

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE
E ADMINISTRAÇÃO DE LISBOA



ISCAL

ASSIMETRIA NA VOLATILIDADE
DOS MERCADOS DE AÇÕES

Cristina Maria Amaral Aurélio

Lisboa, Dezembro de 2012

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE E
ADMINISTRAÇÃO DE LISBOA

ASSIMETRIA NA VOLATILIDADE DOS MERCADOS DE AÇÕES

Cristina Maria Amaral Aurélio

Dissertação submetida ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Controlo de Gestão e dos Negócios, Especialização em Finanças Empresariais, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Sónia Margarida Ricardo Bentes, Professora Adjunta da área de Finanças.

Constituição do Júri:

Presidente _____	Mestre Carlos Cabrito Caldeira
Arguente _____	Mestre Maria da Guia Coutinho
Vogal _____	Doutora Sónia Ricardo Bentes

L i s b o a , D e z e m b r o d e 2 0 1 2

Declaro ser a autora desta dissertação, que constitui um trabalho original e inédito, que nunca foi submetido (no seu todo ou qualquer das suas partes) a outra instituição de ensino superior para obtenção de um grau académico ou outra habilitação. Atesto ainda que todas as citações estão devidamente identificadas. Mais acrescento que tenho consciência de que o plágio – a utilização de elementos alheios sem referência ao seu autor – constitui uma grave falta de ética, que poderá resultar na anulação da presente dissertação.

Dedico este trabalho aos meus pais

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Sónia Bentes, orientadora desta dissertação, pela orientação científica, apoio, estímulo, partilha de conhecimentos, simpatia, cordialidade e disponibilidade demonstradas ao longo da construção deste trabalho que permitiram o seu desenvolvimento e conclusão.

Aos meus familiares e amigos pela paciência, tolerância e compreensão que no meu percurso de vida pessoal e profissional ajudaram no meu crescimento, e que nos momentos de desânimo estiveram comigo incentivando-me a continuar o caminho.

Aos meus colegas de mestrado, com quem tive a oportunidade de conviver, trabalhar e partilhar experiências, assim como pelo incentivo, espírito de entreajuda e simpatia demonstradas ao longo do percurso.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução desta Tese de Mestrado.

RESUMO

O estudo da volatilidade é uma das ferramentas estatísticas mais importantes para os agentes económicos que operam no mercado de ações.

Observam-se com frequência comportamentos assimétricos na volatilidade, tais como: períodos de intensa volatilidade após períodos de quedas nos preços, ao passo que a volatilidade não é tão alta em períodos de alta nos preços, e, choques positivos e negativos geram efeitos diferentes sobre a volatilidade. Tais comportamentos assimétricos podem ser capturados pelos modelos *EGARCH* e *TGARCH*, variantes do modelo *ARCH*.

Neste contexto, partindo-se da premissa de que a análise risco/retorno compreende um dos critérios relevantes de decisão dos investidores, este estudo pretende analisar o padrão da volatilidade dos mercados de ações de três índices, norte-americano, europeu e asiático, num dado período de tempo.

Palavras-Chave

Assimetria, Volatilidade, Índices Bolsistas, Modelos *EGARCH* e *TGARCH*.

ABSTRACT

The study of volatility is one of the most important statistical tools for economic actors operating in the stock market.

It is often observed asymmetric behavior in volatility, such as periods of high volatility during periods of falling prices, while the volatility is not as high in periods of rising prices, and positive and negative shocks generate different effects on volatility. Such asymmetric behavior can be captured by the *EGARCH* models and *TGARCH*, variants of the *ARCH* model.

In this context, starting from the premise that the risk / return analysis comprises one of the criteria relevant to investors decisions, this study aims to analyze the pattern of volatility of stock markets of three indices, North American, European and Asian, in a given period of time.

Keywords

Asymmetry, Volatility, Stock Market Indices, *TGARCH* and *EGARCH* models.

ÍNDICE

Índice de Quadros	xi
Índice de Tabelas	xii
Índice de Figuras	xiii
Lista de Abreviaturas	xiv
I. CAPÍTULO – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Relevância do tema proposto.....	1
1.2 - Objeto da investigação	1
1.3 - Objetivos da investigação	2
II. CAPÍTULO – REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 – Noção e Tipos de Volatilidade.....	5
2.1.1 – Volatilidade Histórica ou Estatística	6
2.1.2 – Volatilidade Implícita	7
2.1.3 – Volatilidade Futura ou Previsional.....	8
2.2 - Os sorrisos da volatilidade.....	9
2.3 – Sentimento do Mercado.....	12
2.3.1 – Indicadores do Sentimento do Mercado	13
2.4 – Padrões de comportamento da volatilidade.....	17
2.4.1 – Assimetria na volatilidade	18
2.5 – Modelos de Volatilidade e Previsão	23
2.5.1 – Modelo <i>ARCH</i> - <i>Autoregressive Conditional Heteroscedastic</i>	24
2.5.2 – Modelo <i>GARCH</i> - <i>Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic</i>	26
2.5.3 – Modelo <i>EGARCH</i> - <i>Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic</i>	29
2.5.4 – Modelo <i>TGARCH</i> - <i>Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic</i>	30
2.5.5 – Abordagens alternativas – <i>TAR</i> e <i>M-TAR</i>	31
2.6 – Síntese do Capítulo	33
III. CAPÍTULO – DESCRIÇÃO DOS DADOS E EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS.....	35
3.1 – Índices Bolsistas	36
3.1.1 - <i>STOXX Europe 50</i>	38
	ix

3.1.2 – Índice <i>Nikkei 225</i>	43
3.1.3 – Índice <i>Dow Jones Industrial Average (DJIA)</i>	47
3.2 – Recolha e tratamento de dados.....	52
3.3 – Comportamento dos Índices.....	53
3.3.1 – Análise da evolução da cotação de fecho dos Índices Bolsistas	53
3.3.2 – Análise gráfica e estatística dos Índices Bolsistas.....	58
3.4 – Estimação dos modelos: <i>GARCH</i> , <i>TGARCH</i> e <i>EGARCH</i>	67
3.5 – Escolha do modelo mais adequado.....	74
3.6 – Síntese do Capítulo	77
IV. CAPÍTULO – CONCLUSÃO	78
BIBLIOGRAFIA.....	81

Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Posição do valor intrínseco de uma opção.....	10
Quadro 2.2 - Níveis de sentimentos de mercado.....	14
Quadro 2.3 - Resumo dos principais estudos empíricos sobre a assimetria na volatilidade	19

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 – Composição do Índice <i>STOXX Europe 50</i> por Empresas.....	39
Tabela 3.2 – Empresas componentes do Índice <i>Nikkei 225</i>	45
Tabela 3.3 – Empresas constituintes do Índice <i>Dow Jones Industrial Average</i>	48
Tabela 3.4 – Evolução da rentabilidade anual e volatilidade histórica	59
Tabela 3.5 – Análise estatística das rentabilidades diárias dos Índices Bolsistas	61
Tabela 3.6 – Especificação da equação dos modelos $AR(p)$, com $p>0$, para as rentabilidades dos três índices no período de 01Jun10 a 30Jun11.	70
Tabela 3.7 – Modelação da Volatilidade dos Índices através do modelo <i>GARCH</i> (1,1) ...	71
Tabela 3.8 – Modelação da Volatilidade dos Índices através do modelo <i>TGARCH</i> (1,1). 72	
Tabela 3.9 – Modelação da Volatilidade dos Índices através do modelo <i>EGARCH</i> (1,1) 73	
Tabela 3.10 – Valor máximo do logaritmo da função de verosimilhança para os modelos estimados.....	75
Tabela 3.11 – Valores do critério <i>SIC</i> para os modelos estimados	76
Tabela 3.12 – Valores do critério <i>AIC</i> para os modelos estimados.....	76

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Níveis de Volatilidade.....	5
Figura 2.2 - Gráfico representativo do sorriso puro da volatilidade	10
Figura 2.3 - Gráfico representativo do sorriso amarelo da volatilidade.....	11
Figura 2.4 - Gráfico representativo do sorriso trombudo da volatilidade.....	11
Figura 2.5 - Níveis de Otimismo e Pessimismo do Rácio put/cal.....	16
Figura 2.6 - Gráfico do Rácio Bull/Bearl do Índice S&P 500.....	17
Figura 2.7 – Simetria na volatilidade	21
Figura 2.8 – Efeito de assimetria na volatilidade.....	22
Figura 2.9 – Efeito Leverage – reação da volatilidade a boas e más notícias.....	31
Figura 3.1 – Composição do Índice <i>STOXX Europe 50</i> por Países.....	40
Figura 3.2 – Composição do Índice <i>STOXX Europe 50</i> por Sectores de Atividade	41
Figura 3.3 – Evolução do Índice <i>STOXX Europe 50</i>	42
Figura 3.4 – Evolução do Índice <i>Nikkei 225</i> (1970-2011).....	43
Figura 3.5 – Distribuição sectorial do Índice <i>Nikkei 225</i> (2010)	44
Figura 3.7 – Distribuição sectorial do Índice <i>DJIA</i> por volume de ações.....	49
Figura 3.8 – Evolução do índice <i>Dow Jones Industrial Average (DJIA)</i>	51
Figura 3.9 – Evolução das cotações diárias de fecho dos 3 índices bolsistas.....	53
Figura 3.10 - Evolução diária das rendibilidades dos Índices Bolsistas.....	60
Figura 3.11 – Rendibilidade anualizada comparativa com a volatilidade histórica.....	62
Figura 3.12 – Histogramas das distribuições das taxas de rendibilidade diárias dos Índices Bolsistas	64
Figura 3.13 – Correlograma das rendibilidades diárias do Índice <i>Dow Jones</i>	69
Figura 3.14 – Correlograma das rendibilidades diárias do Índice <i>Stoxx Europe 50</i>	69
Figura 3.15 – Correlograma das rendibilidades diárias do Índice <i>Nikkei 225</i>	69

Lista de Abreviaturas

AIC – *Akaike Information Criterion*

AR – *Autoregressive*

ARCH – *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*

ARMA – *Autoregressive Moving Average*

BBR – *Rácio Bull/Bear*

BRIC – *Brasil Rússia Índia China*

CAPM – *Capital Asset Pricing Model*

CBOE – *Chicago Board of Options Exchange*

CMVM – *Comissão de Mercado de Valores Mobiliários*

DJIA – *Dow Jones Industrial Average*

EGARCH – *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*

ETFs – *Exchange Traded Funds*

FMI – *Fundo Monetário Internacional*

GARCH – *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*

IIS – *Investors Intelligence Sentimente Survey*

JB – *Jarque-Bera*

M-TAR – *Momentum Threshold Autoregressive*

OLS – *Ordinary Least Squares*

PCR - *Rácio Put/Call*

PIB – *Produto Interno Bruto*

PSI20 – *Portuguese Stock Index*

SETAR – *Self Exciting Threshold Autoregressive*

SIC - *Schwarz Information Criterion*

S&P – *Standard & Poor*

TAR – *Threshold AutoRegressive*

TMI – *Total Market Index*

TSE – *Tokyo Stock Exchange*

TGARCH – *Thresshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*

VI – *Volatilidade Implícita*

I. CAPÍTULO – INTRODUÇÃO

1.1 - Relevância do tema proposto

Uma das informações mais importantes para os investidores dos mercados bolsistas, é a variância dos preços de um ativo (volatilidade). A sua correta previsão permite captar momentos de incerteza no mercado financeiro, como forma de antecipar estratégias de retorno das ações afetadas por fatores relacionados com o desempenho da empresa emitente e da conjuntura económica. Fatores relativos ao desempenho das empresas são as boas e más notícias sobre empresas, relativamente ao seu aspeto organizacional, administrativo, económico ou financeiro, podendo estar refletivo na concorrência interna e externa, surgimento de produtos substitutos, regulamentação ambiental, mudanças na tributação, na gestão da empresa, entre outros. Quanto aos fatores de conjuntura económica podem-se revelar através das taxas de inflação, juro, e câmbio, assim como do aspeto jurídico/institucional, preço do petróleo, recessão e crescimento mundial. É importante examinar os determinantes dos movimentos de volatilidade no mercado financeiro, pois constitui uma medida de risco das ações que operam no mercado financeiro, e de forma genérica do próprio mercado.

Estes aspetos são tanto mais relevantes quanto se sabe que são as expectativas dos investidores, quer positivas, quer negativas, que maior impacto têm na oscilação dos preços dos mercados, e os eventuais efeitos assimétricos em virtude do impacto das “boas notícias” não ser idêntico ao das “más notícias”.

Assim sendo, torna-se de particular importância verificar e compreender o comportamento do mercado, como ferramenta essencial para apoio à tomada de decisão.

1.2 - Objeto da investigação

Este estudo tem como objeto de investigação a assimetria na volatilidade aplicado aos mercados de ações. Pretende-se que seja analisado o padrão da volatilidade dos índices de

ações internacionais, mais concretamente índices dos três principais mercados internacionais, o norte-americano, o europeu e o asiático, ou seja, o *Dow Jones*, o *Stoxx Europe 50*, e o *Nikkei 225*, respetivamente, num dado período de tempo e contexto económico.

1.3 - Objetivos da investigação

O investimento em ações implica sempre um certo grau de risco associado à volatilidade dos preços dos ativos, que se podem dever a fatores relacionados com a atividade da empresa ou características do mercado. Os modelos assimétricos poderão evidenciar o efeito de alavanca em que os retornos negativos estão mais associados aos aglomerados de volatilidade, isto é, choques negativos provocam maior instabilidade no mercado de ações do que choques positivos. As variações aleatórias que se observam no comportamento da economia são captadas pela volatilidade dos retornos de um ativo em relação ao seu valor médio. Desta forma, a confiança do investidor tem relação inversa, ou seja, quanto maior a volatilidade, menor o seu grau de confiança e vice-versa, o que leva a que consequentemente haja menos investimentos.

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise do padrão da volatilidade dos mercados de três índices de ações *Dow Jones*, *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225*, verificando da presença de assimetrias, revelando esta análise como um importante fator para direcionar os investimentos dos agentes económicos e financeiros.

Em termos globais, pretende-se com este trabalho, realizar uma abordagem teórica mais aprofundada de duas variantes específicas do modelo *ARCH* original, os modelos *EGARCH* e *TGARCH*, aplicados para detetar o efeito assimétrico na volatilidade. Seguida, como ponto imprescindível, de uma abordagem prática de aplicação destes modelos em comparação entre três índices internacionais. Mais concretamente pretende-se verificar da existência e efeitos de assimetria na volatilidade de índices de ações como forma de informação útil e necessária à tomada de decisão dos investidores.

II. CAPÍTULO – REVISÃO DE LITERATURA

Um dos temas bastante debatidos na atualidade no âmbito das finanças tem sido a Volatilidade, devido à sua relevância, à sua eventual previsibilidade de forma a melhor compreender o comportamento do mercado e reduzir implicações ao nível de risco/rendibilidade, assessorando os investidores na tomada de decisão. A sua utilização como uma medida de risco dos ativos que circulam nos mercados financeiros e o conhecimento dos comportamentos que condicionam a sua evolução têm sido motivo de vários estudos ao longo dos anos por parte de vários autores.

Anteriormente a Volatilidade era entendida como movimentos incertos e irregulares numa série temporal que não seguem um padrão identificável. O primeiro investigador a debruçar-se sobre esta questão foi Kendall (1953), que concluiu que o seu comportamento verificava movimentos completamente aleatórios. Também Bowerman & O'Connell (1979) definiram que a volatilidade, após a redução dos componentes de tendência, ciclos e sazonalidade, representava uma série de resíduos aleatórios ao longo de uma série de tempo, com média zero e variância uniforme. Mais tarde, esta ideia foi contraposta por investigações posteriores conduzidas por Grossman e Shiller (1981), Porteba e Summers (1986) e Marsh e Merton (1986), ao demonstrarem que, na maior parte dos casos, as cotações não refletem o valor fundamental da empresa, acentuando a importância para a influência da componente estocástica no comportamento dos mercados. Acrescem ainda estudos como os de Engle (1982) e Bollerslev (1986), que indicaram que uma série de resíduos, poderia não apresentar um comportamento aleatório puro. Ou seja, verificaram que a volatilidade dos dados não é estável, em grande parte das séries temporais, o que leva a que as séries não apresentem a homocedasticidade (desvios padrões constantes) desejável. Desta forma, a volatilidade poderia ser modelada e dividida em volatilidade incondicional (seria mesmo constante) e a volatilidade condicional (poderia oscilar ao longo do tempo, e ser analisada através de modelos de análise de heteroscedasticidade condicional).

Pelos mesmos, foram propostos modelos de volatilidade que tratam simetricamente os efeitos dos retornos positivos e negativos sobre a volatilidade. Engle (1982) desenvolveu o modelo *ARCH* – *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (Heteroscedasticidade

Condicionada Auto-Regressiva), no qual a variância de uma série temporal altera-se ao longo do tempo conforme são observados os erros de previsão no passado. Mais tarde, Bollerslev (1986) desenvolveu o Modelo *GARCH* – *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (Heteroscedasticidade Condicionada Auto-Regressiva Generalizada), no qual a variância condicionada num determinado período de tempo, para além dos erros de previsão observados no passado, depende também das variâncias condicionadas observadas no passado.

