

Universidade do Minho

Escola de Economia e Gestão

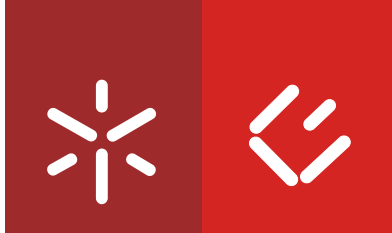
Nuno Manuel Pereira Dias

**Determinantes da volatilidade implícita nos
mercados dos Estados Unidos e do
Reino Unido**

Nuno Manuel Pereira Dias **Determinantes da volatilidade implícita nos
mercados dos Estados Unidos e do Reino Unido**

UMinho | 2014

abril de 2014



Universidade do Minho
Escola de Economia e Gestão

Nuno Manuel Pereira Dias

**Determinantes da volatilidade implícita
nos mercados dos Estados Unidos e do
Reino Unido**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Finanças

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Benilde Maria Nascimento Oliveira

abril de 2014

DECLARAÇÃO

Nome: Nuno Manuel Pereira Dias (PG21929)

Endereço eletrónico: nunompdias@gmail.com

Título da dissertação: Determinantes da volatilidade implícita nos mercados dos Estados Unidos e do Reino Unido

Orientadora: Professora Doutora Benilde Maria Nascimento Oliveira

Ano de conclusão: 2014

Designação do Mestrado: Mestrado em Finanças

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, 15 de Abril de 2014

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação não seria uma realidade sem os recursos humanos e materiais disponibilizados aos seus discentes pela Escola de Economia e Gestão da Universidade do Minho.

Em particular, é essencial destacar a contribuição que a Professora Doutora Benilde Oliveira, orientadora deste trabalho, deu para a prossecução e finalização da investigação. A sua capacidade de síntese e focalização no que é mais relevante, as sugestões para aperfeiçoamento da dissertação e a sua total disponibilidade foram cruciais para a viabilidade da conclusão deste trabalho no prazo definido.

É igualmente importante salientar todo o corpo docente do Mestrado em Finanças pelo conhecimento que me possibilitou adquirir durante o 1º ano e que foi a base da presente investigação. Do mesmo modo, as suas sugestões e críticas no decorrer do presente ano letivo contribuíram para a construção desta dissertação.

A nível profissional, agradeço a flexibilidade disponibilizada pelos administradores da minha entidade empregadora, Cantinhos, Sociedade de Construções S.A., que me permitiu frequentar este Mestrado.

Não poderia também deixar de reconhecer que sem o imenso apoio, a todos os níveis, por parte dos meus sogros não teria sido possível conciliar as vertentes pessoal e profissional de forma a concluir um Mestrado com este grau de exigência.

E porque só tem sentido percorrer um caminho ao lado da Diana, da Isabel e da Inês, espero que esta etapa tenha um importante contributo para o nosso futuro.

TÍTULO: Determinantes da volatilidade implícita nos mercados dos Estados Unidos e do Reino Unido

RESUMO

Esta investigação tem como objetivo estudar a relação entre o risco do investimento nos mercados de capitais, representado pela volatilidade implícita, e alguns dos fatores de mercado frequentemente apontados como bons tradutores do clima económico e financeiro. Para tal, recorreu-se a uma análise de regressão linear em que os últimos constituíram as variáveis explicativas da primeira. Os dados deste estudo dizem respeito aos mercados dos Estados Unidos e do Reino Unido entre 2002 e 2013. A volatilidade implícita foi obtida através de opções de compra e venda, transacionadas em bolsa, sobre os índices *S&P 500* e *FTSE 100* e, ainda, de índices de volatilidade baseados nestes índices de ações. Para o período selecionado, estiveram disponíveis os valores das opções com maturidades de 1, 3 e 6 meses. Posteriormente, foi analisado um período de tempo mais restrito para o qual estiveram disponíveis dados relativos a opções de diferentes maturidades (2, 9, 12, 24 e 36 meses).

Os resultados para a amostra total salientaram a importância das rendibilidades contemporâneas e desfasadas dos índices internos na dinâmica da volatilidade. Adicionalmente, verificou-se que as rendibilidades contemporâneas dos índices externos apresentaram uma elevada ligação à volatilidade. No entanto, ao serem posteriormente aplicados diferentes fatores para caracterizar a transmissão de informação entre mercados, concluiu-se que o uso de *proxies* alternativas pode levar a conclusões divergentes. Foi ainda detetada relação entre a volatilidade implícita e o volume de transação do índice interno, nos dois mercados, e o declive da estrutura temporal das taxas de juro e preço do petróleo, no Reino Unido. Já a análise das potenciais diferenças entre os dias da semana revelou que elas foram significativas para Segunda-feira no mercado Norte-Americano e Quinta-feira no mercado Britânico.

O estudo do ajustamento das regressões anteriores e de novas regressões com a inclusão única das rendibilidades contemporâneas do índice interno revelou que a eliminação dos restantes fatores não diminuiu de forma expressiva a adequabilidades das regressões. Também a análise da estabilidade dos parâmetros das regressões iniciais acentuou a importância do índice interno. Por fim, o estudo do período em que todas as maturidades estiveram disponíveis destacou a relevância das rendibilidades dos índices internos e externos na relação com a volatilidade. Esta última evidência resume os principais resultados obtidos nesta dissertação.

Palavras-chave: risco; volatilidade implícita; regressão linear OLS; fatores explicativos da volatilidade implícita

TITLE: Factors related with the implied volatility's evolution in the US and UK markets

ABSTRACT

The aim of this thesis is the study of the relation between the investment risk in capital markets, represented by the implied volatility, and some market factors that are usually quoted as good models of the economic and financial environment. To fulfil this objective it was performed a linear regression analysis in which the last ones were the variables used to explain the first. The sample period is comprised between 2002 and 2013 for both the US and the UK markets. The implied volatility was obtained through traded on exchange options on the *S&P 500* and *FTSE 100* indices and on volatility indices based on the previous equities indices. At the selected period were available values for the options with 1, 3 and 6 months maturities. After that, it was analysed a tighter time period, for which was available data related to options with different maturities (2, 9, 12, 24 and 36 months).

The results emphasize the importance of the domestic indices contemporaneous and lagged returns in the volatility dynamic. Moreover, they showed a high connection of the external indices contemporaneous returns to volatility. However, by applying other factors that describe the communication between markets, it was possible to find that the use of alternative proxies can generate different conclusions. It was also discovered a relation between the implied volatility and the domestic index trading volume in both markets and the interest rate term structure and oil prices in the UK. The study of the day of the week effect revealed a significant difference between Monday and the subsequent days in the USA and between Thursday and the remaining days in the UK.

The study of the initial's regression's adjustment and of new regression's adjustment with the single inclusion of the contemporaneous returns of the internal index revealed that the exclusion of the remaining factors did not decreased, in an expressive way, the regression's adjustment. Also, the analysis of the initial regression's parameters stability highlighted the value of the internal index. Lastly, the study of the period where all the option's maturities were available showed the importance of the internal and external indices returns in the relation with volatility. This last evidence summarizes the essential results obtained in this dissertation.

Key-Words: risk; implied volatility; OLS linear regression; implied volatility's explanatory factors.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 ENQUADRAMENTO GERAL	3
2.2 COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DE VOLATILIDADE.....	4
2.3 COMPARAÇÃO DAS ABORDAGENS Á VOLATILIDADE IMPLÍCITA.....	6
2.4 DETERMINANTES DA VOLATILIDADE IMPLÍCITA.....	8
2.4.1. Opções sobre índices de ações	9
2.4.2. Índices de volatilidade.....	14
2.4.3. Outros ativos financeiros.....	16
2.4.4. Determinantes macroeconómicos.....	17
3. METODOLOGIA	21
3.1. VARIÁVEIS EXPLICATIVAS.....	21
3.1.1. A rendibilidade do índice	22
3.1.2. Taxas de juro de curto prazo	22
3.1.3. Estrutura temporal das taxas de juro	22
3.1.4. Rendibilidade de um índice externo.....	23
3.1.5. Volume de transação do índice.....	23
3.1.6. O petróleo.....	24
3.1.7. Contexto macroeconómico interno: diferença entre a taxa de juro dos empréstimos interbancários e a taxa de juro de referência da autoridade monetária.....	24
3.1.8. Variáveis <i>Dummy</i> para dias de semana	24
3.2. - AUTOCORRELAÇÃO	25
3.3. – HETEROCEDASTICIDADE	26
3.4. – MULTICOLINEARIDADE.....	26
3.5. – RESULTADOS DAS REGRESSÕES	27
3.6. – TESTES DE ROBUSTEZ.....	28

3.6.1. – Transmissão de informação entre os mercados financeiros: <i>Proxy</i> das condições externas ...	28
3.6.2.– Estabilidade dos parâmetros da regressão	28
4. DADOS	29
5. RESULTADOS EMPÍRICOS E DISCUSSÃO	33
5.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	33
5.2 MODELIZAÇÃO DA AUTOCORRELAÇÃO.....	38
5.3 MULTICOLINEARIDADE ENTRE VARIÁVEIS EXPLICATIVAS.....	39
5.4 RESULTADOS DAS REGRESSÕES	42
5.5 AJUSTAMENTO DAS REGRESSÕES	49
5.6 SUBSTITUIÇÃO DOS ÍNDICES EXTERNOS.....	51
5.7 ESTABILIDADE DOS PARÂMETROS DA REGRESSÃO	54
5.8 ANÁLISE PARA TODAS AS MATURIDADES DISPONÍVEIS	63
6. CONCLUSÃO	74
7. BIBLIOGRAFIA.....	78
8. APÊNDICES	83

LISTA DE ABREVIATURAS/ SIGLAS

AR – Autoregressive
ARIMA – Autoregressive Integrated Moving-average
ATM – At-the-money
EUA – Estados Unidos da América
HAR - Heterogeneous Auto-Regressive
MA – Moving Average
OLS – Ordinary Least Squares
OTM – Out-of-the-money
PDF – Probability Density Function
RU – Reino Unido

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Volatilidades implícitas, extraídas através do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1, 3 e 6 meses, no mercado dos Estados Unidos, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.	35
Figura 2 – Volatilidades implícitas, extraídas através do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1, 3 e 6 meses, no mercado do Reino Unido, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.	35
Figura 3 – Variação das volatilidades implícitas, extraídas através do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1, 3 e 6 meses, no mercado dos Estados Unidos, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.	37
Figura 4 – Variação das volatilidades implícitas, extraídas através do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1, 3 e 6 meses, no mercado do Reino Unido, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.	37
Figura 5 – Valores do R^2 ajustado, no mercado dos Estados Unidos, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013 para a regressão da equação 1 e para a regressão da equação 1 incluindo unicamente como variáveis independentes a rendibilidade do índice interno associado à opção e os termos ARMA (p,q).	50
Figura 6 – Valores do R^2 ajustado, no mercado do Reino Unido, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013 para a regressão da equação 1 e para a regressão da equação 1 incluindo unicamente como variáveis independentes a rendibilidade do índice interno associado à opção e os termos ARMA (p,q).	51
Figura 7 – Valores do R^2 ajustado para a regressão da equação 1, no mercado dos Estados Unidos, para o período entre 19 de Junho de 2008 e 1 de Agosto de 2013.	71
Figura 8 – Valores do R^2 ajustado para a regressão da equação 1, no mercado do Reino Unido, para o período entre 25 de Novembro de 2005 e 1 de Agosto de 2013.	72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Estatística descritiva das volatilidades implícitas e variação das volatilidades implícitas, extraídas através dos índices de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1, 3 e 6 meses, nos mercados dos Estados Unidos e RU, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.	34
Tabela 2 – Matriz de correlação entre volatilidades implícitas, extraídas através dos índices de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1,3 e 6 meses, nos mercados dos Estados Unidos e Reino Unido, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.	38
Tabela 3 – Melhores modelos, selecionados através do critério de <i>Schwarz</i> , relativos aos modelos ARMA (p,q) validados para não correlação em série	39

Tabela 4 – Matriz de correlação entre as variáveis das regressões principais, nos mercados dos Estados Unidos e Reino Unido. 39

Tabela 5 – Autovalores, valores de condição associados e proporções da decomposição da variância das variáveis da regressão principal, para o mercado dos Estados Unidos, obtidos através da metodologia de Belsley, Kuh e Welsch (2004). Estão omitidos os resultados para valores de condição superiores a 0,001.41

Tabela 6 – Autovalores, valores de condição associados e proporções da decomposição da variância das variáveis da regressão principal, para o mercado do Reino Unido, obtidos através da metodologia de Belsley, Kuh e Welsch (2004). Estão omitidos os resultados para valores de condição superiores a 0,001.41

Tabela 7 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 01/02/02 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do *S&P 500*, a *dummy* (*dr*) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (*t3*), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (*t10*), a rendibilidade contemporânea (*msci*) e desfasada 1 dia (*mscid*) do *MSCI EAFE*, o volume de transação do *S&P 500* (*vl*), o preço do petróleo (*pp*), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (*tt*) e as *dummies* de Segunda-Feira (*d2*) a Sexta-Feira (*d6*). *ar(t)* e *ma(t)* são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%..... 43

Tabela 8 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 01/02/02 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *FTSE 100* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do *FTSE 100*, a *dummy* (*dr*) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *FTSE 100* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (*t3*), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (*t10*), a rendibilidade contemporânea (*sp500*) e desfasada 1 dia (*sp500d*) do *S&P 500*, o volume de transação do *FTSE 100* (*vl*), o preço do petróleo (*pp*), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (*tt*) e as *dummies* de Segunda-Feira (*d2*) a Sexta-Feira (*d6*). *ar(t)* e *ma(t)* são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%..... 44

Tabela 9 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 01/02/02 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do *S&P 500*, a *dummy* (*dr*) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (*t3*), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (*t10*), o índice da Reserva Federal que mede o valor do Dólar em relação ao conjunto de principais moedas estrangeiras ponderadas pela sua utilização comercial (*tce*), o volume de transação do *S&P 500* (*vl*), o preço do petróleo (*pp*), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (*tt*) e as *dummies* de Segunda-Feira (*d2*) a Sexta-Feira (*d6*). *ar(t)* e *ma(t)* são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%. 52

Tabela 10 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 01/02/02 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *FTSE 100* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do

FTSE 100, a *dummy* (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *FTSE 100* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a taxa de câmbio contemporânea e desfasada entre Libra Esterlina e Dólar Norte-Americano (tcu), o volume de transação do *FTSE 100* (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%..... 53

Tabela 11 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 01/02/02 e a data, referenciada na tabela, do maior valor de quebra, obtida para cada série através do teste de *Quandt-Andrews* e entre a última e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd) do *S&P 500*, a *dummy* (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a rendibilidade contemporânea (msci) e desfasada 1 dia (mscid) do *MSCI EAFE*, o volume de transação do *S&P 500* (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%..... 55

Tabela 12 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 01/02/02 e a data, referenciada na tabela, do maior valor de quebra, obtida para cada série através do teste de *Quandt-Andrews* e entre a última e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *FTSE 100* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd) do *FTSE 100*, a *dummy* (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *FTSE 100* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a rendibilidade contemporânea (sp500) e desfasada 1 dia (sp500d) do *S&P 500*, o volume de transação do *FTSE 100* (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%..... 60

Tabela 13 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 19/06/08 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 2, 3, 6, 9, 12, 24 e 36 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd) do *S&P 500*, a *dummy* (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a rendibilidade contemporânea (msci) e desfasada 1 dia (mscid) do *MSCI EAFE*, o volume de transação do *S&P 500* (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%..... 64

Tabela 14 - Coeficientes e t de Student, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 25/11/05 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra sobre o *FTSE 100* com maturidades de 1, 2, 3, 6, 9, 12, 24 e 36 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd)

do FTSE 100, a dummy (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do FTSE 100 respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a rendibilidade contemporânea (sp500) e desfasada 1 dia (sp500d) do S&P 500, o volume de transação do FTSE 100 (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%..... 68

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação insere-se na temática da análise do risco, inerente aos mercados de capitais. É usualmente aceite pelos investidores que uma maior expectativa de rentabilidade acarrete um risco superior. Deste modo, mensurá-lo, ou pelo menos delimitá-lo a um intervalo relativamente fiável, torna-se essencial para, aliado à consideração da rentabilidade esperada, definir a política de investimento. O objetivo desta tese não passou pela medição direta do risco mas por perceber a sua ligação a algumas das principais variáveis aceites para representação das condições financeiras dos mercados. Compreender a relação que a evolução do risco tem com alguns dos fatores mais relevantes para os investidores será, eventualmente, útil para entender o seu comportamento. Tal, poderá permitir que esta análise inclua um conjunto de ferramentas adicionais, para uma melhor decisão acerca da alocação do investimento.

Nesta investigação, a medida de risco objeto de estudo é a volatilidade. Esta é, várias vezes, calculada de forma autónoma, não a encarando como um fator que interage dinamicamente com os demais. Entendeu-se, por isso, ser relevante averiguar a relação entre ela e um conjunto de variáveis que a teoria apresenta como importantes forças que influenciam os mercados financeiros.

De forma a retratar o risco de mercado, pensou-se na escolha de uma das abordagens elementares à volatilidade destacadas na literatura. Nesta linha, decidiu utilizar-se a volatilidade implícita como a medida do risco a ser explicada. Também o facto de ser extraída facilmente através do preço de ativos do mercado pesou nesta seleção. Dado que a motivação desta tese não passou pela estimativa da volatilidade, mas por tentar vinculá-la a outras variáveis económicas e financeiras, entendeu-se ser útil eleger uma medida de obtenção acessível.

Para estabelecer a relação entre a volatilidade implícita e os fatores exógenos optou-se pela realização de uma análise de regressão linear. Esta facultou informação que possibilitou distinguir as variáveis significativamente ligadas à dinâmica da volatilidade das restantes. A escolha dos fatores de mercado baseou-se numa análise profunda de estudos semelhantes a esta investigação apresentados na revisão da literatura. Igualmente de acordo com a teoria, foram empregues procedimentos para tratamento dos dados e análise à robustez dos resultados de forma a consolidar as conclusões obtidas.

Para esta investigação foram selecionados os mercados dos Estados Unidos da América (EUA) e do Reino Unido (RU). A finalidade de transportar para este estudo dois mercados bastante relevantes no panorama financeira global passou por conseguir que a comparação entre

eles facultasse maior força às conclusões aqui conseguidas. Tendo em vista que estas não deveriam sofrer enviesamentos devido a um número de dados insuficiente, de acordo com o que a teoria em geral aconselha e com os dados disponíveis, optou-se por um período temporal compreendido entre os anos de 2002 e 2013.

O estudo de Mixon (2002) foi a base de inspiração para este trabalho. Tal como naquele, também aqui se obtiveram as volatilidades implícitas para opções de compra sobre índices de ações com diversas maturidades. A recolha adicional das volatilidades extraídas das opções de venda sobre os mesmos índices, bem como das obtidas diretamente de índices de volatilidade, teve como intuito o enriquecimento da análise dos resultados.

Esta dissertação principia com a revisão de literatura onde, a seguir ao enquadramento geral do tema, são descritas as diferentes abordagens à volatilidade em geral e à volatilidade implícita em particular. Posteriormente, são apresentados os estudos acerca dos fatores que influenciam a volatilidade implícita obtida através de índices de ações, índices de volatilidade e outros títulos financeiros. A finalizar, são referidos alguns estudos que relacionam esta volatilidade com fatores macroeconómicos. Na sequência da revisão de literatura, são expostos a metodologia e os dados que permitiram delinear a dissertação. No seguimento, são relatados os resultados empíricos alcançados, bem como realizada a discussão dos mesmos. Por fim, são sintetizadas as principais conclusões da investigação, onde se incluem igualmente as limitações intrínsecas ao trabalho e as sugestões para futura investigação.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ENQUADRAMENTO GERAL

Em investimentos financeiros a rendibilidade de um ativo é indissociável do risco subjacente ao mesmo. A teoria financeira advoga, no geral, uma relação direta entre a expectativa da rendibilidade e do risco intrínseca aos ativos do mercado (e.g. Corrado & Miller 2006).

A análise de risco não se limita meramente ao estudo da volatilidade. No entanto, a previsão da volatilidade assume-se como nevrálgica para aferir o risco inerente ao investimento (Poon & Granger 2003).

É comumente referido que a volatilidade avalia o grau de incerteza relativo às rendibilidades que o ativo garantirá ao investidor (e.g. Hull 2008, p.282). Assim, o seu cálculo tornou-se um dos tópicos mais relevantes para os estudos dos mercados e investimentos financeiros (Dumas et al. 1998). Franks e Schwartz (1991) defendem que os modelos que assentam na proposição do equilíbrio do mercado têm na volatilidade um fator essencial para lhes dar sentido. Estes autores destacam também a importância que a volatilidade apresenta nas transações no mercado de títulos de derivados.

Na gestão de risco são utilizadas diferentes abordagens para estimar a volatilidade. Estas podem partir da utilização de informação histórica ou basear-se na análise dos preços de opções disponíveis no mercado (Poon & Granger 2003).

Dentro do primeiro grupo o modelo mais elementar é geralmente denominado por volatilidade histórica (Brooks 2008, p.383). Neste contexto, a estimativa da volatilidade é construída com base no cálculo do desvio padrão das séries temporais de rendibilidades passadas dos ativos financeiros. Os modelos baseados em séries temporais podem no entanto ser bastante mais complexos. Uma forte vertente de investigação tem-se dedicado ao estudo da volatilidade realizada. Esta é calculada com recurso a rendibilidades intra-diárias com um intervalo de observações que pode atingir um reduzido número de minutos. Devido, entre outras perturbações, à excessiva correlação decorrente desta elevada frequência de observações, estes modelos têm evoluído, nos últimos anos, para modelos cada vez mais sofisticados (McAleer & Medeiros 2008).

Os modelos da família ARCH apesar de partirem da recolha de dados análogos aos modelos anteriores envolvem uma concetualização distinta. Estes calculam a variância condicional à informação extraída das rendibilidades passadas e permitem obter diretamente a volatilidade que ocorrerá no período subsequente (Taylor 2005, p.190).

A abordagem inicial abarca ainda os modelos de volatilidade estocástica cuja popularidade, devido à maior dificuldade de aplicação, está aquém da dos modelos ARCH. Os modelos estocásticos incorporam, ao contrário dos anteriores, perturbações na equação da variância que podem não estar relacionadas com as que integram a equação das rendibilidades (Brooks 2008, p.427).

O trabalho de Black e Scholes (1973) abriu horizontes para um novo tipo de volatilidade fundamentada no preço de opções sobre ativos. Na fórmula proposta pelos autores, para avaliar o preço de uma opção, a volatilidade surge como a única variável não observável. Isto permite, usando o preço de uma opção no mercado, determinar a volatilidade associada à sua valorização (Hull 2008, p.307). Esta estimativa, designada por volatilidade implícita, é frequentemente encarada como a melhor previsão do mercado acerca da volatilidade futura dos ativos subjacentes às opções (Becker et al. 2007; Christensen & Prabhala 1998; Shu & Zhang 2012). Christensen e Prabhala (1998) concluem assim que, assumindo a eficiência dos mercados financeiros, a volatilidade implícita se traduzirá na abordagem mais adequada para a previsão da volatilidade.

2.2 COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DE VOLATILIDADE

A afirmação de Christensen e Prabhala (1998), que remata a secção anterior, levanta a questão de qual a metodologia mais precisa para a previsão da volatilidade futura. De facto, diversos estudos, em especial ao longo das duas últimas décadas, têm-se debruçado sobre esta temática. Os artigos baseiam-se na comparação entre duas ou mais abordagens, geralmente com inclusão do cálculo da volatilidade histórica. Brooks (2008, p.384) explica que esta é utilizada frequentemente como medida comparativa em relação a outros tipos de volatilidade mais complexos.

Esta matéria serviu de motivação a Poon e Granger (2003) para um exaustivo trabalho de revisão em que reuniram dados de 93 artigos científicos que formulam previsões de volatilidade fora da amostra definida inicialmente. Entre os ativos a que os investigadores mais recorrem encontram-se as ações, os índices de ações e as taxas de câmbio. De acordo com os autores, a diversidade de ativos bem como de dados, períodos temporais e intervalos de observações levam a que as comparações não possam ser consideradas de total fiabilidade. Ainda assim, um tão elevado número de estudos é importante, na medida em que a sua compilação pode ajudar a clarificar a utilidade destes modelos.

O estudo de Poon e Granger (2003) concluiu que os modelos de volatilidade implícita obtiveram resultados superiores aos modelos da família ARCH e de volatilidade histórica. Estes últimos exibiram, por sua vez, uma ligeira vantagem em relação aos modelos condicionais. Os

autores mencionaram que a supremacia evidenciada pelos modelos de volatilidade implícita, na previsão da volatilidade, vai ao encontro da teoria alusiva a este tema. Para sustentar esta afirmação expõem que esta apresenta como principal argumento para a preponderância da volatilidade implícita o uso de informação de mercado. Yu et al. (2010) complementaram esta percepção referindo que, em consequência do mercado ser constituído por pessoas bastante informadas e preparadas no estudo da volatilidade futura, as análises serão mais eficientes do que as meramente baseadas em valores de volatilidade passados.

Após a revisão de Poon e Granger (2003), a investigação nesta temática prosseguiu com conclusões díspares acerca do modelo mais adequado para a previsão da volatilidade. A seguir apresentam-se dois estudos representativos desta discrepância.

Em 2007, Becker et al., publicaram um estudo no qual tentaram compreender se a volatilidade implícita continha informação suplementar quando comparada com os modelos de séries temporais. Os valores de volatilidade implícita foram retirados, com uma regularidade diária, do índice de volatilidade *VIX* da *Chicago Board Options Exchange (CBOE)*. O *VIX* é um índice de volatilidade criado pela *CBOE* que se baseia nos preços das opções sobre o índice de ações *S&P 500*. Para comparação com este foram selecionados vários modelos ARCH, de volatilidade estocástica e de volatilidade realizada. Os autores desagregaram a informação correlacionada entre estes modelos e o *VIX* e obtiveram um valor de 16% para a variação unicamente explicada pela volatilidade implícita. Posteriormente, analisaram se esta variação havia explicado uma componente da volatilidade futura que os outros modelos não conseguiram interpretar. A análise anterior evidenciou que o *VIX* não acrescentou valor informativo quando utilizado em conjunto com um leque alargado de modelos baseados em séries temporais de rendibilidades.

Por sua vez, Yu et al., em 2010, dedicaram uma investigação à comparação entre o poder preditivo oferecido pela volatilidade implícita, pela volatilidade histórica e pelo modelo condicional GARCH (1,1), recorrentemente aplicado entre os modelos da família ARCH. Os autores selecionaram opções sobre os índices *Nikkei 225* do Japão e *Hang Seng* de Hong-Kong, para o período decorrido entre 1998 e 2005. As conclusões indicaram que, para estas duas classes, a análise da volatilidade futura com recurso à volatilidade implícita possibilitou obter resultados superiores aos alcançados através das volatilidades que se alicerçam na informação histórica.

Apesar da aparente escassez de consenso sobre qual o modelo preferível para prever a direção que a volatilidade seguirá, a volatilidade realizada tem vindo a impor-se nesta matéria. Ao utilizar dados intra-diários com uma frequência elevada, o processo da determinação da volatilidade torna-se diretamente observável. Como esta particularidade não se aplica aos

restantes modelos, a volatilidade realizada tem adquirido um interesse particular para a teoria financeira neste campo de ação (Chiriac & Voev 2011). Contudo, parece ainda existir uma propensão generalizada para aceitar a volatilidade implícita como uma das melhores ferramentas a que os profissionais da área económica e financeira poderão recorrer neste âmbito (Poon & Granger 2003).

2.3 COMPARAÇÃO DAS ABORDAGENS À VOLATILIDADE IMPLÍCITA

Como referido anteriormente, o conceito de volatilidade implícita surgiu com a investigação pioneira de Black e Scholes (1973). Na fórmula que os autores apresentaram para valorização de uma opção, todos os fatores, com exceção da volatilidade futura, podem ser extraídos com base em informação de mercado. Por sua vez, o preço das opções no mercado está igualmente disponível, o que torna viável o cálculo da volatilidade que lhe deu origem. Assim, a volatilidade implícita pode ser definida como o desvio padrão que substituído na fórmula de Black-Scholes, em conjunto os restantes fatores observáveis, iguala o preço de mercado da opção (Krylova et al. 2009).

A limitação da consideração de uma volatilidade constante por parte do modelo de Black-Scholes levou a que Britten-Jones e Neuberger (2000) desenvolvessem um processo cujo objetivo passava pela determinação da volatilidade implícita sem recurso a qualquer modelo. Devido a esta independência, os autores batizaram este processo como “*model-free*”, termo adotado pela teoria financeira daí em diante. Outra vantagem apontada nesta investigação passa pelo procedimento poder ser visto como um teste direto à eficiência dos mercados. Os restantes modelos apresentam o revés de a testarem em contíguo com a eficiência da especificação do próprio modelo em que se baseiam. Muzzioli (2010) indica que a volatilidade independente de modelo, em contraste com a volatilidade de Black-Scholes, recorre para o seu cálculo ao uso de opções de diferentes tipos e preços de exercício. O autor adverte, no entanto, para a potencial vantagem informativa deste processo poder ser comprometida quando o acesso a vários preços de exercício se encontra limitado. Tal deve-se ao cálculo exato da volatilidade implícita obrigar a uma disponibilidade de preços de exercício ininterruptos, inviáveis de obter através da prospeção do mercado.

A possibilidade da comparação entre diferentes procedimentos que permitem alcançar um valor para a volatilidade implícita de um ativo ofereceu à teoria financeira um campo de investigação suplementar. Deste modo, diversos autores empreenderam trabalhos de comparação dos processos do modelo de Black-Scholes e independente de modelo. O objetivo passava por perceber qual o melhor método para a previsão da volatilidade futura. A estes, adicionaram, por

vezes, especificações de volatilidades, já descritas anteriormente, apoiadas em informação histórica. De seguida apresentam-se alguns estudos relevantes nesta área.

Para além da comparação que apresentam entre métodos de determinação da volatilidade, Jiang e Tian (2005) alargaram e complementaram o estudo original de Britten-Jones e Neuberger (2000) em dois aspetos importantes. O primeiro diz respeito à possibilidade de inclusão de saltos no processo. Dado que estes contribuem frequentemente para a dinâmica dos títulos financeiros, é razoável assumir que a sua incorporação seja considerada um aperfeiçoamento do modelo. O segundo aspeto reporta-se ao desenvolvimento de um método de cálculo da volatilidade implícita independente de modelo com recurso aos preços de opções disponíveis no mercado. Este método abarca ainda um conjunto de considerações teóricas que ambicionam ultrapassar a limitação de um número infinito de preços de exercício, indispensável na aplicação do processo de Britten-Jones e Neuberger (2000).

No que concerne à comparação entre abordagens à volatilidade, os autores efetuaram-na recorrendo à volatilidade histórica em conjunto com as volatilidades de Black-Scholes e independente de modelo. Foram contempladas opções sobre o índice de ações *S&P 500* transacionadas entre 1988 e 1994. Os resultados permitiram concluir que a volatilidade implícita de Black-Scholes se revelou uma estimativa ineficiente da volatilidade futura, demonstrando ainda assim uma melhor adequação quando comparada com a volatilidade histórica. No que respeita à volatilidade implícita independente de modelo, ficou atestada a sua maior eficiência na previsão da volatilidade, relativamente aos restantes modelos. Estes não forneceram informação que acrescentasse valor à oferecida pela volatilidade de Britten-Jones e Neuberger.

