0127)	-0.000247 (0.6970)	0.002157 (0.0001)	0.002054 (0.0000)
D2	0.000438 (0.3416)	0.000777 (0.2155)	0.001148 (0.0076)	0.001950 (0.0000)	0.001069 (0.0114)	0.000569 (0.3744)	0.001478 (0.0062)	0.001640 (0.0001)
D3	0.000664 (0.1206)	-0.000403 (0.5354)	0.002432 (0.0000)	0.000852 (0.0818)	0.001062 (0.0038)	-0.000419 (0.4747)	0.003218 (0.0000)	0.000968 (0.0139)
D4	0.000823 (0.0481)	0.001936 (0.0010)	0.004878 (0.0000)	0.005162 (0.0000)	0.001091 (0.0059)	0.002435 (0.0001)	0.005077 (0.0000)	0.005050 (0.0000)
C		1.11E-06 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.108799 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.879420 (0.0000)						
R ²		0.350566				0.354902		
R ² Ajustado		0.345282				0.349654		

Tabela B.22 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.7 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc5} . O p -value correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

Anexo C. Tabelas Completas para o *Momentum*

Aqui apresentam-se as tabelas completas para aferir a influência do *Momentum* do mercado de futuros (aproximado pelo *momentum* do mercado de ações) nas volatilidades do Crude e do Gás Natural.

período	GARCH				BreakLS			
	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
C	0.001793 (0.0025)	0.008417 (0.0000)	0.003247 (0.0000)	0.001388 (0.0005)	0.001357 (0.1085)	0.007959 (0.0000)	0.000740 (0.3295)	0.002246 (0.0000)
V(-1)	0.177646 (0.0000)	0.135144 (0.0000)	0.060055 (0.0337)	0.254071 (0.0000)	0.185752 (0.0000)	0.187090 (0.0000)	0.057808 (0.1062)	0.296324 (0.0000)
V(-2)	0.126770 (0.0003)	0.158575 (0.0000)	0.040550 (0.2066)	0.180246 (0.0000)	0.149785 (0.0004)	0.168807 (0.0000)	0.122166 (0.0003)	0.190968 (0.0000)
V(-3)	0.109233 (0.0006)	0.136065 (0.0000)	0.101506 (0.0005)	0.095799 (0.0003)	0.142989 (0.0002)	0.107920 (0.0003)	0.082341 (0.0108)	0.086735 (0.0010)
V(-4)	0.072924 (0.0210)	0.080236 (0.0012)	0.073195 (0.0136)	0.048394 (0.0659)	0.018943 (0.5856)	0.043054 (0.0898)	0.111256 (0.0230)	0.039445 (0.1649)
V(-5)	0.122664 (0.0000)	0.063341 (0.0117)	0.152928 (0.0000)	0.029025 (0.3147)	0.045775 (0.2717)	0.070931 (0.0043)	0.167699 (0.0003)	0.048263 (0.0457)
V(-6)	0.058722 (0.0636)	-0.012949 (0.6026)	0.099585 (0.0002)	0.078158 (0.0054)	0.043349 (0.4569)	0.013504 (0.5948)	0.072584 (0.0441)	0.043171 (0.1010)
V(-7)	0.058204 (0.0396)	-0.048752 (0.0567)	0.090370 (0.0016)	0.026205 (0.3366)	0.121531 (0.2245)	-0.052845 (0.0218)	0.096059 (0.0057)	0.019343 (0.4619)
V(-8)	0.028754 (0.3090)	0.033104 (0.2246)	0.093597 (0.0002)	0.046338 (0.0659)	0.037250 (0.6027)	0.021011 (0.3143)	0.115113 (0.0048)	0.043078 (0.0915)
V(-9)	0.059926 (0.0382)	-0.000117 (0.9964)	0.048132 (0.0954)	0.057856 (0.0242)	0.075709 (0.0511)	-0.002989 (0.8850)	0.075834 (0.0106)	0.019305 (0.4622)
V(-10)	0.016032 (0.6111)	0.073725 (0.0017)	0.061344 (0.0326)	0.075799 (0.0009)	0.027717 (0.4143)	0.065856 (0.0050)	0.062683 (0.0557)	0.076108 (0.0046)
VOL(-1)	3.66E-09 (0.7844)	-9.00E-09 (0.2487)	1.04E-09 (0.5793)	1.16E-09 (0.2027)	1.81E-08 (0.3873)	-3.75E-09 (0.7454)	9.26E-10 (0.6566)	7.31E-10 (0.4464)
Mom	0.000192 (0.5961)	-0.000346 (0.0614)	-0.000449 (0.0262)	0.000190 (0.2474)	0.000144 (0.8623)	-0.000349 (0.0724)	-0.000386 (0.3941)	0.000182 (0.5320)
C		4.75E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.065595 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.933257 (0.0000)						
R ²		0.423953				0.432184		
R ² Ajustado		0.419608				0.427902		

Tabela C.1 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{cl1} . O p -value correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008
	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017
C	0.002058 (0.0000)	0.007236 (0.0000)	0.006065 (0.0000)	0.001787 (0.0000)	0.001880 (0.0016)	0.006261 (0.0000)	0.006458 (0.0000)	0.002577 (0.0000)
V(-1)	0.189235 (0.0000)	0.133071 (0.0000)	0.023416 (0.4374)	0.289323 (0.0000)	0.198161 (0.0000)	0.193162 (0.0000)	0.015282 (0.6299)	0.282259 (0.0000)
V(-2)	0.084572 (0.0036)	0.139379 (0.0000)	0.005863 (0.8699)	0.181132 (0.0000)	0.047009 (0.1611)	0.155205 (0.0000)	0.034552 (0.2113)	0.208199 (0.0000)
V(-3)	0.113152 (0.0001)	0.088511 (0.0000)	0.092756 (0.0023)	0.093313 (0.0001)	0.030972 (0.4722)	0.070613 (0.0192)	0.068728 (0.0135)	0.065873 (0.0046)
V(-4)	0.081661 (0.0067)	0.063852 (0.0117)	0.085030 (0.0055)	0.077177 (0.0009)	0.113102 (0.0000)	0.048646 (0.0464)	0.092711 (0.0005)	0.091659 (0.0089)
V(-5)	0.137561 (0.0000)	0.023410 (0.3493)	0.130797 (0.0000)	0.037252 (0.1271)	0.084809 (0.2285)	0.057515 (0.0147)	0.141495 (0.0000)	0.030481 (0.2401)
V(-6)	0.074249 (0.0131)	0.016692 (0.4714)	0.091913 (0.0028)	0.100974 (0.0000)	0.213591 (0.0838)	0.030214 (0.2227)	0.094471 (0.0004)	0.064927 (0.0133)
V(-7)	0.052598 (0.0797)	-0.001218 (0.9616)	0.070944 (0.0205)	0.063307 (0.0071)	0.105808 (0.0119)	-0.015079 (0.5449)	0.064755 (0.0394)	0.090547 (0.0015)
V(-8)	0.026713 (0.3968)	0.014772 (0.5756)	0.111720 (0.0000)	0.068346 (0.0028)	-0.001881 (0.9673)	0.014196 (0.4972)	0.077892 (0.0171)	0.049899 (0.0712)
VOL(-1)	-2.77E-10 (0.9926)	5.63E-08 (0.0024)	-4.79E-09 (0.6126)	-6.36E-09 (0.0955)	2.73E-08 (0.4815)	4.46E-08 (0.0815)	-3.79E-09 (0.7416)	-7.45E-09 (0.1634)
Mom	0.000165 (0.5552)	-0.000245 (0.1282)	-0.000507 (0.0489)	3.19E-05 (0.8092)	0.000286 (0.7249)	-0.000339 (0.0686)	-0.000507 (0.0884)	-6.71E-05 (0.7673)
C		3.97E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.065268 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.932145 (0.0000)						
R ²		0.398542				0.405634		
R ² Ajustado		0.394723				0.401860		

Tabela C.2 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc3} . O p -value correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
C	0.001606 (0.0000)	0.005469 (0.0000)	0.004291 (0.0000)	0.001575 (0.0000)	0.001236 (0.0001)	0.004884 (0.0000)	0.004335 (0.0000)	0.002404 (0.0000)
V(-1)	0.180243 (0.0000)	0.158397 (0.0000)	0.043440 (0.1486)	0.292117 (0.0000)	0.177960 (0.0000)	0.195554 (0.0000)	0.025449 (0.4581)	0.291403 (0.0000)
V(-2)	0.092116 (0.0015)	0.077755 (0.0017)	0.060412 (0.0817)	0.186761 (0.0000)	0.098477 (0.0001)	0.083320 (0.0013)	0.086859 (0.0081)	0.203985 (0.0000)
V(-3)	0.122795 (0.0000)	0.058304 (0.0181)	0.141064 (0.0000)	0.077237 (0.0009)	0.033331 (0.3795)	0.041420 (0.0833)	0.117536 (0.0005)	0.069655 (0.0017)
V(-4)	0.053654 (0.0653)	0.037259 (0.1313)	0.103483 (0.0015)	0.054073 (0.0159)	0.127183 (0.0000)	0.038450 (0.1082)	0.106886 (0.0002)	0.044238 (0.1305)
V(-5)	0.109335 (0.0002)	0.034684 (0.1752)	0.092101 (0.0026)	0.048013 (0.0411)	0.118569 (0.0525)	0.046436 (0.0817)	0.099393 (0.0036)	0.033855 (0.2059)
V(-6)	0.075989 (0.0210)	0.005254 (0.8426)	0.095271 (0.0023)	0.090780 (0.0000)	0.109137 (0.0087)	0.025712 (0.2999)	0.107998 (0.0004)	0.067538 (0.0100)
V(-7)	0.033567 (0.2732)	0.030436 (0.1774)	0.052724 (0.0708)	0.074428 (0.0006)	0.085233 (0.0061)	0.036269 (0.2645)	0.060425 (0.0645)	0.086778 (0.0003)
V(-8)	0.036694 (0.2097)	0.004341 (0.8668)	0.025881 (0.3777)	0.075773 (0.0006)	0.039380 (0.2823)	0.012680 (0.5466)	0.004355 (0.8940)	0.066074 (0.0016)
VOL(-1)	9.43E-08 (0.1831)	1.46E-07 (0.0006)	1.38E-08 (0.5276)	-7.61E-09 (0.2589)	1.61E-07 (0.1407)	1.22E-07 (0.0052)	3.10E-08 (0.2558)	-8.83E-09 (0.2266)
Mom	-2.64E-05 (0.9115)	-3.96E-05 (0.7580)	-0.000464 (0.0529)	7.13E-05 (0.5461)	-6.57E-05 (0.9234)	-0.000183 (0.1859)	-0.000418 (0.1991)	1.29E-05 (0.9494)
C		2.64E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.052796 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.943932 (0.0000)						
R ²		0.425671				0.430193		
R ² Ajustado		0.422024				0.426575		