Ao longo dos anos seguiram-se vários estudos que deram origem a diversas variantes dos modelos *ARCH* e *GARCH* de forma a atingir uma melhor explicação do comportamento dos ativos nos mercados financeiros. Entre eles destacam-se os modelos de volatilidade que procuram captar os efeitos assimétricos da volatilidade no mercado, que serão objecto aprofundado deste estudo. Nelson (1991) introduziu uma nova variante ao modelo *GARCH* denominado *EGARCH* – *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (Heteroscedasticidade Condicionada Auto-Regressiva Generalizada Exponencial), que verifica que as “boas notícias” quando comparadas com as “más notícias” podem ter impactos diferentes na volatilidade futura. Glosten *et al.* (1993) e Zakoian (1994) desenvolveram uma segunda variante do modelo *GARCH* denominado *TGARCH* – *Thresshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*, que verifica que quando comparadas as “más notícias” com as “boas notícias”, para além de terem impactos diferentes, nas primeiras é ativado um efeito de alavanca negativo mais acentuado do que nas segundas, refletindo ainda mais o efeito assimétrico.

Muitos outros artigos surgiram ilustrando estas investigações, merecendo Tobin *et al* (1992) especial atenção por salientar a importância do estudo da volatilidade, pois segundo o mesmo, poderá fornecer informação aos investidores e tomadores de decisão no sentido de aplicarem os seus excedentes de capital de forma o mais eficiente possível.

Assim, o presente capítulo inicia-se definindo o conceito e os vários tipos de volatilidade, assim como a sua formulação e representação gráfica através dos sorrisos de volatilidade. Apresenta de seguida como o sentimento de mercado influencia o seu comportamento, criando padrões que dão origem a vários factos estilizados que caracterizam a volatilidade, sendo neste caso de dar especial atenção a Assimetria – Efeito de alavanca, por ser o objeto

principal deste estudo. Por fim, na penúltima secção deste capítulo, serão apresentados os principais modelos desenvolvidos para descrever os factos estilizados, destacando-se as variantes *EGARCH* e *TGARCH* do modelo *GARCH*, escolhidos para melhor identificar a presença de assimetria na volatilidade, na amostra em estudo.

2.1 – Noção e Tipos de Volatilidade

A volatilidade é geralmente entendida como uma medida de variabilidade dos preços de um ativo em relação à sua média e durante um intervalo de tempo. Geralmente, esta medida é calculada através da variância ou desvio padrão anualizado da variação percentual das cotações diárias, semanais, mensais ou até mesmo dos dados de alta frequência, sendo expressa sob a forma de percentagem.

Esta medida é usada para quantificar o risco de deter um ativo que opera no mercado financeiro durante um período de tempo medindo a dispersão dos seus rendimentos, e em termos gerais do próprio mercado. Pode-se verificar que quanto maior são os valores encontrados, maior será a volatilidade e, em consequência, maior a incerteza, e vice-versa. Por isso revela-se como um instrumento importante como gestor de risco, seleção de carteiras, derivação de preços, etc.

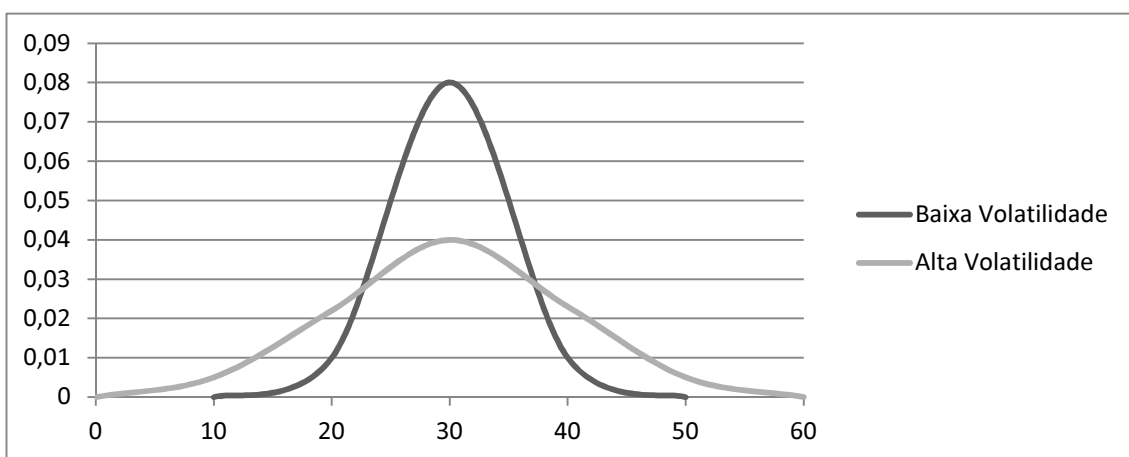


Figura 2.1 - Níveis de Volatilidade

Fonte: Ferreira (2009:352)

A volatilidade é calculada pelo desvio padrão, simbolizado por σ medindo os desvios relativamente à média, e quanto mais elevado for, mais afastados estão os valores da média, e vice-versa.

A sua fórmula de cálculo é dada pela seguinte expressão:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (2.1)$$

onde,

n = nº de observações

X_t = logaritmo do quociente entre duas cotações sucessivas: $\ln (P_t / P_{t-1})$

\bar{X} = média aritmética de X_t

Para calcular a volatilidade para outros períodos de tempo, apenas terá que se tomar em consideração a base de calendário a partir do valor encontrado, ou seja, para dados diários a volatilidade anual será $\sigma\sqrt{360}$ para ano comercial e $\sigma\sqrt{365}$ para o ano civil, e para o real será $\sigma\sqrt{365}$ para ano bissexto ou $\sigma\sqrt{366}$ para não-bissexto.

Vários são os métodos para determinar o valor da volatilidade, neste sentido, cada especialista utiliza o valor que considera mais adequado, apesar de subjetivo. Para tal, torna-se necessário o domínio dos modelos. Importa referir que existem algumas aproximações à volatilidade e que uma vez que podem surgir algumas confusões entre elas, convém desenvolver para melhor compreensão. Assim, existem três tipos de volatilidade: Histórica ou Estatística, Implícita e Futura ou Previsional.

2.1.1 – Volatilidade Histórica ou Estatística

A volatilidade histórica ou estatística mede as flutuações nos preços ocorridos no passado, sendo geralmente utilizada como medida de risco total do ativo financeiro. É calculada através da variância dos resultados ou desvio-padrão das variações dos logaritmos, ou seja:

$$\ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) = \ln (P_t) - \ln (P_{t-1}) . \quad (2.2)$$

A volatilidade histórica contribui para a formação de expectativas prevendo os seus valores futuros com base num histórico passado, no entanto, poderá tornar-se limitador na sua estimação pois os valores históricos dificilmente se repetem. Outra questão na utilização da volatilidade histórica diz respeito á informação a utilizar e para tal à incorporação ou não de ponderadores. Estes atribuem menor peso aos acontecimentos mais antigos por terem menor influencia na volatilidade, e por sua vez, maior relevância aos acontecimentos mais recentes que terão maior impacto. No entanto, é relevante na previsão de valores futuros, uma vez que contribui para a formação de expectativas. Acresce ainda algumas situações que se colocam aos analistas na utilização da informação, sobre quais os preços a utilizar, se cotações de abertura e fecho das cotações, se incluir valores máximos e mínimos de cada período, o que poderá levar a alguns problemas ou divergências de opinião. O que deve ficar claro é que a volatilidade histórica faz parte do passado e não reflete necessariamente os acontecimentos do futuro. Ela apenas é uma tentativa de estimar esse movimento. Pode-se dizer que a volatilidade histórica é o ponto de partida para a tentativa de estimar a volatilidade futura.

Existem autores que atribuem apenas a designação de volatilidade estatística, uma vez que, os elementos da volatilidade contêm informação histórica, quer para a volatilidade estatística quer para a volatilidade implícita.

2.1.2 – Volatilidade Implícita

A volatilidade implícita (VI) é um conceito que se aplica apenas aos contratos de opções, e indica aquilo que o mercado pensa naquele momento sobre a volatilidade das opções em análise. Também é uma aproximação muito útil quando se pretende comparar os preços das opções para preços de exercício e maturidades diferentes. Essencialmente utilizada para efetuar estratégias e avaliações de opções e não para cobertura do risco.

O modelo utilizado no mercado financeiro para medir a volatilidade implícita é o Modelo de *Black-Sholes*, resolvendo-o em ordem à variável que representa a volatilidade, passando o

prémio da opção a ser uma variável explicativa. Segundo Domingos Ferreira (2009), é calculada, tomando como *input* do modelo utilizado, o preço do mercado da opção, passando a volatilidade a ser o *output*. Normalmente é utilizado um preço das opções no fecho, no entanto, a utilização de um valor médio dos preços *bid* e *ask* torna-se mais rigorosa. Quando o nível de volatilidade implícita desce o preço da opção também tende a descer e vice-versa, verificando-se existir uma forte correlação. É importante conhecer os valores da VI e da volatilidade histórica, pois com isso podem-se realizar estratégias com base nos diferenciais de prémios.

Latane e Rendleman, concluíram que a volatilidade implícita supera a volatilidade histórica no que respeita à previsão da volatilidade futura, quando utilizaram os preços de fecho das opções e ações de 24 empresas, cujas opções eram comercializadas na Bolsa de Chicago (CBOE – *Chicago Board of Options Exchange*). Também Day e Lewis, verificaram que a volatilidade implícita não continha mais informação do que a volatilidade histórica, sobre a volatilidade futura, ao examinarem as opções do Índice *S&P 100* (OEX opções), entre 1983 e 1989. Jorion (1995) sugeriu duas explicações: os testes realizados contêm erros ou as opções de mercado não são eficientes. Acrescenta ainda que a volatilidade implícita é uma previsão eficiente, mas enviesada da volatilidade futura.

Os instrumentos mais utilizados para medir a volatilidade implícita são os Índices de Volatilidade, o rácio *put-call* e a paridade *put-call*, sendo que se têm revelado uma ajuda importante na decisão das direções a seguir, quando bem utilizados e analisados.

2.1.3 – Volatilidade Futura ou Previsional

Atualmente, a volatilidade futura ou previsional tem sido uma das grandes questões que os especialistas lutam por ultrapassar, dado a sua dificuldade em se estimar o preço do ativo subjacente para o período da opção até ao seu termo. A gestão adequada do risco de uma carteira exige uma boa previsão das variações dos preços dos ativos no mercado, pois quanto mais incerto estiver o mercado, maior será a variabilidade dos preços e maior a variância dos rendimentos, produzindo consequências de menores ou maiores ganhos ou perdas.

O futuro é incerto, o máximo que se pode fazer para tentar estimar o que vai acontecer é utilizar valores de volatilidade passada e presente, a fim de chegar a valores que sejam pontos de partida para análises que tentam projetar os possíveis cenários para o futuro.

São vários os métodos propostos para determinar o valor da volatilidade, não existe um único como o mais correto para ser utilizado. Em geral, são utilizados variantes aos modelos *ARCH/GARCH*.

2.2 - Os sorrisos da volatilidade

Os sorrisos da volatilidade são constituídos por representações gráficas resultantes da observação de que, de acordo com as cotações das opções observadas no mercado, a volatilidade implícita de opções com mesma data de vencimento e diferentes preços de exercício varia, gerando uma curva em forma de U. Esta representação gráfica só é possível após se determinar a volatilidade implícita para cada preço de exercício.

Existem várias publicações científicas onde podem ser encontradas evidências sobre a existência do efeito sorriso, como por exemplo em Heynen *et al.* (1994), Taylor e Xu (1994), Duque e Paxon (1994), Gemmill (1996), Dumas *et al.* (1998), Viana (1998) e Duque e Viana (1999).

Os comportamentos que se obtêm da volatilidade implícita são diferentes conforme os diferentes preços de exercício, ativos subjacentes, conforme o tempo e as épocas de análise. Os comportamentos da volatilidade implícita das matérias-primas e mercadorias diferem das ações, dos índices sobre as ações, dos produtos de câmbio, das taxas de juro. Este comportamento ou desvio dos modelos de avaliação de opções traduz-se em sorrisos da volatilidade.

O gráfico dos sorrisos da volatilidade tem a forma de U, mostrando que para opções *In-the-money* e *Out-of-the-money* a VI é elevada e baixa para opções *At-the-money*. Estas três situações traduzem as posições em que o valor intrínseco de uma opção de compra ou de venda pode

encontrar-se, consoante o seu valor de mercado seja igual, maior ou menor do que o preço de exercício conforme o quadro¹ que se segue:

Quadro 2.1 - Posição do valor intrínseco de uma opção

	<i>In-the money</i>	<i>At-the-money</i>	<i>Out-of-the-money</i>
<i>Call Option</i>	$S > X$	$S = X$	$S < X$
<i>Put Option</i>	$S < X$	$S = X$	$S > X$

Fonte: Ferreira (2009:71)

Assim, a volatilidade implícita apresenta como padrões mais comuns três tipos de sorrisos²:

- o sorriso puro e franco – *smile* (figura 2.2);
- o sorriso amarelo ou forçado – *skew, smirk ou sneer* (figura 2.3);
- o sorriso trombudo – *frown* (figura 2.4);

A figura 2.2 representa a figura de um sorriso puro e franco (*smile*), ou seja, mostra a volatilidade para opções com a mesma data de vencimento mas diferentes preços de exercício.

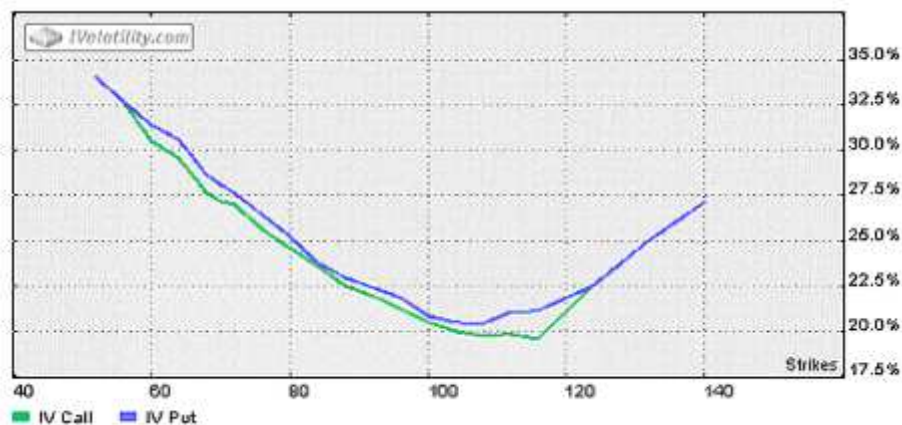


Figura 2.2 - Gráfico representativo do sorriso puro da volatilidade

Fonte: Involatility.com (2010)

¹ “Opções Financeiras”, de Domingos Ferreira (2009; 71)

² “Opções Financeiras”, de Domingos Ferreira (2009; 386)

Na generalidade o ponto mais baixo da curva do sorriso da volatilidade corresponde à posição em que o preço do mercado iguala o preço de exercício, ou seja, *At-the-money*.

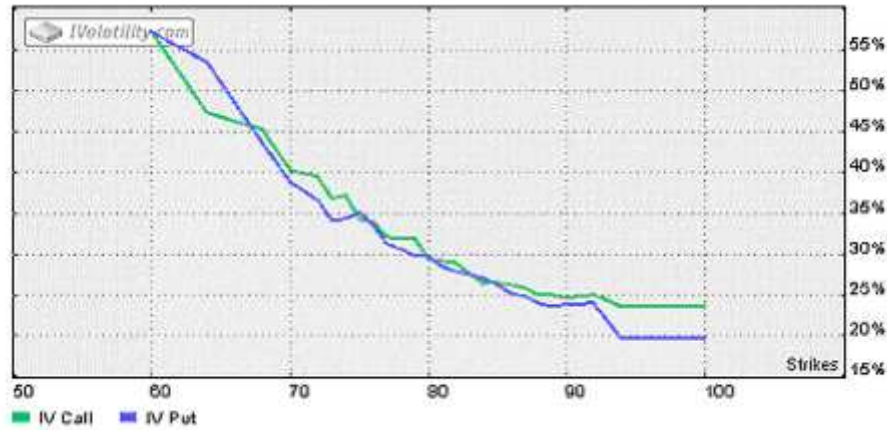


Figura 2.3 - Gráfico representativo do sorriso amarelo da volatilidade

Fonte: Involatility.com (2010)

Denomina-se sorriso amarelo (*smirk*) da volatilidade à representação gráfica que apresenta uma linha ascendente, conforme se verifica na figura 2.3. O sorriso amarelo revela que os investidores de opções acreditam que é muito mais provável que advenham perdas da venda de opções de *puts* do que de *calls*.