Em 2010, Taylor et al. apresentaram um trabalho, com conclusões distintas do anterior, no qual compararam as duas metodologias de cálculo da volatilidade implícita e um modelo condicional ARCH. A investigação recorreu a preços de opções sobre ações de 149 empresas, com um alto volume de transação associado, e sobre o índice *S&P 100* para quatro anos ininterruptos com término em 1999. Os resultados para a previsão da volatilidade a 1 dia demonstraram que, de uma maneira geral, o modelo assimétrico ARCH se aproximou mais da realidade do que os modelos de volatilidade implícita. O contrário sucedeu quando o horizonte da avaliação se aproximou da maturidade da opção. Em relação à volatilidade implícita, o modelo de Black-Scholes aplicado em opções *at-the-money* (*ATM*) ofereceu resultados superiores ao processo independente de modelo. É relevante salientar que esta superioridade não foi explicada pelo número de preços de exercício e opções disponíveis ou pela desproporcionalidade entre o volume de opções *ATM* e *out-of-the-money* (*OTM*) transacionadas. Os autores apontam, então, como possível justificação a falta de liquidez das opções *OTM* sobre as ações das empresas. Os

aspectos anteriores são recorrentemente apontados para justificar os casos em que os processos independentes de modelo apresentam um desempenho débil (Zhang et al. 2013). Por fim, Taylor et al. (2010) destacaram que os resultados obtidos para o índice *S&P 100* foram idênticos aos das empresas.

Igualmente em 2010, Muzzioli publicou um artigo cujas conclusões vão ao encontro da investigação anterior. Recorrendo a preços intra-diários de opções sobre o índice de ações alemão DAX, entre 2001 e 2005, o autor comparou os dois processos de volatilidade implícita, volatilidade histórica e volatilidade condicional GARCH (1,1). Os resultados demonstraram que a informação obtida para os processos de volatilidade implícita englobou toda a que a volatilidade histórica e condicional ofereceram. Em relação aos primeiros foi visualizada uma supremacia do modelo Black-Scholes, que os autores explicaram pelo recurso a um elevado número de opções sincronizadas. Os piores resultados da volatilidade independente de modelo foram atribuídos a erros de medição, provocados pela falta de liquidez das opções *OTM* e pela consideração de volatilidade constante fora dos preços de exercício disponíveis.

Mais recentemente, Zhang et al. (2013) apresentaram conclusões divergentes das anteriores e corroboraram os resultados obtidos por Jiang e Tian (2005). Os autores basearam-se nas opções sobre o *S&P 500*, entre 1999 e 2009, para construir um índice de volatilidade independente semelhante ao *VIX*. Tanto este, como o modelo de Black-Scholes revelaram informação profícua na explicação da volatilidade futura. Quanto à comparação entre eles, os autores não se depararam com diferenças significativas na capacidade informativa de cada um. No entanto, a inclusão de erros de medição, que permitem uma melhor aproximação à realidade, proporcionou uma análise não coincidente com a anterior. Aí, a volatilidade independente de modelo captou maior informação, exceto quando o número de opções disponíveis foi diminuto.

Em resumo, pode concluir-se que, tal como na comparação entre as abordagens à volatilidade, também nos diferentes processos de volatilidade implícita é possível verificar que não existe consenso teórico sobre o melhor método a aplicar para a previsão da volatilidade futura. Como orientação geral, é possível perceber que a análise de resultados com recurso à volatilidade independente de modelo extraída de um número reduzido de opções terá de ser cautelosa. Depreende-se também que na maior parte dos casos, apesar das suas limitações, o modelo de Black-Scholes parece revelar-se um instrumento válido na análise de risco.

2.4 DETERMINANTES DA VOLATILIDADE IMPLÍCITA

Depois de apresentados os conceitos centrais sobre a temática da volatilidade nos mercados financeiros e estudos teóricos associados, a revisão da literatura prossegue com a

apresentação e discussão de trabalhos considerados relevantes no âmbito do estudo da variação da volatilidade implícita propriamente dita.

Embora não incida sobre a volatilidade implícita, o trabalho de Schwert (1989) assume-se como um trabalho de referência nesta área. De facto, um número muito significativo de trabalhos subsequentes, sobre volatilidade implícita, refere o trabalho de Schwert (1989) e usam variáveis explanatórias propostas pelo autor. Schwert (1989) propôs-se perceber a que se deve a variação da volatilidade inerente aos ativos do mercado. Mais especificamente, o autor ambicionava encontrar justificação para a elevada discrepância de valores em momentos distintos da história financeira. Para isso, serviu-se de um grupo de variáveis económicas entre 1857 e 1987.

O autor apresentou um esquema de divisão da investigação em quatro secções independentes. Na primeira, estudou a ligação entre a volatilidade das ações e obrigações e a volatilidade da inflação, crescimento monetário e produção industrial. Os resultados surpreenderam ao atestar a pouca influência das variáveis macroeconómicas na explicação das alterações da volatilidade dos ativos financeiros. No subcapítulo seguinte o autor descortinou relação entre a volatilidade e a força da atividade económica. Foi apurada uma expressiva amplificação da volatilidade das ações nos períodos de recessão, com especial destaque para a época da Grande Depressão. A explicação apresentada prende-se com o facto de, nos períodos de recessão, o valor das ações cair em relação ao das obrigações. Assim, o agravamento da alavancagem financeira acarreta um aumento na volatilidade das ações alavancadas. Na secção subsequente o objetivo passou por perceber os efeitos desta alavancagem na volatilidade das ações. Apesar de ter sido encontrada ligação entre elas, ficou demonstrado que a alavancagem financeira não consegue decifrar, isoladamente, a dinâmica da volatilidade no mercado. Por fim, o autor analisou e comprovou a influência dos dias abertos a negociação e do volume de transação na volatilidade.

2.4.1. Opções sobre índices de ações

O primeiro artigo que relaciona diretamente volatilidade implícita com variáveis económicas e financeiras foi publicado, tanto quanto a pesquisa teórica permitiu perceber, por Franks e Schwartz, em 1991. Neste, os autores extraíram a volatilidade implícita a partir da recolha de preços de opções de compra semanais sobre o índice de ações *FTSE* do RU, entre 1984 e 1989.

O modelo de Black-Scholes foi selecionado para o cálculo da volatilidade com base em quatro preços de exercício diferentes, dois ligeiramente acima e dois ligeiramente abaixo das opções *ATM*. Com estes dados, os autores calcularam uma volatilidade implícita ponderada, cuja

média foi de 16,9% e o desvio padrão de 7,5%. A título de curiosidade, a maior volatilidade ocorreu no período do “Crash” de 1987, tendo atingido o valor de 69,9%. Para finalizar a modelação da volatilidade implícita, os autores estudaram a autocorrelação entre os seus valores e seleccionaram o modelo autorregressivo AR(1) para a eliminar. Em seguida, adicionaram-no às regressões aplicadas na restante investigação.

Após a modelação da volatilidade, o artigo foi dividido em três partes principais. A primeira pretendeu perceber se a estrutura de capitais por si própria conseguia explicar a ligação entre a volatilidade das ações e a dinâmica do *FTSE*. Apesar de significativa, todos os resultados apontaram para que a volatilidade não possa ser explicada apenas pela alteração da alavancagem financeira das empresas. A segunda parte da investigação debruçou-se sobre a importância do volume de negociação no comportamento da volatilidade. Ao contrário das rendibilidades do índice, o volume de transação, tanto a nível de valor como em número de contratos negociados, não foi uma variável significativa na explicação da variação da volatilidade implícita.

Na última proposição foi estudada a influência de determinadas variáveis económicas na variação da volatilidade implícita. Para além da rendibilidade do índice, as variáveis explanatórias incluíram o preço do petróleo e a taxa de câmbio entre a Libra Esterlina e o Dólar Norte-Americano. Já o recurso a taxas de juro permitiu obter três variáveis adicionais para a regressão. A primeira foi a taxa de juro dos bilhetes do tesouro. A diferença entre as taxas das obrigações do governo de curto prazo (menos de 5 anos) e as anteriormente referidas foi aplicada na regressão como representativa da taxa de inflação esperada. Por fim, foram também adicionadas as taxas das obrigações do governo a 25 anos. Os resultados demonstraram que as rendibilidades associadas ao índice e a inflação esperada foram variáveis explanatórias significativas. O mesmo ocorreu com as taxas de juro de longo prazo, quando o período do “*Crash*” de 1987 foi excluído da amostra. O sinal negativo, ostentado por elas, indicou que o seu agravamento provoca uma diminuição na volatilidade. Este facto foi explicado devido ao aumento das taxas de juro provocar uma diminuição no valor das obrigações e conseqüentemente um desagravamento da alavancagem financeira. Tal, provoca por sua vez uma diminuição na volatilidade das ações tal como se tinha igualmente verificado no artigo anterior de Schwert (1989).

Nas conclusões finais foi destacada a ausência de exclusividade na interpretação da volatilidade por parte da alavancagem financeira e a importância da inflação na explicação da variação da volatilidade implícita.

Ainda no contexto específico do estudo da volatilidade implícita com recurso a opções sobre índices de ações, destaca-se o trabalho de Mixon (2002). Tal como nos anteriores, o autor recorreu a opções sobre um índice de ações, neste caso o *S&P 500*. O artigo decompõe-se em

duas partes, suscetíveis de se encararem como independentes, já que os próprios dados utilizados não são coincidentes. A primeira secção descreve a dinâmica da volatilidade implícita através da realização de uma análise de componentes principais. Dado o presente trabalho não ter enveredado por este caminho, não se irá expor a conceção e resultados desta análise. Já a secção seguinte propõe-se compreender o vínculo entre um conjunto de variáveis económicas e as alterações da volatilidade implícita.

Esta parte da investigação abrangeu dados semanais de opções de compra *ATM* transacionadas ao balcão para as maturidades de 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 e 60 meses entre 1994 e 2001. As volatilidades implícitas de Black-Scholes foram usadas como variável dependente na regressão que os autores levaram a cabo. Nas variáveis independentes, foram incluídas as rendibilidades contemporâneas e desfasadas do índice *S&P 500* e as rendibilidades contemporâneas do índice japonês de ações *Nikkei 225*, representativo das condições económicas nos mercados externos aos EUA. Para além destas, foram também integradas a taxa de juro de curto prazo dos bilhetes do tesouro a 3 meses e o declive da estrutura temporal das taxas de juro, em que as anteriores foram subtraídas às taxas das obrigações do governo a 10 anos. Por fim foi também introduzido um *spread* entre as taxas de juro das obrigações empresariais de elevada notação e das obrigações do governo de longo prazo.

Às variáveis explicativas foram contrapostas as volatilidades implícitas extraídas para cada maturidade, analisando-se assim um número de regressões igual às maturidades disponíveis. Logo à partida, a observação dos resultados evidenciou a relação inversa entre a rendibilidade do índice *S&P 500* e a volatilidade implícita. Verificou-se, no entanto, um enfraquecimento desta ligação à medida que a maturidade da opção aumentou. A rendibilidade desfasada do índice ofereceu resultados semelhantes à anterior, exceto nas maturidades de 1 e 3 meses. O comportamento das rendibilidades contemporâneas e desfasadas levou a que o autor destacasse a importância da trajetória do índice na dinâmica da volatilidade, alusiva às opções com maturidades mais longas. O índice externo *Nikkei 225* exibiu, também, uma evolução significativa contrária ao movimento da volatilidade. Apesar disso, o seu ténue impacto, semelhante em todas as maturidades, não lhe permitiu apresentar uma utilidade comparável à do índice interno na explicação da alteração da volatilidade implícita. A volatilidade para a maturidade de 1 mês foi também influenciada pela taxa de juro de curto prazo. Tal como para os índices e apenas para esta maturidade, um agravamento da última provocou uma quebra na primeira. Quanto à estrutura temporal das taxas de juro, em nenhuma maturidade se demonstrou um vínculo significativo com a dinâmica da volatilidade. Por sua vez, o *spread* das obrigações empresariais apresentou uma relação direta e

significativa com a variação da mesma Apesar disso, o seu impacto foi bastante diminuto quando comparado com o efeito da rendibilidade do índice *S&P 500*.

A adequabilidade das regressões, medida pelo R^2 , ofereceu uma análise complementar aos resultados anteriores. Verificou-se que as variáveis utilizadas explicaram uma parte cada vez menor da alteração da volatilidade com o alargamento da maturidade das opções. A estratégia seguinte passou por efetuar cada uma das regressões com a exclusão de uma variável de cada vez. Isto permitiu observar o peso que cada uma delas tinha na explicação da volatilidade. A rendibilidade do índice *S&P 500* dispôs, mais uma vez, do maior poder explicativo, com um decaimento ao longo da maturidade. Parte deste foi contrabalançado pela rendibilidade desfasada do mesmo índice. Para além destas variáveis, apenas o *spread* de obrigações empresariais se revelou significativo, explicando cerca de 5% da variação nas maturidades mais extensas.

A investigação assinalou como conclusão principal a absorção por parte das rendibilidades contemporâneas do índice interno de grande parte do poder explicativo da volatilidade implícita. Deste modo, demonstrou-se que a inclusão de variáveis adicionais num modelo multi-fator acrescentará um parco valor informativo.

O próximo estudo apresentado, realizado por Glatzer e Scheicher (2005), cita os três anteriores como os que se relacionam mais de perto com a sua investigação. No entanto, a sua metodologia diverge ao recorrerem à função de densidade de probabilidade (*probability density function* – PDF) para analisar os determinantes da informação obtida através dos preços das opções. Neste artigo, foi estimado um horizonte fixo de 49 dias determinado a partir de opções de compra e venda até uma maturidade de 3 meses. Estas foram recolhidas para o índice alemão *DAX*, entre 1995 e 2002. Para tentar explicar a informação obtida a partir da PDF implícita nas opções foi selecionado um conjunto de variáveis internas e externas ao mercado alemão. A aplicação das últimas é justificada com a cada vez maior tendência de um mercado financeiro global, influenciado pela informação de diversos mercados.

Dentro das variáveis domésticas, foi inicialmente utilizada a divergência entre o valor expectável e real das perspectivas macroeconómicas da Alemanha, medido pelo índice de atividade comercial global *IFO*. Os autores, tal como no estudo anterior, também se auxiliaram da estrutura temporal das taxas de juro para a sua investigação. A última variável interna selecionada foi o prémio de risco, caracterizado no mercado alemão pela margem dos contratos *swap*.

Como representativo do clima económico e financeiro exterior à Alemanha foi eleito o mercado dos EUA. Esta investigação decidiu reproduzir a evolução deste mercado acionista através de duas variáveis. A primeira compreendeu as rendibilidades do índice de ações *S&P 100* e a segunda os valores da volatilidade das ações, recolhidos diretamente do índice *VIX*. Tanto as

surpresas macroeconómicas como a estrutura temporal das taxas de juro foram variáveis utilizadas nos mesmos moldes do mercado interno. Por fim, foi igualmente aplicada a taxa de câmbio com o Dólar.

Os autores estimaram a probabilidade de uma queda no *DAX* em 10% em relação à média como a mais próxima da trajetória da volatilidade implícita. Os resultados demonstraram que nas variáveis internas, tanto as surpresas macroeconómicas como o prémio de risco se mostraram significativas. As variáveis do mercado acionista dos EUA obtiveram igualmente resultados significativos. A rendibilidade do índice *S&P 100* teve um impacto negativo e superior às variáveis internas na volatilidade, enquanto a volatilidade do mercado externo apesar de ter influenciado positivamente a volatilidade interna, foi a que menor impacto causou entre todas as variáveis significativas. Já a variável que maior importância demonstrou foi a taxa de câmbio entre as divisas. Tal como para o índice externo, apurou-se que o seu agravamento provocou uma quebra na volatilidade.

A adequabilidade da regressão completa, medida pelo R^2 ajustado, foi de 14%. De seguida, os autores aplicaram cada variável explanatória isoladamente numa regressão. Os R^2 superiores foram obtidos para as duas variáveis do mercado acionista externo, com valores de 10%. As outras variáveis não conseguiram mais que 1% de adequabilidade, exceto a taxa de câmbio que atingiu os 4%.

Com base nestes resultados, as principais conclusões da investigação relacionaram-se com a transmissão de informação entre mercados. De facto, as variáveis externas demonstraram uma importância bastante superior às variáveis internas na explicação da dinâmica da volatilidade do mercado alemão.

Outros estudos, ao contrário dos anteriores, incidiram sobre uma determinada variável para explicar a dinâmica da volatilidade. Bollen e Whaley (2004) analisaram, em parte do seu artigo, a influência da pressão de aquisição de opções sobre o índice *S&P 500* para o comportamento da volatilidade implícita. A pressão de aquisição foi dividida em duas variáveis. Uma respeitante à diferença entre a compra e venda de opções *call* e outra à diferença entre a compra e venda de opções *put*. Para além destas, foram também adicionadas a rendibilidade do índice e o volume de transação como variáveis explanatórias, além da variação desfasada da volatilidade implícita. A relação delas com a volatilidade *ATM* de Black-Scholes, entre 1988 e 2000, foi decomposta em duas regressões. A primeira para a variação da volatilidade em opções *call ATM* e a segunda para a mesma, mas em opções *put ATM*. Ambas as regressões expuseram a rendibilidade do índice e a pressão de aquisição em opções *put* como variáveis significativas. Na primeira regressão, também o volume de transação foi significativo, mas com reduzida expressão.

Os autores salientaram nas conclusões o facto de a pressão de aquisição sobre as opções *put* ser significativa, ao contrário da pressão sobre as opções *call*. De acordo com estes, tal pode ser justificado devido à aquisição frequente, por parte dos investidores, de opções de venda sobre um determinado índice, neste caso o *S&P 500*. Este investimento tem como objetivo cobrir o risco de uma desvalorização generalizada dos títulos financeiros do mercado.

De uma forma geral, os resultados dos estudos revistos parecem indicar que a rendibilidade contemporânea do índice subjacente à opção é o fator mais relevante na explicação do comportamento da volatilidade. Também o impacto do mercado dos EUA nos restantes se revela um dado a salientar. Por fim, não parece existir um padrão de comportamento para as restantes variáveis. Enquanto em alguns estudos algumas se parecem destacar, nos restantes essa utilidade já não é significativa.

2.4.2. Índices de volatilidade

Os índices de volatilidade permitem a obtenção direta da mesma, frequentemente sem necessidade de cálculos adicionais. A maior parte destes recorre a metodologias semelhantes ao “*model-free*” para a determinação da volatilidade implícita a partir de informação diária dos índices dos ativos subjacentes. Também o tempo até à maturidade é determinado, na maior parte dos casos, para o valor constante de 30 dias de calendário (Dotsis et al. 2007).

Um dos artigos mais interessantes nesta área é o de Konstantinidi et al. (2008). Neste, os autores auxiliaram-se de quatro índices de volatilidade dos EUA e três da Europa para, entre 2001 e 2007, os confrontarem com múltiplas variáveis económicas. Os índices Norte-Americanos selecionados englobaram o *VIX*, já explicado anteriormente, o *VXO*, o *VXN* e o *VXD*. Os três últimos são construídos, respetivamente, a partir dos preços das opções sobre os índices *S&P 100*, *Nasdaq 100* e *Dow Jones Industrial Average*. Os índices europeus escolhidos foram o *VDAX-New*, *VCAC* e *VSTOXX*, baseados, respetivamente, nos índices *DAX* (Alemanha), *CAC 40* (França) e *DJ EURO STOXX 50*.

Os autores construíram quatro modelos de previsão, entre os quais um modelo de variáveis económicas desfasadas, que incluiu, ao contrário dos estudos anteriores, a separação das rendibilidades positivas e negativas do índice. Entre as variáveis explicativas utilizadas, surgem a taxa de câmbio entre o Dólar e o Euro e a taxa de empréstimos interbancários. A subtração da última à taxa das obrigações do tesouro a 10 anos foi aplicada como *proxy* da estrutura temporal das taxas de juro. Também o preço do petróleo e o volume de transação de contratos de futuros sobre o índice respetivo foram inseridos na regressão. A volatilidade histórica e a volatilidade implícita desfasada a um dia finalizaram as variáveis explanatórias aplicadas.

Foi efetuada uma regressão para cada um dos índices, com a incorporação das variáveis explanatórias representativas das condições de cada mercado. Nestas, apenas o índice *VCAC* demonstrou resultados de relevo. A regressão ofereceu como variáveis significativas as rendibilidades positivas do *CAC 40*, a volatilidade desfasada do *VCAC* e a volatilidade histórica. Esta última foi também significativa para o índice *VXN*.

Os resultados obtidos foram decepcionantes, na medida em que a esmagadora maioria das variáveis desfasadas não evidenciou utilidade para a previsão da variação da volatilidade implícita.

Usando apenas um índice de volatilidade, a investigação de Ahoniemi (2006) estabeleceu, como primeiro passo, o tratamento da elevada autocorrelação verificada entre os valores do *VIX*. Deste modo, selecionou o modelo Autoregressive Integrated Moving-average (*ARIMA*) (1,1,1), entre os modelos da família *ARMA*, como o mais adequado para as volatilidades recolhidas diariamente entre 1990 e 2004. Com o objetivo de melhorar as previsões, foram adicionadas variáveis económicas e termos *GARCH*. Os últimos, apesar de significativos, não contribuíram para o aperfeiçoamento do modelo.

As variáveis económicas que obtiveram resultados significativos resumiram-se às rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* e às rendibilidades do índice *MSCI EAFE*. Este índice, representativo das condições dos mercados da Europa, Australásia e Extremo Oriente, foi integrado nas regressões para incluir os principais mercados externos aos EUA. Entre as variáveis não relevantes para o modelo incluíram-se a volatilidade histórica a 30 dias do *S&P 500* e o *spread*, obtido pela subtração desta aos valores do *VIX* correspondentes. A estrutura temporal das taxas de juro e a taxa de juro de curto prazo foram incluídas de forma similar aos estudos anteriores. Os autores recorreram às taxas das obrigações do tesouro a 10 anos e a 3 meses para as construírem. As últimas variáveis adicionadas, também de recurso frequente por parte de outros autores, reportaram-se ao volume de transação do *S&P 500* e ao preço dos futuros do petróleo.

Os resultados evidenciaram a utilidade de fatores financeiros para a explicação da volatilidade. Deste modo, uma das principais conclusões do estudo indicou que a adição de variáveis económicas ao tratamento da autocorrelação do *VIX* se consubstanciou num modelo com bom poder de previsão da futura trajetória da volatilidade.

Em 2009, Fernandes et al. desenvolveram um trabalho bastante semelhante ao de Ahoniemi (2006). Aqui, os autores encontraram no modelo Heterogeneous Auto-Regressive (*HAR*) o mais eficaz para tratar a correlação das volatilidades obtidas pelo *VIX*. Entre os anos de 1998 e 2008, com vista ao melhoramento da sua precisão, diversas variáveis foram acrescentadas ao modelo *HAR*. Entre elas, foi adicionada a rendibilidade a 1 dia do índice *S&P 500*, bem como

as rendibilidades anteriores a 5, 10, 22 e 66 dias. Os mesmos períodos foram também utilizados na variável do preço dos futuros do petróleo. Verificou-se, tal como esperado, uma ligação elevada e negativa entre a rendibilidade do *S&P 500* a 1 dia e o *VIX*. Os outros períodos não foram relevantes, exceto quando se controlou para os efeitos assimétricos. O preço dos futuros do petróleo foi somente relevante para as rendibilidades a 66 dias. Também o volume do *S&P 500* ampliou a regressão e demonstrou uma relação positiva e significativa com a evolução da volatilidade. Tanto a estrutura temporal das taxas de juro como o índice de taxa de câmbio revelaram um vínculo negativo com a volatilidade que, embora diminuto, foi significativo. Duas das variáveis não demonstraram nenhum elo com a dinâmica da volatilidade. A primeira diz respeito ao *spread* de crédito, medido pela diferença entre a notação das obrigações empresariais do tipo *Aaa* e *Baa* da Moody's. A segunda refere-se à diferença entre a taxa de empréstimos interbancários e a taxa de referência da reserva Federal.

Relativamente aos resultados da adequabilidade das regressões, o maior valor foi obtido para a volatilidade do *VIX* do dia anterior. O valor de 50% do R^2 não foi surpreendente, dada a elevada autocorrelação patenteada por este índice. Os efeitos das rendibilidades do *S&P 500* possibilitaram obter um valor relevante de 18% para o R^2 . As restantes variáveis significativas demonstraram capacidade de explicação sempre inferior a 1%.

Tal como na investigação de Ahoniemi (2006), também esta destacou a importância dos fatores financeiros. Estes acoplados a um modelo de tratamento da autocorrelação, ofereceram uma melhor previsão da evolução da volatilidade.

A conclusão anterior parece, de algum modo, resumir os resultados dos estudos que estudam os determinantes contemporâneos e/ou desfasados da volatilidade implícita com base em índices de volatilidade. Por um lado, um modelo de variáveis económicas não parece, por si só, ser relevante na explicação e/ou previsão da volatilidade implícita. Por outro lado, a anexação de variáveis económicas a um modelo de tratamento da elevada autocorrelação dos índices de volatilidade pode ser útil para o melhoramento dos modelos de explicação e previsão da volatilidade.

2.4.3. Outros ativos financeiros

Até este ponto, todos os artigos apresentados recorreram a opções sobre índices de ações ou índices de volatilidade para extraírem a volatilidade implícita. A volatilidade implícita pode, no entanto, ser obtida através de diferentes ativos. Entre os mais citados, encontram-se as opções sobre futuros de obrigações e os futuros dos índices de volatilidade.

Brooks e Oozeer (2002) aproveitaram os futuros sobre as obrigações de longo prazo do tesouro do RU para o seu estudo. De forma a determinarem a volatilidade de Black-Scholes implícita a estes ativos, recolheram preços de opções de compra, *ATM*, sobre eles, entre 1986 e 1996. Estes valores foram incluídos em duas regressões, que contiveram sempre como variáveis independentes a variação da volatilidade desfasada dos 5 períodos anteriores. No entanto, enquanto a primeira utilizou exclusivamente variáveis desfasadas internas, na segunda foram acrescentadas variáveis desfasadas Norte-Americanas. A estrutura temporal das taxas de juro foi calculada e incluída, para os dois mercados, de modo análogo ao dos artigos anteriores. As variáveis internas abrangeram ainda a *dividend yield* do índice *FTSE All-Share*, representativo da conjuntura económica e uma medida relativa da onerosidade das obrigações em relação às ações. As condições económicas Norte-Americanas foram incluídas na regressão através da *dividend yield* do índice *S&P 500*. Na primeira regressão somente as volatilidades desfasadas foram significativas. Já na seguinte, para além das últimas, também as estruturas temporais das taxas de juro dos dois mercados se mostraram significativas. As conclusões salientaram assim a influência do maior mercado financeiro mundial na volatilidade dos futuros do RU.

Mais recentemente, em 2011, Konstantinidi e Skiadopoulos publicaram um artigo em que recorreram a determinadas variáveis económicas desfasadas para estudarem a previsibilidade dos preços dos futuros sobre o *VIX*. Apesar de estudarem preços de futuros e não volatilidade, a trajetória entre eles é muito semelhante, pelo que a sua evolução pode ser enquadrada nesta temática. Entre 2004 e 2008, aplicaram as séries temporais de preços das três maturidades mais curtas, como variáveis a explicar. Para além dos valores desfasados do preço dos futuros, os autores incluíram ainda como variáveis explanatórias as rendibilidades do *S&P 500*, a taxa de empréstimos interbancários e a estrutura temporal das taxas de juro. Por fim, foi introduzida na regressão a diferença entre o índice *VIX* e os preços dos futuros sobre o mesmo. A rendibilidade do *S&P 500* foi a única variável que apresentou valores significativos, e apenas para as segunda e terceira maturidades mais curtas. O sinal obtido, tal como nas investigações anteriores, foi negativo, cimentando assim a relação inversa entre a evolução da rendibilidade e da volatilidade. Adicionalmente, o valor obtido para a adequabilidade das regressões foi residual. Desta forma, os resultados revelaram que um modelo de variáveis económicas não consegue, isoladamente, prever de forma profícua a dinâmica dos preços dos futuros sobre os índices de volatilidade.

2.4.4. Determinantes macroeconómicos

Uma outra vertente de investigação tem-se dedicado a perceber a relação deste comportamento com a informação macroeconómica. Como o objetivo deste trabalho é ajudar à

melhor compreensão da evolução da volatilidade implícita, também se entendeu importante abordar este aspeto.

Ederington e Lee (1996) procuraram perceber qual o impacto que a divulgação de dados macroeconómicos tinha na dinâmica da volatilidade implícita. Para o período decorrido entre 1988 e 1992 selecionaram três contratos para a extração das volatilidades implícitas associadas a cada um deles. As opções em futuros das *T-Bonds* e da *Eurodollar* assumiam os contratos mais transacionados em relação a taxas de juro de longo prazo e de curto prazo, respetivamente. Foi utilizado adicionalmente o contrato de futuro de taxas de câmbio entre o Dólar e o Marco, também o mais disseminado nos EUA nesta classe.

A volatilidade implícita associada a este último contrato não obteve elucidação por parte das variáveis independentes aplicadas. O mesmo não sucedeu em relação aos futuros das taxas de juro. Aqui, tanto o índice de preços do consumidor como o emprego revelaram uma ligação significativa com os valores da volatilidade implícita dos dois contratos. A volatilidade das *T-Bonds* foi também parcialmente explicada pelo índice de preços do produtor.

Todas estas notícias lograram atenuar a volatilidade implícita. Os autores descobriram também que esta diminuição teve ligação à divulgação de notícias já aguardadas. Tal, foi explicado pela eliminação da incerteza que ainda subsiste antes do anúncio público dos dados macroeconómicos. Pelo contrário, descortinaram noutros pontos do estudo, um agravamento da volatilidade implícita com a publicação de notícias não esperadas.

Kim e Kim, em 2003, recorreram unicamente a opções sobre futuros de taxas de câmbio entre o Dólar Norte-Americano e moedas externas para estudarem o impacto de variáveis macroeconómicas na volatilidade implícita. Entre 1987 e 1998 recolheram a volatilidade de Black-Scholes para os contratos mais transacionados deste tipo. Estes englobaram as taxas de câmbio com o Marco Alemão, Yen Japonês, Franco Suíço, Libra Britânica e Dólar Canadiano. Foi selecionado um conjunto de variáveis macroeconómicas cuja ligação à evolução da volatilidade implícita se pretendia verificar. Entre elas, o défice da balança comercial e o emprego revelaram-se as mais importantes, dado que apenas para o caso do Dólar Canadiano não foram significativas. A volatilidade inerente a esta taxa de câmbio foi, contudo, parcialmente explicada pelo índice de preços do consumidor, despesas de construção e produção industrial. Esta última variável foi também significativa no caso do Yen. A última variável relevante foi a encomenda de bens duradouros, mas apenas no caso do Franco Suíço. Todas as variáveis, à exceção da produção industrial obtiveram sinais contrários à evolução da volatilidade implícita.