Tabela C.3 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{clc5} . O p -value correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH		BreakLS	
	12-04-1990	19-12-1996	12-04-1990	19-12-1996
	18-12-1996	09-06-2017	18-12-1996	09-06-2017
C	0.001908 (0.0004)	0.006117 (0.0000)	0.003287 (0.0000)	0.007530 (0.0000)
V(-1)	0.294713 (0.0000)	0.177961 (0.0000)	0.293556 (0.0000)	0.221559 (0.0000)
V(-2)	0.159556 (0.0000)	0.119889 (0.0000)	0.143700 (0.0016)	0.132487 (0.0000)
V(-3)	0.088362 (0.0044)	0.100369 (0.0000)	0.048443 (0.1928)	0.087383 (0.0000)
V(-4)	0.083370 (0.0066)	0.101959 (0.0000)	0.102940 (0.0049)	0.096057 (0.0000)
V(-5)	0.048021 (0.1221)	0.192840 (0.0000)	0.041512 (0.1161)	0.142862 (0.0000)
V(-6)	0.069537 (0.0107)	0.047030 (0.0014)	0.039343 (0.2512)	0.019081 (0.3535)
V(-7)	0.067318 (0.0218)	0.052712 (0.0001)	0.057237 (0.1002)	0.056629 (0.0001)
VOL(-1)	2.72E-07 (0.0000)	-2.40E-08 (0.0000)	4.89E-07 (0.0000)	-2.59E-08 (0.0003)
VOL(-2)	-9.13E-08 (0.0848)	1.31E-08 (0.0072)	-2.32E-07 (0.0055)	1.27E-08 (0.0552)
Mom	-0.000588 (0.2070)	-2.02E-05 (0.8840)	0.000380 (0.5330)	-0.000173 (0.3011)
C	5.31E-06 (0.0000)			
RESID(-1)^2	0.146444 (0.0000)			
GARCH(-1)	0.831439 (0.0000)			
R ²	0.366402		0.372316	
R ² Ajustado	0.364444		0.370376	

Tabela C.4 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc1} . O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH			BreakLS		
	16-04-1990	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	01-04-2003	29-04-2008
	05-01-1996	28-04-2008	09-06-2017	05-01-1996	28-04-2008	09-06-2017
C	0.001895 (0.0000)	0.007420 (0.0000)	0.004962 (0.0000)	0.002618 (0.0000)	0.007193 (0.0000)	0.006048 (0.0000)
V(-1)	0.283762 (0.0000)	0.114157 (0.0000)	0.108867 (0.0000)	0.288463 (0.0000)	0.183877 (0.0002)	0.101497 (0.0001)
V(-2)	0.121615 (0.0010)	0.076428 (0.0014)	0.200449 (0.0000)	0.091908 (0.0012)	0.089945 (0.0046)	0.236419 (0.0003)
V(-3)	0.083254 (0.0082)	0.083055 (0.0003)	0.056455 (0.0033)	0.101809 (0.0011)	0.062929 (0.0847)	0.044531 (0.1334)
V(-4)	0.075236 (0.0367)	0.099401 (0.0000)	0.073611 (0.0000)	0.076414 (0.0070)	0.058282 (0.0738)	0.104253 (0.0000)
V(-5)	0.049842 (0.1884)	0.184257 (0.0000)	0.174769 (0.0000)	0.040474 (0.2121)	0.157719 (0.0000)	0.125772 (0.0002)
V(-6)	0.057530 (0.1275)	-0.016679 (0.5145)	0.009166 (0.6189)	0.038683 (0.1935)	-0.032120 (0.2723)	-0.007784 (0.8117)
V(-7)	0.033502 (0.3376)	0.018904 (0.4231)	0.055401 (0.0008)	-0.002897 (0.9144)	0.051734 (0.0287)	0.048655 (0.0138)
V(-8)	0.056090 (0.0732)	0.052956 (0.0165)	0.088518 (0.0000)	0.067649 (0.0104)	0.054181 (0.0398)	0.075234 (0.0001)
VOL(-1)	5.33E-07 (0.0000)	1.34E-07 (0.0312)	-8.46E-09 (0.0883)	6.48E-07 (0.0003)	1.67E-07 (0.1695)	-1.37E-08 (0.0440)
Mom	-0.000125 (0.7563)	-7.97E-05 (0.6998)	-4.97E-05 (0.6888)	0.000152 (0.7124)	-0.000309 (0.2034)	-0.000124 (0.4807)
C		1.89E-06 (0.0000)				
RESID(-1)^2		0.110771 (0.0000)				
GARCH(-1)		0.874523 (0.0000)				
R ²		0.317313			0.322566	
R ² Ajustado		0.314092			0.319370	

Tabela C.5 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc3} . O p -value correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017
C	0.001527 (0.0000)	0.004496 (0.0000)	0.004477 (0.0000)	0.005208 (0.0000)	0.002191 (0.0000)	0.004619 (0.0000)	0.006628 (0.0000)	0.004974 (0.0000)
V(-1)	0.254414 (0.0000)	0.216127 (0.0000)	0.196127 (0.0000)	0.059279 (0.0391)	0.286198 (0.0000)	0.227116 (0.0000)	0.191718 (0.0000)	0.085937 (0.0026)
V(-2)	0.093742 (0.0176)	0.060920 (0.1199)	0.122673 (0.0000)	0.194526 (0.0000)	0.062186 (0.0348)	0.044958 (0.1525)	0.094787 (0.0000)	0.176569 (0.0000)
V(-3)	0.133707 (0.0007)	0.064229 (0.0664)	0.066036 (0.0005)	0.020175 (0.5110)	0.136546 (0.0000)	0.092477 (0.0096)	0.060611 (0.0077)	0.050347 (0.0595)
V(-4)	0.068901 (0.0663)	0.106811 (0.0023)	0.109333 (0.0000)	0.042250 (0.1084)	0.064379 (0.0908)	0.080783 (0.0122)	0.084687 (0.0000)	0.042205 (0.0505)
V(-5)	0.039879 (0.2783)	0.056325 (0.1441)	0.154316 (0.0000)	0.206180 (0.0000)	0.043502 (0.3093)	0.046439 (0.1321)	0.142558 (0.0000)	0.183614 (0.0000)
V(-6)	0.042797 (0.2804)	0.078270 (0.0194)	0.019737 (0.3372)	-0.034234 (0.1814)	0.022853 (0.4419)	0.067891 (0.0421)	-0.000463 (0.9814)	-0.018566 (0.4375)
V(-7)	0.079590 (0.0291)	-0.009985 (0.7848)	0.032950 (0.1056)	0.053831 (0.0410)	0.042624 (0.1618)	0.012913 (0.7412)	0.031464 (0.1258)	0.063390 (0.0180)
V(-8)	0.005920 (0.8525)	0.058409 (0.0619)	0.030094 (0.0957)	0.099726 (0.0001)	0.005392 (0.8427)	0.078577 (0.0216)	0.019038 (0.3525)	0.091906 (0.0010)
VOL(-1)	1.13E-06 (0.0000)	1.86E-07 (0.1784)	1.12E-07 (0.0120)	2.36E-08 (0.1235)	1.09E-06 (0.0001)	2.73E-08 (0.8388)	6.81E-08 (0.2523)	1.32E-08 (0.3335)
Mom	0.000317 (0.3252)	0.000341 (0.1340)	-0.000434 (0.0002)	0.000153 (0.4243)	0.000463 (0.1857)	0.000276 (0.2052)	-0.000352 (0.0197)	-4.66E-05 (0.8327)
C		1.07E-06 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.104126 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.885175 (0.0000)						
R ²		0.327412				0.330916		
R ² Ajustado		0.323142				0.326668		

Tabela C.6 – Coeficientes obtidos da estimação do modelo da Equação 3.8 pelos Métodos de GARCH e BREAKLS com correção Newey-West, para v_{ngc5} . O p -value correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

Anexo D. Tabelas Completas para Interação das Volatilidades do Gás Natural e do Crude

Aqui apresentam-se as tabelas completas para aferir a influência da volatilidade do Gás Natural na volatilidade do Crude e da volatilidade do Crude na volatilidade do Gás Natural.