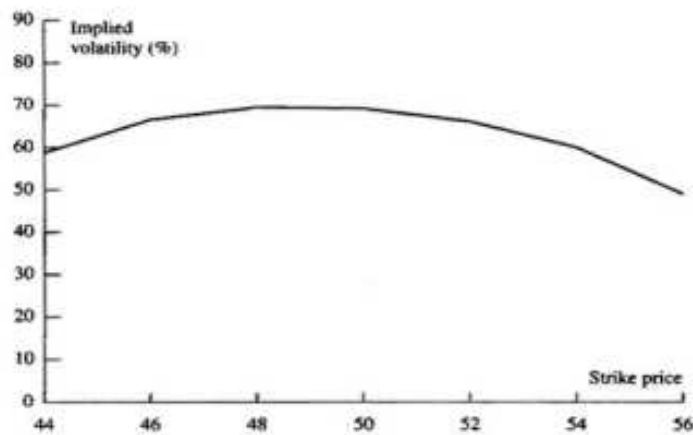


Figura 2.4 - Gráfico representativo do sorriso trombudo da volatilidade

Fonte: Involatility.com (2010)

A figura 2.4 mostra um sorriso trombudo (*frown*) da volatilidade, sendo que a sua curvatura é exatamente o inverso da que se obtém num sorriso aberto. Este tipo de sorrisos tende a verificar-se em mercados que passam por tempos mais tranquilos.

2.3 – Sentimento do Mercado

O sentimento de mercado tem sido um conceito muito abordado na literatura, sendo debatido o eventual sentido de causalidade na relação entre sentimento e volatilidade, assim como o impacto das características de personalidade dos agentes económicos.

Para Smidt (1968) a influência do sentimento leva à existência de situações especulativas, já Zweig (1973) afirma que o sentimento está relacionado com os efeitos cognitivos dos investidores. Autores como Lee, Shleifer e Thaler (1991) definem o sentimento dos investidores como o componente das suas expectativas em relação ao retorno dos seus investimentos sem que estejam baseadas em fundamentos lógicos.

Bentes (2008) no seu trabalho defende a existência de duas correntes distintas: a primeira que afirma existir uma relação de causa-efeito entre o sentimento e a volatilidade, sendo possível a previsão da volatilidade; a segunda evidencia precisamente o fenómeno contrário. De Long *et al.* (1990) encontram-se entre os defensores da primeira teoria, tendo construído um modelo que conclui que é o sentimento de incerteza que influencia as tendências evolutivas do mercado, e não o inverso. Contudo, podem ocorrer situações em que existam investidores no mercado muito sensitivos quanto às alterações de sentimento e reajam de imediato, como situações em que existam investidores menos sensitivos atuando apenas por um forte sentimento, ou *feeling* em relação à evolução do mercado.

Muitos outros autores, tais como Neal e Wheatley (1998) Wang (2001), Simon e Wiggins (2001) evidenciaram de que o sentimento de mercado pode ser utilizado na previsão da volatilidade, e das rendibilidades do período imediatamente seguinte.

No entanto, existem estudos, que levaram a conclusões opostas, entre eles, Solt e Statman (1998), Brown e Cliff (2004), Wang *et al.* (2006), questionaram de que forma seria gerado o sentimento, e procuraram evidenciar que o mesmo fosse causado pelo comportamento da

volatilidade dos mercados financeiros. Ficher e Statman (2000) concluem através de evidências encontradas de que a causalidade entre o sentimento e volatilidade pode ser significativa nos dois sentidos.

Grande parte dos argumentos reforçam a ideia de que é relevante o estudo do sentimento, devendo ser analisado, pois trata-se de uma variável que persiste no tempo, e o otimismo ou pessimismo propaga-se à medida que cada vez mais pessoas aderem à tendência. Acresce a isto, o facto de a arbitragem poder ser capaz de eliminar estratégias lucrativas de curto prazo, mas não é capaz de corrigir desvios de longo prazo. Assim, torna-se imperativo a medição desta variável.

2.3.1 – Indicadores do Sentimento do Mercado

Pelos motivos já expostos anteriormente, tornou-se necessário procurar uma medida que fosse capaz de determinar e quantificar o sentimento de mercado, assim como de prever a evolução futura dos movimentos e tendências. Os Índices de Sentimento do Mercado procuram descrever as atitudes dos investidores em relação ao mercado, ou seja, são utilizados na análise técnica e quantificam os níveis de pessimismo e otimismo presentes em cada momento nos mercados.

São variados os instrumentos utilizados para determinar o sentimento do mercado, no entanto, destacam-se entre os mais utilizados o Índice de Volatilidade Implícita, o Rácio *Put/Call* (PCR) e o Rácio *Bull/Bear* (BBR).

✓ O **Índice de Volatilidade Implícita** têm como principal objetivo avaliar as condições, os sentimentos e os níveis de confiança vividos nos mercados, revelando-se uma ajuda importante na decisão das direções a seguir. Os níveis de mercado e os níveis de volatilidade implícita apresentam-se contrários entre si, pois uma queda nas cotações leva a um aumento nos níveis de VI podendo conduzir a pânico, por sua vez, subidas nas cotações, reduz os níveis de VI, reduzindo a ansiedade do mercado e levando a uma maior satisfação.

Ou seja:

Índice de volatilidade implícita elevado \Rightarrow maior instabilidade e maior receio dos mercados

Índice de volatilidade implícita baixo \Rightarrow maior estabilidade e maior confiança dos investidores

Este método consiste em agrupar em intervalos os valores da volatilidade implícita previamente calculados para, de seguida fazer corresponder a cada um deles níveis de sentimento que vão desde a inexistência de ansiedade até ao pânico extremo.

O quadro 2.2 indica os tipos de sentimentos de mercado em relação aos níveis de VI, segundo Domingos Ferreira (2009).

Quadro 2.2 - Níveis de sentimentos de mercado

Níveis VI	Sentimentos no Mercado
05 - 10	Não existe ansiedade; satisfação extrema
10 - 15	Alguma ansiedade, mas muito pouca; grande satisfação ainda
15 - 20	Pouca ansiedade; satisfação moderada
20 - 25	Ansiedade moderada; pouca satisfação
25 - 30	Ansiedade moderada mas em crescimento
30 - 35	Ansiedade elevada
35 - 40	Ansiedade muito elevada
40 - 45	Ansiedade extrema
45 - 50	Início de pânico
50 - 55	Pânico moderado
55 - 60	Pânico instalado
60 - 65	Pânico intenso
+65	Pânico extremo

Fonte: Ferreira (2009:389)

De acordo com o mesmo autor os valores mais comuns para a média do Índice situam-se entre 20 e 30, ansiedade moderada. A grande vantagem deste indicador reside precisamente na graduação pois fornece uma classificação dos diferentes graus do sentimento do mercado de acordo com a sua intensidade.

Poderá dizer-se, de acordo com Antognelli-Mcardle-Traub (2000), que o índice de volatilidade implícita “é um bom indicador em relação ao nível de receio ou de ambição” nos mercados de capitais.

✓ O **Rácio Put/Call (PCR)** é outro dos instrumentos para avaliar o sentimento do mercado, sendo calculado pelo quociente da seguinte expressão:

$$\text{Rácio Put/Call} = \frac{\text{Volume das Opções de Venda (Puts)}}{\text{Volume das Opções de Compra (Calls)}}$$

Trata-se de um instrumento de medida do sentimento do mercado, mais concretamente a futura direção do mercado, como medida “ao contrário”. Ou seja, as *calls* encontram-se associadas a subidas no mercado e as *puts* a descidas.

Quando os agentes preveem descidas nos preços das opções, são utilizadas opções de venda – *puts* – para proteger posições longas ou especular com a evolução negativa das cotações, pelo contrário, quando preveem subidas nos preços são utilizadas opções de compra – *calls* – para proteger posições curtas ou especular com o aumento dos preços.

Sempre que o volume de *calls* seja excedido com alguma intensidade pelo volume de *puts*, pode dizer-se que o mercado assumiu um sentimento pessimista, sendo que o rácio *put/call* apresentará tendencialmente valores elevados. Assim sendo, existirá tendência para abandonar o mercado de ações e procurar mercados alternativos. Pelo contrário, sempre que o volume de *calls* seja superior ao de *puts*, diz-se que o sentimento de mercado é otimista, sendo que o rácio *put/call* tenderá a apresentar valores mais baixos. Sempre que o quociente entre *put* e *call* apresentar um valor unitário, significa que as expectativas positivas e negativas são iguais.

Conforme se exemplifica na figura 2.5 são considerados dois níveis como referência de base para este indicador: 0,60 e 0,70. O sentimento torna-se otimista abaixo de 0,60 enquanto acima de 0,70 torna-se pessimista. Apesar das expectativas negativas estarem associadas a valores superiores a 1, e muitos autores só considerarem a situação de pessimismo a partir desse valor, é usual tomar-se o valor 0,70 como limite a partir do qual o sentimento começa a ter conotação negativa.

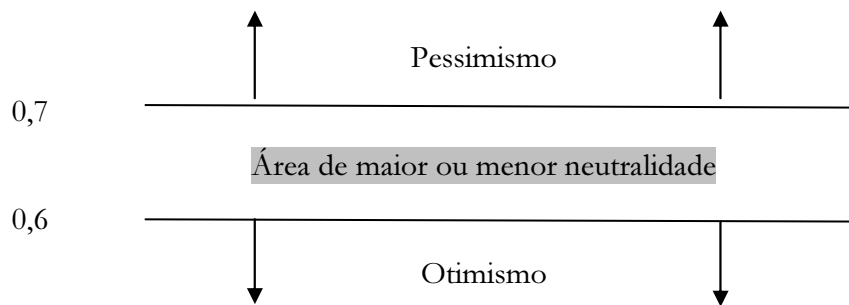


Figura 2.5 - Níveis de Otimismo e Pessimismo do Rácio put/cal

Fonte: Ferreira (2009:415)

✓ O **Rácio Bull/Bear (BBR)** é um indicador do sentimento do mercado publicado pelo *Investor's Intelligence – New Rochelle, New York*. Consiste numa consulta semanal a uma amostra de investidores com o objetivo de verificar a orientação do mercado: pessimista, neutra ou otimista. Esta avaliação é feita através do quociente da seguinte expressão:

$$\text{Rácio Bull/Bear} = \frac{\text{Número de Investidores Optimistas (Bullish)}}{\text{Número de Investidores Pessimistas (Bearish)}}$$

Quando se verifica uma subida generalizada das cotações diz-se que o mercado está *bullish*, otimista, quando existe uma descida generalizada das cotações diz-se que está *bearish*, pessimista. Valores extremos do índice coincidem com altos (*tops*) e baixos (*bottoms*) nos mercados. Um valor unitário significa que o número de investidores que acreditam que o mercado vai subir é igual ao número dos que esperam que o mercado vá descer, valores acima de 1,0 significa um maior número de otimistas (*bullish* - subida) do que pessimistas (*bearish* - descida) conduzindo a expectativas positivas, enquanto valores inferiores a 1,0 conduzem a um sentimento de desconfiança no mercado e pessimismo.

Este índice *IIS – Investors Intelligence Sentimente Survey* foi lançado pela primeira vez em Janeiro de 1963 por A. W. Cohen, analista e fundador da *Charterscraft*. Tem-se revelado um indicador que proporciona bons resultados na avaliação do sentimento do mercado, em especial quando utilizado para tomar decisões contrárias à corrente do mercado. Verifica-se que quando o mercado está com um sentimento de descida (*bearish*) é a melhor altura para

se tomarem posições longas ou de compra e quando está em subida (*bullish*) tomar posições curtas ou de venda. Na sua análise deverão ser tidos em conta também outros indicadores em comparação por forma confirmar os resultados obtidos.



Figura 2.6 - Gráfico do Rácio *Bull/Bear* do Índice *S&P 500*

Fonte: <http://tradingsim.com/blog/bull-bear-ratio/>

2.4 – Padrões de comportamento da volatilidade

A caracterização da componente estocástica da volatilidade dos ativos financeiros, revelou-se um dos grandes desafios dos especialistas de finanças.

Estudos efetuados revelaram a existência de padrões de comportamento comuns nos diferentes mercados que se generalizaram ao universo, habitualmente designados de factos estilizados.

Os factos estilizados mais estudados, assumindo especial relevância, são as *fat tails* na distribuição da volatilidade dos ativos financeiros, os *clusters* de volatilidade, a memória longa (*long memory*) na volatilidade das sucessões cronológicas financeiras, a evidência de movimentos conjuntos (*co-movements*) na volatilidade dos mercados, a evidência de caos, e a assimetria na volatilidade (efeito de alavanca) objeto de estudo deste trabalho.

2.4.1 – Assimetria na volatilidade

A assimetria na volatilidade também é uma das principais características ou efeitos estilizados mais estudados, daí ser o foco principal deste estudo.

A assimetria na volatilidade trata-se de um fenômeno em que descidas inesperadas no preço dos ativos aumentam a volatilidade mais do que subidas do preço de igual dimensão. Ou seja, no comportamento de algumas sucessões cronológicas financeiras, o risco associado a uma ação ou carteira de ações é normalmente maior a seguir a acontecimentos negativos do que a acontecimentos positivos, verificando-se assimetria.

Os primeiros autores a constatar esta relação foram Black (1976) e Christie (1982), que explicaram a assimetria com o efeito de alavanca, o que significa que uma queda no valor das ações aumentava o efeito de alavanca financeira, por sua vez aumentava o risco das ações assim como a sua volatilidade. Posteriormente esta teoria foi confirmada pelos estudos de French et al. (1987), Schwert (1989), Nelson (1991), LeBaron (1992), Campbell e Hentschel (1992) e Glosten *et al.* (1993). O estudo da maior parte dos investigadores centrava-se em duas vertentes ou fontes causadoras de assimetria quando tentavam explicar a variação temporal da rendibilidade dos ativos. Por um lado, os preços das ações em muitos casos pareciam não refletir adequadamente os riscos previsíveis, especialmente quando envolviam “más notícias” e, por outro lado, os padrões de rendibilidade tendiam a reverter mais rapidamente a seguir a “más notícias” do que a seguir a “boas notícias”.

Assim, os modelos de volatilidade consideram dois tipos de assimetria usualmente encontrados em séries cronológicas financeiras: a assimetria das perturbações e o efeito de alavanca. O primeiro tipo de assimetria é utilizado para considerar um dos fatos estilizados de que as perdas têm distribuição com cauda mais pesada do que os ganhos. O segundo tipo de assimetria, efeito de alavanca, leva em consideração de que as perdas têm uma influência maior na volatilidade do que os ganhos.

O quadro 2.3 apresenta uma amostra de estudos efetuados sobre a relação entre a rendibilidade e a volatilidade. Os estudos de volatilidade condicional (*Conditional volatility*) usam normalmente modelos *GARCH* para medir a volatilidade. Os estudos de volatilidade bruta (*Gross volatility*) normalmente referem-se ao desvio padrão das rendibilidades diárias

calculadas ao longo do mês. Estes estudos tiveram por base carteiras de ações (*Stocks, portfolios*) ou Índices (*Index*). O rótulo de não especificada (*Unspecified*) na coluna explicação significa que o modelo aplicado na pesquisa não especificou a causa exata da assimetria. Os restantes estudos concluíram a hipótese de alavanca (*Leverage hypothesis*) ou a teoria do prémio de risco variável com o tempo (*Time - varying risk premium theory*).

Quadro 2.3 - Resumo dos principais estudos empíricos sobre a assimetria na volatilidade

Study	Volatility measure	Presence of asymmetry	Explanation
Black (1976)	Gross volatility	Stocks, portfolios	Leverage hypothesis
Christie (1982)	Gross volatility	Stocks, portfolios	Leverage hypothesis
French, Schwert and Stambaugh (1987)	Conditional volatility	Index	Time-varying risk premium theory
Schwert (1990)	Conditional volatility	Index	Leverage hypothesis
Nelson (1991)	Conditional volatility	Index	Unspecified
Campbell and Hentschel (1992)	Conditional volatility	Index	Time-varying risk premium theory
Cheung and Ng (1992)	Conditional volatility	Stocks	Unspecified
Engle and Ng (1993)	Conditional volatility	Index (Japan Topix)	Unspecified
Glosten, Jagannathan and Runkle (1993)	Conditional volatility	Index	Unspecified
Bae and Karolyi (1994)	Conditional volatility	Index	Unspecified
Braun, Nelson and Sunier (1995)	Conditional volatility	Index and stocks	Unspecified
Duffee (1995)	Gross volatility	Stocks	Leverage hypothesis
Ng (1996)	Conditional volatility	Index	Unspecified
Bekaert and Harvey (1997)	Conditional volatility	Index (Emerging Markets)	Unspecified

Fonte: Bekaert, Wu (2000)

Segundo Pindyck (1984) e Engle *et al.* (1987), para além do efeito de alavanca financeira, a assimetria na volatilidade é também documentada na literatura pelo efeito da existência de um prémio de risco variável. Esta teoria explica os impactos na rendibilidade pelas alterações da volatilidade. Bekaert & Wu (2000) e Li *et al.* (2005), afirmam que esta teoria não explica o comportamento do mercado de ações.