Entre os estudos mais recentes, o de Vähämaa, em 2009, aplicou um conjunto de variáveis macroeconómicas para perceber a influência sobre a volatilidade presente nas opções sobre o

índice *S&P 100* e nos futuros sobre as obrigações do tesouro dos EUA a 10 anos. Durante o período de 1999 a 2003 o autor destinou inicialmente às regressões os valores macroeconómicos em bruto. De seguida, recorreu a outras três abordagens metodológicas. Na primeira, utilizou os valores macroeconómicos cuja divulgação foi uma surpresa para o prévio consenso do mercado. No passo subsequente, as surpresas positivas e negativas foram dissociadas e, por fim, usou as notícias boas e más isoladamente. Esta discrepância metodológica levou a resultados díspares, especialmente quanto ao sinal obtido. Se na abordagem original e nas boas notícias a volatilidade implícita baixou com a divulgação dos dados macroeconómicos, já quanto às notícias más e surpreendentes sucedeu o oposto. Entre as diversas variáveis aplicadas, apenas a folha salarial dos setores não agrícolas, representativa da criação de novos postos de trabalho, apresentou, nas diferentes abordagens, uma relação significativa com a evolução da volatilidade implícita.

Também em 2009, Vrugt publicou um artigo que investigou a relação entre um extenso número de variáveis macroeconómicas dos EUA e do Japão e a volatilidade implícita. Esta foi retirada, entre 1996 (2001 na Austrália) e 2007, dos futuros sobre os índices *Nikkei 225* do Japão, *Hang Seng* de Hong-Kong e *S&P ASX 200* da Austrália. Os autores agregaram as variáveis para os dois países e fizeram uso das notícias que incorporaram surpresas em dois tipos de regressão. No primeiro dividiram as surpresas em grandes e pequenas. Já quanto à segunda regressão, as variáveis anteriores foram ainda subdivididas em boas e más. A todas estas foram adicionadas as variações desfasadas da volatilidade implícita nos dois dias anteriores e a rendibilidade do índice subjacente à opção.

As variáveis macroeconómicas explicaram uma parte muito diminuta da volatilidade implícita. Apenas o impacto das notícias dos EUA na volatilidade japonesa foi consistente e significativa para todo o tipo de notícias em ambas as regressões. Verificou-se no entanto que, independentemente do tipo de surpresa, a volatilidade do Japão aumentou com a divulgação dos dados macroeconómicos. De acordo com a teoria anterior à investigação, tal não seria expectável com a divulgação de pequenas notícias surpreendentes. A volatilidade desfasada apresentou uma ligação negativa e significativa com a volatilidade contemporânea. Este efeito cimentou a ideia, expressa em estudos anteriores, de uma tendência de reversão para a média por parte da volatilidade. O fator com mais impacto nas regressões foi a rendibilidade do índice. Em todas elas se verificou que uma variação da rendibilidade num valor específico provocou uma alteração em metade desse valor e em sentido contrário na volatilidade implícita.

A teoria financeira sobre esta matéria não tem obtido resultados animadores quanto ao benefício da inclusão de variáveis macroeconómicas nos modelos de explicação ou previsão da volatilidade. Tal vai ao encontro do que Schwert (1989) verificou, no estudo apresentado

anteriormente. Neste, durante o extenso período em análise, a volatilidade dos ativos financeiros não foi significativamente afetada pelos dados macroeconómicos.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho baseia-se numa análise de regressão linear múltipla, através do método dos mínimos quadrados (*OLS - ordinary least squares*). O objetivo passa por examinar a relação entre a volatilidade implícita e um conjunto de variáveis explicativas. O artigo de Mixon (2002) configurou-se como a principal linha condutiva desta dissertação. Apesar disso, foram incluídas conceções de outras investigações revistas, o que pretendeu proporcionar um melhoramento do trabalho aqui desenvolvido.

A volatilidade implícita assume-se, na presente dissertação, como a variável dependente. Ela foi obtida a partir dos valores das opções sobre índices de ações e correspondentes índices de volatilidade. Para as opções sobre índices de ações foram utilizadas diferentes maturidades, à semelhança de Mixon (2002). Para além de opções de compra, usadas por este autor, também as opções de venda serão objeto de estudo nesta dissertação. A decisão da sua inclusão teve por base o facto de existirem diferenças expressivas entre transações de compra e venda sobre índices de ações. Desta forma, ao adicionarem-se as opções de venda sobre os índices será possível obter uma maior robustez na análise dos resultados.

Alguns trabalhos já apresentados (e.g. Konstantinidi et al. 2008) recorreram a índices de volatilidade para a extração da volatilidade implícita. Estes índices, tal como explicado anteriormente, são calculados para a maturidade de 30 dias. Assim, a sua inclusão nesta dissertação teve, entre outras, como finalidade a comparação com as opções de compra e venda, de maturidade igual a 30 dias, referente ao índice de ações respetivo. No entanto, a maior motivação para a sua incorporação prende-se com o facto de serem instrumentos muito disseminados e com grande reputação nos mercados financeiros para obtenção de volatilidades implícitas.

3.1. VARIÁVEIS EXPLICATIVAS

Apesar de, neste estudo, ter sido utilizado um modelo de variáveis financeiras e económicas semelhante ao de Mixon (2002), foram acrescentados alguns fatores recorrentemente aplicados noutras investigações. As primeiras quatro variáveis, explicitadas de seguida, constituíram a maior parte dos determinantes usados por Mixon (2002), enquanto as restantes assumiram um papel relevante num grande número de investigações apresentadas na revisão de literatura.

3.1.1. A rendibilidade do índice

A rendibilidade do índice sobre o qual a opção incide constitui o único fator comum a todas as investigações. Esta variável apresenta-se, frequentemente, como significativa e explica uma parte considerável da dinâmica do risco. A sua importância na explicação da volatilidade foi atestada por diversos autores. Entre eles, Schmalensee e Trippi (1978) destacam que o acréscimo na rendibilidade de uma ação acarreta uma redução da volatilidade esperada da opção associada à mesma. Várias investigações (e.g. Schwert 1989) explicam este comportamento através da alavancagem financeira. Esta diminui com o aumento do preço das ações devido ao valor de mercado da empresa crescer em relação ao valor da sua dívida. Tal fará com que a volatilidade associada às ações com melhores resultados e menor alavancagem também diminua.

Para além da rendibilidade contemporânea foi, igualmente, incluída, nesta dissertação, a rendibilidade do índice desfasada a 1 dia. Este procedimento foi semelhante ao que Mixon (2002) empregou no seu trabalho e pretende visualizar a interferência da rendibilidade do índice do dia anterior na dinâmica da volatilidade contemporânea.

De forma a estudar a possibilidade de efeitos assimétricos na influência que a rendibilidade do índice tem na volatilidade, foi incluída, neste trabalho, uma variável *dummy* que diferenciou as rendibilidades positivas e negativas do índice. Diversos autores, entre os quais Nelson (1991) para os Estados Unidos, demonstraram que as rendibilidades negativas têm um efeito significativamente superior ao das rendibilidades positivas sobre a evolução da volatilidade. Esta dissertação seguiu a metodologia deste e de outros autores, que incorporaram nos seus modelos uma variável *dummy* de efeitos assimétricos associada à rendibilidade.

3.1.2. Taxas de juro de curto prazo

A alavancagem financeira pode ser afetada, de forma similar, pela variação das taxas de juro dos instrumentos financeiros de curto prazo. A sua incorporação nesta investigação, cuja utilidade foi apurada, entre outros, por Schwert em 1989, é explicada por Franks e Schwartz em 1991 e por Mixon em 2002. Estes autores salientam que como o agravamento das taxas de juro origina uma queda no valor das obrigações então haverá uma diminuição da alavancagem financeira. Assim, tal como explicado para a rendibilidade, a volatilidade vai seguir igualmente uma trajetória descendente.

3.1.3. Estrutura temporal das taxas de juro

Outra das variáveis a que esta dissertação recorreu foi o declive da estrutura temporal das taxas de juro. A sua ligação às taxas de atualização dos *cash-flows* e ao mercado de ações e

obrigações torna-a bastante útil nesta temática. Ao refletir as expectativas dos intervenientes no mercado financeiro acerca do clima económico, permite visualizar a tendência global de transação. A título de exemplo, o decréscimo do declive ao longo do tempo aponta, por vezes, para baixas perspetivas de crescimento, o que poderá traduzir-se na degradação dos valores das ações (Glatzer & Scheicher 2005).

3.1.4. Rendibilidade de um índice externo

A acrescentar às variáveis anteriores, foi incluído, igualmente, um índice externo. Este pretendeu capturar as condições económicas e financeiras dos restantes mercados mundiais (Mixon 2002). A sua importância é realçada por Glatzer e Scheicher (2005) ao exporem que a crescente tendência para um mercado financeiro global tem amplificado o impacto das informações de um determinado mercado nos restantes.

De forma semelhante ao índice interno, também aqui se acrescentou à regressão a rendibilidade desfasada a 1 dia do índice externo. Esta incorporação justifica-se devido ao assincronismo existente entre o horário de abertura e encerramento nos mercados dos EUA e do RU.

3.1.5. Volume de transação do índice

Entre os fatores abarcados pelas investigações nesta área, o volume de transação do índice subjacente à opção tem-se diferenciado devido aos resultados significativos que exhibe amiúde. Este sucesso na relação com a volatilidade tornou assim aconselhável a sua inclusão nesta dissertação. Conforme Franks e Schwartz (1991) indicam, se a alteração nas rendibilidades é entendida como o ajustamento dos mercados financeiros à nova informação, já o volume é encarado como a dimensão desse ajustamento. Vários autores, entre os quais os anteriores, Schwert (1989) e Bollen e Whaley (2004), afirmam que o volume de transação tem evidenciado uma relação positiva com a volatilidade. Schwert (1989) explica esse comportamento à luz de três teorias. A primeira indica que a não homogeneidade nas expectativas dos investidores provoca alterações nos preços e na tendência de negociação com o aparecimento de nova informação. A segunda defende que as decisões de investimento com base nas alterações dos preços proporcionam um elevado volume de negociação quando ocorre um profundo movimento dos preços. Por fim, quando existe pressão de negociação devido à falta de liquidez nos mercados secundários, um alto volume de transação vai causar alterações nos preços dos ativos.

3.1.6. O petróleo

O petróleo destaca-se como a única matéria-prima a que os investigadores recorrem para os seus trabalhos nesta área. A sua incorporação nesta dissertação justificou-se devido à ligação que apresenta com a atividade económica global (Fernandes et al. 2009). Chen et al. (1986) incluíram o preço do petróleo na sua investigação sobre a ligação entre o mercado de ações e a atividade económica. Tal baseou-se na alegação, por parte de estudos anteriores, de que o preço do petróleo deve ser integrado em qualquer rol de fatores sistemáticos passíveis de influenciar os preços e rendibilidades no mercado de ações.

3.1.7. Contexto macroeconómico interno: diferença entre a taxa de juro dos empréstimos interbancários e a taxa de juro de referência da autoridade monetária

O último fator adicionado às regressões foi a diferença entre a taxa de juro dos empréstimos interbancários e a taxa de juro de referência da autoridade monetária. Esta desigualdade é importante na medida em que reflete, até certo ponto, o contexto macroeconómico interno (Fernandes et al. 2009). Devido a limitações na extração da taxa de juro de referência da autoridade monetária, foi utilizada como *proxy* para esta última a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses. Desta forma, a variável utilizada funcionará como um prémio de risco dos empréstimos interbancários.

3.1.8. Variáveis *Dummy* para dias de semana

Para além dos fatores explicativos anteriormente referidos, foram igualmente acrescentadas às regressões variáveis *dummy* representativas do dia da semana. Este procedimento, seguido por alguns autores como Harvey e Whaley (1992) e Brooks e Oozeer (2002), visa perceber se existem diferenças significativas entre os dias da semana na influência sobre a volatilidade. Tal pode ser relevante na medida em que existe evidência na teoria financeira de que em determinados dias, como à Segunda-feira ou em dias em que habitualmente ocorre divulgação de anúncios, a volatilidade aumenta significativamente. De forma a perceber se as diferenças entre os dias da semana são estatisticamente significativas, foram aplicados, para cada regressão, testes de *Wald* que confrontaram separadamente cada dia da semana com os restantes.

Dado que, neste trabalho, se pretende estudar a variação da volatilidade implícita, foi calculada a variação dos valores, entre dias consecutivos, para todas as variáveis. Apesar de não existir consenso sobre qual a melhor medida de variação relativa, foram utilizadas, de acordo com

as investigações mais recentes (e.g. Konstantinidi et al. 2008), as diferenças logarítmicas para as variáveis não representadas por taxas. Para estas últimas recorreu-se às primeiras diferenças.

A equação 1 representa o modelo de regressão delineado nesta dissertação com a inclusão das variáveis anteriormente explicitadas.

$$\Delta VI_t = \sum_{j=1}^n \alpha_j X_{j,t} + \sum_{k=1}^n \beta_k X_{k,t-1} + \gamma r_t D_r + \sum_{i=1}^E \delta_i D_{i,t} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Onde:

- VI_t representa a variação da volatilidade implícita;
- $X_{j,t}$ e $X_{k,t-1}$ representam as variáveis independentes contemporâneas e desfasadas de um período, respetivamente;
- r_t representa a rendibilidade contemporânea do índice interno;
- D_r expressa uma variável *dummy* que pretende medir potenciais diferenças entre a contribuição das rendibilidades positivas e negativas do índice, assumindo o valor de 1 para as primeiras e de 0 para as segundas;
- $D_{i,t}$ expressa a variável *dummy* representativa dos dias da semana, onde assume o valor 1 no dia i e de 0 no caso contrário;
- ε_t representa o termo de erro.

3.2. - AUTOCORRELAÇÃO

As séries diárias de variações da volatilidade implícita apresentam, em geral, elevados níveis de autocorrelação. Tal facto levou diversos autores a tratar, de forma explícita, este problema nas suas investigações. Apesar disso, as suas estratégias têm sido díspares. Alguns trabalhos referem ter acrescentado às suas regressões termos ARMA, quando tal se revelou necessário. A título de exemplo, Mixon considera um termo *MA* nas suas regressões. Outros autores, como Brooks e Oozeer (2002) e Konstantinidi et al. (2008), incluíram diretamente a volatilidade implícita desfasada, ou seja, termos *AR* nas regressões. Nesta dissertação optou-se por uma metodologia semelhante aos estudos que trataram este problema mais profundamente, como é o caso de Franks e Schwartz (1991) e Ahoniemi (2006). Estes autores testaram o ajustamento de diversos modelos alternativos da família ARMA, com o objetivo fundamental de selecionar o melhor modelo, ou seja, aquele que melhor se ajusta às séries de volatilidade implícita estudadas. Posteriormente, ao melhor modelo ARMA ajustado previamente, foram acrescentadas as diferentes variáveis explicativas que integram as regressões.

Deste modo, seguindo a metodologia de Brooks (2008, p.223-239) foram inicialmente testados modelos ARMA (p,q), da ordem (0,0) até à ordem (3,3). Deste modo, para cada série de volatilidade, foram testados 16 modelos distintos no total. A validação dos modelos foi efetuada através do teste Q de *Ljung-Box* (Ljung & Box 1978), para 10 *lags*. Um determinado modelo foi considerado válido quando os resultados do teste de Ljung-Box indicaram a não rejeição da hipótese nula de resíduos não correlacionados em série. Todos os modelos válidos foram considerados para a seleção do melhor modelo. Este foi selecionado com o recurso a um critério de informação de *Schwarz* (Schwarz 1978), baseado no logaritmo da função de verossimilhança.¹ A aplicação deste critério (em que o menor valor indica o melhor modelo) permitiu a escolha do modelo mais parcimonioso, ou seja, o que se ajusta ao comportamento da série a modelar e que ao mesmo tempo inclui o menor número de parâmetros possível. De salientar que em relação a outros critérios relevantes, como o critério de *Akaike* (Akaike 1974) e *Hannan-Quinn* (Hannan & Quinn 1979), o critério *Schwarz* prevê uma maior penalização para a inclusão de parâmetros adicionais (Brooks 2008, p.233).

3.3. – HETEROCEDASTICIDADE

Depois de tratado o problema da autocorrelação, com o ajustamento do melhor modelo ARMA, as variáveis explicativas foram acrescentadas ao modelo e estimaram-se as respetivas regressões. Na sequência da estimação destas regressões, os seus resíduos foram analisados para deteção de potenciais problemas de heterocedasticidade. Para tal, a partir da série dos resíduos quadrados das regressões, extraíram-se e examinaram-se os correlogramas até 10 *lags* e os resultados do teste Q de *Ljung-Box* (Ljung & Box 1978). Nos casos em que a hipótese nula de resíduos homocedásticos foi rejeitada, reestimaram-se as regressões com a correção de *White* (White 1980) para produção de erros-padrão consistentes na presença de heterocedasticidade.

3.4. – MULTICOLINEARIDADE

A verificação de potenciais problemas de multicolinearidade entre as diferentes variáveis explicativas utilizadas assume-se como fundamental para a robustez do trabalho realizado. A estimação das regressões através do método OLS pressupõe que as variáveis não são correlacionadas entre si. Consequentemente, a inclusão ou exclusão de uma variável da regressão

¹ Os termos ARMA que constituíram o modelo superior foram adicionados às variáveis explanatórias e incluídos nas regressões finais.

não implicará uma variação nos valores dos coeficientes das restantes. Apesar da presença de correlação entre as variáveis não significar automaticamente um problema, ele pode existir quando o grau de correlação entre elas é bastante elevado (Brooks 2008, p.171). Deste modo, foi inicialmente extraída a matriz de correlação entre as variáveis. Esta permite uma primeira inspeção visual para detetar possíveis variáveis excessivamente relacionadas. Quanto ao teste formal de controlo da multicolinearidade, esta investigação vai seguir a metodologia de 2004 de Belsley, Kuh e Welsch. No seu livro, os autores apresentam uma metodologia baseada nas proporções da decomposição da variância dos coeficientes da regressão. O facto de uma variável estar excessivamente relacionada com outras variáveis explanatórias fará com que a sua variância aumente e possam ser visualizados os efeitos da multicolinearidade. Os autores consideram que estes serão problemáticos quando, associado a um valor de condição inferior a 0,001, existirem duas ou mais variáveis que apresentem uma proporção da decomposição da sua variância superior a 0,5. Tendo em conta a apreciação anterior foram verificados, para cada mercado, os efeitos da multicolinearidade entre os fatores explicativos da evolução da volatilidade implícita.

3.5. – RESULTADOS DAS REGRESSÕES

No seguimento dos procedimentos anteriormente descritos, foram estimadas as regressões com base na Equação 1 de forma a estudar quais as variáveis que influenciaram a evolução da volatilidade implícita.

Em geral, a literatura refere a rendibilidade do índice interno como a variável económica mais importante na explicação das variações da volatilidade implícita (e.g. Franks e Schwartz 1991). Assim sendo, a título complementar, foram estimadas novas regressões que incluíram somente as rendibilidades do índice interno e os termos ARMA (p,q). O objetivo deste procedimento foi perceber até que ponto a inclusão de outras variáveis, para além das rendibilidades do índice interno, potenciam, ou não, o poder explicativo do modelo. Neste caso, o poder explicativo dos modelos foi medido pelo R^2 ajustado das regressões. A comparação dos seus valores nas regressões originais com uma nova versão restrita do modelo (que inclui apenas o índice interno como variável explicativa) permitiu aferir acerca da contribuição que as restantes variáveis explicativas davam para a explicação das variações da volatilidade implícita, bem como perceber as potenciais diferenças de comportamento entre as séries de volatilidade em estudo.

3.6. – TESTES DE ROBUSTEZ

3.6.1. – Transmissão de informação entre os mercados financeiros: *Proxy* das condições externas

Apesar da maioria dos estudos na área incluir uma variável associada à transmissão de informação entre os mercados financeiros que represente as condições externas, a seleção da *proxy* a incorporar nos seus modelos não é consensual. No presente trabalho, assim como na maioria dos estudos revistos, optou-se por incluir as rendibilidades de um índice de mercado externo como *proxy* das condições externas. No entanto, com o objetivo de contribuir para a robustez dos resultados, o índice externo foi substituído pela taxa de câmbio com o exterior. São vários os autores, entre os quais Franks e Schwartz (1991), Glatzer e Scheicher (2005) e Konstantinidi et al. (2008), que recorreram a taxas de câmbio em detrimento do índice externo para testar a transmissão de informação global.

3.6.2.– Estabilidade dos parâmetros da regressão

Dado que, durante o período da amostra, se verificaram diferentes condições económico-financeiras, torna-se importante aferir se as relações obtidas se mantêm estáveis ao longo do tempo. Tal poderá permitir o fortalecimento da investigação ao dar uma maior consistência aos resultados alcançados. O procedimento de Mixon (2002) foi a base para a aplicação deste teste. O autor aplicou o teste de *Chow* (Chow 1960) e o teste *sup-F* de *Andrews* ou teste de *Quandt-Andrews* (Andrews 1993) para a análise da estabilidade das suas regressões. O primeiro apenas permite testar a estabilidade da regressão para uma data selecionada. Já o último fornece o maior valor de quebra encontrado ao aplicar testes *F de Snedecor* ao longo do período selecionado.² Assim, recorreu-se, para as diferentes volatilidades, ao teste de *Quandt-Andrews* para visualizar a data com o ponto de quebra superior. Tendo em conta esta último ponto, estimaram-se duas novas regressões para cada volatilidade. Enquanto a primeira abarcou os valores de 1 de Fevereiro de 2002 até ao ponto de quebra, o período da segunda partiu deste até ao final da amostra. A comparação entre os resultados das regressões permitiu verificar quais as relações entre as variáveis que se mantiveram e as que sofreram alterações.

² Para uma melhor compreensão desta metodologia aconselha-se a leitura do *paper* de Andrews (1993).

4. DADOS

A presente investigação abarca um ciclo temporal de 138 meses compreendidos entre o dia 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013. Este período pretende ser suficientemente extenso para obter conclusões robustas. Taylor (2005, p.11) aponta 8 anos como um período de referência, na área financeira, para a investigação com séries temporais. Por outro lado a análise de um ciclo excessivamente vasto pode levar a que a generalização dos resultados para todo o período não se configure como um procedimento correto. Assim, é comum na área financeira ser aconselhada a subdivisão de períodos extensos em subperíodos mais reduzidos. No que respeita à escolha para esta dissertação, o objetivo passou por abranger uma fase marcada por alterações e instabilidade no contexto económico e financeiro global. O período inicial caracterizou-se pela estabilidade e crescimento após diversas crises em vários mercados financeiros no final do século XX e início do século XXI. A crise financeira mundial que se iniciou no final do ano de 2007 divide sensivelmente a amostra em duas frações iguais. Após esta data o contexto financeiro global alterou-se em diversos aspetos, onde a recessão económica e a crise das dívidas soberanas europeias tiveram um papel determinante. Deste modo terá de ser dada especial atenção, na análise dos resultados, a esta transfiguração do paradigma económico-financeiro mundial.

Os dados utilizados nesta dissertação foram obtidos através da base de dados *Datastream* disponibilizada pela Escola de Economia e Gestão da Universidade do Minho. A *Datastream* oferece um extenso conjunto de informações financeiras transacionados em bolsa, dados macroeconómicos e preços de matérias-primas que são utilizados em diversos artigos de referência sobre o presente tema e, em vários casos, é a base de dados a que os autores recorreram para as suas investigações.

Os mercados financeiros objeto de estudo nesta dissertação são os EUA e o RU. O primeiro assume extrema importância por ser o maior mercado financeiro global. O seu dinamismo é visível não só no panorama financeiro externo como na influência sobre a alteração das condições económicas e sociais da população mundial. A utilização do mercado Britânico tem por objetivo cimentar a generalização dos resultados, ao utilizar um mercado de dimensão considerável e características distintas do anterior.

Recorreu-se aos índices *S&P 500* e *FTSE 100* para caracterizar, respetivamente, os mercados dos EUA e RU. Esta escolha justifica-se com o facto de serem índices consensuais na área financeira e grande parte dos autores os utilizarem, conforme pode ser visualizado na exposição da revisão de literatura. O índice *S&P 500* é considerado como o melhor avaliador do capital próprio das grandes empresas Norte-Americanas. Ele compreende cerca de 80% da

capitalização do mercado interno ao incluir as 500 empresas líderes do mercado (<http://www.spindices.com/indices/equity/sp-500>). Já o índice *FTSE 100* abarca as 100 empresas com maior capitalização, registadas na Bolsa de Valores de Londres. Este é o indicador mais utilizado para o mercado do RU e representa uma percentagem de capitalização interna semelhante à do *S&P 500* nos EUA (http://www.ftse.com/Indices/UK_Indices).

As variáveis incluídas nesta investigação apresentam uma periodicidade diária e os seus valores foram recolhidos a partir da *Datastream*. As volatilidades implícitas foram extraídas através de opções de compra e venda sobre os índices referidos anteriormente. A acrescentar a estas adicionaram-se as volatilidades implícitas obtidas diretamente de índices de volatilidade.

As séries *S&P 500 Index Continuous Call* e *S&P 500 Index Continuous Put* ofereceram, respetivamente, os valores das volatilidades das opções de compra e de venda sobre o *S&P 500*. Quanto às volatilidades das opções de compra e venda sobre o índice do RU, elas foram alcançadas, respetivamente, através das séries *FTSE 100 Index (European) Continuous Call* e *FTSE 100 Index (European) Continuous Put*.

Conforme indicado, anteriormente, a *Datastream* fornece volatilidades de opções transacionadas em bolsa. Dadas as opções sobre os índices serem europeias, a *Datastream*, através de métodos não lineares, utiliza o modelo de Black-Scholes para determinar as volatilidades implícitas a estas. O cálculo é feito com recurso a opções *ATM*, interpoladas com base num preço de exercício inferior e superior ao preço do ativo subjacente.

No que concerne às maturidades estudadas, a *Datastream* dispõe, para o período selecionado, dos valores das volatilidades implícitas para as maturidades de 1, 3 e 6 meses. Serão estes, em conjunto com os valores obtidos para os índices de volatilidade, que sofrerão a análise mais intensiva nesta investigação. Não obstante, as maturidades de 2, 9, 12, 24 e 36 meses, igualmente abrangidas pela *Datastream*, serão também utilizadas a partir da data disponível. Esta corresponde ao dia 19 de Junho de 2008 no caso do índice *S&P 500*. Já em relação ao índice *FTSE 100* o seu início reporta-se a 25 de Novembro de 2005. Para estas datas foram estimadas novas regressões com todas as maturidades disponíveis e estudado igualmente o seu ajustamento de forma análoga ao que se realizou para o período total da amostra.

Conforme referido na revisão de literatura o índice *VIX* é um índice de volatilidade obtido a partir das opções sobre o *S&P 500*. Ao contrário das volatilidades anteriores, calcula-se através da metodologia independente de modelo. A *Datastream* inclui os seus valores através da série *CBOE SPX Volatility VIX (New)*. Para o RU, o índice de volatilidade foi obtido através da série *FTSE 100 Volatility Index*, cujos valores são calculados com base numa metodologia similar à do *VIX*.

A rendibilidade do índice associado à opção assumiu-se como a primeira variável independente empregue na tentativa de explicar o comportamento da volatilidade. Os seus valores foram obtidos através das séries *S&P 500 Composite – Tot Return Ind* e *FTSE 100 – Tot Return Ind* para os mercados dos EUA e RU respetivamente.

Para a representação da taxa de juro de curto prazo foi selecionada a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses, de acordo com os estudos apresentados na revisão de literatura. Enquanto a série temporal *US T-Bill Sec Market 3 Month* ofereceu os valores para o Mercado Norte-Americano, a série *UK Treasury Bill Tender 3M* proporcionou a obtenção dos dados correspondentes para o RU. Estas taxas foram subtraídas às taxas das obrigações do governo a 10 anos para a conceção do declive da estrutura temporal das taxas de juro. Também aqui se seguiu a metodologia das investigações nesta área. As séries *US Treasury Const Mat 10 Year* e *BGS: 10 YR Nominal Zero Coupon* forneceram assim, respetivamente, as taxas das obrigações soberanas Norte-Americanas e Britânicas.

Para o RU, o índice externo selecionado foi o *S&P 500*. No que respeita ao mercado dos EUA foi utilizado o índice *MSCI EAFE*, cuja série na *Datastream* apresenta a mesma designação e que Ahoniemi (2006) também aplicou na sua investigação. Este índice engloba os mercados da Europa, Australásia e Extremo Oriente.

A taxa de câmbio entre a Libra Esterlina e o Dólar Norte-Americano, descrita pela *Datastream* como *UK £ to US \$ (WMR)*, aplicou-se em substituição do índice para o mercado do RU. No caso dos EUA usou-se um índice da Reserva Federal, de acordo com Fernandes et al. (2009). Este mede o valor do Dólar em relação a um conjunto de moedas estrangeiras ponderadas pela sua utilização comercial. O índice *Federal Reserve trade-weighted US dólar* está descrito pela *Datastream* como *US \$ Major Currency Mar 73=100 (FED)*.

O volume de transação do índice subjacente à opção, para o mercado do RU, foi extraído da *Datastream* pela série *FTSE 100 – Turnover by Volume*. Quanto ao volume do *S&P 500*, não foi disponibilizado pela *Datastream*. Deste modo recorreu-se ao serviço gratuito *Yahoo Finance* disponibilizado pela *Yahoo* (<http://finance.yahoo.com>) para retirar o volume do índice Norte-Americano.

O tipo de petróleo foi incluído nesta dissertação de acordo com a investigação de Konstantinidi et al. (2008). Nela, os autores usaram o petróleo *WTI* para os EUA e o petróleo *Brent* para a Europa. Assim, as séries utilizadas corresponderam à *Crude Oil-WTI Spot Cushing US\$/BBL* para os EUA e à *Crude Oil-Brent Cur. Month FOB US\$/BBL* para o RU.

A diferença entre a taxa de juro dos empréstimos interbancários e a taxa de juro de referência da autoridade monetária apresenta-se como a última variável explanatória. Para a

última recorreu-se à taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses anteriormente referida. A taxa de juro dos empréstimos interbancários a 3 meses foi dada pelas séries *US Interbank 3 MTH (LDN:BBA)* para os EUA e *UK Interbank 3 month* para o RU.

Todas as análises estatísticas foram efetuadas no programa econométrico *EViews*. A versão 8 deste *software* corresponde à versão mais atualizada e é disponibilizada pela Escola de Economia e Gestão da Universidade do Minho.

5. RESULTADOS EMPÍRICOS E DISCUSSÃO

Tal como referido anteriormente no capítulo dos dados, o principal trabalho empírico incidiu sobre os índices de volatilidade e opções de compra e venda sobre índices para as maturidades de 1, 3 e 6 meses. De acordo com a simbologia adotada ao longo deste capítulo, os índices de volatilidade serão representados como IV e, quando viável, sinalizado o índice dos EUA como VIX para o diferenciar do índice do RU. As volatilidades extraídas das opções serão representadas pela letra V (volatilidade), seguido de C (opção de compra – *call*) ou P (opção de venda – *put*) e, finalmente, o algarismo correspondente aos meses até à maturidade da opção.