período	GARCH				BreakLS			
	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
C	0.003107 (0.0000)	0.007940 (0.0000)	0.003507 (0.0003)	0.001193 (0.0469)	0.002817 (0.0025)	0.008315 (0.0000)	0.000166 (0.8834)	0.002206 (0.0021)
V(-1)	0.175209 (0.0000)	0.111353 (0.0000)	0.067862 (0.0200)	0.250130 (0.0000)	0.183379 (0.0000)	0.172260 (0.0000)	0.080560 (0.0305)	0.288472 (0.0004)
V(-2)	0.124472 (0.0005)	0.144523 (0.0000)	0.034858 (0.2983)	0.179218 (0.0000)	0.149461 (0.0004)	0.165980 (0.0000)	0.106890 (0.0017)	0.191251 (0.0000)
V(-3)	0.106621 (0.0009)	0.130513 (0.0000)	0.093022 (0.0020)	0.101024 (0.0001)	0.140570 (0.0002)	0.109066 (0.0002)	0.075709 (0.0276)	0.092469 (0.0004)
V(-4)	0.072066 (0.0226)	0.066813 (0.0116)	0.073818 (0.0156)	0.046570 (0.0781)	0.017265 (0.6178)	0.042136 (0.0934)	0.110641 (0.0313)	0.033925 (0.2297)
V(-5)	0.117938 (0.0001)	0.067416 (0.0073)	0.151574 (0.0000)	0.024405 (0.4056)	0.041220 (0.3062)	0.074004 (0.0029)	0.162109 (0.0008)	0.042733 (0.0752)
V(-6)	0.059965 (0.0559)	-0.004134 (0.8734)	0.105907 (0.0002)	0.072902 (0.0098)	0.041391 (0.4729)	0.019716 (0.4283)	0.076061 (0.0407)	0.042034 (0.1112)
V(-7)	0.055983 (0.0463)	-0.041203 (0.1221)	0.091701 (0.0017)	0.024565 (0.3812)	0.124634 (0.2148)	-0.052438 (0.0220)	0.092970 (0.0134)	0.018743 (0.4712)
V(-8)	0.024754 (0.3916)	0.034928 (0.2021)	0.093706 (0.0003)	0.047574 (0.0580)	0.037488 (0.6033)	0.023572 (0.2602)	0.119052 (0.0028)	0.040455 (0.1115)
V(-9)	0.053811 (0.0640)	0.001673 (0.9500)	0.047505 (0.1052)	0.059392 (0.0213)	0.074255 (0.0557)	-0.002911 (0.8885)	0.068032 (0.0304)	0.019761 (0.4539)
V(-10)	0.010313 (0.7442)	0.071700 (0.0028)	0.063440 (0.0421)	0.074158 (0.0016)	0.024549 (0.4594)	0.066077 (0.0055)	0.068474 (0.0376)	0.072970 (0.0062)
VOL(-1)	5.77E-10 (0.9659)	8.73E-09 (0.3388)	1.66E-09 (0.6218)	1.26E-09 (0.1913)	1.75E-08 (0.4130)	1.01E-08 (0.4665)	2.24E-10 (0.9531)	1.30E-09 (0.1672)
v_ngc1(-1)	-0.043732 (0.0254)	0.038533 (0.0128)	-0.020078 (0.2083)	0.012731 (0.4162)	-0.018406 (0.3557)	0.026212 (0.0978)	-0.022192 (0.2885)	0.016012 (0.4522)
v_ngc1(-2)	-0.008880 (0.6014)	0.028636 (0.0544)	0.022654 (0.1899)	-0.002639 (0.8853)	-0.009060 (0.7016)	0.017835 (0.3944)	0.026085 (0.2727)	0.005327 (0.7776)
v_ngc1(-3)	-0.007591 (0.6477)	-0.024825 (0.0558)	0.011114 (0.4178)	-0.039220 (0.0102)	0.020283 (0.3442)	-0.022052 (0.1337)	0.012047 (0.6064)	-0.053206 (0.0017)
V_ngc1(-4)	0.001914 (0.9065)	0.028523 (0.0262)	0.010593 (0.4899)	0.006716 (0.6519)	-0.005871 (0.7116)	0.010539 (0.5660)	0.009660 (0.6641)	0.011899 (0.4497)
v_ngc1(-5)	-0.009326 (0.5518)	0.000796 (0.9529)	-0.006922 (0.6798)	0.010113 (0.4857)	-0.007092 (0.7332)	0.002244 (0.8993)	0.008308 (0.7819)	0.023082 (0.1525)
v_ngc1(-6)	-0.005708 (0.7181)	0.001628 (0.9012)	-0.024649 (0.1373)	0.018412 (0.2434)	-0.027253 (0.2042)	-0.023214 (0.1417)	-0.020966 (0.3231)	0.028662 (0.0808)
v_ngc1(-7)	0.004414 (0.7756)	-0.003240 (0.8001)	-0.001058 (0.9452)	0.021796 (0.1248)	-0.017761 (0.3932)	0.005549 (0.7054)	-7.96E-05 (0.9964)	0.011630 (0.5386)
vol_ngc1(-1)	1.17E-08 (0.7765)	-3.36E-08 (0.0728)	-9.79E-09 (0.5094)	-3.35E-09 (0.3422)	-3.54E-08 (0.3805)	-3.34E-08 (0.1028)	-3.20E-08 (0.0836)	-4.49E-09 (0.3028)
vol_ngc1(-2)	4.86E-08 (0.3017)	-2.47E-08 (0.1572)	6.32E-09 (0.6578)	9.05E-10 (0.7893)	2.51E-08 (0.5420)	-1.54E-08 (0.4650)	4.05E-08 (0.1298)	-2.41E-09 (0.6389)
C		4.45E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.065254 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.933789 (0.0000)						
R ²		0.425480				0.436304		
R ² Ajustado		0.418395				0.429352		

Tabela D.1 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade do gás natural na volatilidade do crude, para maturidade a um mês. O p-value correspondente à

significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008	16-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	29-04-2008
	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	28-04-2008	09-06-2017
C	0.003220 (0.0000)	0.007519 (0.0000)	0.007133 (0.0000)	0.001384 (0.0181)	0.003284 (0.0000)	0.005992 (0.0000)	0.007002 (0.0000)	0.002523 (0.0002)
v_clc3(-1)	0.180426 (0.0000)	0.125926 (0.0000)	0.020459 (0.5024)	0.280125 (0.0000)	0.190795 (0.0000)	0.192036 (0.0000)	0.024403 (0.4581)	0.275769 (0.0000)
v_clc3(-2)	0.072415 (0.0153)	0.138389 (0.0000)	-0.005348 (0.8841)	0.177817 (0.0000)	0.042001 (0.1865)	0.155396 (0.0000)	0.023334 (0.4118)	0.202497 (0.0000)
v_clc3(-3)	0.108497 (0.0002)	0.097482 (0.0000)	0.086604 (0.0057)	0.093074 (0.0001)	0.021062 (0.6410)	0.076035 (0.0119)	0.063709 (0.0286)	0.070830 (0.0027)
v_clc3(-4)	0.083207 (0.0062)	0.067007 (0.0103)	0.080474 (0.0094)	0.070473 (0.0026)	0.115201 (0.0000)	0.046266 (0.0602)	0.084683 (0.0021)	0.084481 (0.0157)
v_clc3(-5)	0.138187 (0.0000)	0.021301 (0.4128)	0.133132 (0.0000)	0.032275 (0.1844)	0.080535 (0.2640)	0.053948 (0.0224)	0.147137 (0.0000)	0.022817 (0.3961)
v_clc3(-6)	0.069968 (0.0205)	0.021607 (0.3797)	0.097988 (0.0017)	0.097208 (0.0000)	0.211600 (0.0847)	0.033200 (0.1683)	0.092913 (0.0008)	0.061496 (0.0179)
v_clc3(-7)	0.053198 (0.0898)	0.001304 (0.9604)	0.074508 (0.0201)	0.062607 (0.0097)	0.108020 (0.0106)	-0.017634 (0.4697)	0.067414 (0.0318)	0.086153 (0.0025)
v_clc3(-8)	0.020957 (0.5120)	0.014942 (0.5729)	0.126951 (0.0000)	0.068122 (0.0028)	-0.004413 (0.9234)	0.012841 (0.5381)	0.096473 (0.0042)	0.051230 (0.0656)
VOL_clc3(-1)	6.50E-09 (0.8308)	6.63E-08 (0.0010)	-5.79E-09 (0.5633)	-2.85E-09 (0.4755)	3.64E-08 (0.3675)	4.46E-08 (0.0974)	-5.79E-09 (0.6680)	-1.59E-09 (0.7807)
v_ngc3(-1)	-0.009931 (0.6798)	0.014227 (0.3831)	0.003855 (0.8009)	-0.005001 (0.7628)	0.009579 (0.7009)	0.007624 (0.6411)	-0.018500 (0.2771)	-0.008202 (0.7274)
v_ngc3(-2)	0.020280 (0.3988)	-0.003194 (0.8503)	0.011943 (0.4663)	-0.004018 (0.8024)	-0.008619 (0.8189)	-0.001930 (0.9098)	0.018145 (0.2516)	0.011292 (0.6347)
v_ngc3(-3)	0.003917 (0.8559)	-0.051618 (0.0011)	-0.000265 (0.9868)	-0.020693 (0.1967)	0.047474 (0.2081)	-0.037645 (0.0260)	0.009314 (0.6613)	-0.041603 (0.0492)
V_ngc3(-4)	-0.038153 (0.0925)	0.014237 (0.4027)	0.024124 (0.1606)	0.029798 (0.0759)	-0.034144 (0.2719)	0.018641 (0.2365)	0.030499 (0.1122)	0.025479 (0.1662)
v_ngc3(-5)	-0.015757 (0.4597)	0.029059 (0.0418)	-0.019349 (0.2534)	0.029065 (0.0647)	-0.008624 (0.7574)	0.021446 (0.2225)	-0.018630 (0.2945)	0.040527 (0.1060)
v_ngc3(-6)	-0.010172 (0.6796)	-0.017788 (0.1826)	-0.016485 (0.3443)	0.023693 (0.1349)	-0.022313 (0.4957)	-0.005155 (0.7899)	0.008492 (0.6458)	0.028677 (0.1897)
v_ngc3(-7)	-0.034759 (0.1404)	0.007420 (0.5731)	-0.009119 (0.5945)	0.021257 (0.1570)	-0.069899 (0.0525)	0.011604 (0.5705)	-0.014958 (0.2604)	0.022712 (0.2845)
v_ngc3(-8)	0.013489 (0.5497)	0.004380 (0.7169)	-0.038675 (0.0325)	-0.008846 (0.6082)	0.014107 (0.6247)	0.001867 (0.9042)	-0.045587 (0.0139)	-0.025041 (0.1773)
vol_ngc3(-1)	-6.49E-08 (0.5469)	-1.01E-07 (0.0363)	-1.14E-08 (0.7516)	-1.75E-08 (0.0086)	-2.77E-07 (0.0105)	-1.31E-08 (0.8546)	2.16E-09 (0.9492)	-2.60E-08 (0.0005)
C		4.13E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.069575 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.928055 (0.0000)						
R ²		0.402228				0.410977		
R ² Ajustado		0.395576				0.404422		