Mais recentemente, estudos de Bansal e Yaron (2004) e Drechsler & Yaron (2009) usando modelos de risco de longo prazo, mostram que a variação dos preços de ações é amplamente explicada pelas flutuações nas taxas de crescimento esperado e prémio de risco, o que implica que estas variações não possam deixar de ser consideradas.

Yamamoto (2009) efetuou um estudo de pesquisa sobre a existência de *clusters* e assimetria na volatilidade e verificou que quando existe restrição de empréstimos os investidores vão esperar para vender as suas ações, efetuando maior pressão no aumento das vendas e menor pressão de compra no mercado. Numa economia em que os agentes estão correlacionados e possuem empréstimos limitados são propensos a vender. Isto intensifica a queda dos preços ou a redução do seu aumento. Desta forma, a volatilidade tende a ser mais elevada em resposta a uma diminuição de preços do que para o seu aumento. Conclui-se que o efeito de restrição do empréstimo quando combinado com o comportamento de imitação dos investidores intensifica a assimetria da volatilidade. Quando não existe imitação as estratégias de venda não estão correlacionadas e por sua vez não existe assimetria na volatilidade.

Chui *et al.*(2010) têm procurado demonstrar que existem outros fatores que influenciam o comportamento dos investidores, por exemplo, diferenças culturais. Por isso, foi testado se a influência cultural tinha implicações na assimetria da volatilidade. Os resultados indicaram que um maior nível de individualismo (confiança em si mesmo) pode realmente resultar numa maior volatilidade assimétrica por estar associado a um maior nível de confiança.

O investimento em ações impõe certo grau de risco associado à volatilidade dos preços dos ativos. Identificam-se dois tipos de risco: “sistemático” e “não-sistemático”. Este último está associado, entre outros fatores, à atividade da empresa, às características do seu mercado e às condições de financiamento das suas atividades. O primeiro diz respeito às variações aleatórias observadas no comportamento da economia e é captado pela volatilidade da rentabilidade de um ativo em relação ao seu valor médio. Estes dois tipos de risco conjuntamente compõem o risco total do investimento em ações. A confiança do investidor tem relação inversa com esta medida, ou seja, quanto maior a volatilidade, menor o seu grau de confiança e, conseqüentemente, menos investimentos serão feitos.

A maior parte dos modelos assumem na sua formulação distribuições normais cuja característica dominante é a simetria, como é o caso do *CAPM* ou do modelo *Black-Scholes*. O desvio-padrão é uma medida simétrica onde o impacto dos choques positivos e negativos se trata de forma indiferenciada, como se pode observar na figura 2.7, em que a volatilidade apenas depende da magnitude de μ_{t-1} .

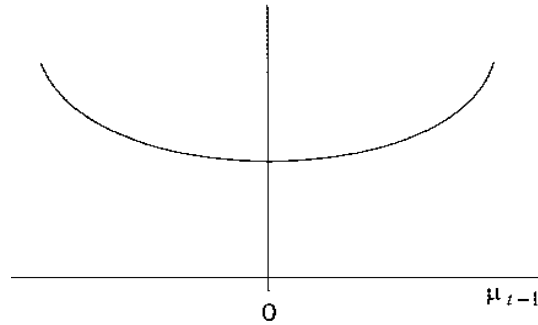


Figura 2.7 – Simetria na volatilidade

Fonte: Ferreira (2009:436)

Nelson (1991) afirma que a não existência do efeito assimétrico é uma das limitações dos modelos *GARCH*. No entanto, impondo que os parâmetros do modelo sejam positivos conduz a outra limitação importante. A existência de uma estrutura assimétrica para a volatilidade gera distribuições enviesadas e com efeito sorriso (*skewed distributions*) para os preços previsionais.

De acordo com Santos da Silva *et al.* (2005), frequentemente são observados nos mercados financeiros períodos de intensa volatilidade após períodos de quedas nos preços, ao passo que a volatilidade não é tão intensa quando se observam períodos de alta nos preços. E, em geral, os choques positivos e negativos tendem a gerar efeitos diferentes sobre a volatilidade.

Como já foi referido, estas assimetrias na volatilidade são denominadas de efeito alavanca (*leverage effect*) ou de efeito do prémio de risco, notado pela primeira vez por Fisher Black (1976), podendo ser capturadas por duas variantes do modelo *GARCH*, os modelos *TGARCH* e *EGARCH*, respetivamente introduzidos por Zakoian (1994) e por Nelson (1991), conforme será desenvolvido posteriormente.

Assim sendo, está-se perante um efeito assimétrico quando um decréscimo nos rendimentos for acompanhado por um aumento na volatilidade superior à volatilidade induzida por um acréscimo nos rendimentos. Nas figuras seguintes é apresentado o efeito de assimetria em resposta ao sinal de μ_{t-1} .

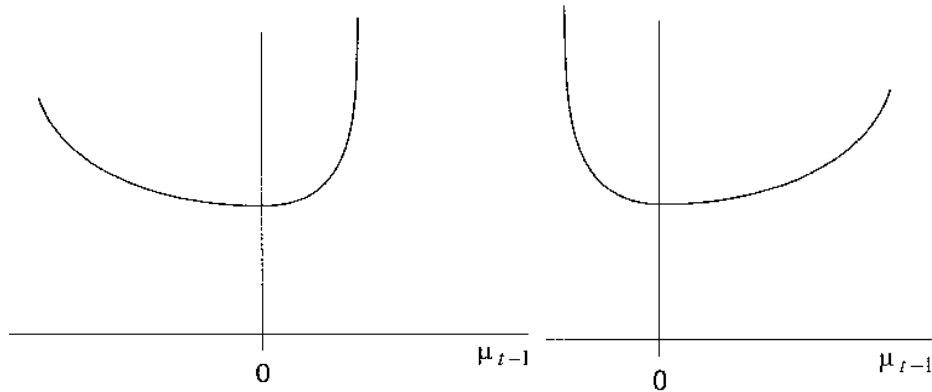


Figura 2.8 – Efeito de assimetria na volatilidade

Fonte: Ferreira (2009:436)

Na figura 2.8 do lado esquerdo a influência na volatilidade é mais forte quando μ_{t-1} é positivo, pelo contrário na figura 2.8 do lado direito a influência na volatilidade é mais forte quando μ_{t-1} é negativo. O efeito alavanca encontra-se evidenciado nestas figuras, qualquer informação adicional aumenta o nível de volatilidade, contudo uma “má notícia” tem um impacto na volatilidade maior do que quando ocorre uma “boa notícia”.

Alguns investigadores, tais como Haddad e Voorheis (1991) e Figlewski e Webb (1993), demonstraram ser possível contribuir para a estabilidade dos mercados e neutralizar o efeito de alavanca, através da introdução de opções refletindo-se positivamente no nível de volatilidade do ativo subjacente. Dois estudos foram apresentados por Merton *et al.* (1978, 1982), onde se discutem as implicações da adoção de estratégias combinadas de opções e ações. Estes concluem que tal permite uma significativa diminuição da exposição ao risco acompanhada duma diminuição da rendibilidade esperada, refletindo-se nas distribuições assimétricas. Outras investigações revelam também a presença de assimetria nas distribuições e uma redução acentuada do risco.

Conforme se pode verificar cada vez mais se procura tentar medir a assimetria da volatilidade dos ativos financeiros, revelando-se de grande importância a averiguação do efeito assimétrico numa distribuição de rendibilidades, como medida de risco, no sentido dos investigadores tentarem captar a natureza da própria volatilidade. Torna-se por isso relevante o estudo de modelos que permitam captar o efeito assimétrico na volatilidade e o

efeito alavanca, como é o caso dos modelos *TGARCH* e *EGARCH*, conforme será abordado de seguida.

2.5 – Modelos de Volatilidade e Previsão

Vários investigadores têm procurado, ao longo dos anos, alguma forma de modelar a volatilidade, uma vez que a mesma não é observável diretamente nos mercados, de forma a descrever o seu comportamento e reduzir a incerteza. Esses modelos devem ser capazes de prever, captar e refletir os factos estilizados mais relevantes sobre a volatilidade, tais como o impacto assimétrico das boas e más notícias, a persistência, a reversão e a influência de variáveis exógenas diversas. Assim sendo, é possível encontrar-se na literatura abordagens que procuram explicar o comportamento da volatilidade através de modelos de heteroscedasticidade condicionada, e ainda verificar quais as suas vantagens e limitações.

A volatilidade teve a sua primeira tentativa de modelagem através de Engle (1982) com a introdução do Modelo *ARCH*, em que através de valores dos retornos passados, fez a modelagem da volatilidade para a inflação inglesa. Modelo este que tem vindo a ser alvo de diversos estudos evolutivos ao longo dos anos, assim como, têm surgido outros modelos no sentido de modelar vários tipos de fenómenos específicos que condicionam a volatilidade, tentando adequar-se consoante cada situação concreta ou objetivo do investigador, e procurando evidenciar uma capacidade de previsão de comportamento dos mercados o mais fiável possível.

Bollerslev (1986) propôs um aperfeiçoamento do modelo inicial dando origem ao denominado modelo *GARCH*, muito utilizado para descrever as séries financeiras. A principal diferença entre o modelo *ARCH* e *GARCH* foi a inclusão de volatilidades anteriores na fórmula da variância condicional permitindo ao modelo ser mais parcimonioso. No entanto, como este modelo trata os retornos positivos e negativos de forma idêntica, e sabendo-se que retornos negativos aumentam mais a volatilidade que os retornos positivos, outros modelos foram desenvolvidos a fim de limar algumas limitações verificadas nestes dois.

Com Nelson (1991) surgiu a extensão *EGARCH* e Glosten *et al.* (1993) e Zakoian (1994) apresentaram a extensão *TGARCH*. Estes explicam o fenómeno de assimetria na volatilidade quando comparadas as “más notícias” com as “boas notícias” assim como procuraram captar o efeito de alavanca.

Estes modelos serão objeto principal deste estudo e será apresentada uma revisão de cada modelo, definição e limitações.

2.5.1 – Modelo *ARCH* - *Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

Uma das características que definem as séries financeiras é de que os retornos não têm variância constante no tempo, formando grupos com diferentes graus de volatilidade e média constante. Assim, partindo do princípio de que a volatilidade é previsível e depende do fator tempo, em 1982, Engle, vencedor do prémio Nobel de 2003, considerou ser possível construir um modelo no qual a variância seria condicionada por uma equação algébrica, modelando não só a média, como também, a variância condicionada.

Este modelo designou-se por *ARCH - Autoregressive Conditional Heteroscedastic*, uma nova forma de modelar o comportamento dos rendimentos dos ativos financeiros, que se baseava na existência de sucessões cronológicas não lineares, ou seja, heteroscedasticidade condicionada à verificada no passado imediatamente anterior. Estes modelos possuem propriedades probabilísticas favoráveis à sua aplicação aos mercados acionistas, tais como a não correlação ao longo do tempo, leptocurtose³, pequenos valores seguidos a pequenos valores e lei não condicional convergente para a lei normal sob agregação temporal. Permitem constatar que apresentam a característica observada por Mandelbrot (1963) de que no mercado acionista “...*large changes tend to be followed by large changes*”⁴.

Estes modelos procuram captar a volatilidade de autocorrelações, onde o risco de hoje depende do risco observado no passado. Esta aproximação permite que a variância

³ distribuição onde rendimentos extraordinariamente grandes e pequenos são mais comuns do que a distribuição normal prevê.

⁴ “grandes mudanças tendem a ser seguidas por grandes mudanças”

condicionada não seja constante e varie ao longo do tempo como uma função linear dos quadrados dos erros do passado, mas deixando constante a variância não condicionada.

A sua fórmula base é dada pela seguinte expressão:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2, \quad (2.3)$$

onde,

$$u_t = \varepsilon_t \sigma_t \quad E[\varepsilon_t] = 0 \quad \text{Var}[\varepsilon_t] = 1 \quad \text{Cov}[\varepsilon_t, u_{t-i}] = 0$$

com, ε_t : *i.i.d.*⁵ e independente de u_{t-i} ($i \in \mathbb{Z}$)

$\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \dots, q$): a soma de todos os parâmetros tem de ser inferior a 1, para cumprir a condição de estacionaridade fraca.

σ_t^2 é a variância do erro de previsão condicionada pela informação passada e representa um processo *ARCH* (q). De acordo com Bera-Higgins (1993), quanto maior for o valor de q , mais longos são os episódios de volatilidade.

No entanto, este modelo apresenta algumas limitações nos pressupostos, sendo que Bentes (2009) enumera algumas das principais referidas por Brooks (2002):

- Inexistência dum processo definido para a determinação do número de defasamentos no sentido de captar a volatilidade do processo;
- Necessidade de existência dum número elevado de defasamentos para captar todas as dependências da variância condicionada o que resulta num modelo não parcimonioso;
- Possível violação das restrições de não negatividade: de facto, quanto mais parâmetros forem introduzidos na equação da variância condicionada mais provável se torna que ocorram valores estimados negativos.

Para além destas limitações, Domingos Ferreira (2009) sintetiza os seguintes:

- Os modelos *ARCH* encontram-se basicamente orientados para rendimentos de sucessões cronológicas e as decisões financeiras dependem de outras variáveis;

⁵ *i.i.d.* – independent and identical distribution

- Assumem a existência de meios envolventes bastante estáveis e não capturam acontecimentos associados com turbulência, designadamente, fusões, aquisições, reestruturações, boas e más notícias, alterações e choques bruscos ou outros;
- A evolução dos preços é modelada com base no acontecimento comum incorporando preços passados, mas não levando em conta informações do fórum particular de alguns intervenientes.

Bollerslev *et al.* (1992) aponta também como uma das principais limitações deste modelo, a tendência para sobreavaliar os efeitos da persistência nas observações. Revelou-se também incapaz de captar o efeito de alavanca, importante característica nas rendibilidades. Acresce ainda o facto dos modelos *ARCH* e seus derivados serem modelos estatísticos e não económico/financeiros, o que pela sua complexidade podem se revelar nem sempre apropriados.

Algumas destas limitações foram ultrapassadas com desenvolvimentos teóricos e empíricos aplicados com a introdução de novos modelos como *GARCH* e suas variantes.

2.5.2 - Modelo *GARCH* - *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

O Modelo *GARCH* - *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* constitui uma generalização do modelo *ARCH*, sugerido por Bollerslev (1986) e consiste em modelar a variância condicionada não só em função do quadrado dos erros passados, mas também em função dos próprios valores passados da variância condicionada.

Tanto o modelo *ARCH* como o modelo *GARCH* são processos estocásticos em que a volatilidade condiciona os rendimentos no futuro próximo. Segundo este autor, a vantagem introduzida, consiste no facto da formulação *ARCH*, sendo baseada numa relação auto-regressiva poder conduzir na prática, a uma ordem de atrasos “q” bastante grande e consequentemente à estimação de um importante número de parâmetros.

O modelo *GARCH* permite a presença de componentes auto-regressivos e de médias móveis na variância heteroscedástica dos ativos financeiros, analogamente à existente nos processos *ARMA* propostos por Box & Jenkins (1976).

Portanto, *GARCH* é um mecanismo que inclui as variâncias passadas na explicação das variâncias futuras. Mais especificamente, *GARCH* é uma técnica de séries temporais que permite utilizar o modelo de dependência serial da volatilidade (Bollerslev, 1986).

Devido à dificuldade para se estimar os coeficientes do modelo *ARCH*, resultado da frequente necessidade de uma ordem q elevada, o modelo *GARCH* adiciona a dependência da variância em relação à variância passada.

O modelo *GARCH* ou *GARCH* (p, q) apresenta a sua fórmula pela seguinte expressão:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-1}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2, \quad (2.4)$$

onde,

p – grau do processo *GARCH*

q – grau do processo *ARCH*

$u_t = \varepsilon_t \sigma_t$

Se $p = 0$, então o modelo *GARCH* ($0, q$) é equivalente ao modelo *ARCH* (q).

Para que o modelo tenha co-variância estacionária e, portanto, variância incondicional ou uma tendência de convergência, é necessário que se verifique as seguintes condições:

$\alpha_0 > 0$,

$\alpha_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \dots, q$)

$\beta_j \geq 0$ ($j = 1, 2, \dots, p$)

$\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{j=1}^p \beta_j < 1$

Segundo Domingos Ferreira (2009), ao determinar os graus p, q , ou seja, identificando o modelo, está-se a fazer uso do facto de que a identificação do *GARCH* é baseada, do ponto de vista metodológico, nos mesmos princípios do processo *ARMA* - *Autoregressive Moving Average* (Box-Jenkins, 1970), enquanto que as ordens p, q são identificadas através da função de autocorrelação e da função de autocorrelação parcial do quadrado dos erros.