5.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas descritivas relativas às séries objeto de análise.

A média da volatilidade implícita para os mercados dos EUA e RU foi semelhante, apresentando o primeiro valores nunca inferiores ao segundo. Também entre as diferentes volatilidades a discrepância não foi elevada, tendo, no entanto, os índices de volatilidade apresentado valores algo superiores. Tal pode ser explicado devido às diferentes metodologias de cálculo entre os índices de volatilidade e os valores recolhidos pela *Datastream* para as restantes volatilidades. Dado serem baseados em metodologias isentas de modelo, os índices de volatilidade são determinados com recurso a opções muito diferenciadas. Entre elas encontram-se opções *OTM*, que apresentam habitualmente volatilidades elevadas. Já a *Datastream* determina a volatilidade *ATM* com base no modelo de Black-Scholes, o que pode justificar a apresentação de volatilidades mais reduzidas.

Os valores máximos para os dois mercados foram bastante elevados, o que não surpreende tendo em conta o período de turbulência ocorrido a partir de meados do ano de 2007, que levou à crise financeira global. Os índices de volatilidade e as opções de compra e venda a 30 dias apresentaram os resultados mais elevados com uma maior discrepância entre si no mercado do RU, onde a $VP1$ teve um pico superior a 90%. Os valores mínimos para os EUA rondaram os 10% e no caso do RU foram um pouco mais reduzidos, atingindo 5% para a série $VP1$. Já o desvio-padrão das volatilidades ficou situado entre os 7% e o valor máximo de 10% para os índices de volatilidade.

Tabela 1 – Estatística descritiva das volatilidades implícitas e variação das volatilidades implícitas, extraídas através dos índices de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1, 3 e 6 meses, nos mercados dos Estados Unidos e RU, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.

Estados Unidos da América							
	VIX	VC1	VC3	VC6	VP1	VP3	VP6
Painel A: Estatística descritiva da volatilidade implícita							
Média	0,21	0,19	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
Máximo	0,81	0,78	0,63	0,56	0,83	0,65	0,57
Mínimo	0,10	0,08	0,09	0,08	0,09	0,10	0,11
Desvio-padrão	0,10	0,09	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07
Assimetria	2,03	2,13	1,74	1,59	2,16	1,73	1,50
Curtose	8,82	9,32	7,04	6,47	9,80	7,13	6,08
Painel B: Estatística descritiva da variação da volatilidade implícita							
Média	-2,E-04	-3,E-04	-2,E-04	-2,E-04	-3,E-04	-2,E-04	-1,E-04
Máximo	0,50	0,55	0,40	0,38	0,51	0,42	0,25
Mínimo	-0,35	-0,49	-0,39	-0,41	-0,57	-0,36	-0,19
Desvio-padrão	0,06	0,10	0,07	0,05	0,09	0,06	0,04
Assimetria	0,69	0,36	0,17	0,11	0,21	0,33	0,35
Curtose	7,48	6,37	5,79	7,73	7,34	7,35	5,63
Reino Unido							
	IV	VC1	VC3	VC6	VP1	VP3	VP6
Painel A: Estatística descritiva da volatilidade implícita							
Média	0,21	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20
Máximo	0,76	0,83	0,61	0,54	0,91	0,63	0,54
Mínimo	0,09	0,06	0,07	0,09	0,05	0,08	0,09
Desvio-padrão	0,10	0,09	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07
Assimetria	1,73	1,73	1,41	1,19	1,98	1,51	1,33
Curtose	7,02	7,34	5,60	4,73	8,75	5,92	5,32
Painel B: Estatística descritiva da variação da volatilidade implícita							
Média	-2,E-04	-9,E-05	-7,E-05	-5,E-05	1,E-05	-3,E-05	-9,E-05
Máximo	0,37	1,08	0,35	0,30	1,02	0,27	0,28
Mínimo	-0,27	-1,12	-0,40	-0,31	-1,24	-0,32	-0,19
Desvio-padrão	0,06	0,09	0,05	0,04	0,10	0,05	0,04
Assimetria	0,48	0,15	0,21	0,24	-0,30	0,31	0,49
Curtose	4,95	19,35	8,63	8,33	29,40	6,09	7,39

Em relação à variação da volatilidade implícita, a média revelou que ela foi mais acentuada no caso dos EUA. Somente para o índice de volatilidade do RU os resultados foram semelhantes. Os valores máximos e mínimos para as volatilidades dos EUA situaram-se entre os -0,57 para a VP1 e os 0,55 para a VC1. O VIX apresentou um máximo semelhante à VC1 e VP1, não sendo, no entanto, o valor mínimo tão expressivo. No que respeita ao RU, as séries VC1 e

VP1 obtiveram resultados muito elevados que, apesar de semelhantes entre si, estão longe dos valores das restantes variações. Já o desvio-padrão das volatilidades sobre opções a 30 dias para os dois mercados é superior ao das restantes, rondando os 10%.

Para visualização da evolução e variação da volatilidade implícita ao longo da amostra são apresentadas as figuras 1 a 4. As figuras 1 e 2 representam a evolução da volatilidade implícita.

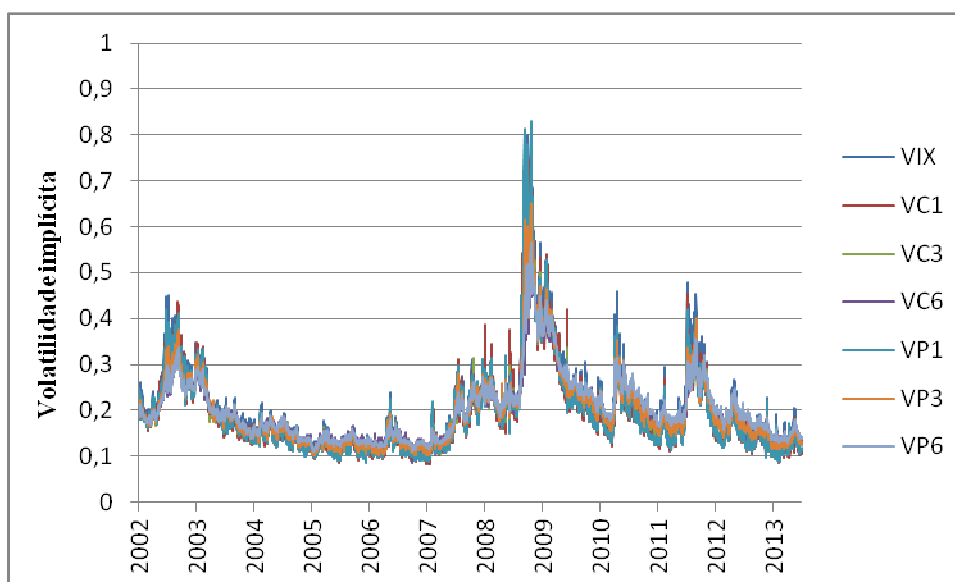


Figura 1 – Volatilidades implícitas, extraídas através do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1, 3 e 6 meses, no mercado dos Estados Unidos, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.

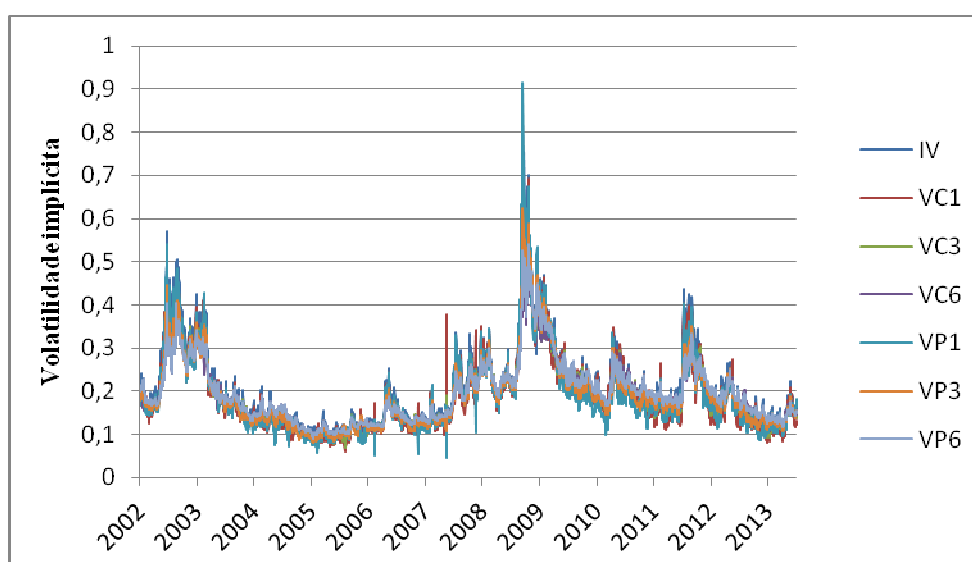


Figura 2 – Volatilidades implícitas, extraídas através do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1, 3 e 6 meses, no mercado do Reino Unido, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.

Pela análise das figuras 1 e 2, referentes à volatilidade implícita, é possível verificar que esta, durante o ano de 2002, teve um crescimento acentuado, atingindo valores a rondar os 40% em ambos os mercados e chegando aos 50% em algumas séries do RU. Nos 4 anos seguintes verificou-se uma diminuição da volatilidade, mantendo-se próxima dos 10% por um período de tempo considerável. No entanto, a partir de meados de 2007 a volatilidade iniciou uma trajetória ascendente expressiva, ainda assim com valores inferiores aos dos 5 anos anteriores. Esta subida poderá estar relacionada com o início da crise financeira interna nos EUA, que terá tido repercussões nos mercados financeiros globais. Apesar da turbulência verificada neste período, somente um ano depois a evolução da volatilidade ocorreu no sentido de atingir valores extremamente elevados. Estes abordaram, no final do ano de 2008, níveis de 80% em ambos os mercados e 90% na série VP1 do RU. Tais dados revelam a influência da crise financeira que assolou praticamente todos os mercados financeiros mundiais e influenciou as condições económicas e sociais em grande parte do globo. O abrandamento ou recessão económica de vários países mais desenvolvidos não serão alheios ao aumento da volatilidade nos mercados em estudo. A partir desta data, e até finais de 2011, o panorama da dinâmica do risco transfigurou-se com descidas e subidas acentuadas da volatilidade. Entre as causas centrais da diminuição da volatilidade, deverão estar as medidas tomadas pelos governos de vários países para estancar a crise financeira. Já a crise das dívidas soberanas da Europa estará entre os principais fatores que influenciaram a evolução ascendente da volatilidade. Em 2012 a volatilidade estabilizou em valores mais reduzidos, tendência que se manteve até ao final do período da amostra.

As figuras 3 e 4 apresentam a variação da volatilidade implícita nos dois mercados em estudo. Pela sua observação podemos concluir que o mercado Norte-Americano denota dois períodos bastante distintos. Até 2007, a variação da volatilidade pautou-se por ser bastante estável e apresentou valores máximos de 20% nos dois sentidos. A partir desta data, a trajetória da volatilidade tornou-se bastante instável. Apesar da ocorrência de períodos mais calmos, verificou-se uma clara tendência para atingir picos de variação que chegam a ultrapassar os 50%. O mercado do RU apresentou duas séries temporais com um comportamento muito divergente em relação às restantes. As séries VC1 e VP1 denotaram picos extremamente elevados, apesar das suas médias, como se pode visualizar na Tabela 1, não serem significativamente diferentes das restantes. As séries remanescentes exibiram comportamentos discrepantes previamente e posteriormente a 2007. Apesar desta data marcar uma maior variação nas volatilidades, esta raramente atingiu os 30%.

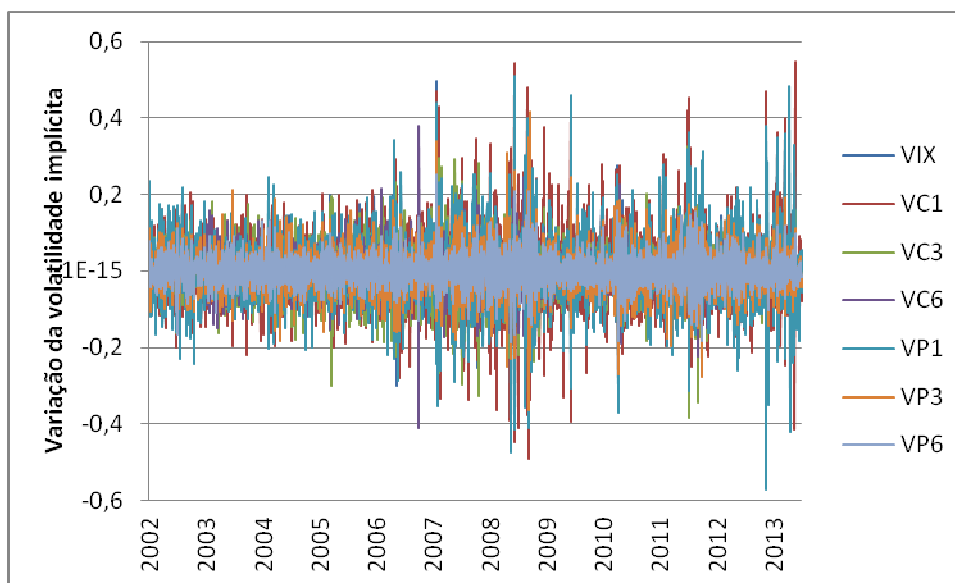


Figura 3 – Variação das volatilidades implícitas, extraídas através do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1, 3 e 6 meses, no mercado dos Estados Unidos, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.

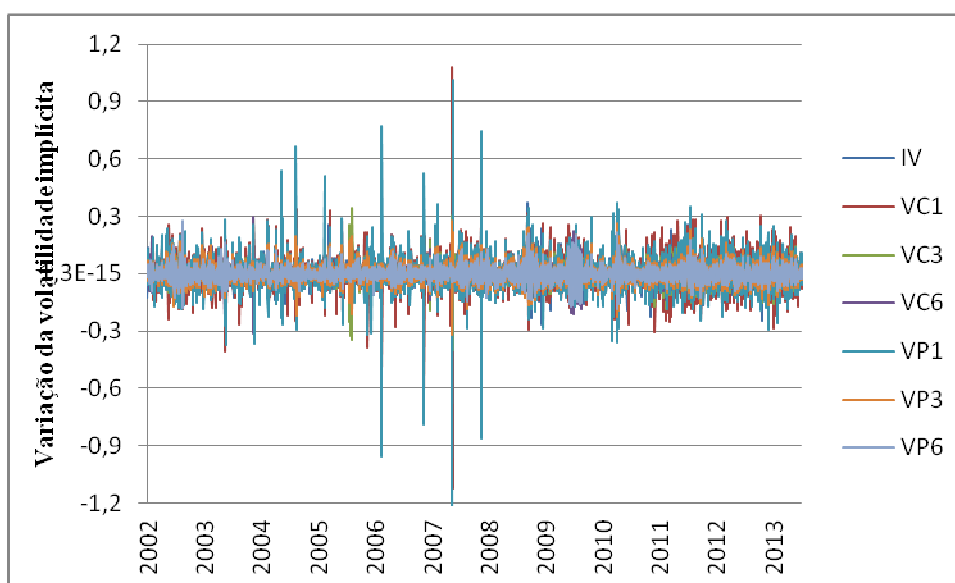


Figura 4 – Variação das volatilidades implícitas, extraídas através do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1, 3 e 6 meses, no mercado do Reino Unido, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.

Considerando as diferentes séries de volatilidade que se usaram nesta dissertação, uma análise potencialmente interessante passa por estudar a sua correlação. Para tal, foi extraída, para cada mercado, a matriz de correlação entre as volatilidades implícitas. O resultado desta análise está resumido na Tabela 2.

Tabela 2 – Matriz de correlação entre volatilidades implícitas, extraídas através dos índices de volatilidade e opções de compra e venda sobre os índices de ações com maturidade de 1,3 e 6 meses, nos mercados dos Estados Unidos e Reino Unido, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.

Estados Unidos da América								Reino Unido							
VIX	VC1	VC3	VC6	VP1	VP3	VP6		IV	VC1	VC3	VC6	VP1	VP3	VP6	
VIX	1,00						IV	1,00							
VC1	0,98	1,00					VC1	0,98	1,00						
VC3	0,98	0,98	1,00				VC3	0,98	0,98	1,00					
VC6	0,96	0,95	0,99	1,00			VC6	0,96	0,96	0,99	1,00				
VP1	0,99	0,98	0,97	0,94	1,00		VP1	0,99	0,97	0,96	0,94	1,00			
VP3	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	1,00	VP3	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	1,00		
VP6	0,96	0,94	0,98	0,99	0,95	0,99	1,00	VP6	0,96	0,95	0,98	0,99	0,95	0,99	1,00

Tal como seria expectável, os dados constantes na tabela 2 revelam uma forte ligação entre as diferentes séries de volatilidade. A relação entre os índices de volatilidade e as séries VC1 e VP1 é, respetivamente, de 0,98 e 0,99, para os dois países. Também se verifica uma elevada correlação entre opções de compra e venda com iguais maturidades. Tal é mais forte para as maturidades de 3 e 6 meses, onde o valor nos dois mercados é de 0,99. Este valor é igualmente ostentado, em ambos os mercados, tanto entre as volatilidades das opções de compra com 3 e 6 meses como entre as volatilidades das opções de venda com as mesmas maturidades. O valor mínimo de correlação é de 0,94 entre as séries VC6 e VP1 nos EUA e RU e entre as séries VC1 e VP6 no primeiro mercado.

5.2 MODELIZAÇÃO DA AUTOCORRELAÇÃO

Conforme referido na metodologia, o primeiro passo para a modelização das séries de variações da volatilidade consistiu no tratamento do fenómeno de autocorrelação. A implementação do procedimento definido na secção 3.2. permitiu a seleção do melhor modelo para cada uma das séries analisada, a partir de um conjunto de 16 modelos do tipo ARMA. Os resultados deste trabalho constam da Tabela 3.³

Como pode ser observado, o modelo ARMA (1,1) foi o mais frequentemente selecionado, num total de cinco. Este foi seguido, em termos de preferência de escolha, pelo modelo de média móvel de uma ordem. Somente a volatilidade da opção de compra a 6 meses dos EUA não conteve pelo menos um termo de média móvel.

³ A título exemplificativo são apresentados, para a série VIX, nos apêndices 1 e 2 respetivamente, os correlogramas com os resultados do teste Q de Ljung-Box (que estão na base da validação dos diferentes modelos ARMA testados) e os valores do critério Schwarz.

Tabela 3 – Melhores modelos, selecionados através do critério de *Schwarz*, relativos aos modelos ARMA (p,q) validados para não correlação em série

Modelo mais adequado		
Volatilidade	Estados Unidos da América	Reino Unido
IV	ARMA (1,1)	ARMA (3,1)
VC1	ARMA (2,1)	ARMA (1,2)
VC3	MA (1)	MA (3)
VC6	MA (1)	ARMA (1,1)
VP1	ARMA (1,1)	ARMA (1,2)
VP3	ARMA (1,1)	MA (1)
VP6	AR (2)	ARMA (1,1)

5.3 MULTICOLINEARIDADE ENTRE VARIÁVEIS EXPLICATIVAS

Posteriormente, foi realizada a extração da matriz de correlação entre as variáveis explicativas da regressão. Os dados para os dois mercados encontram-se expostos na Tabela 4 e revelam quais as relações entre as variáveis.

Tabela 4 – Matriz de correlação entre as variáveis das regressões principais, nos mercados dos Estados Unidos e Reino Unido.

Painel A - Mercado dos Estados Unidos da América									
	r	rd	t3	t10	msci	mscid	vl	pp	tt
r	1,00								
rd	0,10	1,00							
t3	0,14	0,06	1,00						
t10	0,23	0,05	0,57	1,00					
msci	0,50	0,42	0,13	0,12	1,00				
mscid	0,07	0,50	0,00	0,04	0,09	1,00			
vl	0,01	0,08	0,07	0,03	-0,04	-0,04	1,00		
pp	0,24	0,07	0,07	0,10	0,32	-0,03	0,04	1,00	
tt	0,13	0,06	0,91	0,55	-0,13	-0,04	0,07	0,04	1,00

Painel B - Mercado do Reino Unido									
	r	rd	t3	t10	sp500	sp500d	vl	pp	tt
r	1,00								
rd	0,04	1,00							
t3	0,06	0,08	1,00						
t10	0,28	0,05	0,55	1,00					
sp500	0,53	0,05	0,01	0,23	1,00				
sp500d	0,29	0,53	0,10	0,03	-0,11	1,00			
vl	0,06	0,06	0,01	0,01	-0,03	-0,05	1,00		
pp	0,36	0,00	0,03	0,11	0,15	0,14	0,03	1,00	
tt	0,02	0,01	0,42	0,26	-0,02	-0,01	0,01	0,01	1,00

Conforme se pode visualizar nesta tabela, as relações mais expressivas ocorrem entre a taxa de juro de curto prazo e a taxa de risco dos empréstimos interbancários nos EUA, atingindo o valor de -0,91. As restantes taxas apresentam igualmente uma ligação relevante, com um mínimo de 0,26 entre o declive das taxas de juro e o prémio de risco interbancário do RU e 0,57 entre a taxa de curto prazo e o declive das taxas de juro dos EUA.

Um outro aspeto a salientar é a correlação expressiva, com valores a rondar os 0,50, entre as rendibilidades dos índices internos e externos nos dois mercados. Tal não é surpreendente, visto que a teoria financeira tem demonstrado que a transmissão de informação entre mercados é cada vez mais uma realidade. Também o preço do petróleo apresenta uma ligação moderada com as rendibilidades dos índices de ações. Verifica-se, no entanto, que a correlação entre o preço do petróleo e os índices *FTSE 100* e *MSCI EAFE*, com valores de 0,36 e 0,32, é algo superior à apresentada entre o primeiro e o índice *S&P 500* com um valor de 0,24. Estes resultados parecem, assim, apontar para uma ligação menos acentuada entre o preço do petróleo e o mercado dos EUA do que a que acontecerá com os mercados externos ao Norte-Americano.

Para verificar objetivamente a extensão do problema de multicolinearidade aplicou-se, tal como definido na metodologia, a abordagem de Belsley, Kuh e Welsch (2004). As Tabelas 5 e 6 resumem os resultados obtidos para os mercados dos EUA e RU, respetivamente.

No caso dos EUA, para os valores de condição inferiores a 0,001, não existe mais do que uma variável a apresentar valores superiores a 0,5 em cada uma das proporções da decomposição da variância. A única exceção são as variáveis da rendibilidade contemporânea do índice interno isolada e a multiplicada pela *dummy* de efeitos assimétricos. Tal é natural, na medida em que a série temporal é a mesma, com a diferença de estar multiplicada, num dos casos, pela *dummy* de efeitos assimétricos.

Já no RU, para além do caso anterior, a coluna 3 apresenta duas variáveis com proporções superiores a 0,5. As rendibilidades desfasadas do *FTSE 100* e do *S&P 500* têm valores de 0,62 e 0,55, respetivamente. Estes não são surpreendentes, dada a existência de evidência de transmissão de informação entre mercados financeiros. Conforme apresentado na revisão de literatura, esta está especialmente patente na influência que o mercado Norte-Americano tem nos restantes mercados globais. Deste modo, e tendo em conta que os estudos apresentados recorrem a índices internos e externos nas suas investigações, não se crê necessária a exclusão das rendibilidades desfasadas do índice *S&P 500* da regressão. Também o facto de os valores serem ligeiramente superior a 0,5 revela que a multicolinearidade entre as variáveis não é extremamente elevada. Ainda assim, a análise das regressões, no que diz respeito a estas variáveis, terá que ser feita com alguma prudência.

Tabela 5 – Autovalores, valores de condição associados e proporções da decomposição da variância das variáveis da regressão principal, para o mercado dos Estados Unidos, obtidos através da metodologia de Belsley, Kuh e Welsch (2004). Estão omitidos os resultados para valores de condição superiores a 0,001.

Autovalores	0,129526	0,022074	0,017769	0,011408	0,007868	0,003644	0,003206	0,001533
Condição	9,11E-06	0,0000534	0,0000664	0,000103	0,00015	0,000324	0,000368	0,00077
Proporções da decomposição da variância								
Variável	1	2	3	4	5	6	7	8
r	0,84	0,08	0,01	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00
rd	0,02	0,37	0,10	0,25	0,08	0,08	0,09	0,00
dr*r	0,94	0,04	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
t3	0,12	0,04	0,00	0,03	0,01	0,52	0,23	0,00
t10	0,00	0,03	0,00	0,03	0,02	0,03	0,01	0,00
msci	0,14	0,46	0,09	0,03	0,20	0,04	0,04	0,00
mscid	0,00	0,05	0,07	0,67	0,13	0,02	0,05	0,00
vl	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
pp	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,92
tt	0,09	0,02	0,00	0,04	0,00	0,45	0,30	0,00
d2	0,21	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
d3	0,20	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
d4	0,27	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
d5	0,23	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
d6	0,27	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00

Tabela 6 – Autovalores, valores de condição associados e proporções da decomposição da variância das variáveis da regressão principal, para o mercado do Reino Unido, obtidos através da metodologia de Belsley, Kuh e Welsch (2004). Estão omitidos os resultados para valores de condição superiores a 0,001.

Autovalores	0,222296	0,130569	0,029221	0,017662	0,007943	0,00565	0,002256
Condição	9,38E-06	0,000016	0,0000713	0,000118	0,000262	0,000369	0,000924
Proporções da decomposição da variância							
Variável	1	2	3	4	5	6	7
r	0,17	0,59	0,04	0,07	0,12	0,00	0,00
rd	0,00	0,02	0,62	0,18	0,00	0,17	0,00
dr*r	0,21	0,77	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
t3	0,01	0,05	0,02	0,02	0,08	0,10	0,05
t10	0,00	0,01	0,00	0,02	0,10	0,01	0,05
sp500	0,02	0,00	0,46	0,42	0,10	0,00	0,00
sp500d	0,00	0,04	0,55	0,24	0,00	0,17	0,00
vl	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02
pp	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,89
tt	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00
d2	0,05	0,25	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
d3	0,10	0,29	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
d4	0,13	0,24	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
d5	0,08	0,26	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
d6	0,07	0,35	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

5.4 RESULTADOS DAS REGRESSÕES

No seguimento do tratamento dos potenciais problemas de autocorrelação e multicolinearidade, estimaram-se as regressões principais com a inclusão de todas as variáveis explicativas definidas no capítulo da metodologia. Os coeficientes das variáveis independentes e respetivos valores do teste *t de Student* constam das Tabelas 7 e 8, para os mercados dos EUA e RU respetivamente.

Para a análise dos resultados usou-se, de forma genérica, um nível de significância de 5%. O principal resultado a salientar é o facto das rendibilidades dos índices sobre os quais as opções incidem estarem significativamente relacionadas com a evolução da volatilidade baseada nos valores das mesmas. Esta relação é significativa a 1% em ambos os mercados e para todas as volatilidades consideradas, sejam extraídas dos índices de volatilidade ou das opções com diferentes maturidades.

Todos os coeficientes das rendibilidades obtiveram sinal negativo. Deste modo, conclui-se que o aumento da rendibilidade provocou uma evolução contrária na volatilidade. Tal como salientado na metodologia, a teoria financeira tem evidenciado ao longo das últimas décadas esta relação. É, igualmente, possível observar que os valores dos coeficientes para os EUA têm uma maior variação comparativamente ao RU. Neste último, os coeficientes variaram entre -1,62 para as rendibilidades das séries com maturidades de 6 meses e -2,75 para as rendibilidades da série VC1. Já no maior mercado financeiro mundial, os valores situaram-se entre -0,98 para as rendibilidades da série VP6 e -4,39 para as rendibilidades da série VC1. Os valores dos coeficientes aqui obtidos são semelhantes aos encontrados por Franks e Schwartz no seu estudo de 1991 para o RU. Os autores chegaram aos valores de -2,47 para o período total e -1,49 excluindo o “Crash” de 1987. Já para os EUA, os valores desta investigação são semelhantes aos do estudo de Fernandes et al. (2009), que obtiveram coeficientes a rondar os 3,50.

Em linha com o que Mixon (2002) obteve na sua investigação, também aqui o efeito da rendibilidade do índice interno sobre a volatilidade foi enfraquecendo com o prolongamento da maturidade da opção. Tal pode ser visualizado para as opções de compra e venda dos EUA e do RU. Uma possível explicação poderá residir no facto de a rendibilidade do índice ser a rendibilidade contemporânea. Assim, as volatilidades com opções mais curtas corresponderão a um período mais próximo das rendibilidades atuais dos índices.