Tabela D.2 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade do gás natural na volatilidade do crude, para maturidade a três meses. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
C	0.002691 (0.0000)	0.005745 (0.0000)	0.005114 (0.0000)	0.001344 (0.0059)	0.002211 (0.0000)	0.004835 (0.0000)	0.005064 (0.0000)	0.002402 (0.0002)
v_clc5(-1)	0.168769 (0.0000)	0.158391 (0.0000)	0.041247 (0.1859)	0.293093 (0.0000)	0.170277 (0.0000)	0.195832 (0.0000)	0.028347 (0.4249)	0.294073 (0.0000)
v_clc5(-2)	0.088207 (0.0029)	0.078853 (0.0019)	0.058896 (0.0968)	0.184831 (0.0000)	0.094172 (0.0002)	0.082846 (0.0016)	0.087450 (0.0058)	0.198590 (0.0000)
v_clc5(-3)	0.115186 (0.0000)	0.061507 (0.0185)	0.140266 (0.0000)	0.078849 (0.0008)	0.028523 (0.4601)	0.043026 (0.0745)	0.114291 (0.0014)	0.076504 (0.0006)
v_clc5(-4)	0.047106 (0.1181)	0.036941 (0.1420)	0.095885 (0.0039)	0.051788 (0.0221)	0.122059 (0.0000)	0.037041 (0.1302)	0.099166 (0.0006)	0.041370 (0.1625)
v_clc5(-5)	0.107828 (0.0003)	0.034146 (0.1920)	0.088675 (0.0051)	0.043205 (0.0662)	0.118274 (0.0507)	0.046340 (0.0808)	0.096372 (0.0048)	0.024303 (0.3778)
v_clc5(-6)	0.074301 (0.0259)	0.009631 (0.7267)	0.101240 (0.0021)	0.088829 (0.0001)	0.105578 (0.0089)	0.030816 (0.2178)	0.108978 (0.0003)	0.067079 (0.0083)
v_clc5(-7)	0.027915 (0.3596)	0.032920 (0.1716)	0.054081 (0.0725)	0.073169 (0.0011)	0.078901 (0.0153)	0.035632 (0.2765)	0.061078 (0.0607)	0.083449 (0.0005)
v_clc5(-8)	0.033708 (0.2462)	0.004072 (0.8778)	0.035622 (0.2302)	0.078383 (0.0004)	0.040526 (0.2724)	0.011179 (0.5949)	0.016663 (0.6207)	0.069346 (0.0009)
VOL_clc5(-1)	1.29E-07 (0.0828)	1.50E-07 (0.0010)	9.11E-09 (0.6774)	-6.63E-09 (0.3518)	2.09E-07 (0.0804)	1.19E-07 (0.0090)	2.95E-08 (0.2981)	-5.87E-09 (0.4401)
v_ngc5(-1)	-0.006202 (0.8187)	-0.004380 (0.7919)	-0.000101 (0.9965)	-0.011579 (0.5153)	0.022236 (0.4623)	0.000653 (0.9647)	-0.021120 (0.2820)	-0.018984 (0.4354)
v_ngc5(-2)	-0.011318 (0.6517)	0.000443 (0.9783)	-0.004759 (0.8398)	-0.001595 (0.9253)	0.001327 (0.9710)	0.002980 (0.8713)	-0.009550 (0.6262)	0.023411 (0.3302)
v_ngc5(-3)	0.004427 (0.8700)	-0.018216 (0.2780)	-0.006118 (0.7741)	-0.028588 (0.0997)	0.037511 (0.1761)	-0.014705 (0.3953)	0.008758 (0.7071)	-0.059001 (0.0077)
V_ngc5(-4)	-0.031963 (0.2253)	0.013147 (0.4227)	0.026586 (0.2447)	0.022988 (0.2020)	-0.018298 (0.6365)	0.007905 (0.6424)	0.027623 (0.1856)	0.020709 (0.2783)
v_ngc5(-5)	-0.033402 (0.2402)	0.004183 (0.7801)	0.003729 (0.8585)	0.036755 (0.0209)	-0.050259 (0.1767)	0.003807 (0.8272)	0.009813 (0.6376)	0.053560 (0.0371)
v_ngc5(-6)	0.025524 (0.3732)	-0.011643 (0.3352)	-0.029006 (0.2324)	0.006443 (0.7028)	0.026207 (0.4862)	-0.014523 (0.4847)	-0.007891 (0.7095)	0.008602 (0.7113)
v_ngc5(-7)	-0.012874 (0.6016)	-0.004119 (0.7996)	-0.002190 (0.9221)	0.015861 (0.3524)	-0.025121 (0.5554)	0.007917 (0.6467)	-0.005042 (0.7893)	0.020092 (0.3407)
v_ngc5(-8)	-0.018490 (0.4245)	0.005523 (0.7375)	-0.029326 (0.2252)	-0.012191 (0.5177)	-0.046217 (0.0803)	0.007149 (0.6192)	-0.038724 (0.0328)	-0.023235 (0.2478)
vol_ngc5(-1)	-2.96E-07 (0.2358)	-6.85E-08 (0.4067)	-3.77E-08 (0.6082)	-1.11E-08 (0.3600)	-7.90E-07 (0.0024)	-1.70E-10 (0.9984)	-5.65E-08 (0.4032)	-2.54E-08 (0.0399)
C		2.69E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.054780 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.942017 (0.0000)						
R ²		0.428211				0.434241		
R ² Ajustado		0.421849				0.427946		

Tabela D.3 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade do gás natural na volatilidade do crude, para maturidade a cinco meses. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH		BreakLS	
	12-04-1990	19-12-1996	12-04-1990	19-12-1996
	18-12-1996	09-06-2017	18-12-1996	09-06-2017
C	0.003000 (0.0011)	0.005530 (0.0000)	0.005892 (0.0000)	0.006908 (0.0000)
v_ngc1(-1)	0.287224 (0.0000)	0.179381 (0.0000)	0.287825 (0.0000)	0.222825 (0.0000)
v_ngc1(-2)	0.150169 (0.0000)	0.121945 (0.0000)	0.131736 (0.0030)	0.132188 (0.0000)
v_ngc1(-3)	0.079165 (0.0135)	0.096722 (0.0000)	0.046052 (0.1968)	0.086167 (0.0000)
v_ngc1(-4)	0.084645 (0.0063)	0.102098 (0.0000)	0.106425 (0.0039)	0.094908 (0.0000)
v_ngc1(-5)	0.048430 (0.1316)	0.187208 (0.0000)	0.042098 (0.1009)	0.141447 (0.0000)
v_ngc1(-6)	0.065206 (0.0204)	0.044024 (0.0036)	0.035927 (0.3038)	0.017930 (0.3872)
v_ngc1(-7)	0.087874 (0.0030)	0.052144 (0.0001)	0.068743 (0.0532)	0.053998 (0.0003)
vol_ngc1(-1)	2.54E-07 (0.0000)	-2.56E-08 (0.0000)	4.68E-07 (0.0000)	-2.58E-08 (0.0004)
vol_ngc1(-2)	-7.69E-08 (0.1573)	1.20E-08 (0.0199)	-2.00E-07 (0.0138)	1.24E-08 (0.0675)
v_clc1(-1)	0.061218 (0.0360)	-0.031881 (0.0649)	0.118835 (0.0180)	-0.027750 (0.1951)
v_clc1(-2)	0.013645 (0.6799)	-0.003889 (0.7852)	0.050471 (0.0653)	0.000360 (0.9873)
v_clc1(-3)	0.042548 (0.0561)	0.014467 (0.4051)	0.067687 (0.0669)	0.015421 (0.4592)
v_clc1(-4)	-0.055365 (0.0736)	-0.017121 (0.3231)	-0.102610 (0.0007)	0.005790 (0.7792)
v_clc1(-5)	-0.009302 (0.7559)	0.020181 (0.2277)	-0.023268 (0.3672)	0.005126 (0.8103)
v_clc1(-6)	0.019950 (0.4687)	0.019345 (0.2857)	0.009892 (0.7567)	0.006334 (0.7896)
v_clc1(-7)	-0.017629 (0.5709)	-0.014747 (0.4106)	-0.032580 (0.2200)	0.013550 (0.6092)
v_clc1(-8)	-0.042802 (0.1605)	2.52E-05 (0.9988)	-0.019523 (0.5606)	-0.001016 (0.9595)
v_clc1(-9)	0.007068 (0.8133)	0.009982 (0.5275)	-0.014032 (0.5380)	0.000476 (0.9829)
v_clc1(-10)	-0.057974 (0.0521)	0.042271 (0.0095)	-0.062354 (0.0179)	0.020652 (0.2579)
VOL_clc1(-1)	-6.73E-09 (0.7041)	1.32E-09 (0.2244)	-6.05E-08 (0.0073)	2.40E-10 (0.8412)
C	5.23E-06 (0.0000)			
RESID(-1)^2	0.142915 (0.0000)			
GARCH(-1)	0.834268 (0.0000)			
R ²	0.368771		0.375633	
R ² Ajustado	0.364950		0.371853	