O modelo *GARCH* (1,1) é a versão mais simples e mais utilizada em séries de finanças. Supondo que os erros são normalmente distribuídos, a variância é dada por:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2. \quad (2.5)$$

O coeficiente α_1 mede a extensão em que um choque no retorno verificado hoje afeta a volatilidade do retorno do dia seguinte. A soma $(\alpha_1 + \beta_1)$ revela a medida de persistência da volatilidade, ou seja, a taxa que reflete como o impacto de um choque no retorno verificado hoje se propaga ao longo do tempo, sobre a volatilidade dos retornos futuros. Isso mostra que a alta persistência do choque enfraquecerá lentamente.

Quando $p=0$, \rightarrow *GARCH* (0, q) \equiv *ARCH* (q), a variância condicionada é expressa como:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + A(L)u_t^2 + B(L)\sigma_t^2, \quad (2.6)$$

onde, os polinômios no operador de desfasamento (backshift operator) L são:

$$A(L) = \alpha_1 L + \alpha_2 L^2 + \dots + \alpha_q L^q, \quad (2.7)$$

$$B(L) = \beta_1 L + \beta_2 L^2 + \dots + \beta_p L^p, \quad (2.8)$$

O modelo *GARCH* estende a formulação do *ARCH* no sentido de que permite uma memória mais longa, e uma estrutura de desfasagens para a variância mais flexível.

Um modelo *GARCH* (p , q) é um modelo *ARCH* (∞) onde,

$$\sigma_t^2 = \frac{\alpha_0}{1 - \sum_{i=1}^p \beta_i} + \sum_{i=1}^{\infty} \gamma_i u_{t-i}^2 \rightarrow \text{ARCH}(\infty) \quad (2.9)$$

Segundo Jorion (2007), a vantagem do modelo *GARCH* é a existência do termo de reversão à média, que permite estimativas consistentes de volatilidade no longo prazo.

Apesar de este modelo captar diversas características observadas nas séries históricas, também este, possui desvantagens e limitações sendo a principal:

- a sua não capacidade para modelar o efeito de assimetria, que é observado com grande frequência, quando diferentes volatilidades são registadas nos casos de «boas notícias» ou de «más notícias», objeto deste estudo, e que será ultrapassada pela introdução de novos modelos *EGARCH* e *TGARCH* variantes do *GARCH*.
- A existência de uma estrutura assimétrica para a volatilidade gera distribuições enviesadas e com efeito sorriso (*skewed distributions*) para os preços previsionais.

Sendo o efeito assimétrico uma das limitações dos modelos *ARCH* e *GARCH*, nestas condições, será melhor considerar um modelo em que a volatilidade apresente reações assimétricas para valores positivos ou negativos da variável residual.

2.5.3 – Modelo *EGARCH* - *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

Como já foi referido, os modelos anteriores possuem a fraqueza de não conseguir captar a influência assimétrica dos retornos, na modelagem das séries financeiras, acrescentando ainda o facto, dos coeficientes do modelo não deverem ser negativos. Esta imposição relativamente aos coeficientes garante que a formulação da variância permaneça não negativa com probabilidade igual a um. No entanto, muitas vezes esta condição não é satisfeita ou dificulta bastante a estimação dos parâmetros. Para solucionar estas fraquezas, Nelson (1991) introduziu uma nova extensão do modelo *GARCH(p,q)*, através da logaritmização da variância condicionada, denominada por *EGARCH(p,q)* - *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic* permitindo captar os efeitos assimétricos da volatilidade do mercado. Este modelo é expresso pela equação onde a variância condicionada, σ_t^2 , é uma função assimétrica dos valores passados de μ_t , ou seja:

$$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \ln \sigma_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \left(\frac{|\mu_{t-i}|}{\sigma_{t-i}} \right) + \sum_{i=1}^p \gamma_i \left(\frac{|\mu_{t-i}|}{\sigma_{t-i}} \right), \quad (2.10)$$

onde,

σ_t^2 = a variância condicionada em t ;

α_0 = valor constante;

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ = parâmetros do modelo;

μ_{t-i} = erro observado em $t - i$;

σ_{t-i} = desvio-padrão observado em $t - i$.

A variância condicionada é uma função exponencial das variáveis assegurando os seus valores positivos e a natureza exponencial conduz a que os choques externos inesperados tendem a ter um forte efeito na volatilidade esperada.

O efeito assimétrico é indicado pelo valor diferente de zero de γ , sendo a presença do efeito de alavanca dado pelo seu valor negativo. Assim, «más notícias» podem ter um impacto diferente na volatilidade futura, quando comparadas com as «boas notícias». De facto, se $\gamma = 0$, então um choque positivo terá um efeito semelhante na volatilidade ao de um choque negativo de igual amplitude. No entanto, se $\gamma < 0$, um choque positivo originará um efeito de diminuição na volatilidade, por outro lado, se $\gamma > 0$ então um choque positivo aumentará o nível de volatilidade do mercado.

2.5.4 – Modelo *TGARCH - Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*

Glosten *et al.* (1993) e Zakoian (1994) propuseram e desenvolveram um outro modelo que permite igualmente detetar a assimetria na volatilidade, denominado de *TGARCH - Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic*. Este modelo ilustra como os efeitos das “boas” ou “más notícias” conduzem a diferentes impactos na volatilidade.

A expressão deste modelo é dada por:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \mu_{t-1}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 + \sum_{k=1}^r \delta_{t-k} \gamma_k \mu_{t-k}^2, \quad (2.11)$$

Onde, ∂_{-k} é uma variável *dummy*, que assume o valor de 1, se $\mu_t > 0$ e anula-se para $\mu_t \leq 0$.

O modelo *TGARCH* considera efeitos na variância condicionada diferentes conforme se está perante uma «boa notícia» ($\mu_t > 0$) ou uma «má notícia» ($\mu_t < 0$). Perante «boas notícias» existe um impacto directo em α , por outro lado, nas «más notícias» esse impacto é igual a $(\alpha+\gamma)$. Se $\gamma > 0$, verifica-se o chamado efeito alavanca (*leverage effect*), perante $\gamma \neq 0$, o impacto da divulgação de novas notícias constitui em efeito assimétrico.

A figura 2.9 ilustra o efeito assimétrico da reação da volatilidade às notícias com presença do *leverage effect* (efeito alavanca). Este efeito implicará que as *bad news* (más notícias) tenham um maior impacto dos que as *good news* (boas notícias), se o coeficiente é positivo.

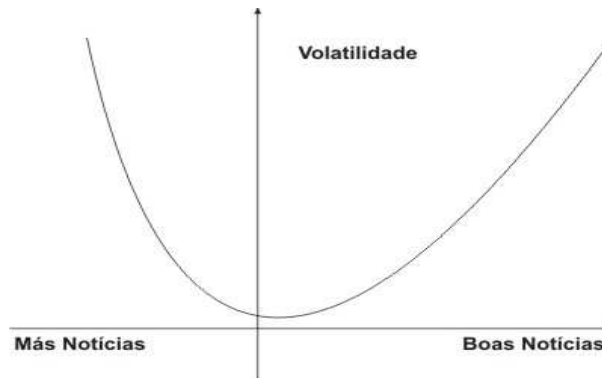


Figura 2.9 – Efeito Leverage – reação da volatilidade a boas e más notícias

Fonte: Enders (2004:142)

2.5.5 – Abordagens alternativas – *TAR* e *M-TAR*

Como já foi referido, do ponto de vista empírico, revelou-se fundamental a análise das características não estacionárias das séries, levando à necessidade de utilizar modelos de cointegração, uma vez que o comportamento das séries apresenta efeitos assimétricos, justificando-se que em alternativa se recorra a especificações baseadas em *Switching Regime Models*, de que são casos particulares os modelos *TAR* e *M-TAR*, por forma a captar as não linearidades. Estes modelos são indicados para modelar o fenómeno da assimetria, são

considerados tanto modelos univariados como multivariados, sendo a volatilidade medida a partir da variável residual em média.

O modelo auto-regressivo com limiar **TAR - Threshold AutoRegressive** foi inicialmente proposto por Tong (1978) e subsequentemente desenvolvido por Tong e Lim (1980) e Tong (1983). Os modelos *TAR* tornaram-se bastante populares para a análise de series temporais não-lineares. Consistem essencialmente em alterar os parâmetros de um modelo auto-regressivo linear de acordo com a região em que se encontrarem valores de uma determinada variável. Se esta variável for um valor desfasado da própria serie temporal, o modelo é chamado de auto-regressivo com limiar auto-excitado (*SETAR - Self Exciting Threshold Autoregressive*).

Uma serie temporal y_t segue um processo TAR caso,

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^p (\alpha_j y_{t-j}) + \sum_{i=1}^h \left[\lambda_{0i} + \sum_{j=1}^p (\lambda_{ji} y_{t-j}) \right] I_i(q_t) + \varepsilon_t, \quad (2.12)$$

onde,

$$\varepsilon_t \sim \text{NID}(0, \sigma^2);$$

os termos $\alpha_0, \dots, \alpha_p$, e $\lambda_{0i}, \dots, \lambda_{pi}$, $i=1, \dots, h$, são coeficientes reais;

$I_i(\cdot)$ é uma função indicadora, definida por:

$$I_i(q_t) = \begin{cases} 1, & \text{se } q_t \geq r_i; \\ 0, & \text{caso contrário,} \end{cases}$$

onde, $\{r_1, \dots, r_h\}$ é um subconjunto dos números reais, linearmente ordenados, tal que, — $-\infty < r_1 < r_2 < \dots < r_h < \infty$. Em geral a variância do termo aleatório varia de acordo com o regime.

De acordo com Enders e Granger (1998) e Enders e Siklos (2001), quando o ajustamento apresenta uma trajetória mais persistente numa direção do que noutra, o modelo resultante assume a forma de ***M-TAR – Momentum Threshold Autoregressive***.

Este modelo é uma variação do modelo *TAR* e tem em vista testar a estacionariedade e cointegração entre os mercados em análise. O modelo *M-TAR* tem uma nova função indicadora definida pela seguinte reformulação:

$$I_i(q_t) = \begin{cases} 1, & \text{se } \Delta q_t \geq r_i ; \\ 0, & \text{caso contrário,} \end{cases}$$

A construção adequada dos modelos *TAR* e *M-TAR* apresentam condições ótimas de utilização diferentes. Enders e Grangers (1998) afirmam que os modelos *TAR* revelam-se mais indicados para identificarem movimentos profundos nas séries cronológicas (*deep movements*), enquanto os modelos *M-TAR* são mais adequados para captarem ocorrências de movimentos agudos assimétricos numa dada série cronológica (*steep movements*).

2.6 – Síntese do Capítulo

Neste capítulo procedeu-se à revisão da literatura, tendo o cuidado de estudar de forma pormenorizada, as principais questões ligadas ao tema da volatilidade dos mercados financeiros. Procurou-se de forma resumida expor a forma como este assunto tem sido abordado e analisado e quais as suas variáveis em questão. Assim começou-se, por definir a volatilidade e quais os tipos de classificação que pode assumir, assim como as suas representações gráficas tendo em conta o sentimento que o mercado pode transmitir que leva a diferentes reações por parte dos investidores influenciando as suas tomadas de decisões.

É importante referir que as expectativas dos investidores, quer positivas quer negativas, são o que provoca maior impacto no comportamento dos mercados. Acresce ainda que acontecimentos negativos influenciam com uma maior proporção do que efeitos positivos, levando a um efeito de assimetria na volatilidade. Foi neste sentido, que se colocou a

questão deste estudo, assim como da previsão de acontecimentos para que se possam antecipar estratégias de atuação.

Assim, foi efetuado igualmente um estudo dos principais modelos de estimação da volatilidade, mais direcionados para detetar um dos principais padrões de comportamento da volatilidade, a assimetria. Com base nisto, identificou-se que dentro dos modelos *GARCH*, as variantes *EGARCH* e o *TGARCH*, se revelaram como os dois modelos mais apropriados para detetar este padrão de comportamento.

No entanto existe um leque muito vasto de modelos que podem ser aplicados dependendo do objetivo do estudo.

III. CAPÍTULO – DESCRIÇÃO DOS DADOS E EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

No presente capítulo é apresentada a análise prática do tema objeto deste estudo. Como ponto de partida apresenta-se o processo de recolha de dados de séries cronológicas relativo às cotações de preços dos três índices bolsistas de três continentes diferentes, Americano, Europeu e Asiático. Posteriormente irá se determinar a volatilidade histórica e análise dos resultados obtidos a partir dos modelos de volatilidade determinísticos que evidenciam a assimetria da volatilidade.

Para maior simplicidade de análise, optou-se por dividir em cinco secções:

Na secção 3.1 apresentam-se os índices a estudar e com base nos dados de series cronológicas de cada índice pretende-se apurar a sua volatilidade histórica;

A secção 3.2 terá como base os dados das séries cronológicas de cada índice, são descritas as metodologias adotadas no estudo, tendo como objetivo a aplicação da melhor metodologia de cálculo, pelo motivo de evitar influenciar significativamente os resultados finais que possam ser obtidos;

Na secção 3.3 conterà a análise descritiva em relação aos três índices de ações, com base na sua evolução dos preços e da rendibilidade;

Na secção 3.4 recorrer-se-á a software de análise estatístico-financeira para ajudar a determinar a assimetria na volatilidade assim como a estimação dos modelos de volatilidade que evidenciam a assimetria: *GARCH* (1,1), *TGARCH* (1,1) e *EGARCH* (1.1).

Na secção 3.5 será feita a escolha do modelo mais adequado para descrever o comportamento das rendibilidades dos índices, onde serão analisados os resultados de estimação dos modelos de volatilidade.

Finalmente, na secção 3.6 será elaborada a síntese do capítulo.

3.1 – Índices Bolsistas

Segundo o dicionário de língua portuguesa, a palavra Índice tem como definição “indicação”. É exatamente esse o principal objetivo de um índice bolsista, dar uma indicação do comportamento do mercado de Bolsa sobre o qual esse índice é calculado. Para que um índice indique o mais fielmente possível o comportamento global do mercado, deveria incluir todos os títulos (ações, obrigações, etc.) que compõem esse mercado. No entanto, dada a dimensão dos mercados e a dificuldade em acompanhar os títulos que os compõem, opta-se por se construir um cabaz representativo do mercado como um todo. Assim sendo, pode ser definido como um cabaz de emissões de títulos admitidos à cotação num ou em vários mercados, ponderados sobre um determinado critério, servindo de indicador de referência da valorização média de mercado.

Os índices são medidos em pontos, ou seja, não representam valores em moeda. E servem para indicar se na média os preços das ações estão a subir ou a descer.

Os índices podem ser classificados quanto à categoria dos seus títulos, consoante temos ações, obrigações, mercadorias, etc., ou seja, consoante o tipo de ativos que transacionem.

Quanto à sua finalidade e forma de construção existem índices gerais ou de seleção de acordo com os mercados alvos a analisar. Os índices gerais englobam a totalidade das emissões admitidas à negociação num dado mercado ou segmento de mercado e que são geralmente de carácter informativo. Os índices de seleção ou amostrais incluem apenas partes de segmentos de mercado, refletindo a evolução dos preços e rendibilidades dum número fixo de títulos.

Podem ainda ser classificados segundo dois outros tipos de critérios:

- Pelo sistema de ponderação – do preço, de proporção igual ou do valor de mercado ou dos valores de capitalização bolsista;
- Pela média – aritmética ou geométrica.

Na construção de um índice bolsista, deve-se ter em conta determinados critérios essenciais para que se possa avaliar o comportamento do mercado com maior neutralidade. Assim os elementos fundamentais são:

- A sua composição e significativa representatividade do mercado alvo, pois deve incorporar o maior número possível de empresas, apesar de limitadas às cotadas em bolsa;
- A ponderação dos títulos que compõem o cabaz de títulos, uma vez que existem várias formas de o fazer, sendo as usualmente mais usadas, no caso dos índices de ações, a capitalização bolsista e a cotação;
- A data de referência, pela importância de se delimitar uma data para o início da contagem do índice, normalmente faz-se corresponder com a data de começo de um determinado número de pontos.

O índice poderá subir ou descer de acordo com as expectativas dos agentes financeiros. Estas expectativas (positivas ou negativas) dos intervenientes é influenciada por alguns fatores, tanto políticos como macroeconómicos e empresariais, como são exemplo os anúncios de resultados.

Este instrumento reveste-se de especial importância para a análise da volatilidade dos mercados financeiros, sendo-lhe normalmente, atribuídas as seguintes funcionalidades:

- Possibilidade de comparação histórica entre as rendibilidades dos diferentes mercados (*commodities*, ações, obrigações, etc.);
- Referencial de mercado útil, nomeadamente, para comparar a performance dos fundos de investimento;
- Indicador do nível de atividade económica uma vez que as cotações são normalmente entendidas como o reflexo das expectativas do mercado quanto à sua evolução;
- Barómetro das oscilações do mercado, em particular, no que respeita a *crashes* e bolhas especulativas.

Pode-se então concluir que um índice de ações é um indicador estatístico que reflete o valor combinado dos mercados subjacentes que o compõem. Qualquer variação num dos mercados que compõem o índice será repercutida no mesmo.