Tabela 7 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 01/02/02 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do *S&P 500*, a *dummy* (*dr*) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (*t3*), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (*t10*), a rendibilidade contemporânea (*msci*) e desfasada 1 dia (*mscid*) do *MSCI EAFE*, o volume de transação do *S&P 500* (*vl*), o preço do petróleo (*pp*), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (*tt*) e as *dummies* de Segunda-Feira (*d2*) a Sexta-Feira (*d6*). *ar*(*t*) e *ma*(*t*) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	VIX		VC1		VC3		VC6		VP1		VP3		VP6	
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t
<i>r</i>	-3,7545	16,41**	-4,3924	-18,045**	-3,6806	-20,739**	-3,0300	-23,881**	-2,8225	-12,635**	-1,3537	-7,282**	-0,9769	-7,458**
<i>rd</i>	0,2962	3,042**	1,1307	6,598**	1,0829	9,434**	0,9427	10,393**	-0,1014	-0,650	-0,4989	-4,556**	-0,3454	4,253**
<i>dr*r</i>	0,6524	2,193*	0,1068	0,425	0,2161	1,009	0,1582	0,921	0,0788	0,322	-0,0525	-0,260	0,0524	0,349
<i>t3</i>	0,0603	1,162	0,0145	0,293	0,0593	1,852	0,0617	2,468*	0,0261	0,517	-0,0088	-0,234	-0,0007	-0,021
<i>t10</i>	-0,0187	-1,193	-0,0449	-1,900	-0,0244	-1,573	-0,0016	-0,133	-0,0245	-1,141	-0,0512	3,219**	-0,0415	-3,694**
<i>msci</i>	-0,2908	-2,567*	0,0099	0,056	0,3965	3,333**	0,4341	4,476**	-0,7117	4,354**	-0,9783	7,555**	-0,7595	-8,652**
<i>mscid</i>	0,0903	0,924	-0,0962	-0,606	-0,4475	-3,914**	-0,4217	-4,816**	0,2288	1,644	0,4355	4,024**	0,2588	3,538**
<i>vl</i>	0,0261	4,738**	0,0281	3,476**	0,0125	2,341*	0,0073	1,838	0,0406	4,944**	0,0164	3,253**	0,0132	3,368**
<i>pp</i>	0,0487	1,205	0,0711	1,235	0,0825	2,157*	0,0595	2,007*	0,0329	0,622	0,0127	0,341	-0,0144	-0,558
<i>tt</i>	0,0765	1,801	0,0890	2,191*	0,0665	2,421*	0,0382	1,850	0,1249	2,666**	0,0567	1,873	0,0414	1,456
<i>d2</i>	0,0120	5,383**	0,0267	8,876**	0,0067	3,087**	0,0029	1,879	0,0224	7,164**	0,0060	2,86**	0,0011	0,743
<i>d3</i>	-0,0060	-2,946**	-0,0060	-1,804	-0,0055	-2,421*	-0,0018	-1,022	-0,0115	-3,414**	-0,0037	-1,791	-0,0024	-1,666
<i>d4</i>	-0,0054	-2,827**	-0,0063	-2,053*	-0,0025	-1,068	0,0000	0,019	-0,0035	-1,149	0,0014	0,710	0,0001	0,039
<i>d5</i>	-0,0041	-2,150*	-0,0057	-2,030*	-0,0014	-0,641	-0,0020	-1,096	-0,0033	-1,144	0,0015	0,697	0,0020	1,385
<i>d6</i>	-0,0071	-3,468**	-0,0069	-2,199*	0,0003	0,134	-0,0009	-0,516	-0,0018	-0,557	-0,0019	-0,902	-0,0004	-0,269
<i>ar</i> (1)	0,6107	6,013**	0,4179	7,903**					0,2129	3,948**	0,0654	1,307	-0,3788	-14,529**
<i>ar</i> (2)			0,0968	2,998**									-0,1884	-7,588**
<i>ma</i> (1)	-0,7138	-7,838**	-0,7986	-19,449**	-0,4993	-24,117**	-0,4697	-18,646**	-0,6112	-15,752**	-0,5215	-13,34**		

Tabela 8 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 01/02/02 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *FTSE 100* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do *FTSE 100*, a *dummy* (*dr*) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *FTSE 100* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (*t3*), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (*t10*), a rendibilidade contemporânea (*sp500*) e desfasada 1 dia (*sp500d*) do *S&P 500*, o volume de transação do *FTSE 100* (*vl*), o preço do petróleo (*pp*), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (*tt*) e as *dummies* de Segunda-Feira (*d2*) a Sexta-Feira (*d6*). *ar*(*t*) e *ma*(*t*) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	IV		VC1		VC3		VC6		VP1		VP3		VP6	
	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t
<i>r</i>	-2,6850	-13,868**	-2,7545	-15,848**	-2,0602	-18,433**	-1,6238	-18,333**	-2,5766	-14,748**	-2,0665	-18,070**	-1,6212	17,679**
<i>rd</i>	0,0350	0,283	0,4667	4,024**	0,1679	2,463*	0,1753	3,533**	0,3527	2,903**	0,1551	2,315*	0,0586	1,222
<i>dr*r</i>	0,8605	2,527*	0,2312	0,967	0,3008	1,736	0,2422	1,770	0,2597	1,111	0,4485	2,220*	0,3742	2,500*
<i>t3</i>	-0,0447	-0,999	0,0066	0,139	-0,0107	-0,402	-0,0094	-0,436	0,0391	0,820	-0,0067	-0,287	-0,0009	-0,045
<i>t10</i>	-0,0959	-4,526**	-0,1110	-3,930**	-0,0659	-3,843**	-0,0538	-3,716**	-0,0904	-3,451**	-0,0468	-3,076**	-0,0378	-3,112**
<i>sp500</i>	-0,4433	-3,229**	-0,6153	-4,707**	-0,4041	-5,166**	-0,3653	-5,842**	-0,6513	-4,855**	-0,4171	-5,222**	-0,3059	-4,997**
<i>sp500d</i>	-0,2162	-1,732	-0,5447	-3,789**	-0,3436	-4,034**	-0,2826	-4,369**	-0,4584	-3,204**	-0,3579	-4,412**	-0,2744	-4,473**
<i>vl</i>	0,0076	2,053*	0,0126	2,226*	0,0098	3,445**	0,0095	4,371**	0,0062	0,994	0,0073	2,469*	0,0049	2,319*
<i>pp</i>	0,1313	2,720**	0,2133	3,519**	0,1502	4,254**	0,1126	4,139**	0,1525	2,467*	0,0720	2,068*	0,0531	2,009*
<i>tt</i>	0,0136	0,496	0,0666	1,731	0,0220	1,207	0,0215	1,455	0,0354	0,956	-0,0032	-0,195	0,0004	0,029
<i>d2</i>	-0,0047	-1,970*	0,0003	0,083	0,0014	0,703	0,0007	0,479	-0,0054	-1,431	-0,0024	-1,341	-0,0004	-0,306
<i>d3</i>	-0,0084	-3,085**	-0,0041	-1,123	-0,0030	-1,558	-0,0012	-0,881	-0,0039	-1,002	-0,0016	-0,847	-0,0017	-1,279
<i>d4</i>	-0,0037	-1,506	-0,0075	-2,253*	-0,0008	-0,423	0,0009	0,583	-0,0008	-0,210	-0,0045	-2,385*	-0,0049	-3,462**
<i>d5</i>	0,0040	1,560	0,0114	3,718**	-0,0015	-0,812	-0,0029	-2,167*	0,0160	5,089**	0,0041	2,218*	0,0022	1,701
<i>d6</i>	-0,0075	-3,286**	-0,0026	-0,871	-0,0012	-0,623	-0,0016	-1,094	-0,0095	-3,024**	-0,0045	-2,607**	-0,0028	-2,208*
<i>ar</i> (1)	0,2101	0,651	0,7349	7,524**			0,2384	1,908	0,8759	14,982**			0,0635	0,475
<i>ar</i> (2)	-0,0321	-0,745												
<i>ar</i> (3)	-0,0274	-0,754												
<i>ma</i> (1)	-0,3019	-0,936	-1,1041	-8,302**	-0,2983	6,302**	-0,4743	-4,726**	-1,2829	-13,312**	-0,2472	-7,603**	-0,2869	-2,350*
<i>ma</i> (2)			0,2216	2,580**	0,0404	0,895			0,3306	4,488**				
<i>ma</i> (3)					-0,0932	-2,473*								

Quanto à rendibilidade desfasada do índice interno, ela foi significativa em todas as séries dos EUA, com exceção da série VP1. Enquanto no índice de volatilidade e opções de compra o efeito sobre a volatilidade foi positivo, já nas opções de venda sucedeu o oposto. O impacto desta rendibilidade foi inferior ao da rendibilidade contemporânea, situando-se entre o valor de -0,50 da série VP3 e 1,13 da série VC1. Já no mercado do RU, esta variável não foi significativa para o índice de volatilidade e para a série VP6. Nas restantes, o impacto sobre a volatilidade foi positivo, variando entre 0,16 na série VP3 e 0,47 na série VC1. Estes resultados demonstram que, para além da rendibilidade contemporânea do índice interno, também a sua rendibilidade desfasada assume uma importância significativa.

A variável *dummy* representativa dos efeitos assimétricos por parte do índice interno na volatilidade foi somente significativa para os índices de volatilidade nos dois mercados e para as séries VP3 e VP6 do RU. O valor do seu coeficiente foi sempre positivo. Dado que a *dummy* assume o valor de 1 quando as rendibilidades são positivas, verifica-se que estas diminuem o impacto da rendibilidade do índice interno sobre a volatilidade quando comparadas com as rendibilidades negativas. Tal vai ao encontro do que a teoria financeira tem demonstrado ao longo das últimas 2 décadas (e.g. Nelson 1991).

A taxa de juro dos bilhetes do tesouro de curto prazo revelou-se significativa somente para a série temporal das opções de compra com maturidade de 6 meses no mercado dos EUA. O sinal do coeficiente foi positivo, o que é contrário ao que é apresentado pela teoria financeira, conforme descrito na metodologia. Dado que apenas se obteve um resultado significativo para esta série, parece ser razoável desprezá-lo. Mixon (2002), na sua investigação, obteve para a taxa de juro na maturidade de 1 mês um valor significativo e negativo.

Já o declive das taxas de juro foi significativo e negativo para todas as séries temporais do RU, bem como para as opções VP3 e VP6 dos EUA. O valor do coeficiente foi, no entanto, diminuto, estabelecendo-se entre -0,04 nas séries VP6 dos dois mercados e -0,11 na série VC1 do RU. Fernandes et al. (2009) e Brooks e Oozeer (2002) obtiveram valores significativos de 0,0248 e -0,0015 respetivamente. O facto de Glatzer e Scheicher (2005) relacionarem o decréscimo do declive ao longo do tempo com baixas perspetivas de crescimento pode ajudar a explicar o sinal negativo aqui obtido. Dado o valor das ações, devido a estas perspetivas, poder diminuir, então existirá um conseqüente aumento da alavancagem financeira que se traduzirá num aumento de volatilidade das ações mais alavancadas.

Quanto ao índice externo para os EUA, o *MSCI EAFE*, os resultados demonstraram significância para todas as séries temporais, exceto para a série VC1 onde não foram relevantes.

Nas séries das opções de compra o sinal obtido foi positivo, enquanto nas restantes ocorreu o inverso. O último configura-se como o resultado que seria à partida expectável. Isto justifica-se devido a, como referido anteriormente no caso do índice interno, um decréscimo da rendibilidade levar ao agravamento da volatilidade. Os coeficientes absolutos inferiores a 1, que aqui se obtiveram, ficaram aquém do valor de -2,40 a que Ahoniemi (2006) chegou na sua investigação ao recorrer a este índice. A rendibilidade desfasada 1 dia deste índice foi significativa nas séries das opções de compra e venda a 3 e 6 meses e com sinal contrário ao que ocorreu na rendibilidade contemporânea. O facto de não se ter mostrado relevante em nenhuma das séries a 30 dias não torna evidente a sua ligação à evolução da volatilidade.

O índice Norte-Americano *S&P 500* demonstrou uma influência significativa a 1% sobre a volatilidade do RU em todas as séries analisadas, incluindo o índice de volatilidade. Tal como para o índice interno, a força da ligação entre o índice externo e a volatilidade foi diminuindo com o aumento da maturidade da opção. Os coeficientes variaram entre -0,31 para a série VP6 e -0,65 para a série VP1. A evolução da volatilidade em sentido contrário à rendibilidade do índice está assim em conformidade com a teoria. Apesar de não estudarem diretamente a volatilidade, Glatzer e Scheicher (2005) referem, tal como exposto na revisão de literatura, que a probabilidade de 10% de queda nas rendibilidades apresenta uma trajetória semelhante à volatilidade implícita. Para esta série, os autores obtêm um valor significativo de -0,20 referente à influência do índice *S&P 100* no mercado alemão. Quanto à rendibilidade desfasada 1 dia do *S&P 500*, verificou-se que ela é significativa e contrária à evolução da volatilidade em todas as séries temporais, à exceção do índice de volatilidade. Esta maior preponderância em relação ao que sucedeu nos EUA pode ser explicada devido à variação da hora de encerramento entre os mercados financeiros. Os mercados que o *MSCI EAFE* engloba encerram previamente ao mercado Norte-Americano. Desta forma, toda a informação contemporânea associada a este índice pode ser englobada no próprio dia nos EUA, o que poderá justificar a menor relevância dos seus valores desfasados. Já no caso do RU, o mercado Norte-Americano encerra posteriormente. Tal fará com que alguma informação do dia anterior nos EUA só possa ser incorporada no RU no dia seguinte. Deste modo, a informação desfasada dos EUA no dia anterior torna-se bastante relevante para a volatilidade contemporânea do RU no dia seguinte.

Tal como seria expectável, os valores dos coeficientes dos índices externos são inferiores aos alcançados pelos índices internos. No mercado dos EUA, outro resultado seria extremamente surpreendente dado tratar-se do maior mercado financeiro mundial. Já no caso do RU, devido a

ser um mercado de dimensão considerável, é natural que a influência do mercado Norte-Americano na sua volatilidade não consiga ser tão elevada como a do próprio mercado interno.

Dado os anteriores resultados estarem, na generalidade, em consonância com a teoria financeira, considerou-se que a elevada multicolinearidade obtida anteriormente para o RU entre a rendibilidade desfasada dos índices não deverá ter uma influência considerável nos principais resultados desta dissertação.

A variável correspondente ao volume de transação do índice demonstrou resultados significativos em ambos os mercados, exceto nas séries VC6 dos EUA e VP1 do RU. O sinal dos coeficientes foi positivo em todas as séries. Este resultado segue o habitualmente encontrado na teoria financeira, onde a uma variação do volume de transação corresponde uma evolução da volatilidade no mesmo sentido. A influência do volume na volatilidade, visualizada através dos coeficientes, revelou-se da mesma ordem de grandeza da obtida por Fernandes et al. (2009), onde o coeficiente encontrado foi de 0,019. Nesta investigação, para os EUA, os coeficientes significativos variaram entre 0,013 e 0,041. Já no caso do RU, os coeficientes relevantes foram consideravelmente inferiores, variando entre 0,005 e 0,013. Esta discrepância poderá ser explicada pela maior dimensão do mercado e conseqüente volume de transação dos EUA em relação ao RU.

O preço do petróleo demonstrou somente relação expressiva com a volatilidade no mercado Norte-Americano para as séries VC3 e VC6. Este resultado era expectável, dado que grande parte das investigações nesta área não encontrou conexão entre estas variáveis. No entanto, para o mercado do RU verificou-se uma relação significativa para todas as volatilidades. Para o índice de volatilidade e opções de compra esta relação foi significativa a 1%, enquanto para as opções de venda foi significativa a 5%. Os valores dos coeficientes foram positivos e estabeleceram-se entre os 0,05 da série VP6 e os 0,21 da série VC1. Deste modo, é possível concluir que o aumento do preço do *Brent* tem uma ligação importante com o aumento da volatilidade no mercado Britânico. Tal ligação não foi encontrada por Franks e Schwartz (1991) no seu trabalho sobre a volatilidade no RU entre 1984 e 1989.

O último fator explicativo, traduzido pelo prémio de risco dos empréstimos interbancários, foi apenas significativo no mercado dos EUA para as séries VC1, VC3 e VP1. Dado ser uma variável pouco habitual em estudos anteriores, a análise destes resultados tornou-se algo complexa. No entanto, o coeficiente positivo obtido parece estar em conformidade com o que seria expectável. Dado que as taxas dos empréstimos entre as instituições financeiras aumenta em

períodos de desconfiança, como se verificou na crise financeira global de 2008, é natural que o prémio de risco siga o mesmo sentido da volatilidade.

Por fim, foram analisadas as diferenças entre os dias da semana no que concerne à sua influência sobre a volatilidade. Para tal, e dado que não é viável verificar através da regressão se estas diferenças são estatisticamente significativas, foram aplicados testes *Wald* para testar a hipótese nula de igualdade entre cada par de dias da semana. Deste modo, para cada série de volatilidade, foram testados 10 destes pares, desde Segunda-feira vs Terça-feira até Quinta-feira vs Sexta-feira. Os resultados dos testes *Wald* são apresentados no Apêndice 3 e demonstram uma disparidade entre os dois mercados analisados.

No mercado dos EUA, à exceção de dois casos esporádicos significativos (Terça-feira vs Sexta-feira na série VP1 e Terça-feira vs Quinta-feira na série VP6), todas as diferenças significativas registaram-se entre Segunda-feira e os restantes dias. Nas séries do *VIX*, VC1, VC3 e VP1 o dia de Segunda-feira revelou uma disparidade significativa com todos os outros. Adicionalmente, obteve-a contra Quinta-feira na série VC6 e contra Terça-feira e Sexta-feira na série VP3. Para visualizar os valores das diferenças entre os dias da semana pode recorrer-se à Tabela 7. Pela observação dos diferentes coeficientes, pode concluir-se que existe maior variação na volatilidade às Segundas-feiras relativamente aos dias que se seguem. Esta diferença é, em geral, atribuída pela teoria financeira ao facto de a volatilidade registada à Segunda-feira ser influenciada por nova informação divulgada desde o fecho dos mercados na Sexta-feira prévia. Assim, enquanto nos outros dias da semana a informação que ainda não foi integrada se reporta a um dia, existe no caso do primeiro dia da semana informação não assimilada de três dias. Tal poderá justificar a diferença significativa obtida nesta dissertação.

No que respeita ao mercado do RU, excluindo o valor significativo obtido para Segunda-feira vs Quarta-feira na série VP6, todas as outras diferenças significativas se verificaram entre Quinta-feira e os restantes dias. Estas foram expressivas nas séries do índice de volatilidade, VC1, VP1, VP3 e VP6, à exceção de Segunda-feira vs Quinta-feira nesta última série. De acordo com a Tabela 8, é possível verificar que a volatilidade é superior para Quinta-feira em relação aos dias remanescentes. Uma possível explicação para estes resultados passa pela divulgação dos relatórios financeiros no mercado dos EUA. O facto de neste mercado grande parte das Quintas-feiras incluir anúncios de informação financeira (<http://mam.econoday.com> ou <http://www.bloomberg.com/markets/economic-calendar>) pode ajudar a explicar a maior volatilidade sentida no RU. Deste modo, esta seria mais uma prova da relevância atual da transmissão de informação entre mercados.

Os principais resultados indicaram que as rendibilidades contemporâneas e desfasadas do índice interno e externo foram as que capturaram o maior impacto sobre a evolução da volatilidade. Devido a alguma multicolinearidade entre elas, afirmar perentoriamente que os resultados são totalmente consistentes pode ser precipitado. No entanto, não pode deixar de se verificar a sua relevância, dada a recorrente significância dos seus parâmetros na maioria das séries de volatilidade. Em relação às restantes variáveis, o volume de transação do índice interno teve também bastante relevância nos dois mercados, embora com um impacto muito mais reduzido que as rendibilidades contemporâneas. Por fim, o declive das taxas de juro e o preço do petróleo no mercado do RU demonstraram algum relevo na ligação com a dinâmica da volatilidade neste mercado, embora o mesmo não tenha sucedido no mercado dos EUA.

5.5 AJUSTAMENTO DAS REGRESSÕES

O poder explicativo das variáveis independentes pode, adicionalmente, ser aferido através da análise do R^2 ajustado (e.g. Mixon 2002). Deste modo, foram analisados os seus valores para cada mercado e série de volatilidade. Tal como definido na secção 3.5. da metodologia, foram igualmente estimadas novas regressões somente com a inclusão das rendibilidades dos índices internos e dos termos ARMA (p,q). O objetivo foi comparar o poder explicativo deste modelo restrito com o poder explicativo do modelo que inclui todas as variáveis explicativas.⁴ A figura 5 contém os valores do ajustamento da regressão principal e da regressão restrita para os mercados dos EUA.

Neste mercado, o *VIX* e as séries das opções de compra com 3 e 6 meses até à maturidade corresponderam, na regressão principal, às séries em que as variáveis utilizadas revelam um maior poder explicativo. Os seus R^2 ajustados ficaram próximos dos 60%, com este valor máximo a ser atingido pela série VC6. Já o inverso ocorreu para as séries das opções de venda, cujos valores rondaram os 40% (e.g. R^2 ajustado da série VP1 = 39%). Os resultados alcançados para as opções de compra (e.g. R^2 ajustado série VC1 = 52%) foram superiores aos de Mixon (2002), onde todos ficaram aquém dos 45%. Na segunda regressão, o ajustamento das séries VP3 e VP6 foi o mais afetado, passando, respetivamente, para valores de 35% e 33%, inferiores ao de 36% das opções de venda com maturidade de 30 dias. As opções de compra sofreram um abatimento na explicação oferecida superior ao do *VIX*, o que levou a série do índice de volatilidade a ser a mais explicada na segunda regressão com um valor de 57%. Este foi superior ao de 54% das séries

⁴ Os resultados dos coeficientes e teste *t* de Student das regressões restritas estão expostos no Apêndice 4

VC3 e VC6. Já a série VC1 viu reduzido o seu ajustamento para 48%. Deste modo, verificou-se que o índice de volatilidade sofreu uma menor quebra do seu ajustamento em relação às restantes séries quando as variáveis explicativas que não a rendibilidade do índice interno foram excluídas da regressão.

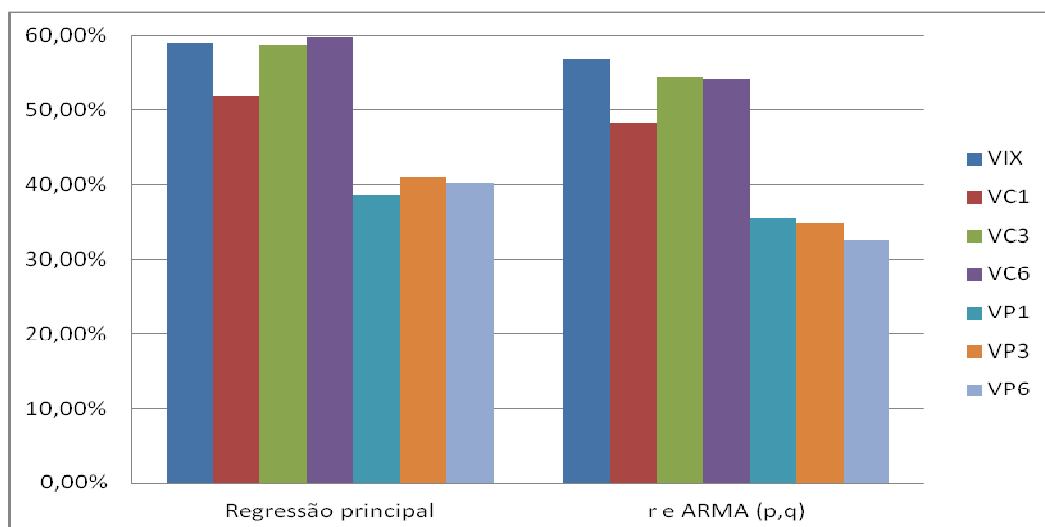


Figura 5 – Valores do R^2 ajustado, no mercado dos Estados Unidos, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013 para a regressão da equação 1 e para a regressão da equação 1 incluindo unicamente como variáveis independentes a rendibilidade do índice interno associado à opção e os termos ARMA (p,q).

A figura 6 abarca os valores do ajustamento da regressão principal e da regressão restrita para o mercado do RU. Neste, é facilmente perceptível que as opções de compra e venda com maturidades de 30 dias são as que obtiveram o menor ajustamento (38% e 36% respetivamente), seguidas do índice de volatilidade com 43%. As restantes séries apresentaram-se próximas dos 50%. No geral ocorreu uma menor adequabilidade das regressões completas comparativamente ao mercado Norte-Americano. No entanto, o oposto sucedeu para as séries VP3 e VP6, onde os seus valores, próximos de 50%, se contrapuseram aos quase 10% mais baixos dos EUA. Ao contrário do que sucedeu neste último mercado, aqui a perda de ajustamento da primeira para a segunda regressão foi semelhante entre as séries, rondando os 2%. Assim, os resultados comparativos entre as séries não se alteraram expressivamente entre as regressões.

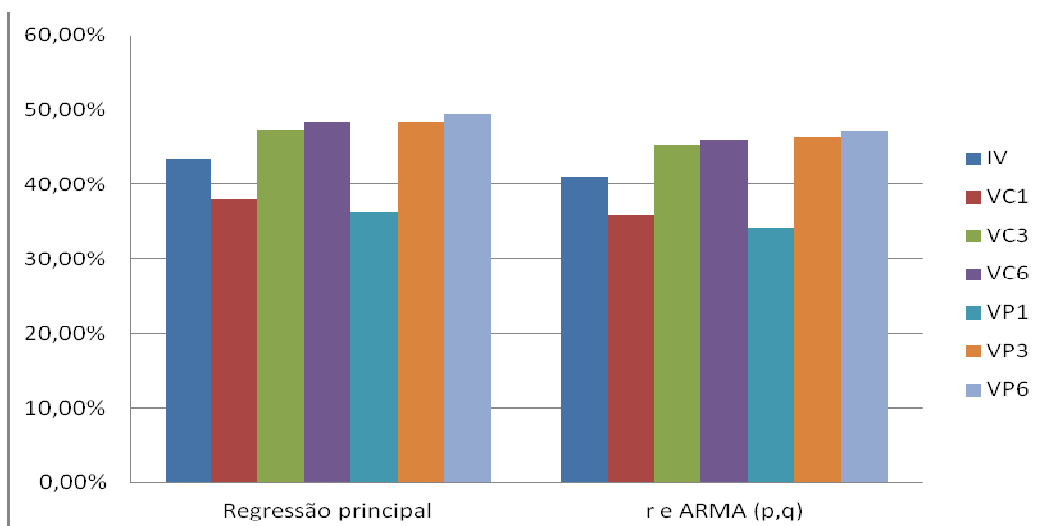


Figura 6 – Valores do R^2 ajustado, no mercado do Reino Unido, para o período entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013 para a regressão da equação 1 e para a regressão da equação 1 incluindo unicamente como variáveis independentes a rendibilidade do índice interno associado à opção e os termos ARMA (p,q).

Para os dois mercados, através das Figuras 5 e 6, é possível verificar que da primeira para a segunda regressão as diferenças do ajustamento não são muito expressivas. Deste modo, pode concluir-se que a inclusão unicamente das rendibilidades e dos termos ARMA permitiu um ajustamento praticamente tão favorável como o obtido para todas as variáveis.

5.6 SUBSTITUIÇÃO DOS ÍNDICES EXTERNOS

Seguidamente foram estimadas novas regressões com substituição dos índices externos por taxas de câmbio, como *proxy* das condições exteriores. Estes resultados estão expostos nas Tabelas 9 e 10 para os mercados dos EUA e do RU respetivamente.

No caso do primeiro, ao contrário do que sucedeu para o índice *MSCI EAFE*, o índice representativo da taxa de câmbio com as principais moedas externas obteve resultados pouco animadores. Tal diverge do impacto significativo deste índice sobre o *VIX* que Fernandes et al. (2009) descortinaram no seu estudo. Na presente dissertação, os valores contemporâneos foram somente significativos nas séries VP3, VP6 e VC6 e os desfasados significativos apenas nesta última série. O sinal positivo da série VC6 e os sinais negativos das séries VP3 e VP6 foram contrários aos alcançados com o índice externo. Tal poderá ser explicado pela correlação de -0,54 apresentada entre estas duas variáveis. Deste modo, pode concluir-se que o índice da Reserva Federal que avalia o Dólar em relação ao principal conjunto de moedas externas não é um substituto adequado do índice *MSCI EAFE*.

Tabela 9 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 01/02/02 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do *S&P 500*, a *dummy* (*dr*) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (*t3*), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (*t10*), o índice da Reserva Federal que mede o valor do Dólar em relação ao conjunto de principais moedas estrangeiras ponderadas pela sua utilização comercial (*tce*), o volume de transação do *S&P 500* (*vl*), o preço do petróleo (*pp*), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (*tt*) e as *dummies* de Segunda-Feira (*d2*) a Sexta-Feira (*d6*). *ar*(*t*) e *ma*(*t*) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	VIX		VC1		VC3		VC6		VP1		VP3		VP6	
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t
<i>r</i>	-3,8734	-17,991**	-4,4208	-20,447**	-3,5434	-21,371**	-2,8776	-24,045**	-3,1194	-15,073**	-1,7656	-9,938**	-1,2941	-10,292**
<i>rd</i>	0,2199	2,868**	1,0638	7,901**	0,9536	9,818**	0,8579	11,781**	-0,2580	-2,138*	-0,6221	-6,370**	-0,4956	-8,084**
<i>dr*r</i>	0,6283	2,082*	0,1293	0,510	0,2906	1,327	0,2270	1,333	0,0655	0,262	-0,1086	-0,515	0,0038	0,025
<i>t3</i>	0,0573	1,041	0,0238	0,467	0,0714	2,206*	0,0719	2,772**	0,0213	0,400	-0,0182	-0,440	-0,0074	-0,193
<i>t10</i>	-0,0209	-1,288	-0,0414	-1,728	-0,0207	-1,306	0,0024	0,198	-0,0306	-1,399	-0,0582	-3,453**	-0,0468	-3,823**
<i>tce</i>	0,0402	0,210	-0,2819	-0,965	-0,2434	-1,259	-0,3523	-2,330*	0,4837	1,633	0,4162	2,120*	0,3340	2,247*
<i>tced</i>	0,0034	0,020	0,1073	0,385	0,1553	0,829	0,3132	2,027*	-0,2880	-1,075	-0,1258	-0,675	-0,0742	-0,527
<i>vl</i>	0,0260	4,711**	0,0279	3,453**	0,0121	2,243*	0,0069	1,720	0,0404	4,901**	0,0165	3,238**	0,0131	3,251**
<i>pp</i>	0,0241	0,599	0,0574	0,991	0,0966	2,487*	0,0746	2,479*	0,0015	0,027	-0,0367	-0,922	-0,0559	-2,126*
<i>tt</i>	0,0775	1,736	0,0930	2,278*	0,0729	2,635**	0,0423	1,940	0,1305	2,707**	0,0598	1,798	0,0450	1,420
<i>d2</i>	0,0121	5,400**	0,0264	8,757**	0,0062	2,841**	0,0024	1,528	0,0227	7,236**	0,0065	3,013**	0,0015	0,990
<i>d3</i>	-0,0059	-2,883**	-0,0061	-1,838	-0,0059	-2,559*	-0,0021	-1,204	-0,0115	-3,385**	-0,0034	-1,608	-0,0021	-1,476
<i>d4</i>	-0,0052	-2,756**	-0,0063	-2,070*	-0,0027	-1,144	-0,0002	-0,100	-0,0034	-1,120	0,0017	0,815	0,0003	0,202
<i>d5</i>	-0,0040	-2,114*	-0,0059	-2,075*	-0,0018	-0,792	-0,0023	-1,233	-0,0034	-1,176	0,0015	0,698	0,0021	1,387
<i>d6</i>	-0,0070	-3,397**	-0,0070	-2,226*	-0,0001	-0,054	-0,0012	-0,714	-0,0017	-0,542	-0,0015	-0,691	-0,0001	-0,071
<i>ar</i> (1)	0,6181	6,119**	0,4211	7,975**					0,2095	3,834**	0,0377	0,737	-0,3844	-14,823**
<i>ar</i> (2)			0,0983	3,054**									-0,1901	-7,466**
<i>ma</i> (1)	-0,7191	-7,932**	-0,8008	-19,612**	-0,5051	-24,021**	-0,4779	-19,406**	-0,6051	-15,256**	-0,5001	-12,170**		

Tabela 10 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 01/02/02 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *FTSE 100* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd) do *FTSE 100*, a *dummy* (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *FTSE 100* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a taxa de câmbio contemporânea e desfasada entre Libra Esterlina e Dólar Norte-Americano (tcu), o volume de transação do *FTSE 100* (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	IV		VC1		VC3		VC6		VP1		VP3		VP6	
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t
r	-3,6221	-18,810**	-4,0466	-27,237**	-2,9555	-30,223**	-2,3636	-29,001**	-3,8434	-23,990**	-2,9784	-29,362**	-2,3266	-27,910**
rd	-0,0321	-0,296	0,2272	2,137*	-0,0294	-0,497	-0,0125	-0,262	0,1389	1,242	-0,0550	-0,849	-0,1105	-2,409*
dr*r	0,7322	2,348*	0,1644	0,809	0,2944	1,960	0,2443	2,037*	0,3161	1,473	0,4267	2,479*	0,3634	2,830**
t3	-0,0147	-0,303	0,0006	0,012	-0,0054	-0,216	-0,0043	-0,198	0,0211	0,466	0,0053	0,233	0,0092	0,465
t10	-0,0602	-2,901**	-0,0726	-2,804**	-0,0382	-2,574*	-0,0316	-2,458*	-0,0606	-2,380*	-0,0179	-1,243	-0,0146	-1,297
tcu	-3,2670	-15,007**	-3,7852	-14,194**	-2,6298	-18,097**	-2,1174	-18,785**	-3,3628	-12,297**	-2,7121	-18,967**	-2,1344	-18,495**
tcud	0,3763	1,757	0,3616	1,442	-0,0079	-0,056	-0,0750	-0,703	0,2231	0,879	0,0033	0,023	-0,0152	-0,149
vl	0,0046	1,288	0,0066	1,211	0,0060	2,240*	0,0064	3,122**	-0,0003	-0,051	0,0035	1,272	0,0021	1,034
pp	0,0419	0,885	0,0943	1,612	0,0687	2,055*	0,0479	1,893	0,0547	0,896	-0,0080	-0,239	-0,0108	-0,436
tt	0,0215	0,746	0,0555	1,510	0,0207	1,214	0,0203	1,417	0,0215	0,602	-0,0018	-0,113	0,0015	0,118
d2	-0,0042	-1,915	0,0002	0,060	0,0011	0,559	0,0004	0,268	-0,0060	-1,649	-0,0027	-1,621	-0,0007	-0,540
d3	-0,0073	-2,950**	-0,0030	-0,881	-0,0024	-1,371	-0,0008	-0,666	-0,0036	-0,939	-0,0010	-0,590	-0,0013	-1,091
d4	-0,0029	-1,263	-0,0072	-2,279*	-0,0008	-0,428	0,0009	0,649	-0,0013	-0,372	-0,0042	-2,479*	-0,0047	-3,683**
d5	0,0053	2,241*	0,0123	4,222**	-0,0010	-0,610	-0,0026	-2,130*	0,0162	5,307**	0,0046	2,711**	0,0026	2,171*
d6	-0,0073	-3,482**	-0,0027	-0,963	-0,0013	-0,766	-0,0017	-1,271	-0,0100	-3,249**	-0,0046	-2,913**	-0,0029	-2,552*
ar(1)	0,7215	7,430**	0,7885	11,889**			0,1744	1,302	0,8401	10,486**			0,0055	0,041
ar(2)	-0,0059	-0,174												
ar(3)	0,0124	0,364												
ma(1)	-0,8044	-8,281**	-1,1676	-10,960**	-0,3174	-6,132**	-0,4293	-3,901**	-1,2598	-10,513**	-0,2668	-7,746**	-0,2477	-2,020*
ma(2)			0,2504	3,187**	0,0535	1,050			0,3234	3,745**				
ma(3)					-0,0941	-2,247*								

No caso do mercado do RU, tal como para o índice *S&P 500*, a taxa de câmbio com o Dólar foi negativa e significativa a 1% em todas as séries. Este resultado contrasta com o obtido por Franks e Schwartz (1991), onde esta taxa de câmbio não foi significativa na explicação da volatilidade obtida através das opções de compra sobre o *FTSE*. Já Glatzer e Scheicher (2005) deslindaram uma relação significativa, para o mercado alemão, entre a probabilidade de 10% de queda nas rendibilidades (*proxy* da volatilidade) e a taxa de câmbio da moeda interna com o Dólar. Na comparação entre os dois fatores externos contemporâneos, verificou-se que a taxa de câmbio apresentou coeficientes em valores absolutos bastante superiores aos do *S&P 500*. Enquanto o último não atingiu em nenhuma série o valor de -1, já a taxa de câmbio teve os seus coeficientes enquadrados entre os valores de -2,13 na série VP6 e -3,79 na série VC1. No que respeita à taxa de câmbio desfasada, esta não foi significativa em nenhuma das séries, o que divergiu do índice externo onde somente não o tinha sido para o *VIX*. O maior impacto da taxa de câmbio contemporânea e a não relevância dos seus valores desfasados parecem indicar que, apesar de poder ser uma variável a ter em consideração para representar as condições económicas externas ao mercado do RU, não substitui de uma forma eficaz o índice *S&P 500* nesta tarefa.