Tabela D.4 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do crude na volatilidade dos contratos de futuro do gás natural, com maturidades a um mês. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH			BreakLS		
	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003
	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017
C	0.001723 (0.0087)	0.005798 (0.0000)	0.004780 (0.0000)	0.002218 (0.0002)	0.006144 (0.0000)	0.005700 (0.0000)
v_ngc3(-1)	0.285418 (0.0000)	0.104079 (0.0000)	0.107617 (0.0000)	0.293975 (0.0000)	0.179644 (0.0002)	0.097314 (0.0001)
v_ngc3(-2)	0.120771 (0.0014)	0.076547 (0.0017)	0.198223 (0.0000)	0.090499 (0.0017)	0.088680 (0.0042)	0.236859 (0.0004)
v_ngc3(-3)	0.084424 (0.0089)	0.085961 (0.0003)	0.051634 (0.0081)	0.099501 (0.0011)	0.059747 (0.1043)	0.039790 (0.1926)
v_ngc3(-4)	0.073171 (0.0485)	0.099136 (0.0000)	0.072178 (0.0000)	0.074755 (0.0065)	0.055201 (0.0978)	0.102381 (0.0000)
v_ngc3(-5)	0.053012 (0.1710)	0.178239 (0.0000)	0.171085 (0.0000)	0.046600 (0.1584)	0.157786 (0.0000)	0.121784 (0.0003)
v_ngc3(-6)	0.046448 (0.2267)	-0.021607 (0.3946)	0.004309 (0.8162)	0.028900 (0.3624)	-0.034772 (0.2486)	-0.013859 (0.6764)
v_ngc3(-7)	0.043026 (0.2238)	0.030178 (0.2113)	0.051264 (0.0024)	0.007722 (0.7802)	0.054979 (0.0211)	0.043843 (0.0293)
v_ngc3(-8)	0.060642 (0.0591)	0.053075 (0.0185)	0.091970 (0.0000)	0.072029 (0.0063)	0.055196 (0.0393)	0.074317 (0.0002)
vol_ngc3(-1)	4.66E-07 (0.0001)	7.44E-08 (0.2649)	-5.05E-09 (0.3748)	5.80E-07 (0.0020)	1.40E-07 (0.2564)	-8.44E-09 (0.2501)
v_clc3(-1)	-0.015701 (0.5198)	0.084270 (0.0000)	-0.026254 (0.1580)	-0.003185 (0.8992)	0.035854 (0.3635)	1.69E-05 (0.9994)
v_clc3(-2)	-0.008300 (0.7864)	0.001395 (0.9543)	-0.003898 (0.8246)	-0.005173 (0.8438)	0.002289 (0.9468)	-0.032275 (0.2614)
v_clc3(-3)	-0.002049 (0.9242)	-0.010174 (0.6747)	0.024026 (0.1876)	0.019944 (0.3594)	0.008996 (0.7997)	0.019473 (0.4247)
v_clc3(-4)	0.018873 (0.4901)	0.037842 (0.1420)	0.006499 (0.7324)	0.024089 (0.3904)	0.048131 (0.1669)	0.010913 (0.6139)
v_clc3(-5)	-0.019255 (0.5469)	-0.007802 (0.7771)	0.020703 (0.2709)	-0.032660 (0.0773)	-0.025053 (0.4557)	0.018009 (0.4362)
v_clc3(-6)	0.050958 (0.0216)	0.018253 (0.4847)	0.030990 (0.0792)	0.065925 (0.1216)	0.017249 (0.5905)	0.040683 (0.1330)
v_clc3(-7)	-0.040137 (0.1832)	-0.033444 (0.1462)	0.022143 (0.2185)	-0.062165 (0.0033)	-0.011165 (0.7511)	0.016821 (0.4601)
v_clc3(-8)	-0.021932 (0.3872)	-0.017631 (0.5150)	-0.025898 (0.1223)	-0.024504 (0.2348)	-0.020627 (0.5007)	-0.007731 (0.7095)
VOL_clc3(-1)	6.24E-08 (0.0981)	6.91E-08 (0.0010)	-6.29E-09 (0.1523)	5.86E-08 (0.0909)	3.78E-08 (0.3256)	-7.52E-09 (0.0955)
C		2.03E-06 (0.0000)				
RESID(-1)^2		0.118020 (0.0000)				
GARCH(-1)		0.866018 (0.0000)				
R ²		0.319889			0.326120	
R ² Ajustado		0.314254			0.320537	

Tabela D.5 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do crude na volatilidade dos contratos de futuro do gás natural, com maturidades a três meses. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

período	GARCH				BreakLS			
	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017
C	0.001516 (0.0018)	0.003833 (0.0000)	0.004108 (0.0000)	0.005055 (0.0000)	0.002072 (0.0000)	0.004037 (0.0001)	0.006047 (0.0000)	0.004686 (0.0000)
v_ngc5(-1)	0.266833 (0.0000)	0.212220 (0.0000)	0.201877 (0.0000)	0.060338 (0.0370)	0.296080 (0.0000)	0.217618 (0.0000)	0.189191 (0.0000)	0.085934 (0.0021)
v_ngc5(-2)	0.098741 (0.0146)	0.069524 (0.0756)	0.121531 (0.0000)	0.192484 (0.0000)	0.065452 (0.0301)	0.052689 (0.1020)	0.091547 (0.0000)	0.175310 (0.0000)
v_ngc5(-3)	0.134232 (0.0009)	0.069447 (0.0494)	0.054554 (0.0068)	0.019958 (0.5168)	0.133047 (0.0000)	0.095210 (0.0082)	0.053027 (0.0216)	0.052000 (0.0602)
v_ngc5(-4)	0.071630 (0.0560)	0.104750 (0.0032)	0.114291 (0.0000)	0.039263 (0.1555)	0.071107 (0.0499)	0.080786 (0.0132)	0.083468 (0.0001)	0.042196 (0.0512)
v_ngc5(-5)	0.036194 (0.3232)	0.046790 (0.2187)	0.151671 (0.0000)	0.205980 (0.0000)	0.034692 (0.4183)	0.043574 (0.1598)	0.140975 (0.0000)	0.182109 (0.0000)
v_ngc5(-6)	0.032109 (0.4286)	0.083328 (0.0181)	0.012528 (0.5565)	-0.035802 (0.1667)	0.018090 (0.5443)	0.070387 (0.0417)	-0.002215 (0.9133)	-0.021937 (0.3651)
v_ngc5(-7)	0.082553 (0.0270)	0.015659 (0.6702)	0.026994 (0.2040)	0.050846 (0.0599)	0.043649 (0.1615)	0.032196 (0.4149)	0.026787 (0.2074)	0.060003 (0.0049)
v_ngc5(-8)	0.004335 (0.8918)	0.044532 (0.1616)	0.035701 (0.0541)	0.099517 (0.0001)	0.009283 (0.7326)	0.072459 (0.0309)	0.018163 (0.3844)	0.092373 (0.0008)
vol_ngc5(-1)	1.09E-06 (0.0000)	1.53E-07 (0.3247)	9.08E-08 (0.0567)	2.24E-08 (0.1515)	1.04E-06 (0.0005)	2.08E-08 (0.8751)	4.49E-08 (0.4630)	1.25E-08 (0.3688)
v_clc5(-1)	0.038174 (0.1471)	0.119752 (0.0002)	-0.034723 (0.0904)	-0.021125 (0.3577)	0.024775 (0.2263)	0.103935 (0.0033)	0.004501 (0.8649)	-0.014461 (0.5129)
v_clc5(-2)	-0.050133 (0.0135)	-0.020030 (0.5031)	-0.005950 (0.7633)	0.013449 (0.5584)	-0.041452 (0.0289)	-0.000662 (0.9862)	0.008769 (0.7602)	0.012048 (0.6018)
v_clc5(-3)	0.013788 (0.3338)	-0.001522 (0.9631)	0.049787 (0.0079)	-0.001698 (0.9404)	0.033558 (0.2727)	-0.001464 (0.9666)	0.042812 (0.1060)	-0.021350 (0.4279)
v_clc5(-4)	0.011152 (0.6795)	0.028589 (0.3841)	-0.009660 (0.6218)	-0.001797 (0.9354)	0.018438 (0.3961)	0.040936 (0.2339)	0.006162 (0.8169)	0.003888 (0.8844)
v_clc5(-5)	-0.018798 (0.4616)	0.015744 (0.6625)	-0.010079 (0.6406)	0.011812 (0.6249)	-0.004224 (0.8449)	0.005628 (0.8672)	-0.005938 (0.8277)	0.019883 (0.3931)
v_clc5(-6)	0.106403 (0.0000)	0.036878 (0.2899)	0.034386 (0.1067)	0.019155 (0.4609)	0.096816 (0.0158)	0.027221 (0.4583)	-0.000244 (0.9930)	0.016921 (0.5193)
v_clc5(-7)	-0.070698 (0.0150)	-0.103136 (0.0065)	0.030791 (0.1618)	0.006975 (0.7726)	-0.093931 (0.0001)	-0.094799 (0.0065)	0.016343 (0.5174)	0.018677 (0.4379)
v_clc5(-8)	-0.035489 (0.2562)	-0.028538 (0.4636)	-0.017781 (0.3263)	-0.000781 (0.9735)	-0.025884 (0.2386)	-0.044283 (0.1572)	0.004480 (0.8717)	-0.013400 (0.5631)
VOL_clc5(-1)	5.39E-09 (0.9519)	2.35E-08 (0.7789)	1.87E-08 (0.2344)	-2.79E-09 (0.7489)	1.45E-08 (0.8508)	2.53E-08 (0.7992)	8.46E-09 (0.6430)	3.44E-09 (0.6889)
C		9.44E-07 (0.0000)						
RESID(-1)^2		0.101355 (0.0000)						
GARCH(-1)		0.890090 (0.0000)						
R ²		0.330420				0.335135		
R ² Ajustado		0.322969				0.327737		

Tabela D.6 – Resultados da estimação dos modelos para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do crude na volatilidade dos contratos de futuro do gás natural, com maturidades a cinco meses. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