Em Portugal, o principal índice de referência do mercado de capitais português é o *PSI20 - Portuguese Stock Index*. O valor base deste índice remonta a 31 de Dezembro de 1992 e foi de 3000 pontos. O *PSI20* reflete a evolução dos preços das 20 emissões de ações de maior dimensão e liquidez selecionadas do universo das empresas admitidas à negociação no Mercado de Cotações Oficiais.

A nível mundial, os principais índices de ações internacionais são na Europa – *Dax 30, Cac 40, Ibex 25, Eurostoxx50, Bel 20, FTSE100, FTSE MIB*, nos EUA – *Dow Jones, Nasdaq 100, S&P500* e na Ásia – *Nikkei 225, Hang Seng, Kospi, BSE Sensex*.

De seguida, será feito o estudo da assimetria na volatilidade dos mercados de três destes índices.

3.1.1 - STOXX Europe 50

O Índice *STOXX Europe 50*, é um índice criado em 1986 pela *Stoxx Ltd.* propriedade da *Deutsche Börse AG* e *SEIS Group AG*. Reúne uma representação de líderes de vários sectores na Europa, de empresas designadas *Blue Chips*. Ou seja, empresas cotadas em bolsa que apresentam simultaneamente uma dimensão significativa e uma excelente saúde económica e financeira e um elevado nível de liquidez das suas ações.

Este índice cobre ações das 50 maiores empresas da zona Euro em termos de capitalização bolsista de 18 países europeus: Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Islândia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Noruega, Portugal, Espanha, Suécia, Suíça e Reino Unido. O Índice *STOXX Europe 50* está licenciado para as instituições financeiras para servir como base para uma ampla gama de produtos de investimento, tais como *Exchange Traded Funds (ETFs)*, Futuros e Opções, e produtos estruturados em todo o mundo.

Segundo a consulta efetuada no site da *Stoxx, Ltd*, empresa que gere este índice, mais a pormenor pode-se verificar as 50 empresas que atualmente compõe o Índice *STOXX Europe 50*, e seu peso para o global do mesmo, conforme a tabela 3.1.

Tabela 3.1– Composição do Índice *STOXX Europe 50* por Empresas

50	Componentes	Sector	País	Peso (%)	Mcap (Eur Bil.)	Fact.Flutuação
1	NESTLE	Alimentação e bebidas	CH	6,51	148,94	1,00
2	NOVARTIS	Saúde	CH	4,87	111,36	1,00
3	HSBC	Bancos	GB	4,72	108,12	1,00
4	VODAFONE GRP	Telecomunicações	GB	4,13	94,54	0,91
5	BP	Indústria Petrolífera	GB	3,73	85,42	0,91
6	ROCHE HLDG P	Alimentação e bebidas	CH	3,73	85,38	1,00
7	ROYAL DUTCH SHELL A	Indústria Petrolífera	GB	3,66	83,69	1,00
8	GLAXOSMITHKLINE	Saúde	GB	3,36	76,83	0,92
9	TOTAL	Indústria Petrolífera	FR	3,30	75,49	0,95
10	BRITISH AMERICAN TOBACCO	Produtos Domésticos	GB	2,74	62,81	1,00
11	SIEMENS	Bens e Serviços Industriais	DE	2,71	62,05	0,94
12	RIO TINTO	Recursos Básicos	GB	2,65	60,67	0,92
13	TELEFONICA	Telecomunicações	ES	2,52	57,75	0,87
14	SANOFI	Saúde	FR	2,48	56,69	0,85
15	BCO SANTANDER	Bancos	ES	2,37	54,19	1,00
16	BHP BILLITON	Recursos Básicos	GB	2,26	51,83	1,00
17	BG GRP	Indústria Petrolífera	GB	2,21	50,50	0,94
18	ASTRAZENECA	Saúde	GB	2,01	46,09	1,00
19	BASF	Industria Química	DE	1,99	45,65	1,00
20	ANGLO AMERICAN	Recursos Básicos	GB	1,70	38,97	1,00
21	BAYER	Industria Química	DE	1,62	37,12	1,00
22	UNILEVER NV	Alimentação e bebidas	NL	1,60	36,59	0,91
23	UBS	Alimentação e bebidas	CH	1,57	36,02	0,94
24	ENI	Alimentação e bebidas	IT	1,57	35,93	0,64
25	BNP PARIBAS	Alimentação e bebidas	FR	1,56	35,81	0,83
26	SAP	Alimentação e bebidas	DE	1,53	35,13	0,75
27	DIAGEO	Alimentação e bebidas	GB	1,53	35,08	0,91
28	ABB	Alimentação e bebidas	CH	1,51	34,57	1,00
29	TESCO	Alimentação e bebidas	GB	1,50	34,36	1,00
30	DAIMLER	Alimentação e bebidas	DE	1,47	33,58	0,84
31	ALLIANZ	Alimentação e bebidas	DE	1,42	32,45	1,00
32	E.ON	Alimentação e bebidas	DE	1,33	30,52	1,00
33	STANDARD CHARTERED	Alimentação e bebidas	GB	1,32	30,16	0,82
34	GDF SUEZ	Alimentação e bebidas	FR	1,28	29,26	0,59
35	BCO BILBAO VIZCAYA ARGENTARIA	Alimentação e bebidas	ES	1,26	28,85	1,00
36	ANHEUSER-BUSCH INBEV	Alimentação e bebidas	BE	1,25	28,60	0,46
37	DEUTSCHE BANK	Bancos	DE	1,15	26,30	1,00
38	DEUTSCHE TELEKOM	Telecomunicações	DE	1,15	26,23	0,68
39	FRANCE TELECOM	Telecomunicações	FR	1,11	25,38	0,72
40	ERICSSON LM B	Tecnologia	SE	1,02	23,45	1,00
41	ING GRP	Seguros	NL	1,02	23,27	1,00
42	ZURICH FINANCIAL SERVICES	Seguros	CH	1,01	23,00	1,00
43	CREDIT SUISSE GRP	Bancos	CH	0,98	22,38	0,94
44	HENNES & MAURITZ B	Comércio a Retalho	SE	0,93	21,23	0,67
45	AXA	Seguros	FR	0,91	20,73	0,80
46	BARCLAYS	Bancos	GB	0,89	20,38	0,87
47	GRP SOCIETE GENERALE	Bancos	FR	0,76	17,28	1,00
48	NOKIA	Tecnologia	FI	0,74	16,85	1,00
49	INTESA SANPAOLO	Bancos	IT	0,69	15,84	0,90
50	UNICREDIT	Bancos	IT	0,68	15,56	0,86

Fonte: <http://www.stoxx.com>

Na mesma fonte foram retiradas informações que permitiram elaborar o gráfico ilustrado na figura 3.1, apresentando a sua distribuição percentual em função dos países que compõe este índice.

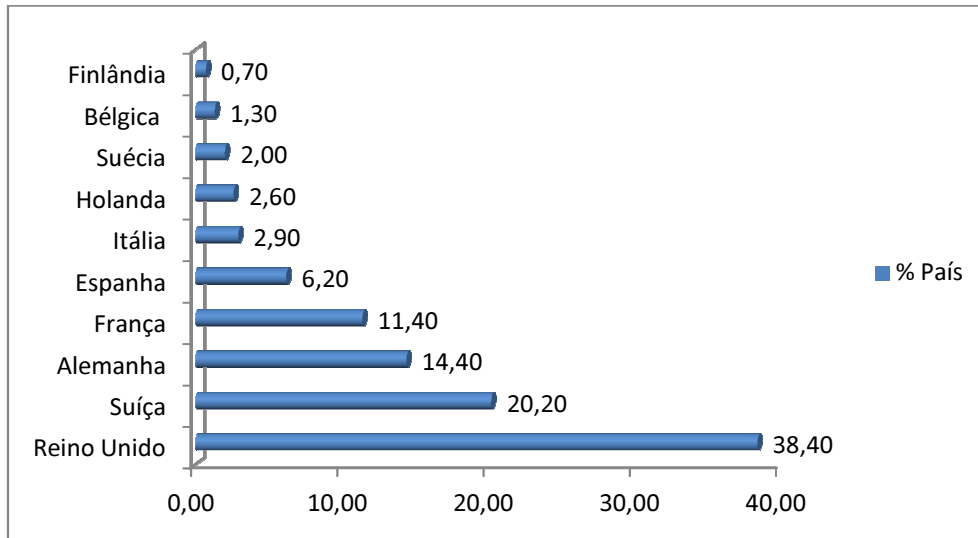


Figura 3.1 – Composição do Índice *STOXX Europe 50* por Países

Como se pode verificar as empresas que detinham maior peso no Índice *STOXX Europe 50* são oriundas principalmente do Reino Unido, seguidas da Suíça em segundo lugar, e da Alemanha que surge em terceiro lugar com a França muito próximo. Inversamente, a Finlândia, Bélgica e Suécia, são países que se encontram entre os que evidenciaram menor representatividade. De destacar que Portugal não aparece nesta classificação, pelo que se poderá reforçar a ideia de que as grandes empresas a nível nacional, não o são à escala europeia.

Outra distribuição também apresentada pela mesma fonte, classifica estas empresas por sectores de atividade conforme figura 3.2.

Nesta distribuição destaca-se o sector financeiro, com principal destaque para os Bancos que englobam a 18,00% do índice, merecendo igual importância em segundo lugar o sector da Saúde e em terceiro lugar a Indústria Petrolífera. No outro extremo, com impacto menor, surgem os sectores da Indústria Automóvel, em último lugar com cerca de 1,50%, seguido do comércio a retalho e produtos de utilidade geral e domésticos, com 2,40% e 2,60% respetivamente.

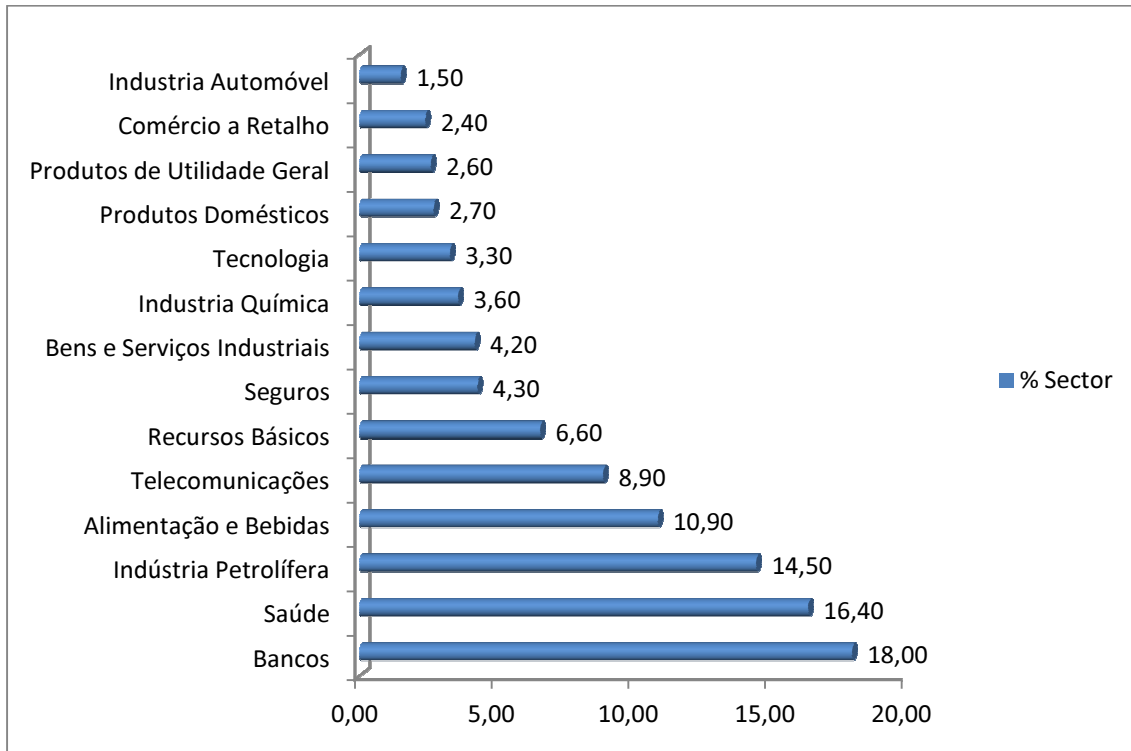


Figura 3.2 – Composição do Índice *STOXX Europe 50* por Sectores de Atividade

No outro extremo, com impacto menor, surgem os sectores da Indústria Automóvel, em último lugar com cerca de 1,50%, seguido do comércio a retalho e produtos de utilidade geral e domésticos, com 2,40% e 2,60% respetivamente.

Em termos de metodologia de cálculo, o universo deste índice é composto pelo conjunto de todos os componentes dos 19 índices do super sector *STOXX Europe 600*. O *STOXX Europe 600* ou *STOXX600* é um índice financeiro com um número fixo de 600 componentes, entre eles grandes, médias e pequenas empresas capitalizadas dentre 18 países da região Europeia.

Para cada um dos 19 índices do super sector *STOXX Europe 600*, os componentes das ações são classificadas através da capitalização das flutuações da bolsa. As maiores capitalizações bolsistas são adicionadas à lista de seleção até que a cobertura esteja próximo, mas sempre menos que, 60% de capitalização da flutuação da bolsa do correspondente índice do super sector *STOXX Europe Total Market Index (TMI)*. Se as próximas ações mais cotadas fizerem com que o índice se aproxime dos 60% em termos absolutos, são ainda adicionadas à lista de seleção. As restantes ações que compõem o índice *STOXX Europe 50*

serão também adicionadas ao índice de seleção. As ações da lista de seleção são classificadas através da capitalização da flutuação da bolsa. Em casos excepcionais, o *STOXX Ltd. Supervisory Board* poderá efetuar alterações, incluindo ou retirando ações a essa lista.

São selecionadas as 40 maiores ações da lista. As componentes adicionais do índice de *STOXX Europe 50* classificadas entre 41 e 60 são também adicionadas como componentes do índice. Se o número de componentes for ainda inferior a 50, as maiores ações da lista de seleção são adicionadas ao índice, até este perfazer as 50 ações.

O índice é ponderado pela capitalização das flutuações da bolsa (figura 3.3). O peso de cada componente é limitado a 10% do total do índice de capitalização da flutuação. Os pesos da flutuação livre são revistos trimestralmente. A composição do índice é revista anualmente, no mês de Setembro. Os seus componentes são monitorizados mensalmente no que respeita ao critério de saída rápida e trimestralmente no que se refere ao critério de entrada rápida.



Figura 3.3 – Evolução do Índice *STOXX Europe 50*

Fonte: www.stoxx.com

3.1.2 – Índice *Nikkei 225*

O Índice *Nikkei 225* é o mais antigo e mais conhecido índice asiático do mundo, constituído pelas 225 empresas japonesas mais cotadas e negociadas na Bolsa de Valores de Tóquio (TSE). O *Nikkei 225* começou a ser calculado a 07 de Setembro de 1950, tendo sido também calculado retroativamente com dados a partir de 16 de Maio de 1949 pela Bolsa de Valores de Tóquio (TSE), sendo o Jornal *Nihon Keizai Shimbun (Nikkei)* oficialmente responsável pelo cálculo e publicação diária deste índice desde 1971.

Atualmente, é usado como o principal indicador da economia japonesa, semelhante ao *Dow Jones Industrial Average (DJIA)*, tendo chegado mesmo a ser conhecido como "*Dow Jones Nikkei Stock Average*" (1975-1985).

O *Nikkei 225* atingiu o seu máximo histórico a 29 de Dezembro de 1989, com o valor de 38.957 pontos, durante o pico do preço dos ativos japoneses. A título de comparação, o nível recorde do índice para o século XXI estabeleceu-se aos 18.300 pontos. O último valor mínimo do índice foi registado em Outubro de 2008, quando atingiu o nível de 6.994 pontos. (Figura 3.4)

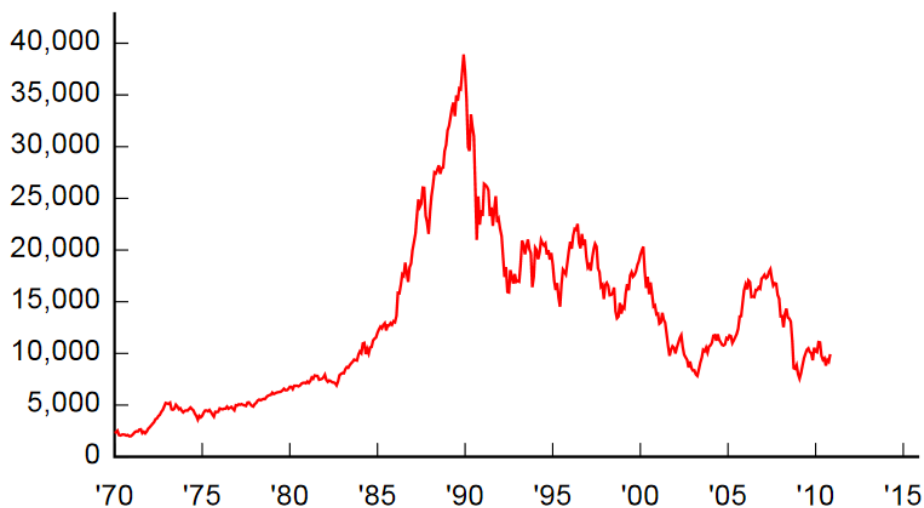


Figura 3.4 – Evolução do Índice *Nikkei 225* (1970-2011)

Fonte: <http://www.boj.or.jp>

A 22/06/2010 a distribuição sectorial do índice *Nikkei 225* encontrava-se em termos percentuais conforme a representação da figura 3.5.