Em suma, os resultados deste teste de robustez revelaram a necessidade de algum cuidado na seleção da medida de transmissão de informação entre mercados para integração num modelo de variáveis económicas e financeiras. O uso de *proxies* alternativas pode levar a conclusões significativamente diferentes em termos do poder explicativo das condições externas.

5.7 ESTABILIDADE DOS PARÂMETROS DA REGRESSÃO

Em relação às regressões originais, em todas as séries analisadas foi rejeitada a hipótese nula de não existirem quebras significativas na estabilidade dos parâmetros das regressões. As datas reveladoras das maiores quebras em cada série de volatilidade tiveram uma menor dispersão no mercado dos EUA quando comparadas com o mercado do RU. No primeiro, a segunda quinzena do mês de Outubro de 2009 englobou a maior quebra em todas as séries, à exceção da série VC6 em que a mesma ocorreu um ano antes. Já para o RU, as datas de quebra situaram-se entre os finais de 2007 e de 2010. Contudo, com exceção das séries VP1 e VP3, o maior valor foi encontrado após o início do segundo semestre de 2009. Estes dados ajudam a comprovar que a crise financeira mundial, desencadeada em finais de 2007 e todas as suas consequências nos anos subsequentes, marcaram uma fase de alteração do paradigma económico e financeiro global.

Os resultados do teste de *Quandt-Andrews* para o mercado dos EUA estão expostos na Tabela 11 e incluem as datas de quebra de cada série.

Tabela 11 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 01/02/02 e a data, referenciada na tabela, do maior valor de quebra, obtida para cada série através do teste de *Quandt-Andrews* e entre a última e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd) do *S&P 500*, a *dummy* (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a rendibilidade contemporânea (msci) e desfasada 1 dia (mscid) do *MSCI EAFE*, o volume de transação do *S&P 500* (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	VIX (22-10-2009)		VC1 (15-10-2009)		VC3 (30-10-2009)		VC6 (20-10-2008)		VP1 (20-10-2009)		VP3 (22-10-2009)		VP6 (22-10-2009)	
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t
r														
antes	-3,2851	-15,678**	-3,8886	-16,675**	-3,3587	-18,969**	-3,3631	-20,080**	-2,3881	-11,255**	-1,1577	-10,555**	-0,7747	-5,644**
depois	-6,3684	-18,248**	-7,5778	-15,479**	-5,3918	-22,527**	-2,5501	-11,922**	-4,9369	-10,915**	-2,3377	-7,606**	-1,9146	-7,920**
rd														
antes	0,1832	1,896	1,1018	5,654**	0,9582	7,515**	1,3231	11,472**	-0,3081	-1,764	-0,5325	-5,428**	-0,3217	-3,734**
depois	0,0842	0,407	0,5648	2,008*	1,1274	6,167**	0,5140	3,869**	0,1821	0,610	-0,6860	-2,941**	-0,6608	-3,880**
dr*r														
antes	0,4955	1,826	0,0843	0,359	0,2172	1,111	0,0145	0,069	0,0269	0,111	0,0095	0,073	-0,0015	-0,010
depois	1,6158	3,246**	0,8994	1,610	0,2770	0,840	0,2593	0,925	0,2479	0,479	-0,3171	-0,786	0,2223	0,661
t3														
antes	0,0531	1,120	-0,0016	-0,036	0,0450	1,543	0,0631	2,515*	0,0442	0,939	-0,0041	-0,159	-0,0006	-0,019
depois	0,2772	0,315	0,4008	0,433	0,3059	0,577	-0,0056	-0,057	-0,2858	-0,386	0,2405	0,529	0,1267	0,346
t10														
antes	0,0136	0,817	-0,0297	-1,184	-0,0182	-1,055	0,0209	1,421	0,0318	1,326	-0,0258	-1,750	-0,0208	-1,662
depois	-0,0151	-0,564	0,0405	0,823	0,0347	1,500	-0,0281	-1,748	-0,0929	-2,337*	-0,0620	-2,331*	-0,0537	-2,847**
msci														
antes	-0,1363	-1,158	0,0791	0,397	0,5338	3,825**	0,5900	4,167**	-0,5665	-2,921**	-0,8732	-7,748**	-0,7103	-6,934**
depois	0,1540	0,803	0,8221	2,989**	0,5364	3,076**	0,1401	1,155	-0,3055	-1,021	-0,7475	-3,999**	-0,5289	-3,629**
mscid														
antes	0,1542	1,527	0,0109	0,059	-0,3863	-2,947**	-0,5385	-4,454**	0,3518	2,199*	0,4847	5,371**	0,2567	3,101**
depois	0,2357	1,562	-0,0277	-0,115	-0,4016	-2,576*	-0,1930	-1,803	0,0887	0,349	0,5328	3,278**	0,4822	3,867**

Tabela 11 (continuação) – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 01/02/02 e a data, referenciada na tabela, do maior valor de quebra, obtida para cada série através do teste de *Quandt-Andrews* e entre a última e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd) do *S&P 500*, a *dummy* (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a rendibilidade contemporânea (msci) e desfasada 1 dia (mscid) do *MSCI EAFE*, o volume de transação do *S&P 500* (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	VIX (22-10-2009)		VC1 (15-10-2009)		VC3 (30-10-2009)		VC6 (20-10-2008)		VP1 (20-10-2009)		VP3 (22-10-2009)		VP6 (22-10-2009)	
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t
vl														
antes	0,0303	4,674**	0,0390	3,844**	0,0117	1,732	0,0077	1,329	0,0472	4,449**	0,0238	3,970**	0,0188	3,707**
depois	0,0142	1,864	0,0066	0,623	0,0142	2,110*	0,0092	1,710	0,0300	2,675**	0,0057	0,758	0,0049	0,924
PP														
antes	0,0856	2,170*	0,1354	2,245*	0,1089	2,757**	0,0595	1,704	0,0567	1,046	0,0720	2,090*	0,0285	1,077
depois	0,1462	1,372	0,0790	0,550	0,2190	2,237*	0,0541	1,101	0,2136	1,520	-0,0994	-1,043	-0,0875	-1,125
tt														
antes	0,0660	1,716	0,0928	2,634**	0,0648	2,681**	0,0237	1,035	0,1110	2,626**	0,0511	2,409*	0,0326	1,231
depois	0,3213	0,381	0,1540	0,173	0,3065	0,605	0,0626	1,373	0,0875	0,127	0,4059	0,946	0,2743	0,775
d2														
antes	0,0150	6,261**	0,0306	8,841**	0,0073	2,683**	0,0054	2,491*	0,0229	6,534**	0,0046	1,812	0,0014	0,772
depois	0,0068	1,654	0,0177	3,181**	0,0078	2,546*	0,0003	0,149	0,0250	3,993**	0,0114	3,183**	0,0023	0,939
d3														
antes	-0,0089	-3,906**	-0,0141	-3,382**	-0,0072	-2,531*	-0,0031	-1,358	-0,0130	-3,192**	-0,0035	-1,414	-0,0020	-1,223
depois	0,0002	0,062	0,0109	2,115*	-0,0010	-0,366	-0,0001	-0,030	-0,0080	-1,429	-0,0025	-0,713	-0,0023	-0,900
d4														
antes	-0,0077	-3,589**	-0,0085	-2,272*	-0,0047	-1,583	0,0007	0,308	-0,0090	-2,427*	-0,0014	-0,580	-0,0018	-1,057
depois	-0,0046	-1,601	-0,0070	-1,476	0,0006	0,208	0,0005	0,231	0,0054	1,066	0,0067	2,108*	0,0030	1,330
d5														
antes	-0,0029	-1,334	-0,0062	-1,814	-0,0021	-0,779	-0,0034	-1,262	0,0020	0,598	0,0001	0,030	0,0031	1,736
depois	-0,0083	-2,777**	-0,0072	-1,575	-0,0001	-0,021	-0,0019	-0,913	-0,0131	-2,514*	0,0047	1,324	-0,0006	-0,244

Tabela 11 (continuação) – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 01/02/02 e a data, referenciada na tabela, do maior valor de quebra, obtida para cada série através do teste de *Quandt-Andrews* e entre a última e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd) do *S&P 500*, a *dummy* (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a rendibilidade contemporânea (msci) e desfasada 1 dia (mscid) do *MSCI EAFE*, o volume de transação do *S&P 500* (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	VIX (22-10-2009)		VC1 (15-10-2009)		VC3 (30-10-2009)		VC6 (20-10-2008)		VP1 (20-10-2009)		VP3 (22-10-2009)		VP6 (22-10-2009)	
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t
d6														
antes	-0,0052	-2,361*	-0,0016	-0,423	0,0026	0,906	0,0018	0,726	-0,0012	-0,347	0,0011	0,425	0,0007	0,399
depois	-0,0129	-3,831	-0,0171	-3,497**	-0,0035	-1,249	-0,0032	-1,466	-0,0035	-0,553	-0,0072	-2,182*	-0,0025	-0,990
ar(1)														
antes	0,6153	5,083**	0,4318	7,649**					0,2811	4,454**	0,0583	1,270	-0,4001	-12,788**
depois	0,6591	1,630	-0,6442	-1,200					0,1211	1,239	0,0058	0,076	-0,3966	-8,802**
ar(2)														
antes			0,1012	2,727**									-0,2149	-7,308**
depois			-0,1360	-0,746									-0,1395	-3,366**
ma(1)														
antes	-0,7204	-6,670**	-0,8284	-19,852**	-0,5551	-23,452**	-0,5698	-21,481**	-0,6568	-15,280**	-0,5382	-13,856**		
depois	-0,6941	-1,801	0,2957	0,545	-0,3349	-8,567**	-0,2553	-6,692**	-0,5634	-7,344**	-0,4808	-7,278**		

No que respeita aos resultados das regressões para o mercado Norte-Americano, destacaram-se, logo à partida, os valores significativos para as rendibilidades contemporâneas do *S&P 500* em todos os períodos e para todas as séries. Os coeficientes absolutos foram superiores para o período posterior à data de quebra. Isto revela um maior impacto das rendibilidades sobre a volatilidade após o desencadear da crise financeira. As séries VP6 e VC1 apresentaram, respetivamente, os coeficientes mínimos e máximos no período anterior e posterior à quebra, enquadrando-se entre -0,8 e -3,9 no primeiro e -1,9 e -7,6 no segundo. As rendibilidades internas desfasadas somente não foram significativas para o *VIX* e VP1. Enquanto nas opções de compra o sinal obtido foi positivo, já nas opções de venda o sinal foi negativo. A assimetria das rendibilidades positivas *versus* negativas só alcançou significância para o *VIX* no período posterior à data da maior quebra.

No que se refere à taxa de curto prazo, ela foi apenas significativa para o período que precedeu a quebra na série VC6. Já no período posterior a esta quebra, o declive da estrutura temporal das taxas foi significativo para as opções de venda. Neste mercado, os dados destas taxas não parecem conter um grande significado, dado não apresentarem um padrão que permita conclusões fidedignas. Tal é reforçado devido à pouca significância, obtida por elas, na amostra completa.

Nas presentes regressões, as rendibilidades contemporâneas e desfasadas do índice externo foram relevantes em ambos os períodos nas séries VC3, VP3 e VP6 e no período anterior à quebra nas séries VC6 e VP1. Para além destas, no período subsequente à quebra, a série VC1 teve nas rendibilidades contemporâneas do índice um fator importante.

No que concerne ao volume de transação do índice, ele foi significativo no *VIX*, VC1 e opções de venda no período anterior à quebra e nas séries VC3 e VP1 no período posterior à mesma. A hipótese da presença de resultados mais significativos no período inicial da amostra estar relacionada com a progressiva diminuição do volume de transação foi desconsiderada devido a este ter sofrido um expressivo incremento a partir de 2007.

Já o preço do petróleo demonstrou resultados interessantes no período antecedente à quebra, ao ser significativo no *VIX*, VC1, VC3 e VP3. Nas opções de compra a 3 meses também o foi no período que sucedeu a quebra.

Por fim, o prêmio de risco dos empréstimos interbancários manteve-se significativo nas séries VC1, VC3 e VP1, mas apenas no período anterior à data de quebra. Igualmente neste período apresentou relevância para a série VP3.

Os resultados para o mercado RU são apresentados na Tabela 12.

Neste, tal como para os EUA, as rendibilidades contemporâneas do índice interno mantiveram-se significativas. Verificou-se que, para as séries cuja quebra foi posterior ao início do segundo semestre de 2009, as rendibilidades tiveram um maior impacto a seguir a esta data. Já para as séries VP1 e VP3, que apresentam um maior equilíbrio na divisão da amostra, sucedeu o oposto. As rendibilidades desfasadas do *FTSE 100* mantiveram-se significativas para as opções de compra nos dois períodos. Já nas opções VP1 e VP3, onde tinham sido igualmente significativas nas regressões principais, só foram relevantes no período que antecedeu a data de quebra. O índice de volatilidade, que não tinha apresentado ligação com a rendibilidade desfasada nas primeiras regressões, foi influenciado por esta variável no período que sucedeu a quebra. A *dummy* de efeitos assimétricos foi significativa e positiva nos dois períodos na série VP6 e no período antecedente à quebra nas séries do índice de volatilidade, VC3 e VP3. No período posterior à quebra foi significativa na série VC1, mas o seu sinal foi negativo, o que é contrário ao que a teoria tem demonstrado conforme exposto no capítulo 5.4.

No que diz respeito à taxa de juro de curto prazo, esta apresentou resultados idênticos aos das regressões principais, na medida em que não foi possível obter um resultado significativo em nenhuma das séries estudadas. Quanto à estrutura temporal das taxas de juro, ela manteve-se significativa em todas as séries no período anterior à quebra. Já no período subsequente à mesma, foi significativa apenas nas séries VC6, VP1 e VP3.

A rendibilidade contemporânea do índice externo manteve-se significativa em todas as séries temporais e em todos os períodos. Já a rendibilidade desfasada do mesmo índice manteve-se significativa nas opções de compra e venda no período que precedeu a quebra. No período seguinte, foi significativa nas séries VC3, VC6 e VP6. Neste, foi igualmente significativo no índice de volatilidade, quando não o tinha sido nas regressões principais.

Tabela 12 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 01/02/02 e a data, referenciada na tabela, do maior valor de quebra, obtida para cada série através do teste de *Quandt-Andrews* e entre a última e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *FTSE 100* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd) do *FTSE 100*, a *dummy* (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *FTSE 100* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a rendibilidade contemporânea (sp500) e desfasada 1 dia (sp500d) do *S&P 500*, o volume de transação do *FTSE 100* (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	IV (12-05-2010)		VC1 (16-11-2010)		VC3 (06-04-2010)		VC6 (13-07-2009)		VP1 (28-12-2007)		VP3 (21-12-2007)		VP6 (17-06-2009)	
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t
r														
antes	-2,5264	-11,937**	-2,4298	-13,605**	-1,8654	-15,794**	-1,5062	-15,344**	-3,1762	-12,800**	-2,6134	-16,850**	-1,6105	-15,189**
depois	-3,0527	-10,305**	-4,0715	-10,406**	-2,6615	-12,903**	-1,9520	-12,834**	-2,6662	-11,220**	-1,9006	-13,359**	-1,6929	-10,616**
rd														
antes	0,0534	0,383	0,5008	4,194**	0,1778	2,416*	0,1629	3,131**	0,8092	3,474**	0,3483	2,798**	0,0755	1,397
depois	0,4143	2,333*	0,5915	2,146*	0,3703	2,981**	0,3769	3,589**	0,1222	0,959	0,0349	0,475	0,0962	1,110
dr*r														
antes	0,9299	2,593**	0,2661	1,202	0,3603	2,104*	0,2806	1,939	0,5372	1,773	0,6978	2,673**	0,3786	2,121*
depois	0,3516	0,931	-0,9209	-3,449**	0,1256	0,445	0,1804	0,962	0,6992	1,956	0,4516	1,922	0,4380	2,177*
t3														
antes	-0,0447	-0,995	0,0318	0,677	0,0014	0,050	0,0015	0,066	0,0412	0,456	0,0223	0,465	-0,0246	-1,256
depois	0,2769	1,293	0,1968	0,724	-0,0014	-0,009	-0,2272	-1,576	-0,0219	-0,453	-0,0321	-1,262	-0,0264	-0,189
t10														
antes	-0,0818	-3,364**	-0,0819	-2,662**	-0,0443	-2,179*	-0,0376	-2,177*	-0,1232	-2,540*	-0,0515	-2,052*	-0,0482	-3,352**
depois	-0,0283	-0,812	-0,0097	-0,176	-0,0438	-1,678	-0,0440	-2,079*	-0,0988	-3,029**	-0,0520	-2,701**	-0,0177	-0,928
sp500														
antes	-0,3342	-2,294*	-0,5132	-3,966**	-0,3266	-4,120**	-0,2797	-4,411**	-1,0087	-5,066**	-0,5987	-5,554**	-0,2228	-3,377**
depois	-0,9725	-4,583**	-0,9995	-2,756**	-0,6729	-4,303**	-0,7070	-5,312**	-0,4576	-2,711**	-0,3304	-3,306**	-0,4621	-3,589**
sp500d														
antes	-0,1553	-1,168	-0,6381	-4,349**	-0,3904	-4,321**	-0,3058	-4,682**	-0,6231	-2,770**	-0,5346	-4,481**	-0,2248	-3,586**
depois	-1,0439	-4,462**	-0,6089	-1,641	-0,5639	-3,387**	-0,4309	-3,153**	-0,2527	-1,507	-0,1964	-1,952	-0,4061	-3,104**

Tabela 12 (continuação) – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 01/02/02 e a data, referenciada na tabela, do maior valor de quebra, obtida para cada série através do teste de *Quandt-Andrews* e entre a última e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *FTSE 100* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do *FTSE 100*, a *dummy* (*dr*) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *FTSE 100* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (*t3*), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (*t10*), a rendibilidade contemporânea (*sp500*) e desfasada 1 dia (*sp500d*) do *S&P 500*, o volume de transação do *FTSE 100* (*vl*), o preço do petróleo (*pp*), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (*tt*) e as *dummies* de Segunda-Feira (*d2*) a Sexta-Feira (*d6*). *ar(t)* e *ma(t)* são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	IV (12-05-2010)		VC1 (16-11-2010)		VC3 (06-04-2010)		VC6 (13-07-2009)		VP1 (28-12-2007)		VP3 (21-12-2007)		VP6 (17-06-2009)	
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t
<i>vl</i>														
antes	0,0109	2,463*	0,0121	1,932	0,0079	2,338*	0,0069	2,806**	0,0169	2,020*	0,0097	2,298*	0,0066	2,747**
depois	-0,0014	-0,217	0,0104	0,832	0,0126	2,572*	0,0106	2,542*	-0,0054	-0,655	0,0053	1,368	0,0012	0,303
<i>pp</i>														
antes	0,1986	3,925**	0,2384	3,871**	0,1955	5,287**	0,1382	4,902**	0,0877	1,075	0,0160	0,361	0,0867	3,185**
depois	-0,1408	-0,990	0,2018	1,039	0,0547	0,551	0,1793	2,274*	0,0788	0,876	0,0139	0,266	-0,0601	-0,806
<i>tt</i>														
antes	0,0169	0,665	0,0783	2,199*	0,0235	1,409	0,0233	1,724	-0,0117	-0,264	-0,0146	-0,695	-0,0004	-0,035
depois	-0,0083	-0,071	0,0949	0,620	-0,0154	-0,160	-0,0940	-1,571	0,0441	0,977	0,0015	0,067	-0,0986	-1,682
<i>d2</i>														
antes	-0,0054	-2,032*	-0,0045	-1,045	-0,0004	-0,182	0,0007	0,373	-0,0047	-0,806	-0,0005	-0,185	0,0007	0,496
depois	0,0005	0,122	0,0186	2,641**	0,0057	1,542	0,0011	0,399	-0,0099	-2,246*	-0,0055	-2,188*	-0,0023	-0,859
<i>d3</i>														
antes	-0,0082	-2,747**	-0,0021	-0,491	-0,0034	-1,516	-0,0016	-1,109	-0,0059	-0,989	-0,0023	-0,978	-0,0026	-1,635
depois	-0,0058	-1,311	-0,0042	-0,675	-0,0020	-0,697	-0,0007	-0,292	-0,0035	-0,724	-0,0004	-0,167	-0,0010	-0,464
<i>d4</i>														
antes	-0,0031	-1,135	-0,0057	-1,538	0,0001	0,062	-0,0005	-0,319	0,0051	0,924	-0,0027	-1,060	-0,0037	-2,379*
depois	-0,0009	-0,235	-0,0050	-0,762	-0,0013	-0,443	0,0042	1,499	-0,0117	-2,549*	-0,0078	-3,031**	-0,0074	-2,881**
<i>d5</i>														
antes	0,0032	1,113	0,0113	3,303**	-0,0027	-1,264	-0,0018	-1,235	0,0138	3,019**	0,0025	1,027	-0,0005	-0,351
depois	0,0093	2,341*	0,0175	3,111**	0,0016	0,563	-0,0052	-2,042*	0,0133	2,953**	0,0042	1,607	0,0071	2,870**

Tabela 12 (continuação) – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 01/02/02 e a data, referenciada na tabela, do maior valor de quebra, obtida para cada série através do teste de *Quandt-Andrews* e entre a última e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *FTSE 100* com maturidades de 1, 3 e 6 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do *FTSE 100*, a *dummy* (*dr*) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *FTSE 100* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (*t3*), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (*t10*), a rendibilidade contemporânea (*sp500*) e desfasada 1 dia (*sp500d*) do *S&P 500*, o volume de transação do *FTSE 100* (*vl*), o preço do petróleo (*pp*), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (*tt*) e as *dummies* de Segunda-Feira (*d2*) a Sexta-Feira (*d6*). *ar*(*t*) e *ma*(*t*) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	IV (12-05-2010)		VC1 (16-11-2010)		VC3 (06-04-2010)		VC6 (13-07-2009)		VP1 (28-12-2007)		VP3 (21-12-2007)		VP6 (17-06-2009)		
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	
d6															
	antes	-0,0094	-3,779**	-0,0034	-1,048	-0,0012	-0,544	-0,0027	-1,617	-0,0125	-2,635**	-0,0045	-2,137*	-0,0021	-1,418
	depois	-0,0017	-0,447	0,0034	0,552	-0,0011	-0,338	0,0009	0,364	-0,0109	-2,604**	-0,0055	-2,222*	-0,0044	-1,967*
ar(1)															
	antes	0,0598	0,207	0,8004	9,712**			0,4103	2,036*	0,8411	9,431**			0,2745	0,787
	depois	0,8576	16,469**	0,9389	55,917**			0,1360	1,026	0,6411	2,427*			-0,0424	-0,324
ar(2)															
	antes	-0,0398	-0,768												
	depois	0,0134	0,272												
ar(3)															
	antes	-0,0205	-0,526												
	depois	0,0153	0,410												
ma(1)															
	antes	-0,1811	-0,629	-1,1907	-8,923**	-0,3364	-5,568**	-0,5556	-3,553**	-1,3307	-9,351**	-0,2921	-5,682**	-0,3572	-1,044
	depois	-0,9378	-23,676**	-1,3242	-29,616**	-0,2357	-5,976**	-0,5256	-5,024**	-0,9010	-3,349**	-0,1952	-5,368**	-0,3661	-3,410**
ma(2)															
	antes			0,2691	2,745**	0,0666	1,115			0,3795	3,369**				
	depois			0,3264	7,355**	-0,0202	-0,516			0,1386	1,590				
ma(3)															
	antes					-0,0805	-1,684								
	depois					-0,0838	-2,250*								

O volume de transação do *FTSE 100* foi significativo e positivo em todas as séries temporais antes da quebra, com exceção da série VC1, e a seguir à quebra nas séries VC3 e VC6. No entanto não foi significativo para a série VC1 em nenhum dos períodos, quando o tinha sido para a amostra completa.

Em relação à variável do preço do petróleo, verificou-se que esta deixou de ser significativa nas séries VP1 e VP3, mantendo-se importante e com relação positiva com a volatilidade nas restantes séries no período anterior à quebra. No período posterior a esta foi somente significativo na série VC6.

O prémio de risco dos empréstimos interbancários continuou a não ter relevância nestas regressões, verificando-se apenas que foi significativo na série VC1 no período que antecedeu a data de maior quebra.

Em resumo, os resultados da análise de estabilidade dos parâmetros da regressão podem ser divididos em dois aspetos centrais: o primeiro revelou que, na generalidade, somente as rendibilidades contemporâneas dos índices internos e externos mantiveram o seu padrão de comportamento. A relação das demais variáveis com a volatilidade foi, em geral, instável; o segundo aspeto está relacionado com o facto de se ter recorrido a uma divisão da amostra. Esta, essencialmente para o período posterior à data de quebra, conteve dados para um número relativamente reduzido de anos. Deste modo, os resultados não serão, possivelmente, tão rigorosos quanto os obtidos para a amostra completa.

5.8 ANÁLISE PARA TODAS AS MATURIDADES DISPONÍVEIS

Tal como exposto no capítulo relativo aos dados utilizados, a *Datastream* apenas disponibiliza os valores para as maturidades de 2, 9, 12, 24 e 36 meses a partir de 19 de Junho de 2008 no caso do mercado Norte-Americano e a partir de 25 de Novembro de 2005 no mercado Britânico. Deste modo, a análise para todas as maturidades disponíveis foi efetuada somente a partir destas datas.