	Gás Natural explicado pelo Crude		Crude explicado pelo Gás Natural	
Painel 1 B - Divisão em períodos do Gás Natural a Um Mês				
período	18-04-1990	19-12-1996	18-04-1990	19-12-1996
	18-12-1996	09-06-2017	18-12-1996	09-06-2017
C	0.006 (0.0000)	0.007 (0.0000)	0.003 (0.0026)	0.002 (0.0000)
v_ngc1(-1)	0.287 (0.0000)	0.223 (0.0000)	-0.004 (0.8469)	-0.023 (0.0329)
v_ngc1(-2)	0.133 (0.0000)	0.128 (0.0000)	-0.027 (0.2393)	0.017 (0.1236)
v_ngc1(-3)	0.045 (0.1129)	0.089 (0.0000)	0.013 (0.5446)	-0.027 (0.0090)
v_ngc1(-4)	0.106 (0.0001)	0.093 (0.0000)	-0.004 (0.8642)	0.003 (0.7866)
v_ngc1(-5)	0.042 (0.1300)	0.140 (0.0000)	-0.010 (0.6165)	-0.003 (0.7389)
v_ngc1(-6)	0.038 (0.1702)	0.019 (0.1675)	-0.030 (0.1464)	-0.007 (0.4818)
v_ngc1(-7)	0.069 (0.0083)	0.052 (0.0001)	-3.16E-04 (0.9869)	0.003 (0.7958)
vol_ngc1(-1)	4.70E-07 (0.0000)	-2.50E-08 (0.0000)	-4.61E-08 (0.3432)	-3.76E-09 (0.3889)
vol_ngc1(-2)	-2.01E-07 (0.0024)	1.30E-08 (0.0236)	2.68E-08 (0.5850)	-4.17E-09 (0.3280)
v_clc1	0.079 (0.0117)	0.159 (0.0000)		
v_ngc1			0.057 (0.0038)	0.080 (0.0000)
v_clc1(-1)	0.104 (0.0025)	-0.061 (0.0024)	0.182 (0.0000)	0.208 (0.0000)
v_clc1(-2)	0.037 (0.2523)	-0.026 (0.1869)	0.171 (0.0000)	0.171 (0.0000)
v_clc1(-3)	0.058 (0.0776)	-0.002 (0.9135)	0.126 (0.0000)	0.104 (0.0000)
v_clc1(-4)	-0.105 (0.0011)	-0.004 (0.8492)	0.036 (0.1275)	0.065 (0.0000)
v_clc1(-5)	-0.025 (0.4294)	-0.010 (0.6121)	0.031 (0.1942)	0.100 (0.0000)
v_clc1(-6)	0.007 (0.8251)	0.001 (0.9487)	0.039 (0.0999)	0.034 (0.0209)
v_clc1(-7)	-0.040 (0.2187)	0.010 (0.6126)	0.097 (0.0000)	0.005 (0.7239)
v_clc1(-8)	-0.022 (0.4936)	-0.010 (0.6172)	0.038 (0.1057)	0.059 (0.0001)
v_clc1(-9)	-0.022 (0.4870)	-0.004 (0.8542)	0.064 (0.0059)	0.028 (0.0519)
v_clc1(-10)	-0.065 (0.0363)	0.009 (0.6260)	0.046 (0.0451)	0.070 (0.0000)
VOL_clc1(-1)	-6.07E-08 (0.0091)	-1.75E-10 (0.9006)	4.65E-09 (0.7876)	2.20E-09 (0.0333)
Nº Obs.	6814		6814	
R ²	0.382490		0.426877	
R ² Ajustado	0.378567		0.423237	

Tabela D.7 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a um mês, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do gás natural. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

	Crude explicado por Gás Natural				Gás Natural explicado por Crude			
Painel 1 - Divisão em períodos do Crude a Um Mês								
período	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009	18-04-1990	09-01-1996	01-04-2003	27-01-2009
	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017	05-01-1996	31-03-2003	27-01-2009	09-06-2017
C	0.002	0.008	-0.001	0.002	0.007	0.007	0.007	0.006
	(0.0159)	(0.0000)	(0.4421)	(0.0155)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
v_clc1(-1)	0.178	0.172	0.080	0.292	0.060	-0.007	-0.022	-0.080
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0026)	(0.0000)	(0.1383)	(0.8347)	(0.5474)	(0.0271)
v_clc1(-2)	0.146	0.163	0.113	0.191	0.030	0.030	-0.084	-0.012
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.4325)	(0.3057)	(0.0208)	(0.7412)
v_clc1(-3)	0.136	0.107	0.073	0.092	0.056	0.012	-0.011	0.009
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0055)	(0.0004)	(0.1373)	(0.6828)	(0.7728)	(0.8003)
v_clc1(-4)	0.023	0.044	0.109	0.035	-0.088	-0.030	-0.016	-0.004
	(0.3967)	(0.0437)	(0.0000)	(0.1833)	(0.0175)	(0.3127)	(0.6539)	(0.9020)
v_clc1(-5)	0.041	0.074	0.163	0.044	-0.006	-0.008	-0.042	-0.028
	(0.1279)	(0.0006)	(0.0000)	(0.0926)	(0.8727)	(0.7791)	(0.2574)	(0.4387)
v_clc1(-6)	0.040	0.022	0.076	0.040	0.011	-0.054	-0.021	0.060
	(0.1348)	(0.3139)	(0.0050)	(0.1203)	(0.7593)	(0.0677)	(0.5625)	(0.0883)
v_clc1(-7)	0.127	-0.052	0.089	0.021	-0.044	-0.003	0.014	-0.001
	(0.0000)	(0.0170)	(0.0009)	(0.4087)	(0.2333)	(0.9221)	(0.6950)	(0.9700)
v_clc1(-8)	0.039	0.023	0.124	0.042	-0.029	0.009	-0.060	-0.001
	(0.1481)	(0.2805)	(0.0000)	(0.0938)	(0.4408)	(0.7659)	(0.0990)	(0.9858)
v_clc1(-9)	0.077	-0.003	0.071	0.008	-0.040	-0.001	-0.037	0.017
	(0.0039)	(0.8915)	(0.0073)	(0.6999)	(0.2709)	(0.9789)	(0.3034)	(0.6205)
v_clc1(-10)	0.028	0.068	0.060	0.075	-0.054	-0.049	0.050	0.025
	(0.2903)	(0.0011)	(0.0220)	(0.0015)	(0.1324)	(0.0875)	(0.0859)	(0.4494)
VOL_clc1(-1)	2.11E-08	9.76E-09	2.95E-11	1.26E-09	-5.50E-08	4.13E-09	3.00E-09	3.08E-10
	(0.2465)	(0.3800)	(0.9940)	(0.3163)	(0.0272)	(0.7862)	(0.5774)	(0.8577)
v_clc1					0.097	0.125	0.250	0.084
					(0.0082)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0129)
v_ngc1	0.067	0.057	0.131	0.047				
	(0.0025)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0113)				
v_ngc1(-1)	-0.037	0.009	-0.042	0.007	0.273	0.289	0.156	0.205
	(0.1446)	(0.5720)	(0.0499)	(0.7555)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
v_ngc1(-2)	-0.016	0.012	0.003	-0.001	0.103	0.109	0.173	0.152
	(0.5407)	(0.4851)	(0.8731)	(0.9590)	(0.0033)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
v_ngc1(-3)	0.014	-0.026	0.002	-0.056	0.091	0.072	0.076	0.089
	(0.5495)	(0.0772)	(0.9296)	(0.0027)	(0.0046)	(0.0004)	(0.0042)	(0.0006)
V_ngc1(-4)	-0.013	0.006	-0.005	0.008	0.109	0.079	0.104	0.090
	(0.5729)	(0.6754)	(0.8126)	(0.6785)	(0.0007)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0005)
v_ngc1(-5)	-0.009	-0.004	-0.006	0.014	0.033	0.116	0.122	0.202
	(0.7007)	(0.7727)	(0.7406)	(0.4608)	(0.2986)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
v_ngc1(-6)	-0.030	-0.023	-0.028	0.027	0.034	-0.007	0.064	0.031
	(0.1984)	(0.1236)	(0.1463)	(0.1451)	(0.2929)	(0.7419)	(0.0151)	(0.2337)
v_ngc1(-7)	-0.018	0.001	-0.013	0.007	0.007	0.080	0.073	0.014
	(0.4329)	(0.9418)	(0.5007)	(0.6633)	(0.8239)	(0.0000)	(0.0015)	(0.5853)
vol_ngc1(-1)	-6.44E-08	-3.51E-08	-2.67E-08	-3.35E-09	4.32E-07	3.58E-08	-3.59E-08	-2.49E-08
	(0.2735)	(0.0740)	(0.1685)	(0.5063)	(0.0000)	(0.1830)	(0.1778)	(0.0003)
vol_ngc1(-2)	3.62E-08	-1.43E-08	3.83E-08	-2.93E-09	-1.66E-07	-1.90E-08	2.65E-09	1.15E-08
	(0.5394)	(0.4610)	(0.0323)	(0.5571)	(0.0394)	(0.4737)	(0.9138)	(0.0927)
Nº Obs.	6814				6814			
R ²	0.442887				0.385090			
R ² Ajustado	0.435681				0.377136			

Tabela D.8 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a um mês, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do crude. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficiente está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