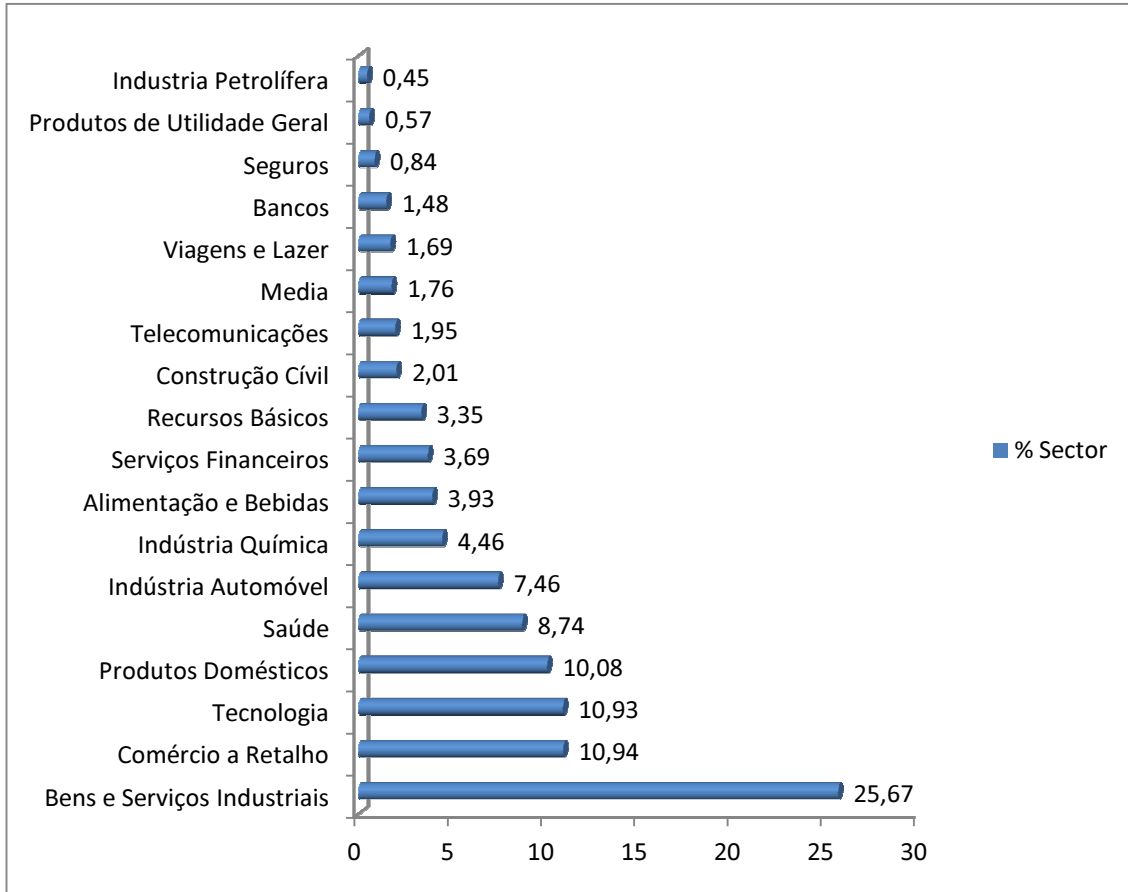


Figura 3.5 – Distribuição sectorial do Índice *Nikkei 225* (2010)

Conforme se pode verificar, o sector que inclui as empresas de Bens e Serviços Industriais destaca-se em primeiro lugar com grande avanço dos restantes sectores com 25,67% do total do índice, seguido do comércio a retalho e da tecnologia que se encontra em grande expansão devido à sua contínua e rápida evolução. Por outro lado, a indústria petrolífera encontra-se entre as empresas com menor peso neste índice, seguindo-se os produtos de utilidade geral, seguros e bancos. Verifica-se uma realidade oposta ao Índice *STOXX Europe 50*, conforme exposto anteriormente.

A tabela 3.2 apresenta as 225 empresas componentes do Índice *Nikkei 225* em 2010.

Tabela 3.2 – Empresas componentes do Índice *Nikkei 225*

Nome da Empresa	Nome da Empresa	Nome da Empresa
Takara Holdings Inc.	Kikkoman Corp.	The Nisshin Oil Group, Ltd.
Meiji Seika Kaisha Ltd.	Kirin Brewery Co, Ltd.	Meiji Dairies Corp.
Nippon Flour Mills Co., Ltd.	Sapporo Holdings Ltd.	Nisshin Seifun Group Inc.
Nichirei Corp.	Morinaga Co., Ltd.	Nippon Meat packers, Inc.
Ajinomoto Co., Inc.	Japan Tobacco Inc.	Asahi Breweries, Ltd.
Nisshinbo Industries, Inc.	Nitto Boseki Co., Ltd.	Teijin Ltd.
Toray Industries, Inc.	Mitsubishi Rayon, Ltd.	Kuraray Co., Ltd.
Unitika, Ltd.	Toyobo Co., Ltd.	Nippon Paper Group, Inc.
Oji Paper Co, Ltd.	Hokuetsu Paper Mills, Ltd.	Mitsubishi Paper Mills, Ltd.
Fuji Photo Film Co., Ltd.	Shin-Etsu Chemicals Co., Ltd.	Kao Corp.
Konica Minolta Holdings, Inc.	Nissan Chemical Industries, Ltd.	Sumitomo Chemicals co., Ltd.
Showa Denko K.K.	Ube Industries, Ltd.	Nippon Soda Co., Ltd.
Asahi Kasei Corp.	Mitsubishi Chemicals Corp.	Tosoh Corp.
Toagosei Co., Ltd.	Denki Kagaku Kogyo K.K.	Kyowa Hakko Kogyo Co., Ltd.
Mitsui Chemicals, Inc.	Shiseido Co, Inc.	Nippon Kayaku Co., Ltd.
Terumo Corp.	Takeda Pharmaceutical Co., Ltd.	Eisai Co., Ltd.
Astellas Pharma Inc.	Shionogi Co., Ltd.	Sankyo Co., Ltd.
Daiichi Pharmaceutical Co., Ltd.	Dainippon Pharmaceutical Co., Ltd.	Chugai Pharmaceutical Co., Ltd.
Showa Shell Sekiyu K.K.	Nippon Mining Holdings, Inc.	Nippon Oil Corp.
Bridgestone Corp.	The Yokohama Rubber Co., Ltd.	NGK Insulators, Ltd.
Toto Ltd.	Nippon Sheet Glass Co., Ltd.	Tokai Carbon Co., Ltd.
Taiheyo Cement Corp.	Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.	Asahi Glass Co., Ltd.
JFE Holdings, Inc.	Nippon Steel Corp.	Sumitomo Metal Industries
Kobe Steel, Ltd.	Toyo Seikan Kaisha, Ltd.	Sumitomo Electric Industries, Ltd.
Mitsui Mining and Smelting Co., Ltd.	Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.	Fujikura Ltd.
The Furukawa Electric Co., Ltd.	Dowa Mining Co., Ltd.	Mitsubishi Materials Corp.
Nippon Light Metal Co., Ltd.	Furukawa Co., Ltd.	Toho Zinc Co., Ltd.
Koyo Seiko Co., Ltd.	Okuma Corp.	Ebara Corp.
Komatsu Ltd.	Sumitomo Heavy Industries Ltd.	NTN Corp.
Hitachi Zosen Corp.	Chiyoda Corp.	Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
The Japan Steel Works, Ltd.	NSK Ltd.	Daikin Industries, Ltd.
Kubota Corp.	Advantest Corp.	TDK Corp.
Kyocera Corp.	Fanuc Ltd.	Alps Electric Co., Ltd.
Taiyo Yuden Co., Ltd.	Sony Corp.	Denso Corp.
Pioneer Corp.	Canon Inc.	Matsushita Electric Industries co., Ltd.
Sharp Corp.	Matsushita Electric Works, Ltd.	Yokagawa Electric Corp.
Fuji Electric Holdings., Ltd.	Fujitsu Ltd.	Mitsumi Electric Co., Ltd.
Mitsubishi Electric Corp.	Oki Electric Industry Co., Ltd.	Casio Computer Co., Ltd.
Hitachi, Ltd.	Toshiba Corp.	NEC Corp.
Clarion Co., Ltd.	GS Yuasa Corp.	Minebea Co., Ltd.
Sanyo Electric Co., Ltd.	Meidensha Corp.	Mitsui Engineering Shipbuilding Co., Ltd.
Kawasaki Heavy Industries, Ltd.	Ishikawajima – Harima Heavy Industries Co., Ltd.	Toyota Motor Corp.
Honda Motor Co., Ltd.	Hino Motors, Ltd.	Suzuki Motor Corp.
Nissan Motor Co., Ltd.	Isuzu Motors, Ltd.	Fuji Heavy Industries Ltd.
Mazda Motor Corp.	Mitsubishi Motors Corp.	Topy Industries, Ltd.
Olympus Corp.	Nikon Corp.	Ricoh Co., Ltd.
Citizen Watch, Ltd.	Yamaha Corp.	Toppan Printing Co., Ltd.
Dai Nippon Printing Co., Ltd.	Nippon Suisan Kaisha, Ltd.	Teikoku Oil Co., Ltd.
Obayashi Corp.	Shimizu Corp.	Daiwa House Industry Co. Ltd.
Sekisui House, Ltd.	Kajima Corp.	JGC Corp.
Comsys Holdings Corp.	Kumagai Gumi Co., Ltd.	Taisei Corp.
Tokyo Electron Ltd.	Mitsui Co., Ltd.	Sumitomo Corp.
Sojitz Holdings Corp.	Itochu Corp.	Marubeni Corp.
Tomen Corp.	Softbank Corp.	Mitsubishi Corp.
Isetan Co., Ltd.	Ito-Yokado Co., Ltd.	Seven-Eleven Japan Co., Ltd.
Mitsukoshi Ltd.	Marui Co., Ltd.	Takashimaya Co., Ltd.
Aeon Co., Ltd.	Sumitomo Mitsui Financial Group Inc.	The Sumitomo Trust and Banking Co., Ltd.
The Chiba Bank, Ltd.	Mitsui Trust Holdings, Inc.	Mizuho Trust Banking Co., Ltd.
UFJ Holdings, Inc.	Mitsubishi Tokyo Financial Group, Inc.	Mizuho Financial Group, Inc.
The Bank of Yokohama, Ltd.	The Shizuoko Bank, Ltd.	Resona Holdings, Inc.
Nomura Holdings Inc.	Daiwa Securities Group Inc.	Nikko Cordial Corp.
Shinko Securities Co. Ltd.	Millea Holdings Inc.	Mitsui Sumitomo Insurance Co., Ltd.
Sompo Japan Insurance Inc.	Credit Saison Co. Ltd.	Nippon Shinpan Co. Ltd.
Sumitomo Realty Development Co., Ltd.	Heiwa Real Estate Co., Ltd.	Mitsui Fudosan Co., Ltd.
Mitsubishi Estate Co., Ltd.	East Japan Railway Co.	West Japan Railway Co.
Odakyu Electric Railway Co. Ltd.	Tobu Railway Co. Ltd.	Keio Corp.
Tokyu Corp.	Keisei Electric Railway Co. Ltd.	Nippon Express Co. Ltd.
Yamato Transport Co. Ltd.	Mitsui O.S.K. Lines Ltd.	Kawasaki Kisen Kaisha Ltd.
Nippon Yusen K.K.	Japan Airlines Corp.	All Nippon Airways Co. Ltd.
Mitsubishi Logistics Corp.	Nippon Telegraph and Telephone Corp.	KDDI Corp.
NTT Data Corp.	NTT DoCoMo, Inc.	The Kansai Electric Power Co. Ltd.
The Tokyo Electric Power Co. Inc.	Chubu Electric Power Co. Inc.	Osaka Gas Co. Ltd.
Tokyo Gas Co. Ltd.	Yahoo Japan Corp.	CSK Corp.
Konami Corp.	Trend Micro Inc.	Toei Co. Ltd.
Tokyo Dome Corp.	Secon Co. Ltd.	Dentsu Inc.

A fim de fornecer dados atuais e precisos e melhor refletir a situação representativa da estrutura industrial do Japão, a composição do índice é revista todos os anos no mês de Setembro, e as eventuais alterações são aplicadas no início de Outubro.

O Índice *Nikkei 225* é calculado através do preço médio de 225 ações negociadas na primeira secção da Bolsa de Tóquio, mas é diferente de uma média simples, uma vez que o divisor é ajustado para manter a continuidade e reduzir os efeitos de fatores externos, que não se encontram diretamente relacionados com o mercado.

Os 225 títulos constitutivos do *Nikkei* beneficiam da mesma ponderação, com base no valor de 50 ienes por ação. Não existe ponderação sectorial no índice.

O ambiente económico e industrial do Japão tem sofrido rápidas mudanças nos últimos 10 anos, nomeadamente uma nova indústria surgiu em torno da tecnologia de informação, o que se tem vindo a refletir na atividade do mercado de ações. Durante este período de mudança, o Japão tem vindo a sofrer uma recessão prolongada caracterizando-se por um lento investimento de capital e diminuição dos gastos do consumidor. Estas circunstâncias estão a levar a uma onda de fusões e aquisições, um estado de bipolarização a fim de moldar o mercado de ações. Em resposta a estas mudanças, em Outubro de 1993 foi introduzido o Índice *Nikkei 300*, composto por uma média ponderada com base na capitalização de mercado de 300 ações. Seguiu-se em Junho de 1998 o lançamento do Índice *Nikkei Style*, que foi criado para reconhecer a diversificação nos estilos de gestão de ativos. Os novos índices *Nikkei* ilustram a necessidade de medir o desempenho do mercado de ações a partir de uma variedade de perspetivas e ao mesmo tempo avaliar que reflete com precisão as mudanças na indústria e estruturas de mercado.

A metodologia de cálculo do Índice *Nikkei 225* é muito semelhante ao Índice *Dow Jones*, no entanto a unidade é iene. Conforme já indicado, o *Nikkei 225* é um índice de preços de média ponderada, com base no valor nominal de ¥ 50 por ação. Isso significa que, uma mudança de preço ¥ 50 em qualquer ação afeta a média da mesma forma, independentemente de estar cotado em ¥ 5 ou ¥ 500 por ação.

A média do *Nikkei* é dada pela seguinte expressão:

$$\text{Média Nikkei} = \frac{\text{soma do preço das ações das 225 empresas}}{\text{divisor}}, \quad (3.1)$$

- Ações que não têm um valor nominal de ¥ 50 são convertidos no valor ao par de ¥ 50;
- Os números são arredondados para dois dígitos após o ponto decimal, ou centésimos, para calcular a média;
- As prioridades na escolha dos preços são: cotação corrente especial (cotações especiais de fecho); preço corrente (preço de fecho); preço padrão.

Quando os componentes são alterados ou quando eles são afetados por mudanças externas do mercado, o divisor é ajustado para manter o nível do índice consistente. Ou seja, o divisor é ajustado essencialmente nos casos de ex-direitos, redução de capital, substituição de componentes na média e no caso de recompra de ações por emissor. Uma das críticas de que este índice é alvo tem a ver com o facto de uma ação com um preço de ¥ 5 ter o mesmo peso que uma ação com um preço de ¥ 200, atribuindo aos pequenos investidores maior peso do que efetivamente representam.

3.1.3 – Índice *Dow Jones Industrial Average (DJIA)*

Dow Jones Industrial Average é um índice criado em 1896 por Charles Dow, fundador do *The Wall Street Journal* e fundador do *Dow Jones & Company Charles Dow*. É um dos índices mais antigos dos Estados Unidos, também conhecido como *DJIA*, *INDP*, *Dow 30* ou *Dow Jones*.

Quando foi criado em 1896, o Índice *DJIA* representava a média simples de 12 empresas americanas de grande importância e seu valor inicial foi de 40,94 pontos. Durante o período da I Guerra Mundial a Bolsa de Valores de Nova York fechou a 30 de Julho de 1914, por quatro meses, tendo ficado estagnado em 71,42 pontos. Quando a bolsa reabriu a 12 de Dezembro do mesmo ano, o índice sofreu uma queda de 24,39%, fechando com o valor de 54 pontos. Em 1916 o número de empresas componentes do índice foi aumentado para vinte. Finalmente o número de empresas componentes foi aumentado para trinta em 1928 numa altura em que as ações se estavam a aproximar do seu valor máximo, antes da crise de 1929.