Inicialmente procedeu-se à modelização da autocorrelação das novas séries de volatilidade nos mesmos moldes do que foi realizado para o período completo da amostra. No seguimento, e aplicando a correção de *White* quando necessário, foram reestimadas as regressões para todas as maturidades. Os resultados para o mercado dos Estados Unidos são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 19/06/08 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 2, 3, 6, 9, 12, 24 e 36 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do *S&P 500*, a *dummy* (*dr*) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (*t3*), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (*t10*), a rendibilidade contemporânea (*msci*) e desfasada 1 dia (*mscid*) do *MSCI EAFE*, o volume de transação do *S&P 500* (*vl*), o preço do petróleo (*pp*), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (*tt*) e as *dummies* de Segunda-Feira (*d2*) a Sexta-Feira (*d6*). *ar(t)* e *ma(t)* são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	VIX		VC1		VC2		VC3		VC6		VC9		VC12		VC24		VC36	
	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t
<i>r</i>	-3,2601	-11,507**	-4,3592	-13,307**	-3,5168	-12,702**	-3,2313	-14,587**	-2,7741	-16,179**	-2,4012	-14,543**	-2,0833	-12,196**	-1,4709	-12,309**	-1,5356	-8,825**
<i>rd</i>	0,4056	2,880**	1,0849	4,148**	0,9743	5,378**	0,9735	6,118**	0,7437	5,412**	0,8133	5,705**	0,7485	6,206**	0,4632	6,063**	0,9823	5,505**
<i>dr*r</i>	0,5991	1,748	0,1715	0,504	0,1427	0,512	0,2544	0,980	0,1476	0,590	0,1729	0,976	0,1332	0,784	0,3049	1,863	0,1261	0,427
<i>t3</i>	0,0671	0,799	0,0307	0,372	0,0398	0,523	0,0618	1,101	0,0715	1,498	0,0693	0,985	0,0162	0,296	0,0040	0,101	0,0063	0,115
<i>t10</i>	-0,0659	-2,752**	-0,1017	-2,751**	-0,0711	-2,500*	-0,0625	-2,670**	-0,0207	-1,131	-0,0258	-1,481	-0,0292	-1,838	-0,0148	-1,374	0,0033	0,219
<i>msci</i>	-0,5028	-2,995**	0,1825	0,706	0,1605	0,794	0,2654	1,639	0,3617	2,656**	0,3075	2,354*	0,1759	1,543	0,0515	0,598	0,1461	0,842
<i>mscid</i>	-0,0430	-0,342	-0,2673	-1,161	-0,4107	-2,303*	-0,4995	-3,219**	-0,3614	-2,802**	-0,4472	-3,615**	-0,4310	-3,865**	-0,2712	-3,802**	-0,5078	-2,317*
<i>vl</i>	0,0250	2,950**	0,0236	1,991*	0,0149	1,644	0,0117	1,509	0,0072	1,376	0,0042	0,807	0,0041	0,761	0,0018	0,463	-0,0016	-0,275
<i>pp</i>	0,0646	1,000	0,0793	0,838	0,0644	0,844	0,0663	1,045	0,0659	1,351	0,0434	0,864	0,0595	1,452	0,0329	1,022	0,0086	0,167
<i>tt</i>	0,1187	1,936	0,1163	1,887	0,0780	1,690	0,0888	2,206*	0,0439	1,306	0,0071	0,173	-0,0045	-0,128	0,0094	0,314	0,0066	0,172
<i>d2</i>	0,0075	2,050*	0,0209	4,142**	0,0039	1,078	0,0036	1,193	-0,0015	-0,703	-0,0007	-0,312	-0,0024	-1,130	-0,0026	-1,733	-0,0033	-1,277
<i>d3</i>	-0,0043	-1,390	0,0057	1,113	0,0014	0,370	-0,0040	-1,259	0,0016	0,653	-0,0014	-0,661	-0,0015	-0,641	-0,0019	-1,317	0,0025	0,783
<i>d4</i>	-0,0021	-0,777	-0,0064	-1,289	-0,0009	-0,243	-0,0002	-0,078	0,0010	0,425	0,0034	1,719	0,0017	0,831	0,0004	0,291	-0,0014	-0,548
<i>d5</i>	-0,0064	-2,170*	-0,0078	-1,732	-0,0020	-0,575	-0,0016	-0,558	-0,0016	-0,695	-0,0003	-0,165	0,0009	0,408	-0,0019	-1,300	-0,0028	-1,234
<i>d6</i>	-0,0071	-2,209*	-0,0129	-2,619**	-0,0038	-1,123	-0,0021	-0,724	-0,0018	-0,796	-0,0032	-1,512	-0,0014	-0,689	-0,0019	-1,190	0,0013	0,498
<i>ar(1)</i>	0,5456	3,232**	-0,7925	-9,896**	0,7232	3,556**	0,6270	1,937			0,9876	134,782**	0,5633	0,316				
<i>ar(2)</i>			0,1987	2,488*														
<i>ma(1)</i>	-0,6538	-4,284**	0,3966	7,574**	-1,1222	-5,225**	-1,0034	-3,014**	-0,3494	-8,350**	-1,3816	-25,974**	-1,0128	-0,577	-0,2618	-4,226**	-0,5512	-8,086**
<i>ma(2)</i>			-0,6008	-11,476**	0,2528	2,282*	0,2045	1,382			0,3830	7,227**	0,2692	0,364				

Tabela 13 (continuação) – Coeficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA, entre 19/06/08 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas de opções de venda sobre o *S&P 500* com maturidades de 1, 2, 3, 6, 9, 12, 24 e 36 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (*r*) e desfasada 1 dia (*rd*) do *S&P 500*, a *dummy* (*dr*) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do *S&P 500* respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (*t3*), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (*t10*), a rendibilidade contemporânea (*msci*) e desfasada 1 dia (*mscid*) do *MSCI EAFE*, o volume de transação do *S&P 500* (*vl*), o preço do petróleo (*pp*), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (*tt*) e as *dummies* de Segunda-Feira (*d2*) a Sexta-Feira (*d6*). *ar*(*t*) e *ma*(*t*) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	VP1		VP2		VP3		VP6		VP9		VP12		VP24		VP36	
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t
<i>r</i>	-2,2773	-8,060**	-1,6439	-7,635**	-1,0784	-4,278**	-0,9251	-5,597**	-0,6683	-4,708**	-0,6571	-5,686**	-0,5316	-4,640**	0,1832	0,798
<i>rd</i>	-0,0845	-0,364	-0,1195	-0,760	-0,3000	-1,871	-0,2106	-1,777	-0,3209	-2,030*	-0,3191	-2,834**	-0,1401	-1,774	-0,3134	-1,674
<i>dr*r</i>	-0,1180	-0,392	-0,1035	-0,414	-0,1787	-0,656	0,0403	0,244	0,0276	0,177	0,0511	0,366	0,1334	0,928	0,0634	0,258
<i>t3</i>	-0,0387	-0,447	-0,0383	-0,530	-0,0161	-0,221	-0,0036	-0,061	0,0105	0,154	0,0004	0,008	-0,0114	-0,360	-0,1099	-1,671
<i>t10</i>	-0,0848	-2,729**	-0,0565	-2,540*	-0,0593	-2,415*	-0,0525	-3,065**	-0,0387	-2,350*	-0,0298	-2,355*	-0,0183	-1,582	-0,0511	-2,388*
<i>msci</i>	-0,9234	-3,918**	-0,8798	-5,168**	-1,1338	-5,890**	-0,7295	-5,724**	-0,5719	-4,195**	-0,5524	-5,346**	-0,6772	-6,875**	-0,8602	-4,084**
<i>mscid</i>	0,0999	0,503	0,0994	0,693	0,3127	2,051*	0,1666	1,651	0,1010	0,731	0,1738	1,845	0,1240	1,444	0,2517	1,363
<i>vl</i>	0,0363	3,020**	0,0198	2,317*	0,0147	2,014*	0,0087	1,773	0,0033	0,675	0,0029	0,704	0,0028	0,948	-0,0031	-0,531
<i>pp</i>	0,0422	0,481	-0,0086	-0,120	-0,0325	-0,522	-0,0595	-1,354	-0,1432	-2,911**	-0,0708	-1,918	0,0496	1,256	-0,0183	-0,385
<i>tt</i>	0,1390	2,263*	0,0827	1,817	0,0472	0,994	0,0385	1,070	0,0561	1,268	0,0350	0,996	-0,0068	-0,311	-0,0783	-1,663
<i>d2</i>	0,0230	4,449**	0,0101	2,791**	0,0078	2,400*	0,0007	0,336	0,0013	0,577	0,0020	1,174	-0,0012	-0,794	0,0011	0,429
<i>d3</i>	-0,0109	-2,077*	-0,0068	-1,774	-0,0057	-1,811	-0,0036	-1,672	-0,0026	-1,155	-0,0040	-2,334*	-0,0015	-1,099	-0,0042	-1,606
<i>d4</i>	0,0022	0,436	0,0040	1,127	0,0036	1,245	0,0015	0,722	0,0017	0,785	0,0020	1,213	-0,0005	-0,343	-0,0027	-1,072
<i>d5</i>	-0,0087	-1,819	0,0008	0,246	0,0033	1,038	0,0005	0,244	0,0008	0,369	-0,0008	-0,426	0,0001	0,089	0,0058	2,043*
<i>d6</i>	-0,0001	-0,012	-0,0046	-1,213	-0,0038	-1,198	-0,0003	-0,152	-0,0020	-0,759	-0,0007	-0,352	-0,0008	-0,400	-0,0029	-0,928
<i>ar</i> (1)			0,1107	1,405					0,0440	0,462	-0,0167	-0,162				
<i>ma</i> (1)	-0,4767	-12,678**	-0,5349	-8,224**	-0,4276	-11,005**	-0,3372	-7,776**	-0,5260	-7,822**	-0,3903	-4,403**	-0,3872	-4,645**	-0,6129	-12,418**
<i>ma</i> (2)							-0,0874	-2,239*								

Neste, à exceção das opções de venda a 3 anos onde não foi significativa, a rendibilidade do *S&P 500* obteve um resultado significativo de 1% na sua relação com a volatilidade. Porém, para as maturidades comparáveis (1, 3 e 6 meses), os coeficientes desta variável tiveram um impacto ligeiramente inferior ao obtido nas regressões para o período total da análise. Verificou-se, adicionalmente, que este foi diminuindo com o aumento da maturidade. Houve uma variação entre o valor de -4,4 da série VC1 e -1,5 da série VC36 e entre -2,3 da série VP1 até -0,5 da série VP24. Este resultado era expectável por dois motivos. Em primeiro lugar, as rendibilidades contemporâneas e as volatilidades extraídas de maturidades mais curtas referem-se a um período relativamente próximo, ao contrário do que ocorre para as maturidades mais longas. Em segundo lugar, o facto do cálculo de volatilidades implícitas com maturidades longas incluir um maior ruído quando comparado com o cálculo para maturidades mais curtas também poderá ter influência na relação com as variáveis explicativas.

Em relação às rendibilidades desfasadas do índice interno verificou-se que, tal como para a amostra completa, apresentou uma relação significativa a 1% com o índice interno e as opções de compra. Já no que respeita às opções de venda, existiu unicamente significância para as séries VP9 e VP12. No que se refere às maturidades comparáveis, verificou-se que o impacto sobre a volatilidade foi superior para o *VIX* e inferior para as opções de compra relativamente à amostra completa. Inversamente ao que ocorreu naquelas, o impacto das rendibilidades desfasadas variou com a maturidade da opção. O valor mínimo foi de 0,46 na série VC24, ainda assim superior aos 0,4 do *VIX*, e o máximo de 1,08 na série VC1.

A variável de efeitos assimétricos não foi significativa em nenhuma das séries dos EUA, ao contrário do que sucedeu anteriormente para o *VIX*. Do mesmo modo, a taxa de juro de curto prazo não se revelou significativa para nenhuma série de volatilidade.

Já o declive das taxas de juro obteve um impacto significativo contrário ao da volatilidade no *VIX*, opções de compra entre 1 e 3 meses e opções de venda entre 1 e 12 meses. No período total da amostra, tal só tinha sido visualizado nas opções de venda a 3 e 6 meses. O valor dos coeficientes, tal como nas primeiras regressões, foi diminuto, variando entre -0,03 na série VP12 e -0,10 na série VC1.

Os resultados para o índice externo foram semelhantes aos obtidos para as regressões da amostra completa. Tal como para estas, o *MSCI* demonstrou ligação significativa com o *VIX* e todas as opções de venda. Os coeficientes variaram entre -0,5

para o primeiro e -1,1 para as últimas na maturidade de 3 meses. Nas opções de compra, o *MSCI* foi apenas relevante nas séries VC6 e VC9 com valores de 0,4 e 0,3 respectivamente. As rendibilidades externas desfasadas obtiveram coeficientes significativos, que variaram entre -0,3 e -0,5, para as séries das opções de compra entre 2 meses e 36 meses. Nas restantes foram apenas significativas para a série VP3 com o valor de 0,3.

Em relação ao volume de transação do *S&P 500*, verificou-se que, comparativamente às regressões para o período total, deixou de ser significativo nas séries VC3 e VP6. Às séries do VIX, VC1, VP1 e VP3 juntou-se, nestas novas regressões, a série VP2 como igualmente significativa e com relação direta à evolução da volatilidade. Já o preço do petróleo não manteve a sua relevância nas séries VC3 e VC6, conseguindo apenas ligação à volatilidade na série VP9. Por fim, o prémio de risco interbancário deixou de ser significativo para a série VC1, mantendo-se, nas novas regressões, relevante e com o mesmo sinal positivo nas séries VC3 e VP1.

A tabela 14 mostra os resultados obtidos para o mercado do RU. As volatilidades deste mercado mantiveram a ligação significativa e contrária à rendibilidade contemporânea do índice interno, com exceção das séries VC24 e VC36. Conforme obtido para o mercado Norte-Americano, o impacto das rendibilidades evoluiu contrariamente ao aumento da maturidade. Apesar deste ser superior para as opções de compra em relação às opções de venda, a diferença não foi tão acentuada como nos EUA. Os valores variaram entre -1,1 da série VC12 e -3,1 da série VC1 e entre -0,6 da série VP36 e -2,8 da série VP1. O valor obtido para o índice de volatilidade foi semelhante ao desta última série.

Tal como nas regressões para a amostra inicial, a rendibilidade desfasada do *FTSE 100* obteve um resultado de sinal positivo na relação com a volatilidade, situando-se os seus coeficientes significativos entre os 0,2 e os 0,3. Contudo, os valores da série VP3 deixaram de ser relevantes nestas regressões comparativamente às regressões para o período total. Nas novas maturidades destacaram-se, como significativas, as séries VC2 e VC9.

Tabela 14 - Coeficientes e t de Student, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 25/11/05 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra sobre o FTSE 100 com maturidades de 1, 2, 3, 6, 9, 12, 24 e 36 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd) do FTSE 100, a dummy (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do FTSE 100 respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a rendibilidade contemporânea (sp500) e desfasada 1 dia (sp500d) do S&P 500, o volume de transação do FTSE 100 (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	IV		VC1		VC2		VC3		VC6		VC9		VC12		VC24		VC36		
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	
r	-2,7400	-12,016**	-3,0835	-13,539**	-2,2860	-13,777**	-2,1755	-16,299**	-1,6919	-15,981**	-1,3681	-14,492**	-1,1485	-10,854**	-0,3659	-0,604	-0,4892	-0,919	
rd	-0,0842	-0,552	0,3431	2,389*	0,2227	2,073*	0,1702	2,330*	0,1652	2,834**	0,2041	3,237**	0,1220	1,628	-0,3291	-0,982	0,2161	0,703	
dr*r	0,8383	2,170*	0,5662	1,712	0,2505	1,079	0,3302	1,578	0,2452	1,496	0,1090	0,800	0,0383	0,266	-0,2675	-0,569	-1,0600	-1,662	
t3	-0,0497	-0,949	-0,0088	-0,159	0,0027	0,070	-0,0094	-0,311	-0,0035	-0,140	-0,0014	-0,062	-0,0209	-0,729	-0,1780	-1,440	-0,0333	-0,252	
t10	-0,1062	-4,181**	-0,1223	-3,740**	-0,0814	-3,416**	-0,0732	-3,641**	-0,0554	-3,243**	-0,0439	-2,730**	-0,0366	-2,105*	-0,0713	-0,804	-0,0635	-0,724	
sp500	-0,3308	-1,902	-0,5937	-3,563**	-0,4917	-3,992**	-0,3473	-3,617**	-0,3168	-4,017**	-0,2941	-3,750**	-0,2301	-2,472*	0,0352	0,052	0,0089	0,022	
sp500d	-0,0062	-0,038	-0,3297	-1,746	-0,3252	-2,321*	-0,1955	-1,951	-0,1984	-2,479*	-0,2598	-3,130**	-0,2463	-2,615**	-0,7024	-1,564	0,2506	0,576	
vl	0,0062	1,289	0,0115	1,607	0,0128	2,515*	0,0108	3,104**	0,0112	4,204**	0,0110	3,914**	0,0079	2,075*	0,0109	0,378	0,0236	0,897	
pp	0,2038	3,008**	0,3578	4,239**	0,1934	3,138**	0,1806	3,699**	0,1228	3,164**	0,0992	2,669**	0,0710	1,607	0,1406	0,595	0,2560	0,794	
tt	0,0285	0,632	0,0994	2,061*	0,0757	2,388*	0,0471	2,015*	0,0356	1,992*	0,0326	2,024*	0,0261	1,362	-0,2241	-2,175*	-0,1353	-1,257	
d2	-0,0068	-2,393*	0,0000	-0,009	0,0031	0,757	0,0009	0,353	-0,0003	-0,162	0,0000	0,010	-0,0018	-0,913	0,0188	1,474	-0,0040	-0,375	
d3	-0,0097	-2,904**	-0,0075	-1,515	-0,0035	-0,932	-0,0038	-1,763	-0,0022	-1,338	-0,0013	-0,852	-0,0004	-0,223	-0,0158	-1,403	0,0095	0,794	
d4	-0,0023	-0,742	-0,0097	-2,178*	-0,0034	-1,007	0,0000	0,017	0,0020	1,003	0,0037	1,819	0,0047	1,927	0,0092	0,624	0,0258	1,693	
d5	0,0043	1,332	0,0076	1,953	0,0023	0,793	-0,0016	-0,756	-0,0030	-1,773	-0,0029	-1,609	-0,0029	-1,219	0,0077	0,550	-0,0150	-0,911	
d6	-0,0071	-2,463*	-0,0026	-0,672	-0,0015	-0,529	-0,0014	-0,690	-0,0004	-0,269	0,0001	0,085	0,0012	0,561	-0,0106	-0,522	0,0241	1,689	
ar(1)	0,5759	2,764**					0,2908	2,315*							0,1537	0,248	-1,5688	-23,131**	
ar(2)																		-1,1743	-11,987**
ar(3)																		-0,1407	-2,035*
ma(1)	-0,6608	-3,486**	-0,4109	-6,925**	-0,4396	-5,033**	-0,5058	-5,097**	-0,2658	-6,362**	-0,3822	-7,628**	-0,4099	-7,337**	-0,5474	-1,011	1,4492	1011,853**	
ma(2)															-0,0786	-0,368	1,0000	566983,80**	
ma(3)															0,1377	1,127			

Tabela 14 - Coeficientes e t de Student, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para o RU, entre 25/11/05 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas de opções de venda sobre o FTSE 100 com maturidades de 1, 2, 3, 6, 9, 12, 24 e 36 meses. As variáveis independentes são a rendibilidade contemporânea (r) e desfasada 1 dia (rd) do FTSE 100, a dummy (dr) de valor 1 e 0 para rendibilidades positivas e negativas do FTSE 100 respetivamente, a taxa dos bilhetes do tesouro a 3 meses (t3), o declive da estrutura temporal das taxas de juro (t10), a rendibilidade contemporânea (sp500) e desfasada 1 dia (sp500d) do S&P 500, o volume de transação do FTSE 100 (vl), o preço do petróleo (pp), o prémio de risco dos empréstimos interbancários (tt) e as *dummies* de Segunda-Feira (d2) a Sexta-Feira (d6). ar(t) e ma(t) são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem t. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

	VP1		VP2		VP3		VP6		VP9		VP12		VP24		VP36	
	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t	Coeficiente	Teste t
r	-2,7992	-12,131**	-2,1902	-12,403**	-2,0314	-14,876**	-1,6246	-15,406**	-1,3638	-15,063**	-1,1552	-13,054**	-0,8602	-5,434**	-0,5934	-1,989*
rd	0,3143	2,176*	0,2408	1,945	0,1288	1,728	0,0674	1,196	0,0692	1,273	-0,0170	-0,302	-0,0336	-0,299	0,2520	0,908
dr*r	0,4834	1,473	0,2635	1,108	0,3697	1,618	0,3406	1,991*	0,3336	2,471*	0,3499	2,729**	0,4416	2,584**	0,6011	1,849
t3	-0,0023	-0,045	0,0042	0,118	-0,0007	-0,025	0,0036	0,162	0,0184	0,913	0,0239	1,083	0,0717	1,813	0,1310	1,404
t10	-0,0969	-3,215**	-0,0669	-2,892**	-0,0443	-2,525*	-0,0321	-2,277*	-0,0225	-1,694	-0,0118	-0,870	0,0180	0,772	0,0496	1,058
sp500	-0,5620	-3,308**	-0,4691	-3,696**	-0,3595	-3,640**	-0,2407	-3,197**	-0,1811	-2,740**	-0,1126	-1,610	0,0892	0,709	0,3214	1,076
sp500d	-0,4055	-2,197*	-0,3951	-2,605**	-0,2751	-2,745**	-0,2056	-2,689**	-0,1912	-2,513*	-0,1686	-2,064*	-0,1105	-0,796	-0,2140	-0,641
vl	0,0001	0,012	0,0115	1,881	0,0072	1,934	0,0042	1,596	0,0027	1,073	0,0016	0,578	-0,0038	-0,584	-0,0042	-0,283
pp	0,2497	2,941**	0,1626	2,393*	0,0840	1,804	0,0544	1,544	0,0432	1,322	0,0405	1,151	0,1348	1,717	0,2239	1,368
tt	0,0368	0,727	0,0265	0,828	0,0187	0,825	0,0158	0,923	0,0255	1,684	0,0417	2,754**	0,0475	1,187	0,0588	0,662
d2	-0,0050	-0,931	-0,0027	-0,521	-0,0042	-1,849	-0,0022	-1,295	-0,0001	-0,079	0,0009	0,541	0,0058	1,770	0,0074	1,232
d3	-0,0059	-1,078	-0,0035	-0,674	-0,0005	-0,209	-0,0011	-0,650	-0,0017	-1,120	-0,0016	-1,004	-0,0006	-0,189	0,0029	0,485
d4	-0,0033	-0,719	0,0002	0,052	-0,0046	-2,005*	-0,0045	-2,495*	-0,0042	-2,431*	-0,0049	-2,646**	-0,0062	-1,753	-0,0111	-1,498
d5	0,0144	3,544**	0,0099	2,565*	0,0064	2,829**	0,0041	2,419*	0,0030	1,775	0,0026	1,387	-0,0009	-0,236	-0,0048	-0,668
d6	-0,0098	-2,235*	-0,0072	-1,900	-0,0043	-2,114*	-0,0035	-2,232*	-0,0039	-2,734**	-0,0046	-2,926**	-0,0087	-2,341*	-0,0096	-1,510
ar(1)			-0,5732	-4,169**	0,1541	1,133	-0,0139	-0,099								
ar(2)			-0,3336	-2,346*												
ma(1)	-0,4443	-7,923**			-0,3781	-3,264**	-0,2477	-1,976*	-0,3341	-7,267**	-0,3777	-8,052**	-0,4112	-5,872**	-0,3511	-4,194**
ma(2)															-0,0652	-1,026
ma(3)															-0,0867	-1,619

A variável *dummy* reveladora de assimetria entre rendibilidades positivas e negativas manteve-se significativa no índice de volatilidade e na série VP6 em comparação com as primeiras regressões. No entanto, apesar de ser igualmente significativa na série VP9 exclusiva das novas maturidades, deixou de o ser na série VP3. Tal como anteriormente, tendo em conta que os coeficientes foram positivos, verificou-se que as rendibilidades negativas obtiveram um impacto na volatilidade superior às rendibilidades positivas.

Nestas regressões, a taxa de juro de curto prazo para as opções do RU continuou a não ser relevante na ligação à volatilidade. Já o declive das taxas de juro manteve a sua importância neste mercado, ao ser significativo no índice de volatilidade, séries VC1 a VC12 e séries VP1 a VP6. O seu coeficiente permaneceu negativo, variando entre -0,03 na série VP6 e -0,12 na série VC1.

Quanto ao índice externo, a relação com a volatilidade foi significativa e inversa, tal como anteriormente obtido nas regressões iniciais. O impacto do *S&P 500* foi significativo nas séries VC1 a VC12 e VP1 a VP9, mas deixou de o ser no índice de volatilidade. Tal como no índice interno, a influência externa foi diminuindo à medida que a maturidade das opções aumentou. Os valores variaram entre -0,6 e -0,2 tanto entre as séries VC1 e VC12 como entre as séries VP1 e VP9. No que concerne à rendibilidade desfasada 1 dia do *S&P 500*, verificou-se que os coeficientes significativos das séries VC2, VC6 a VC12 e VP1 a VP12 se enquadraram entre -0,2 e -0,4.

Em relação ao volume de transação do *FTSE 100*, este foi somente significativo nas séries VC2 a VC12, variando entre os valores de 0,013 e 0,008 destas séries. Já o preço do petróleo manteve a sua importância, ao ser significativo nas séries do índice de volatilidade, das opções de compra até 9 meses e das opções de venda de 1 e 2 meses. O sinal do coeficiente foi positivo, tal como ocorreu nas regressões iniciais.

Ao contrário do que sucedeu naquelas, o prémio de risco interbancário, passou, nas novas regressões, a ter relevância em algumas séries. Os valores significativos enquadraram-se entre os 0,03 e os 0,10 para as séries VC1 a VC9 e VP12. Para a série VC24 obteve-se o único valor significativo negativo de -0,22.

Em suma, verificou-se que as rendibilidades dos índices internos e externos para os EUA e RU mantiveram, nestas regressões, o elevado relevo na ligação com a volatilidade. Grande parte das variáveis explicativas sofreu alterações nesta ligação, pelo que a sua relação com a dinâmica da volatilidade não apresenta robustez em relação ao período de análise considerado. No entanto, o volume de transação nos EUA

e o declive das taxas de juro e preço do petróleo no RU conservaram, na generalidade, a ligação à volatilidade, já verificada quando considerado um período de análise mais alargado.

Para além do estudo da relevância dos fatores na dinâmica da volatilidade, também se levou a cabo a análise do ajustamento das regressões para todas as maturidades. As figuras 7 e 8 permitem, para os mercados dos EUA e RU respetivamente, observar a evolução deste ajustamento ao longo da maturidade das opções, bem como compará-lo com o obtido nas regressões iniciais.

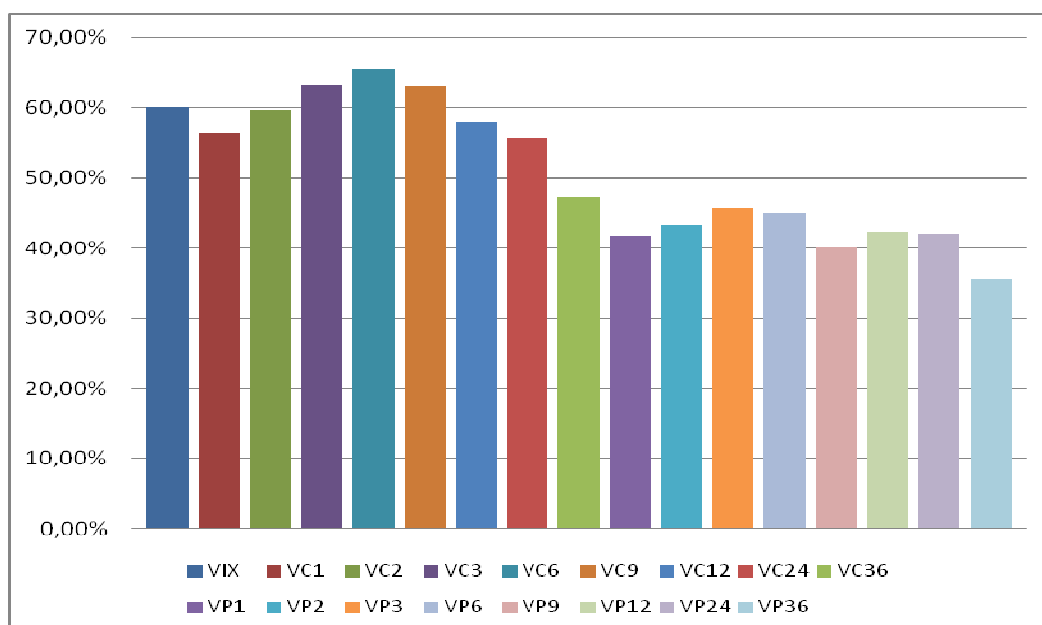


Figura 7 – Valores do R² ajustado para a regressão da equação 1, no mercado dos Estados Unidos, para o período entre 19 de Junho de 2008 e 1 de Agosto de 2013.

No mercado dos EUA notou-se, ao ultrapassar em algumas maturidades a barreira dos 60%, que o ajustamento foi superior ao obtido nas regressões para a amostra completa. Tal como nestas, o R² ajustado das opções de compra aumentou até à maturidade de 6 meses, desde 56% na série VC1 até ao ponto máximo de 66% na série VC6. O mesmo foi verificado nas opções de venda, com um aumento de 3% entre a série VP1 e os 45% máximos da série VP6. Já o comportamento a seguir à maturidade de 6 meses diferiu entre as opções de compra e de venda. Se nas primeiras a quebra foi contínua, já nas últimas visualizou-se um aumento entre as maturidades de 9 e 12 meses. Em consonância com o que ocorreu nas regressões iniciais, os valores da adequabilidade foram expressivamente superiores no VIX (60%) e nas opções de

compra em relação às opções de venda. Mesmo o menor ajustamento (47%) da volatilidade das opções de compra a 3 anos foi superior ao R^2 ajustado de qualquer das opções de venda.

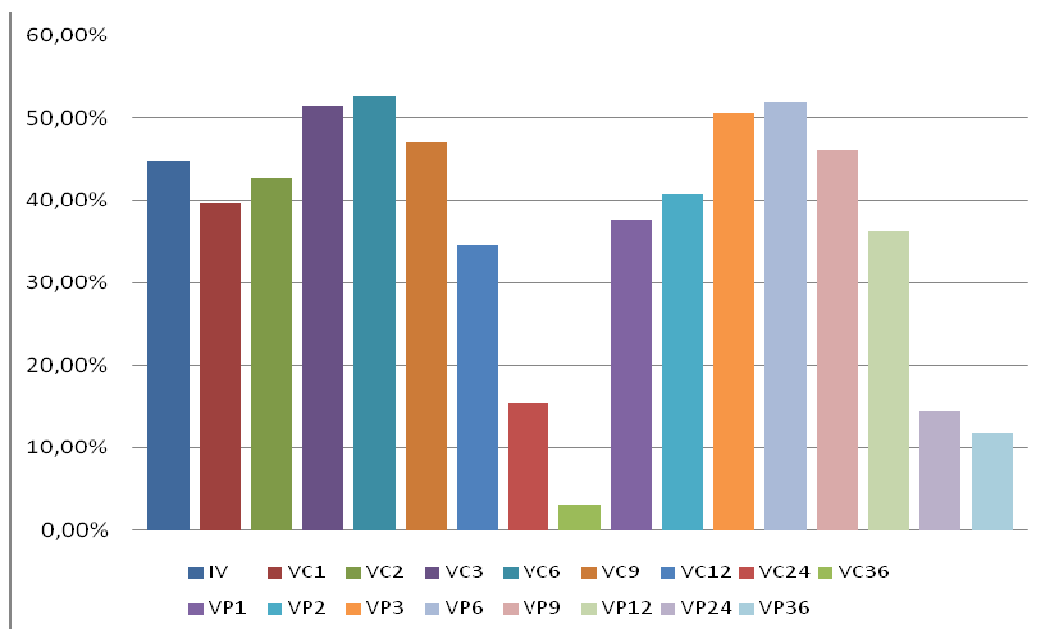


Figura 8 – Valores do R^2 ajustado para a regressão da equação 1, no mercado do Reino Unido, para o período entre 25 de Novembro de 2005 e 1 de Agosto de 2013.

Assim como no mercado dos EUA, também no mercado do RU o ajustamento das regressões foi superior, quando comparado com as maturidades semelhantes das regressões originais. Para este mercado, tanto para as opções de compra como para as opções de venda, o R^2 ajustado cresceu até à maturidade de 6 meses, desde valores pouco inferiores a 40% até valores pouco superiores a 50%. A partir desse ponto foi diminuindo progressivamente. Esta quebra foi, ao contrário do que sucedeu no outro mercado em estudo, muito acentuada. Nas opções de compra, o ajustamento diminuiu de valores próximos de 50% para a maturidade de 9 meses até um valor de 3% para a maturidade de 3 anos. Já nas opções de venda, a maturidade de 12 meses ainda obteve um ajustamento algo relevante de 36%. No entanto, nas outras duas maturidades baixou para valores pouco superiores a 10%.