	Gás Natural explicado pelo Crude			Crude explicado pelo Gás Natural		
Painel 2 B - Divisão em períodos do Gás Natural a Três Meses						
período	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003	16-04-1990	15-08-1996	19-09-2003
	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017	14-08-1996	18-09-2003	09-06-2017
C	0.002	0.005	0.005	0.003	0.006	0.002
	(0.0215)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0016)
v_ngc3(-1)	0.292	0.177	0.102	-0.025	-0.003	-0.035
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.4557)	(0.8739)	(0.0126)
v_ngc3(-2)	0.091	0.089	0.234	-0.019	-0.012	-0.011
	(0.0165)	(0.0000)	(0.0000)	(0.5434)	(0.4855)	(0.4270)
v_ngc3(-3)	0.097	0.066	0.043	0.012	-0.040	-0.024
	(0.0107)	(0.0014)	(0.0122)	(0.7045)	(0.0193)	(0.0975)
V_ngc3(-4)	0.079	0.050	0.098	-0.049	0.021	0.010
	(0.0387)	(0.0144)	(0.0000)	(0.1193)	(0.2062)	(0.4668)
v_ngc3(-5)	0.048	0.154	0.119	-0.018	0.005	-0.001
	(0.2097)	(0.0000)	(0.0000)	(0.5734)	(0.7555)	(0.9304)
v_ngc3(-6)	0.030	-0.033	-0.019	-0.019	-0.007	0.027
	(0.4236)	(0.1133)	(0.2809)	(0.5520)	(0.6610)	(0.0560)
v_ngc3(-7)	0.012	0.053	0.043	-0.043	0.006	0.001
	(0.7495)	(0.0102)	(0.0109)	(0.1646)	(0.7231)	(0.9689)
v_ngc3(-8)	0.068	0.057	0.080	0.028	-0.015	-0.039
	(0.0540)	(0.0048)	(0.0000)	(0.3387)	(0.3567)	(0.0050)
vol_ngc3(-1)	6.08E-07	1.48E-07	-5.70E-09	-3.51E-07	-5.84E-08	-1.38E-08
	(0.0006)	(0.0532)	(0.4855)	(0.0169)	(0.3546)	(0.0401)
v_clc3	0.104	0.187	0.185			
	(0.0009)	(0.0000)	(0.0000)			
v_ngc3				0.139	0.093	0.124
				(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
v_clc3(-1)	-0.025	0.003	-0.043	0.208	0.175	0.233
	(0.4622)	(0.9291)	(0.0493)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
v_clc3(-2)	-0.013	-0.025	-0.064	0.073	0.148	0.173
	(0.6927)	(0.3721)	(0.0036)	(0.0056)	(0.0000)	(0.0000)
v_clc3(-3)	0.017	-0.007	0.003	0.022	0.083	0.085
	(0.5791)	(0.8131)	(0.8788)	(0.3931)	(0.0004)	(0.0000)
v_clc3(-4)	0.013	0.039	-0.007	0.099	0.047	0.095
	(0.6679)	(0.1752)	(0.7545)	(0.0001)	(0.0445)	(0.0000)
v_clc3(-5)	-0.040	-0.036	0.006	0.080	0.060	0.062
	(0.1963)	(0.2092)	(0.7819)	(0.0020)	(0.0109)	(0.0005)
v_clc3(-6)	0.047	0.009	0.029	0.171	0.044	0.060
	(0.1382)	(0.7603)	(0.1899)	(0.0000)	(0.0574)	(0.0008)
v_clc3(-7)	-0.073	-0.008	0.003	0.110	-0.018	0.075
	(0.0231)	(0.7867)	(0.9062)	(0.0000)	(0.4351)	(0.0000)
v_clc3(-8)	-0.023	-0.026	-0.020	-0.012	0.028	0.068
	(0.4656)	(0.3561)	(0.3404)	(0.6349)	(0.2166)	(0.0001)
VOL_clc3(-1)	5.40E-08	3.04E-08	-7.99E-09	3.59E-08	3.59E-08	3.49E-09
	(0.2835)	(0.2955)	(0.1517)	(0.3865)	(0.1329)	(0.4465)
Nº Obs.	6816			6816		
R²	0.339480			0.411007		
R² Ajustado	0.333711			0.405863		

Tabela D.9 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a três meses, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do gás natural. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

	Crude explicado por Gás Natural				Gás Natural explicado por Crude			
Painel 2 A - Divisão em períodos do Crude a Três Meses								
período	16-04-1990 05-01-1996	09-01-1996 31-03-2003	01-04-2003 28-04-2008	29-04-2008 09-06-2017	16-04-1990 05-01-1996	09-01-1996 31-03-2003	01-04-2003 28-04-2008	29-04-2008 09-06-2017
C	0.003 (0.0001)	0.005 (0.0000)	0.006 (0.0000)	0.002 (0.0076)	0.003 (0.0063)	0.005 (0.0000)	0.005 (0.0002)	0.005 (0.0000)
v_clc3(-1)	0.193 (0.0000)	0.189 (0.0000)	0.021 (0.5410)	0.278 (0.0000)	-0.032 (0.3659)	-0.003 (0.9280)	0.025 (0.5510)	-0.055 (0.0325)
v_clc3(-2)	0.044 (0.1114)	0.154 (0.0000)	0.041 (0.2242)	0.201 (0.0000)	-0.020 (0.5557)	-0.014 (0.6187)	-0.164 (0.0001)	-0.013 (0.6234)
v_clc3(-3)	0.019 (0.4775)	0.073 (0.0013)	0.064 (0.0577)	0.071 (0.0007)	0.012 (0.7266)	0.013 (0.6531)	-0.022 (0.5849)	-0.007 (0.7812)
v_clc3(-4)	0.112 (0.0000)	0.045 (0.0513)	0.080 (0.0157)	0.082 (0.0001)	0.011 (0.7352)	0.009 (0.7567)	0.010 (0.8027)	0.007 (0.7885)
v_clc3(-5)	0.084 (0.0019)	0.056 (0.0154)	0.150 (0.0000)	0.021 (0.3257)	-0.032 (0.3355)	-0.025 (0.3688)	-0.073 (0.0733)	0.018 (0.4936)
v_clc3(-6)	0.203 (0.0000)	0.032 (0.1569)	0.084 (0.0122)	0.059 (0.0053)	0.044 (0.1966)	0.002 (0.9431)	0.050 (0.2228)	0.018 (0.4714)
v_clc3(-7)	0.116 (0.0000)	-0.016 (0.4698)	0.064 (0.0529)	0.085 (0.0000)	-0.068 (0.0447)	-0.009 (0.7442)	0.004 (0.9217)	-0.001 (0.9544)
v_clc3(-8)	-0.003 (0.9162)	0.016 (0.4751)	0.102 (0.0020)	0.051 (0.0104)	-0.011 (0.7452)	-0.031 (0.2519)	-0.086 (0.0355)	-0.006 (0.8171)
VOL_clc3(-1)	3.12E-08 (0.4759)	4.28E-08 (0.0755)	-6.42E-09 (0.6499)	-4.97E-10 (0.9212)	3.48E-08 (0.5151)	9.81E-09 (0.7385)	8.32E-09 (0.6295)	-9.60E-09 (0.1176)
v_clc3					0.099 (0.0029)	0.180 (0.0000)	0.339 (0.0000)	0.126 (0.0000)
v_ngc3	0.136 (0.0000)	0.102 (0.0000)	0.113 (0.0000)	0.111 (0.0000)				
v_ngc3(-1)	-0.029 (0.4100)	-0.015 (0.4090)	-0.027 (0.1740)	-0.018 (0.3337)	0.284 (0.0000)	0.213 (0.0000)	0.081 (0.0008)	0.093 (0.0001)
v_ngc3(-2)	-0.019 (0.5625)	-0.012 (0.4756)	-0.017 (0.3972)	-0.004 (0.8167)	0.081 (0.0484)	0.102 (0.0000)	0.308 (0.0000)	0.138 (0.0000)
v_ngc3(-3)	0.033 (0.3285)	-0.044 (0.0098)	0.005 (0.7963)	-0.046 (0.0152)	0.103 (0.0119)	0.072 (0.0006)	0.032 (0.2006)	0.043 (0.0619)
v_ngc3(-4)	-0.048 (0.1552)	0.013 (0.4614)	0.019 (0.3617)	0.017 (0.3719)	0.105 (0.0103)	0.056 (0.0067)	0.094 (0.0001)	0.077 (0.0007)
v_ngc3(-5)	-0.016 (0.6292)	0.009 (0.6059)	-0.028 (0.1769)	0.018 (0.3310)	0.057 (0.1639)	0.119 (0.0000)	0.086 (0.0006)	0.198 (0.0000)
v_ngc3(-6)	-0.025 (0.4649)	-0.002 (0.9204)	0.015 (0.4557)	0.026 (0.1781)	0.022 (0.5970)	-0.032 (0.1256)	-0.063 (0.0118)	0.025 (0.2866)
v_ngc3(-7)	-0.070 (0.0414)	0.005 (0.7615)	-0.020 (0.3045)	0.018 (0.3329)	0.005 (0.9056)	0.060 (0.0035)	0.051 (0.0341)	0.038 (0.1017)
v_ngc3(-8)	0.009 (0.7713)	-0.004 (0.8022)	-0.052 (0.0072)	-0.037 (0.0505)	0.034 (0.3853)	0.059 (0.0037)	0.077 (0.0013)	0.109 (0.0000)
vol_ngc3(-1)	-3.42E-07 (0.0317)	-2.91E-08 (0.6373)	-1.11E-09 (0.9797)	-2.51E-08 (0.0014)	5.06E-07 (0.0090)	1.62E-07 (0.0314)	2.67E-08 (0.6179)	-4.80E-09 (0.6162)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.421874				0.346043			
R ² Ajustado	0.415093				0.338373			

Tabela D.10 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a três meses, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do crude. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

	Gás Natural explicado pelo Crude				Crude explicado pelo Gás Natural			
Painel 3 B - Divisão em períodos do Gás Natural a Cinco Meses								
período	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010	16-04-1990	13-03-1996	10-05-2000	08-06-2010
	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017	12-03-1996	09-05-2000	07-06-2010	09-06-2017
C	0.002	0.004	0.005	0.004	0.002	0.006	0.001	0.002
	(0.0008)	(0.0021)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0037)	(0.0109)
v_ngc5(-1)	0.295	0.223	0.194	0.084	0.005	-0.083	-0.047	0.018
	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0029)	(0.8899)	(0.0131)	(0.0015)	(0.4835)
v_ngc5(-2)	0.065	0.054	0.089	0.174	0.002	-0.021	-0.004	-0.004
	(0.0959)	(0.1348)	(0.0000)	(0.0000)	(0.9533)	(0.5167)	(0.7893)	(0.8772)
v_ngc5(-3)	0.131	0.095	0.061	0.056	0.034	2.40E-04	-0.039	-0.056
	(0.0007)	(0.0086)	(0.0002)	(0.0417)	(0.3239)	(0.9940)	(0.0076)	(0.0232)
V_ngc5(-4)	0.072	0.079	0.081	0.040	-0.037	0.014	-0.005	0.020
	(0.0643)	(0.0287)	(0.0000)	(0.1400)	(0.2875)	(0.6583)	(0.7555)	(0.4134)
v_ngc5(-5)	0.037	0.041	0.138	0.178	-0.056	0.029	-0.008	0.031
	(0.3471)	(0.2564)	(0.0000)	(0.0000)	(0.1057)	(0.3664)	(0.5695)	(0.2153)
v_ngc5(-6)	0.017	0.076	-0.004	-0.021	0.025	-0.074	0.006	-0.005
	(0.6611)	(0.0354)	(0.8193)	(0.4403)	(0.4712)	(0.0209)	(0.6637)	(0.8336)
v_ngc5(-7)	0.045	0.030	0.024	0.060	-0.026	0.028	0.006	-0.006
	(0.2497)	(0.4105)	(0.1402)	(0.0276)	(0.4438)	(0.3858)	(0.6590)	(0.8061)
v_ngc5(-8)	0.011	0.072	0.023	0.094	-0.033	-0.003	-0.020	-0.029
	(0.7708)	(0.0405)	(0.1607)	(0.0005)	(0.3001)	(0.9356)	(0.1653)	(0.2353)
vol_ngc5(-1)	1.07E-06	2.98E-08	3.35E-08	1.42E-08	-8.91E-07	-1.12E-07	3.82E-08	-2.14E-08
	(0.0058)	(0.8749)	(0.5137)	(0.4312)	(0.0103)	(0.5062)	(0.4029)	(0.1832)
v_clc5	0.039	0.081	0.255	0.084				
	(0.2007)	(0.0373)	(0.0000)	(0.0017)				
v_ngc5					0.059	0.066	0.147	0.087
					(0.0794)	(0.0342)	(0.0000)	(0.0003)
v_clc5(-1)	0.018	0.092	-0.038	-0.045	0.173	0.135	0.165	0.371
	(0.5719)	(0.0213)	(0.0794)	(0.1154)	(0.0000)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0000)
v_clc5(-2)	-0.045	-0.008	-0.032	-0.003	0.095	0.090	0.158	0.175
	(0.1487)	(0.8423)	(0.1412)	(0.9240)	(0.0006)	(0.0110)	(0.0000)	(0.0000)
v_clc5(-3)	0.032	-0.003	0.014	-0.027	0.034	0.024	0.106	0.065
	(0.2990)	(0.9313)	(0.5147)	(0.3557)	(0.2219)	(0.4940)	(0.0000)	(0.0117)
v_clc5(-4)	0.014	0.040	-0.017	0.001	0.118	0.003	0.090	0.032
	(0.6584)	(0.3039)	(0.4302)	(0.9678)	(0.0000)	(0.9291)	(0.0000)	(0.2097)
v_clc5(-5)	-0.009	1.13E-04	-0.022	0.018	0.115	0.068	0.065	0.020
	(0.7779)	(0.9977)	(0.3014)	(0.5301)	(0.0000)	(0.0529)	(0.0007)	(0.4400)
v_clc5(-6)	0.093	0.021	-0.018	0.010	0.095	0.071	0.069	0.085
	(0.0028)	(0.5898)	(0.4057)	(0.7361)	(0.0006)	(0.0429)	(0.0003)	(0.0009)
v_clc5(-7)	-0.097	-0.099	-0.010	0.016	0.080	0.053	0.101	0.031
	(0.0020)	(0.0123)	(0.6419)	(0.5731)	(0.0040)	(0.1333)	(0.0000)	(0.2241)
v_clc5(-8)	-0.027	-0.045	-0.012	-0.019	0.039	0.012	0.065	0.070
	(0.3756)	(0.2501)	(0.5633)	(0.4729)	(0.1592)	(0.7204)	(0.0006)	(0.0032)
VOL_clc5(-1)	5.97E-09	1.53E-08	1.07E-10	3.83E-09	2.17E-07	1.21E-07	3.15E-08	-5.00E-09
	(0.9559)	(0.8809)	(0.9956)	(0.6876)	(0.0238)	(0.1809)	(0.0706)	(0.5557)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.351213				0.440555			
R ² Ajustado	0.343605				0.433994			

Tabela D.11 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a cinco meses, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do gás natural. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.

	Crude explicado por Gás Natural				Gás Natural explicado por Crude			
Painel 3 A - Divisão em períodos do crude a Cinco Meses								
período	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008	16-04-1990	09-01-1996	19-03-2003	04-03-2008
	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017	05-01-1996	18-03-2003	03-03-2008	09-06-2017
C	0.002	0.004	0.004	0.002	0.002	0.003	0.005	0.005
	(0.0001)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0040)	(0.0007)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
v_clc5(-1)	0.169	0.190	0.029	0.293	0.014	0.017	-0.009	-0.031
	(0.0000)	(0.0000)	(0.3810)	(0.0000)	(0.6676)	(0.5638)	(0.8148)	(0.1627)
v_clc5(-2)	0.096	0.080	0.098	0.197	-0.040	0.012	-0.100	-0.010
	(0.0006)	(0.0021)	(0.0023)	(0.0000)	(0.2107)	(0.6897)	(0.0063)	(0.6618)
v_clc5(-3)	0.027	0.036	0.110	0.079	0.023	0.055	1.22E-04	-0.032
	(0.3237)	(0.1611)	(0.0006)	(0.0000)	(0.4723)	(0.0615)	(0.9973)	(0.1445)
v_clc5(-4)	0.121	0.035	0.100	0.039	0.010	0.013	-0.032	0.014
	(0.0000)	(0.1780)	(0.0018)	(0.0459)	(0.7579)	(0.6533)	(0.3802)	(0.5309)
v_clc5(-5)	0.118	0.047	0.096	0.024	0.001	-0.013	-0.021	0.003
	(0.0000)	(0.0710)	(0.0028)	(0.2286)	(0.9706)	(0.6506)	(0.5607)	(0.8850)
v_clc5(-6)	0.101	0.031	0.108	0.065	0.093	-0.007	-0.021	0.008
	(0.0003)	(0.2319)	(0.0007)	(0.0008)	(0.0033)	(0.8019)	(0.5557)	(0.7049)
v_clc5(-7)	0.083	0.039	0.057	0.083	-0.095	-0.039	0.012	-0.002
	(0.0032)	(0.1308)	(0.0729)	(0.0000)	(0.0027)	(0.1814)	(0.7473)	(0.9112)
v_clc5(-8)	0.041	0.015	0.020	0.068	-0.018	-0.041	-0.026	-0.001
	(0.1366)	(0.5468)	(0.5363)	(0.0002)	(0.5595)	(0.1511)	(0.4630)	(0.9784)
VOL_clc5(-1)	2.09E-07	1.19E-07	2.69E-08	-4.75E-09	-1.54E-08	-3.31E-08	1.11E-08	-8.44E-09
	(0.0320)	(0.0403)	(0.3146)	(0.5329)	(0.8890)	(0.6162)	(0.7137)	(0.3276)
v_clc5					0.030	0.205	0.261	0.122
					(0.3404)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
v_ngc5	0.046	0.106	0.138	0.122				
	(0.1829)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)				
v_ngc5(-1)	0.009	-0.026	-0.038	-0.035	0.287	0.252	0.126	0.135
	(0.8056)	(0.1702)	(0.1171)	(0.0612)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
v_ngc5(-2)	-0.002	-0.004	-0.028	0.008	0.064	0.066	0.139	0.124
	(0.9647)	(0.8288)	(0.2377)	(0.6717)	(0.1139)	(0.0019)	(0.0000)	(0.0000)
v_ngc5(-3)	0.032	-0.023	3.43E-04	-0.065	0.130	0.077	0.059	0.060
	(0.3755)	(0.2290)	(0.9887)	(0.0005)	(0.0012)	(0.0003)	(0.0314)	(0.0045)
V_ngc5(-4)	-0.022	-4.78E-04	0.016	0.012	0.081	0.077	0.080	0.066
	(0.5383)	(0.9796)	(0.5158)	(0.5029)	(0.0447)	(0.0003)	(0.0028)	(0.0017)
v_ngc5(-5)	-0.052	-0.006	-0.010	0.030	0.041	0.095	0.141	0.188
	(0.1438)	(0.7360)	(0.6768)	(0.1127)	(0.3069)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
v_ngc5(-6)	0.026	-0.015	-0.013	0.010	0.008	0.012	0.038	-0.011
	(0.4668)	(0.4083)	(0.5910)	(0.6035)	(0.8343)	(0.5740)	(0.1586)	(0.6202)
v_ngc5(-7)	-0.027	0.005	-0.012	0.014	0.038	0.027	0.051	0.045
	(0.4471)	(0.7931)	(0.6172)	(0.4452)	(0.3353)	(0.2034)	(0.0584)	(0.0311)
v_ngc5(-8)	-0.047	0.001	-0.036	-0.032	0.014	0.060	-0.007	0.076
	(0.1580)	(0.9706)	(0.1248)	(0.0830)	(0.7173)	(0.0035)	(0.7825)	(0.0003)
vol_ngc5(-1)	-8.39E-07	-1.49E-08	-6.13E-08	-2.23E-08	1.09E-06	1.39E-07	4.99E-08	-2.25E-08
	(0.0162)	(0.8801)	(0.4622)	(0.1019)	(0.0055)	(0.2137)	(0.5965)	(0.1453)
Nº Obs.	6816				6816			
R ²	0.443839				0.346244			
R ² Ajustado	0.437317				0.338577			

Tabela D.12 – Coeficientes da estimação das equações simultâneas para averiguar a influência da volatilidade dos contratos de futuro do gás natural na volatilidade dos contratos de futuro do crude, com maturidades a cinco meses, usando a divisão em períodos da série de volatilidades do crude. O *p-value* correspondente à significância individual de cada coeficientes está referida por baixo de cada um, entre parêntesis.