Em geral, verificou-se que o ajustamento das regressões diminuiu consideravelmente nas maturidades mais longas, particularmente no mercado do RU. Tinha-se visualizado anteriormente, através dos coeficientes associados às variáveis explicativas, uma diminuição do impacto das rendibilidades à medida que a maturidade

das opções aumentou. Dado ter sido esta variável a oferecer a maior parte do ajustamento às regressões, é natural que a diminuição da sua importância ao longo da maturidade se traduza num menor ajustamento das regressões com o prolongamento das mesmas maturidades.

Os resultados para este capítulo confirmaram a importância da influência das rendibilidades dos índices de ações sobre a volatilidade. Contudo, dado que o período da amostra reduziu consideravelmente, a análise para todas as maturidades não pode ser considerada tão fiável como a análise para o período mais alargado. Verificou-se, adicionalmente, que alguns dos resultados divergiram dos anteriormente obtidos, em particular no mercado dos EUA. Tal poderá ser atribuído ao facto de o novo período englobar dados para apenas 5 anos. Como o mercado do RU abarca, neste capítulo, um período superior ao dos EUA em quase 3 anos, é natural que os resultados para este mercado tenham demonstrado menos instabilidade.

6. CONCLUSÃO

Esta dissertação teve como objetivo primordial relacionar fatores económicos e financeiros com a dinâmica da volatilidade implícita. Para tal, recorreu-se a uma análise de regressão linear, em que a última se apresentou como a variável a explicar e os primeiros como as variáveis explicativas. Foi analisada a evolução da volatilidade implícita, obtida através de índices de volatilidade e opções de compra e venda sobre índices de ações com maturidades de 1, 3 e 6 meses, para o mercado dos EUA e RU entre 2002 e 2013.

Os valores e significância dos coeficientes da regressão demonstraram que as rendibilidades contemporâneas dos índices internos tiveram, em todas as séries temporais dos mercados dos EUA e do RU, um considerável impacto sobre a evolução da volatilidade implícita. A sua influência ocorreu em sentido contrário ao da volatilidade. Esta relação vai ao encontro do que a teoria financeira tem demonstrado ao longo dos anos (e.g. Schwert 1989). De igual modo, em grande parte das séries temporais, as rendibilidades desfasadas dos índices internos obtiveram resultados expressivos. No entanto, à exceção das opções de venda nos EUA, o sinal dos seus coeficientes foi positivo. Quanto às diferenças entre a influência das rendibilidades positivas e negativas do índice na volatilidade, verificou-se que estas foram relevantes no caso das séries correspondentes aos índices de volatilidade. Aqui, tal como em várias investigações (e.g. Nelson 1991), comprovou-se que as rendibilidades negativas têm um maior impacto na evolução da volatilidade, quando comparadas com as rendibilidades positivas.

As rendibilidades contemporâneas dos índices externos (*MSCI EAFE* para os EUA e *S&P500* para o RU) demonstraram, igualmente, uma elevada ligação à volatilidade implícita. Já a rendibilidade desfasada do índice externo foi mais importante no RU, quando comparada com os EUA. A justificação para este resultado poderá residir no facto de alguma da informação do dia anterior nos EUA só poder ser incorporada no mercado do RU no dia seguinte, devido a este último encerrar previamente ao mercado Norte-Americano.

Entre as restantes variáveis, destacaram-se os resultados algo significativos para o volume de transação, nos dois mercados, e para o declive da estrutura temporal das taxas de juro e o preço do petróleo, no RU. A taxa de juro de curto prazo e o prémio de

risco dos empréstimos interbancários não se revelaram importantes em nenhum dos mercados analisados.

O estudo do impacto que os diferentes dias da semana têm na volatilidade permitiu perceber diferenças significativas entre Segunda-feira e os restantes dias, no mercado dos EUA, e entre Quinta-feira e os demais dias, no mercado do RU. No primeiro caso, a justificação deverá residir no facto de o dia de Segunda-feira, ao invés dos dias subsequentes, ser afetado por informação divulgada nos 3 dias anteriores, ou seja, após o fecho dos mercados na Sexta-feira prévia. Já no que respeita ao mercado do RU, uma possível explicação poderá prender-se com a divulgação de grande parte dos relatórios financeiros Norte-Americanos à Quinta-feira. Assim, este resultado poderá cimentar a relevância da transmissão de informação entre mercados detetada anteriormente pela utilização de índices externos na regressão.

O estudo do ajustamento das regressões anteriores, medido pelo seu R^2 ajustado, e de novas regressões, aplicando simplesmente as rendibilidades contemporâneas como variável exógena explicativa, revelou que a exclusão dos restantes fatores manteve o ajustamento próximo do obtido com a inclusão de todas as variáveis. Este dado salientou assim a relevância da rendibilidade contemporânea na explicação da dinâmica da volatilidade.

Tendo em conta, tanto a importância da influência do fator externo, detetada nos resultados das regressões, como a falta de consenso na teoria financeira sobre qual o melhor instrumento para a representação do mesmo, efetuaram-se novas regressões com a substituição dos índices externos por taxas de câmbio. Apesar de resultados algo significativos, essencialmente no mercado do RU, para a taxa de câmbio com o Dólar Norte-Americano, verificou-se a necessidade de uma cuidada seleção da medida de influência externa. De facto, a sua representação por *proxies* distintas levou a diferentes leituras do seu impacto na evolução da volatilidade do mercado interno.

Outro teste de robustez aplicado baseou-se na análise da estabilidade dos parâmetros da regressão durante o período do estudo. Ao dividir a amostra no maior ponto de quebra da estabilidade registado, efetuaram-se duas novas regressões para cada série de volatilidade, uma anterior e outra posterior a este ponto. Os resultados destas regressões demonstraram que, apesar do menor rigor devido a cada uma se reportar a um período inferior ao inicial, as rendibilidades contemporâneas e desfasadas do índice interno mantiveram, em geral, o comportamento inicial. Tal contrastou com a maior instabilidade apresentada pelos restantes fatores explicativos.

Por fim, realizaram-se novas regressões para os períodos em que mais maturidades estiveram disponíveis. Às anteriores, acrescentaram-se as maturidades de 2, 9, 12, 24 e 36 meses, a partir de 2005 no RU e 2008 nos EUA. Os novos dados revelaram que as rendibilidades dos índices internos e externos sustentaram a sua relação com a volatilidade. Também, o volume de transação nos EUA e o declive das taxas de juro e preço do petróleo no RU mantiveram a ligação aferida nas regressões para todo o período da amostra. No entanto, parte da divergência destes resultados poderá ser imputada, em especial no mercado dos EUA, à diminuição do número de anos em análise.

Em suma, das variáveis a que se recorreu, as rendibilidades dos índices internos e externos podem ser vistas, apesar dos resultados algo significativos para o volume de transação nos dois mercados e para o declive da estrutura temporal das taxas de juro e preço do petróleo no RU, como as únicas que os investidores nunca deverão desconsiderar na sua análise do risco do investimento. Conforme exposto na revisão da literatura, estes resultados estão em conformidade com grande parte dos estudos aí apresentados.

Algumas das possíveis limitações que podem ser apontadas a este trabalho podem ser divididas nos aspetos referentes à variável a explicar, às variáveis explicativas e à interação entre elas.

Em relação ao primeiro, a principal limitação será a de se ter recorrido a múltiplas volatilidades, quando na realidade se sabe que a volatilidade é uma só. O recurso a várias séries temporais que originaram diferentes volatilidades implícitas teve o intuito de generalizar os resultados obtidos a partir da visualização dos fatores que influenciasses a maior parte das séries temporais. De igual modo, como a volatilidade implícita é uma das abordagens à volatilidade, não se pode afirmar a sua superioridade em relação às demais. Ao não se terem aplicado outros tipos de volatilidade, devido a não integrar as motivações deste trabalho, criou-se uma limitação que pode simultaneamente ser uma sugestão para futuras investigações. Empregar estas variáveis na explicação da evolução de outros tipos de volatilidade pode conferir ainda mais força às conclusões aqui obtidas.

Quanto ao segundo aspeto, sabe-se que os fatores empregues não conseguem abarcar toda a informação de mercado passível de influenciar a volatilidade. Esta limitação, inerente a qualquer investigação deste tipo, tentou ser mitigada através da pesquisa do máximo de estudos nesta temática.

A frequência de extração dos dados usada neste trabalho pode igualmente resultar numa limitação importante. Dado que a volatilidade é sentida instantaneamente, com variações intra-diárias, vinculá-la a dados diários pode resultar na perda de informação valiosa.

Para terminar, salienta-se uma sugestão, que se pensou relevante, para investigação futura. Provavelmente, a maior potencialidade em ajustar um determinado modelo para explicar a dinâmica da volatilidade será a possibilidade de o usar na previsão da volatilidade futura. No entanto, é sabido que a qualidade de um modelo ajustado com base em dados históricos (*in-sample*) não garante o seu bom desempenho para efeitos de previsão (*out-of-sample*). Assim, seria interessante estudar o desempenho dos modelos ajustados, ao nível da previsão da volatilidade. Apesar da construção e análise do desempenho de um modelo de previsão da volatilidade não constituir a motivação essencial deste trabalho (que pretende apenas explicar a dinâmica observada de diferentes séries de volatilidade implícita), seria naturalmente interessante avançar para este tipo de abordagem em trabalhos de investigação futuros.

7. BIBLIOGRAFIA

Ahoniemi, K. (2006). *Modeling and forecasting implied volatility - An econometric analysis of the VIX index*. Working Paper. Helsinki: Helsinki School of Economics, FDPE and HECER.

Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723.

Andrews, D. (1993). Tests for parameter instability and structural change with unknown change point. *Econometrica*, 61(4), 821-856.

Becker, R., Clements, A. & White, S. (2007). Does implied volatility provide any information beyond that captured in model-based volatility forecasts? *Journal of Banking & Finance*, 31, 2535-2549.

Belsley, D., Kuh, E. & Welsch, R. (2004). *Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity*. New Jersey: John Wiley and Sons.

Black, F. & Scholes, W. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637-654.

Bollen, N. & Whaley, R. (2004). Does net buying pressure affect the shape of implied volatility functions? *The Journal of Finance*, 59(2), 711-753.

Britten-Jones, M. & Neuberger, A. (2000). Option prices, implied price processes, and stochastic volatility. *The Journal of Finance*, 55(2), 839-866.

Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Brooks, C. & Oozeer, M. (2002). Modelling the implied volatility of options on long gilt futures. *Journal of Business Finance & Accounting*, 29(1) & (2), 111-137.

Chen, N., Roll, R. & Ross, S. (1986). Economic forces and the stock market. *The Journal of Business*, 59(3), 383-403.

Chiriac, R. & Voev, V. (2011). Modelling and forecasting multivariate realized volatility. *Journal of Applied Econometrics*, 26, 922-947.

Chow, G. (1960). Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions. *Econometrica*, 28(3), 591-605.

Christensen, B. & Prabhala, N. (1998). The relation between implied and realized volatility. *Journal of Financial Economics*, 50, 125-150.

Corrado, C. & Miller Jr., T. (2006). Estimating expected excess returns using historical and option-implied volatility. *The Journal of Financial Research*, 29(1), 95-112.

Dotsis, G., Psychoyios, D. & Skiadopoulos, G. (2007). An empirical comparison of continuous-time models of implied volatility indices. *Journal of Banking & Finance*, 31, 3584-3603.

Dumas, B., Fleming, J. & Whaley, R. (1998). Implied volatility functions: Empirical tests. *The Journal of Finance*, 53(6), 2059-2106.

Ederington, L. & Lee, J. (1996). The creation and resolution of market uncertainty: The impact of information releases on implied volatility. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 31(4), 513-539.

Fernandes, M., Medeiros, M. & Scharth, M. (2009). *Modeling and predicting the CBOE market volatility index*. Working Paper. London: Queen Mary University of London.

Franks, J. & Schwartz, E. (1991). The stochastic behaviour of market variance implied in the prices of index options. *The Economic Journal*, 101(409), 1460-1475.

Glatzer, E. & Scheicher, M. (2005). What moves the tail? The determinants of the option-implied probability density function of the DAX index. *The Journal of Futures Markets*, 25(6), 515-536.

Hannan, E. & Quinn, B. (1979). The determination of the order of an autoregression. *Journal of the Royal Statistical Society*, 41(2), 190-195.

Harvey, C. & Whaley, R. (1992). Market volatility prediction and the efficiency of the S&P 100 index option market. *Journal of Financial Economics*, 31, 43-73.

Hull, J. (2008). *Options, Futures and other Derivatives*. 7th ed. New Jersey: Prentice Hall.

Jiang, G. & Tian, Y. (2005). The model-free implied volatility and its information content. *The Review of Financial Studies*, 18(4), 1305-1342.

Kim, M. & Kim, M. (2003). Implied volatility dynamics in the foreign exchange markets. *Journal of International Money and Finance*, 22, 511-528.

Konstantinidi, E. & Skiadopoulos, G. (2011). Are VIX futures prices predictable? An empirical investigation. *International Journal of Forecasting*, 27, 543-560.

Konstantinidi, E., Skiadopoulos, G. & Tzagkaraki, E. (2008). Can the evolution of implied volatility be forecasted? Evidence from European and US implied volatility indices. *Journal of Banking & Finance*, 32, 2401-2411.

Krylova, E., Nikkinen, J. & Vähämaa, S. (2009). Cross-dynamics of volatility term structures implied by foreign exchange options. *Journal of Economics and Business*, 61, 355-375.

Ljung, G. & Box, G. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, 65(2), 297-303.

McAleer, M. & Medeiros, M. (2008). Realized volatility: A review. *Econometric Reviews*, 27(1-3), 10-45.

Mixon, S. (2002). Factors explaining movements in the implied volatility surface. *The Journal of Futures Markets*, 22(10), 915-937.

Muzzioli, S. (2010). Option-based forecasts of volatility: An empirical study in the DAX-index options market. *The European Journal of Finance*, 16(6), 561-586.

Nelson, D. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica*, 59(2), 347-370.

Poon, S. & Granger, C. (2003). Forecasting volatility in financial markets: A review. *Journal of Economic Literature*, 41, 478-539.

Schmalensee, R. & Trippi, R. (1978). Common stock volatility expectations implied by option premia. *The Journal of Finance*, 33(1), 129-147.

Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6(2), 461-464.

Schwert, G. (1989). Why does stock market volatility change over time? *The Journal of Finance*, 44(5), 1115-1153.

Shu, J. & Zhang, J. (2012). Causality in the VIX futures market. *The Journal of Futures Markets*, 32(1), 24-46.

Taylor, S. (2005). *Asset Price Dynamics, Volatility and Prediction*. Princeton: Princeton University Press.

Taylor, S., Yadav, P. & Zhang, Y. (2010). The information content of implied volatilities and model-free volatility expectations: Evidence from options written on individual stocks. *Journal of Banking & Finance*, 34, 871-881.

Vähämaa, S. (2009). A note on the impact of scheduled macroeconomic news announcements on implied volatility. *Applied Economics Letters*, 16, 1783-1789.

Vrugt, E. (2009). U.S. and Japanese macroeconomic news and stock market volatility in Asia-Pacific. *Pacific-Basin Finance Journal*, 17, 611-627.

White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica*, 48(4), 817-838.

Yu, W., Lui, E. & Wang, J. (2010). The predictive power of the implied volatility of options traded OTC and on exchanges. *Journal of Banking & Finance*, 34, 1-11.

Zhang, Y., Taylor, S. & Wang, L. (2013). Investigating the information content of the model-free volatility expectation by Monte Carlo methods. *The Journal of Futures Markets*, 33(11), 1071-1095.

<http://finance.yahoo.com>

<http://mam.econoday.com>

<http://www.bloomberg.com/markets/economic-calendar>

http://www.ftse.com/Indices/UK_Indices

<http://www.spindices.com/indices/equity/sp-500>

8. APÊNDICES

APÊNDICE 1

Correlogramas e testes Q de *Ljung-Box*, para 10 *lags*, baseados numa regressão linear múltipla OLS entre a variação logarítmica diária do *VIX* (variável dependente), uma constante e termos ARMA (p,q) para o mercado dos Estados Unidos, entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.

Modelo ARMA (0,0)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.121	-0.121	42.290	0.000
		2 -0.060	-0.075	52.623	0.000
		3 -0.037	-0.055	56.567	0.000
		4 -0.025	-0.042	58.350	0.000
		5 -0.031	-0.048	61.189	0.000
		6 -0.032	-0.051	64.231	0.000
		7 -0.012	-0.033	64.629	0.000
		8 -0.025	-0.044	66.445	0.000
		9 0.004	-0.017	66.495	0.000
		10 0.082	0.070	86.231	0.000

Modelo ARMA (1,0)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.009	-0.009	0.2416	
		2 -0.081	-0.081	19.166	0.000
		3 -0.048	-0.050	25.936	0.000
		4 -0.034	-0.042	29.261	0.000
		5 -0.039	-0.049	33.721	0.000
		6 -0.039	-0.049	38.044	0.000
		7 -0.019	-0.033	39.099	0.000
		8 -0.027	-0.042	41.162	0.000
		9 0.011	-0.003	41.533	0.000
		10 0.085	0.071	62.341	0.000

Modelo ARMA (2,0)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.005	-0.005	0.0656	
		2 -0.010	-0.010	0.3751	
		3 -0.062	-0.062	11.489	0.001
		4 -0.042	-0.043	16.521	0.000
		5 -0.044	-0.046	22.019	0.000
		6 -0.044	-0.050	27.521	0.000
		7 -0.022	-0.030	28.918	0.000
		8 -0.024	-0.034	30.573	0.000
		9 0.011	-0.001	30.911	0.000
		10 0.082	0.072	50.368	0.000

Modelo ARMA (3,0)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.002	-0.002	0.0179	
		2 -0.006	-0.006	0.1327	
		3 -0.011	-0.011	0.4738	
		4 -0.051	-0.051	8.0833	0.004
		5 -0.050	-0.050	15.301	0.000
		6 -0.047	-0.048	21.625	0.000
		7 -0.020	-0.023	22.778	0.000
		8 -0.026	-0.031	24.674	0.000
		9 0.008	0.001	24.880	0.000
		10 0.081	0.073	43.769	0.000

Modelo ARMA (0,1)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 0.011	0.011	0.3213	
		2 -0.065	-0.065	12.655	0.000
		3 -0.051	-0.050	20.258	0.000
		4 -0.038	-0.041	24.402	0.000
		5 -0.042	-0.049	29.583	0.000
		6 -0.041	-0.049	34.500	0.000
		7 -0.021	-0.032	35.791	0.000
		8 -0.026	-0.039	37.776	0.000
		9 0.012	-0.000	38.217	0.000
		10 0.084	0.072	58.948	0.000

Modelo ARMA (1,1)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.004	-0.004	0.0367	
		2 0.011	0.011	0.3700	
		3 0.006	0.006	0.4771	0.490
		4 0.000	0.000	0.4773	0.788
		5 -0.016	-0.016	1.2490	0.741
		6 -0.023	-0.024	2.8289	0.587
		7 -0.007	-0.007	2.9766	0.704
		8 -0.018	-0.017	3.8977	0.691
		9 0.011	0.012	4.2617	0.749
		10 0.082	0.082	23.569	0.003

Modelo ARMA (2,1)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 0.000	0.000	0.0004	
		2 0.004	0.004	0.0369	
		3 0.005	0.005	0.1229	
		4 0.003	0.003	0.1442	0.704
		5 -0.013	-0.013	0.6293	0.730
		6 -0.020	-0.020	1.8124	0.612
		7 -0.004	-0.004	1.8642	0.761
		8 -0.016	-0.016	2.6127	0.759
		9 0.013	0.014	3.1385	0.791
		10 0.083	0.083	23.105	0.002

Modelo ARMA (3,1)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.000	-0.000	0.0006	
		2 -0.001	-0.001	0.0016	
		3 0.008	0.008	0.1687	
		4 0.004	0.004	0.2117	
		5 -0.012	-0.012	0.6570	0.418
		6 -0.020	-0.020	1.7811	0.410
		7 -0.004	-0.004	1.8258	0.609
		8 -0.016	-0.016	2.6086	0.625
		9 0.013	0.013	3.0909	0.686
		10 0.083	0.083	22.896	0.001

Correlogramas e testes Q de *Ljung-Box*, para 10 lags, baseados numa regressão linear múltipla OLS entre a variação logarítmica diária do VIX (variável dependente), uma constante e termos ARMA (p,q) para o mercado dos Estados Unidos, entre 1 de Fevereiro de 2002 e 1 de Agosto de 2013.

Modelo ARMA (0,2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.005	0.005	0.0616	
		2	0.013	0.013	0.5201	
		3	-0.044	-0.044	6.0100	0.014
		4	-0.039	-0.039	10.394	0.006
		5	-0.047	-0.046	16.887	0.001
		6	-0.046	-0.047	23.100	0.000
		7	-0.024	-0.026	24.709	0.000
		8	-0.024	-0.029	26.361	0.000
		9	0.010	0.002	26.637	0.000
		10	0.081	0.074	45.791	0.000

Modelo ARMA (1,2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.001	0.001	0.0010	
		2	0.005	0.005	0.0849	
		3	0.004	0.004	0.1375	
		4	0.000	0.000	0.1376	0.711
		5	-0.016	-0.016	0.8504	0.654
		6	-0.022	-0.022	2.3042	0.512
		7	-0.008	-0.006	2.4215	0.659
		8	-0.017	-0.017	3.2646	0.659
		9	0.012	0.013	3.7171	0.715
		10	0.083	0.083	23.511	0.001

Modelo ARMA (2,2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.000	-0.000	0.0004	
		2	0.003	0.003	0.0319	
		3	0.009	0.009	0.2726	
		4	0.001	0.001	0.2742	
		5	-0.014	-0.014	0.8029	0.370
		6	-0.022	-0.022	2.2335	0.327
		7	-0.005	-0.005	2.3089	0.511
		8	-0.018	-0.017	3.2195	0.522
		9	0.012	0.013	3.6661	0.598
		10	0.082	0.082	22.990	0.001

Modelo ARMA (3,2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.001	-0.001	0.0024	
		2	-0.012	-0.012	0.4111	
		3	0.014	0.014	1.0008	
		4	0.016	0.016	1.7599	
		5	-0.004	-0.003	1.7966	
		6	-0.017	-0.017	2.6723	0.102
		7	-0.009	-0.009	2.8969	0.235
		8	-0.027	-0.028	5.0586	0.168
		9	0.001	0.001	5.0594	0.281
		10	0.070	0.070	19.362	0.002

Modelo ARMA (0,3)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.003	0.003	0.0205	
		2	0.007	0.007	0.1646	
		3	0.013	0.013	0.6877	
		4	-0.032	-0.032	3.5872	0.058
		5	-0.042	-0.042	8.6655	0.013
		6	-0.043	-0.042	13.954	0.003
		7	-0.020	-0.018	15.099	0.004
		8	-0.027	-0.026	17.144	0.004
		9	0.006	0.005	17.256	0.008
		10	0.079	0.075	35.196	0.000

Modelo ARMA (1,3)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.001	0.001	0.0023	
		2	-0.000	-0.000	0.0023	
		3	0.009	0.009	0.2524	
		4	0.003	0.002	0.2707	
		5	-0.015	-0.015	0.9267	0.336
		6	-0.022	-0.022	2.3531	0.308
		7	-0.006	-0.006	2.4730	0.480
		8	-0.018	-0.018	3.4229	0.490
		9	0.012	0.012	3.8176	0.576
		10	0.082	0.082	23.309	0.001

Modelo ARMA (2,3)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.000	-0.000	0.0006	
		2	0.006	0.006	0.1115	
		3	0.002	0.002	0.1210	
		4	0.004	0.004	0.1714	
		5	-0.016	-0.016	0.9584	
		6	-0.019	-0.019	1.9593	0.162
		7	-0.007	-0.007	2.1206	0.346
		8	-0.014	-0.014	2.6933	0.441
		9	0.011	0.011	3.0269	0.553
		10	0.085	0.085	23.847	0.000

Modelo ARMA (3,3)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.001	-0.001	0.0061	
		2	0.006	0.006	0.0967	
		3	0.001	0.001	0.1016	
		4	0.000	0.000	0.1018	
		5	-0.010	-0.011	0.4208	
		6	-0.014	-0.014	0.9947	
		7	0.002	0.002	1.0089	0.315
		8	-0.013	-0.013	1.5156	0.469
		9	0.010	0.010	1.7843	0.618
		10	0.073	0.073	17.331	0.002

APÊNDICE 2

Valores do critério de *Schwarz*, relativos aos modelos ARMA (p,q) estimados para a série VIX e validados para não correlação em série dos resíduos. A negrito encontra-se o menor valor obtido, correspondente, pelo critério de *Schwarz*, ao modelo mais adequado.

	VIX			
p/q	0	1	2	3
0				-2,6483
1		-2,6551	-2,6524	-2,6497
2		-2,6529	-2,6502	-2,6483
3		-2,6506	-2,6490	-2,6500

APÊNDICE 3

Resultados dos testes *Wald* para igualdade dos coeficientes associados às variáveis *dummy* dos dias da semana. Estão assinalados a negrito os casos em foi rejeitada a hipótese de igualdade entre coeficientes dos dias da semana

Painel A - Mercado dos Estados Unidos da América														
	VIX		VC1		VC3		VC6		VP1		VP3		VP6	
	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.
d2-3	6,133	0,000	6,614	0,000	3,470	0,001	1,859	0,063	6,659	0,000	3,103	0,002	1,575	0,115
d2-4	6,309	0,000	7,737	0,000	3,063	0,002	1,328	0,184	5,894	0,000	1,656	0,098	0,544	0,586
d2-5	5,849	0,000	7,870	0,000	2,720	0,007	2,120	0,034	6,041	0,000	1,572	0,116	-0,475	0,635
d2-6	6,967	0,000	7,156	0,000	1,965	0,050	1,549	0,122	5,039	0,000	2,609	0,009	0,689	0,491
d3-4	-0,245	0,806	0,057	0,954	-0,854	0,393	-0,698	0,485	-1,581	0,114	-1,615	0,106	-1,133	0,257
d3-5	-0,726	0,468	-0,057	0,954	-1,400	0,162	0,114	0,909	-1,852	0,064	-1,825	0,068	-2,296	0,022
d3-6	0,413	0,679	0,197	0,844	-1,889	0,059	-0,384	0,701	-2,044	0,041	-0,619	0,536	-1,025	0,306
d4-5	-0,526	0,599	-0,119	0,906	-0,306	0,760	0,780	0,436	-0,054	0,957	-0,020	0,984	-0,920	0,358
d4-6	0,700	0,484	0,144	0,885	-0,927	0,354	0,410	0,682	-0,398	0,691	1,186	0,236	0,237	0,813
d5-6	1,172	0,242	0,258	0,796	-0,504	0,614	-0,409	0,683	-0,325	0,745	1,028	0,304	1,102	0,270

Painel B - Mercado do Reino Unido														
	IV		VC1		VC3		VC6		VP1		VP3		VP6	
	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.	Teste t	Prob.
d2-3	1,208	0,227	0,730	0,466	0,002	0,124	0,931	0,352	-0,242	0,809	-0,353	0,724	0,732	0,465
d2-4	-0,335	0,738	1,553	0,121	0,873	0,383	-0,061	0,951	-0,898	0,370	0,895	0,371	2,610	0,009
d2-5	-2,841	0,005	-2,249	0,025	1,135	0,257	1,881	0,060	-4,387	0,000	-2,819	0,005	-1,580	0,114
d2-6	1,029	0,304	0,579	0,563	0,951	0,342	1,146	0,252	0,781	0,435	0,847	0,397	1,347	0,178
d3-4	-1,550	0,121	0,640	0,522	-0,792	0,429	-1,045	0,296	-0,532	0,595	1,215	0,225	1,701	0,089
d3-5	-4,029	0,000	-3,336	0,001	-0,632	0,527	0,963	0,336	-4,135	0,000	-2,557	0,011	-2,409	0,016
d3-6	-0,323	0,747	-0,324	0,746	-0,743	0,457	0,239	0,811	1,145	0,253	1,359	0,174	0,634	0,526
d4-5	-2,611	0,0091	-3,897	0,000	0,245	0,807	1,880	0,060	-3,183	0,002	-3,425	0,001	-3,864	0,000
d4-6	1,377	0,169	-1,150	0,250	0,148	0,882	1,278	0,201	1,870	0,062	-0,006	0,996	-1,231	0,218
d5-6	4,047	0,000	3,037	0,002	-0,117	0,907	-0,669	0,504	5,180	0,000	3,466	0,001	2,822	0,005

APÊNDICE 4

Coefficientes e *t de Student*, com correção para heterocedasticidade de White, das regressões OLS, para os EUA e RU, entre 01/02/02 e 01/08/13. As variáveis dependentes são as volatilidades implícitas extraídas do índice de volatilidade e opções de compra e venda sobre o *S&P 500* para os EUA e *FTSE 100* para o RU com maturidades de 1, 3 e 6 meses. A variável independente é a rentabilidade contemporânea (*r*) do *S&P 500* para os EUA e *FTSE 100* para o RU. *ar(t)* e *ma(t)* são respetivamente os termos autorregressivos e de média móvel de ordem *t*. Nota: ** - significativo a 1% ; * - significativo a 5%.

Painel A – Mercado dos Estados Unidos da América

	VIX		VC1		VC3		VC6		VP1		VP3		VP6	
	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t
<i>r</i>	-3,6154	-29,855**	-4,1319	-27,049**	-3,0167	-30,248**	-2,3809	-29,440**	-3,3468	-25,032**	-2,2435	-22,912**	-1,6026	-37,055**
<i>ar</i> (1)	0,6562	8,631**	0,3838	6,150**					0,2089	3,808**	0,0213	0,422	-0,4060	-22,259**
<i>ar</i> (2)			0,1029	2,862**									-0,1970	-10,806**
<i>ma</i> (1)	-0,7670	-11,776**	-0,7657	-14,560**	-0,5001	-23,192**	-0,4819	-18,319**	-0,6057	-15,085**	-0,5045	-13,130**		

Painel B – Mercado do Reino Unido

	IV		VC1		VC3		VC6		VP1		VP3		VP6	
	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t	Coefficiente	Teste t
<i>r</i>	-2,6034	-23,162**	-3,1045	-27,010**	-2,2427	-32,450**	-1,7881	-32,682**	-2,9226	-25,412**	-2,1963	-29,904**	-1,7087	-29,918**
<i>ar</i> (1)	0,8378	18,980**	0,7409	7,613**			0,2442	1,834	0,8844	14,752**			0,0893	0,605
<i>ar</i> (2)	0,0039	0,106												
<i>ar</i> (3)	0,0334	1,088												
<i>ma</i> (1)	-0,9257	-24,131**	-1,0910	-8,333**	-0,2740	-5,945**	-0,4570	-4,198**	-1,2778	-13,275**	-0,2319	-7,136**	-0,2904	-2,158*
<i>ma</i> (2)			0,2124	2,585**	0,0409	0,944			0,3254	4,510**				
<i>ma</i> (3)					-0,0905	-2,486*								