O cálculo deste índice é bastante simples e é baseado na cotação das 30 maiores e mais importantes ações de empresas dos Estados Unidos. Sendo atualmente constituído pelas empresas apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Empresas constituintes do Índice *Dow Jones Industrial Average*

Símbolo	Nome da Empresa	Volume	Sector	%
AA	Alcoa Inc. Common Stock	37.636.348	Recursos Básicos	4,40
AXP	American Express Company Common	7.877.959	Serviços Financeiros	0,92
BA	Boeing Company (The) Common Sto	5.467.806	Bens e Serviços Industriais	0,64
BAC	Bank of America Corporation Com	175.455.608	Bancos	20,51
CAT	Caterpillar, Inc. Common Stock	10.543.114	Construção Civil	1,23
CSCO	Cisco Systems, Inc.	50.463.408	Tecnologia	5,90
CVX	Chevron Corporation Common Stoc	11.919.556	Industria Petrolífera	1,39
DD	E.I. du Pont de Nemours and Com	8.315.173	Industria Petrolífera	0,97
DIS	Walt Disney Company (The) Commo	15.137.291	Media	1,77
GE	General Electric Company Common	76.368.361	Bens e Serviços Industriais	8,93
HD	Home Depot, Inc. (The) Common S	10.917.152	Comércio a Retalho	1,28
HPQ	Hewlett-Packard Company Common	40.146.916	Tecnologia	4,69
IBM	International Business Machines	7.851.584	Tecnologia	0,92
INTC	Intel Corporation	64.486.727	Tecnologia	7,54
JNJ	Johnson & Johnson Common Stock	14.557.427	Saude	1,70
JPM	JP Morgan Chase & Co. Common St	42.436.947	Bancos	4,96
KFT	Kraft Foods Inc. Common Stock	12.893.942	Alimentação e Bebidas	1,51
KO	Coca-Cola Company (The) Common	12.514.122	Alimentação e Bebidas	1,46
MCD	McDonald's Corporation Common S	8.777.026	Alimentação e Bebidas	1,03
MMM	3M Company Common Stock	7.185.141	Bens e Serviços Industriais	0,84
MRK	Merck & Company, Inc. Common St	24.235.389	Saude	2,83
MSFT	Microsoft Corporation	54.086.654	Tecnologia	6,32
PFE	Pfizer, Inc. Common Stock	45.308.238	Saude	5,30
PG	Procter & Gamble Company (The)	11.361.835	Alimentação e Bebidas	1,33
T	AT&T Inc.	27.793.916	Telecomunicações	3,25
TRV	The Travelers Companies, Inc. C	3.758.261	Seguros	0,44
UTX	United Technologies Corporation	6.900.690	Bens e Serviços Industriais	0,81
VZ	Verizon Communications Inc. Com	16.556.193	Telecomunicações	1,94
WMT	Wal-Mart Stores, Inc. Common St	13.621.380	Comércio a Retalho	1,59
XOM	Exxon Mobil Corporation Common	30.921.407	Industria Petrolífera	3,61

Fonte: elaborado com base no <http://finance.yahoo.com>

De todas as empresas que compunham inicialmente o índice *DJIA*, apenas a empresa *General Electric* foi permanecendo ao longo dos anos compondo o índice atualmente.

O índice *Dow Jones Industrial Average (DJIA)* é, ao lado do *Nasdaq Composite* e do *Standard & Poor's 500*, um dos principais indicadores dos movimentos do mercado americano, sendo dos três indicadores, o mais largamente publicado e discutido.

Uma vez que o índice não é calculado pela Bolsa de Valores de Nova Iorque (*New York Stock Exchange*), as empresas que o constituem são escolhidas pelos editores do jornal financeiro norte-americano *The Wall Street Journal*, não existindo nenhum critério pré-determinado, a não ser que as mesmas sejam companhias norte-americanas líderes nos seus segmentos de mercado.

Pode-se assim verificar na figura 3.6 quais os sectores em que se inserem as 30 empresas que constituem este índice, encontrando-se as mesmas distribuídas em termos percentuais pelo volume de ações que cada uma comporta.

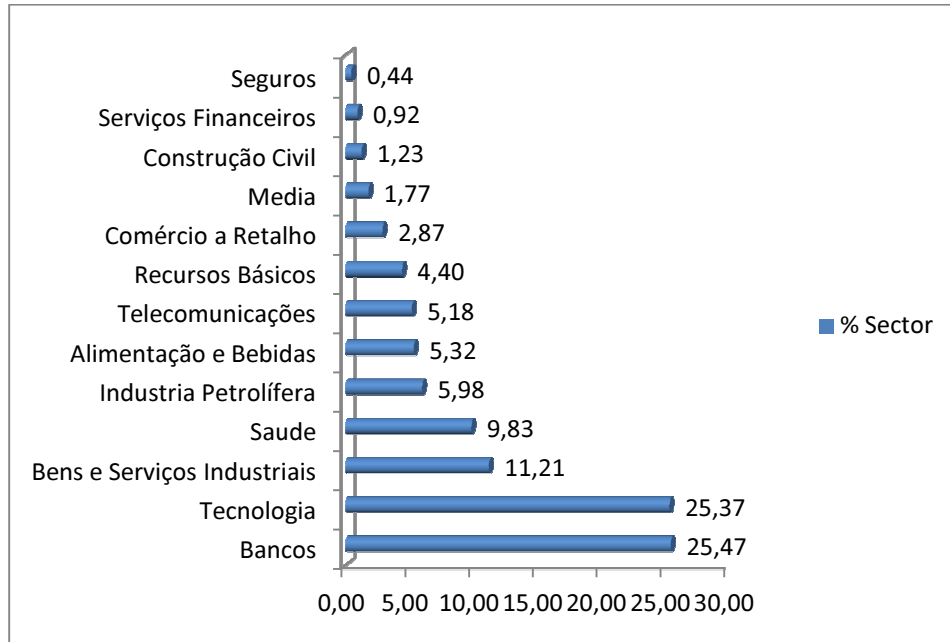


Figura 3.6 – Distribuição sectorial do Índice *DJIA* por volume de ações

Fonte: elaborado com base no <http://finance.yahoo.com>

Nesta distribuição destacam-se os bancos e a tecnologia como os principais sectores na linha da frente com maior peso neste índice, por outro lado, os seguros, serviços financeiros e construção encontram-se entre os menos representativos.

As empresas que compõem o índice *DJIA* são ocasionalmente substituídas para acompanhar as mudanças do mercado. Quando isso acontece, é usado um fator de escala para ajustar os valores do índice para que estes não sejam diretamente afetados pela mudança.

A metodologia utilizada no cálculo do índice *DJIA* resulta da divisão da soma dos preços das ações das 30 empresas por um divisor chamado o divisor *Dow*. Esse divisor é ajustado no caso de *splits*, *spin-offs* ou outras mudanças estruturais para assegurar que essas mudanças não vão alterar o valor do índice.

Inicialmente o índice *DJIA* era a simples média aritmética dos preços das ações pelo que o divisor usado era apenas o número de empresas. Após vários, o divisor atualmente usado tem um valor menor que um, ou seja, o valor do índice hoje é maior que a soma dos preços das ações das empresas componentes. Ou seja, a fórmula de cálculo do índice *DJIA* é dado pela seguinte expressão:

$$DJIA = \frac{\sum p}{d}, \quad (3.2)$$

onde,

p = os preços das ações das empresas que compõe o índice

d = divisor *Dow*

Acontecimentos como *splits* ou mudanças na lista das empresas que compõe o índice alteram o valor da soma das ações das empresas participantes. Nesses casos, para evitar a descontinuidade no índice, o divisor *Dow* é atualizado de forma que os valores das cotações do índice *DJIA* coincidam antes e depois dos acontecimentos. Ou seja:

$$DJIA = \frac{\sum p_{old}}{d_{old}} = \frac{\sum p_{new}}{d_{new}}, \quad (3.3)$$

Atualmente, o divisor *Dow* está por 0,132129493⁶, significa que, a cada mudança de \$ 1 no preço de uma determinada ação dentro da média, equivale a 7,57 (1/0.132129493) movimento do ponto.

O Índice *Dow Jones Industrial Average (DJIA)* tem sido também alvo de críticas por parte de alguns analistas. Os mesmos argumentam que o *DJIA* não é uma representação muito precisa do desempenho do mercado global, uma vez que inclui apenas uma listagem de ações de apenas 30 empresas. Além disso, o *DJIA* é criticado por ser um preço médio ponderado, que atribui preços mais altos a ações com influência acima da média do que aos seus homólogos mais baixos, mas ao mesmo tempo não leva em consideração o tamanho relativo da indústria ou capitalização de mercado dessas empresas.

⁶ <http://www.cmegroup.com/trading/equity-index/files/djia-history-divisor.pdf>

Ainda assim, é o mais citado e mais amplamente reconhecida dos índices do mercado de ações, além de ser um dos mais antigos dos EUA.

A figura 3.7 apresenta a evolução histórica desde índice desde Outubro de 1928 a 2011.



Figura 3.7 – Evolução do índice *Dow Jones Industrial Average (DJIA)*

Fonte: <http://finance.yahoo.com>

Com a crise de 1929 e a grande depressão que se seguiu, o índice que chegou a valer 381,17 pontos e a 03 de Setembro de 1929 retornou ao seu ponto de partida, chegando ao valor mínimo de 40,56 e fechando com 41,22 em 08 de Julho de 1932. O maior ganho percentual do índice num único dia foi de 14,34% e ocorreu a 15 de Março de 1933 no período de baixa perspectiva de mercado na depressão que seguiu a crise de 1929.

Após a II Guerra Mundial, houve um período *bull market* que levou o índice a ultrapassar o valor de 381,17 pontos. A partir de 1954 continuou a subir até 1966. A década de 1970 marcou um momento de incerteza económica e as relações atribuladas entre os EUA e alguns países do Médio Oriente. Os anos 80 e 90 viram um rápido crescimento no índice *DJIA*, apesar de acompanhado por algumas perturbações. A maior queda percentual em um único dia desde 1914 ocorreu em 19 de Outubro de 1987, quando o índice caiu 22,61%, dia que ficou conhecido como *Black Monday*. O índice *DJIA* sobe sofrendo algumas quedas importantes tais como logo após o 11 de Setembro de 2001. Em Julho de 2008 a alta no preço do petróleo inicia uma queda substancial no preço das ações e o índice *DJIA* fecha abaixo dos 11.000. A 15 de Setembro de 2008 o banco de investimento *Lehman Brothers* pede concordata mostrando que o período de baixa perspectiva de mercado esconde

uma crise financeira de grandes dimensões. Uma série de pacotes de ajuda económica como o Plano de Resgate Económico de 2008 são propostos tentando amenizar a crise e evitar a quebra dos grandes bancos e corretoras dos Estados Unidos, porém não evitam a crescente volatilidade do mercado.

3.2 – Recolha e tratamento de dados

Sendo a assimetria, um dos factos estilizados na volatilidade, de grande importância de análise da rentabilidade para a tomada de decisão dos investidores, e tendo este trabalho como objetivo estudar esse mesmo facto nos mercados de ações, foram escolhidos três índices bolsistas internacionais de continentes diferentes, EUA, Europa e Ásia.

Os dados, de dois índices escolhidos *Dow Jones* e *Nikkei 225*, foram recolhidos através da base de dados do site www.finance.yahoo.com, os dados do *Stoxx Europe 50* foram retirados da base de dados do www.stoxx.com. Para algumas informações adicionais utilizou-se também o site www.cboe.com.

A escolha destes três índices prendeu-se com o facto de serem os três mais importantes e representativos de cada continente, e com o peso que estes mercados têm a nível mundial e as relações concorrenciais que se estabelecem entre eles. *Stoxx Europe 50* por ser um índice que abrange as principais empresas europeias, e foi escolhido em vez do *Eurostoxx 50*, por este só ter dados a partir de 2002, enquanto o selecionado tem dados históricos desde 1986, por forma a que na análise todos os índices tivessem uma recolha de dados de igual período.

As amostras retiradas para todos os índices correspondem ao período de intervalo de tempo de dez anos, mais especificamente de 01/07/2001 a 31/06/2011. As diferentes cotações correspondem aos preços de fecho ajustados diários dos índices acima mencionados.

Para o tratamento de dados, para além do recurso ao *Microsoft Excel 2007*, optou-se por recorrer ao programa de *software Eviews 6.0*.

3.3 – Comportamento dos Índices

3.3.1 – Análise da evolução da cotação de fecho dos Índices Bolsistas

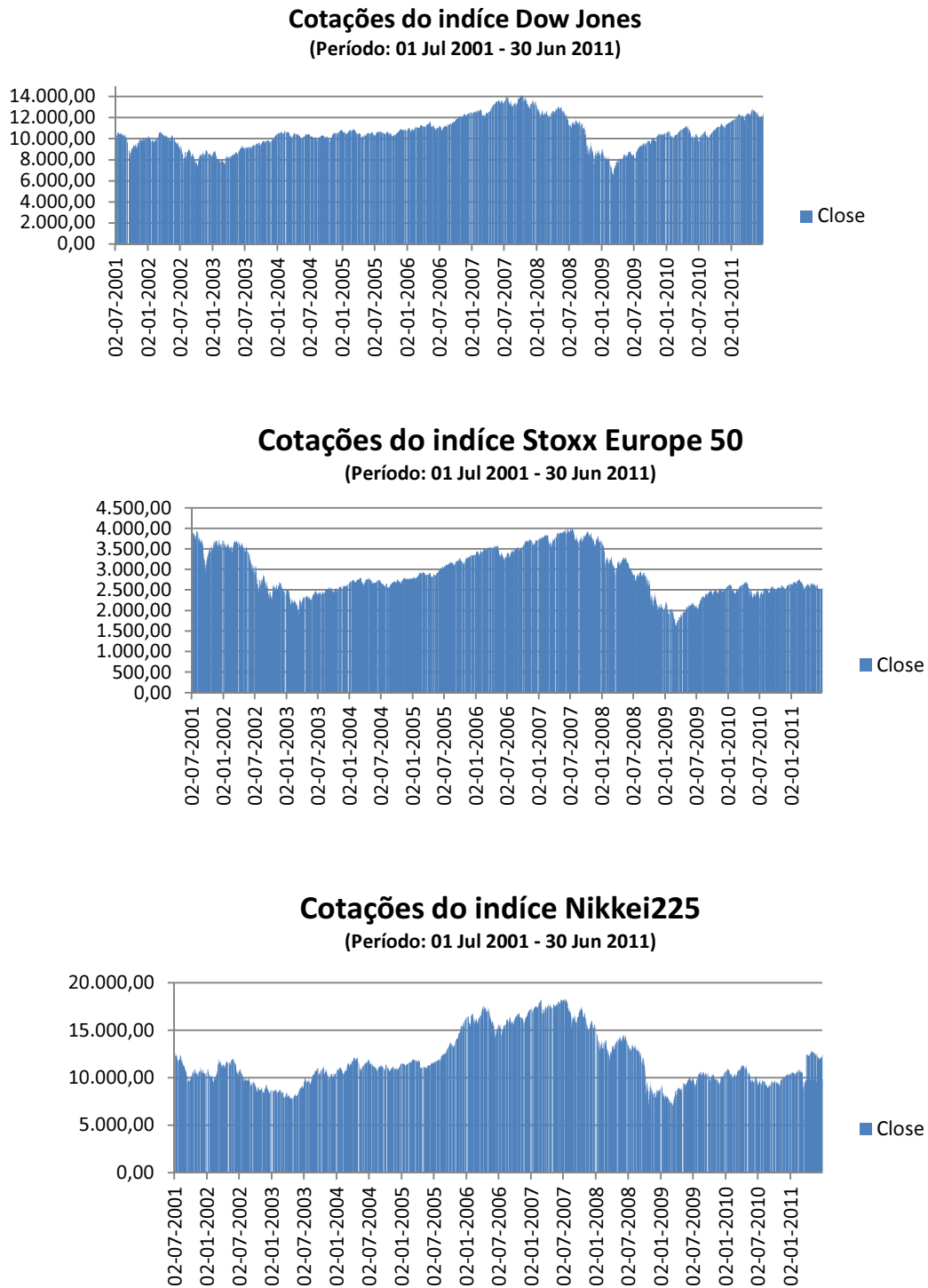


Figura 3.8 – Evolução das cotações diárias de fecho dos 3 índices bolsistas

As figuras anteriormente apresentadas ilustram a evolução da cotação de fecho diária (em pontos) dos índices bolsitas internacionais em estudo, *Dow Jones*, *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225* para o período de dez anos, de 2001 a 2011.

Da análise dos gráficos, é possível identificar um comportamento semelhante entre estes três índices, ao longo do período indicado, sendo de salientar a existência de 4 períodos distintos.

O primeiro período de 2001 até meados de 2003 em que se verificou uma ligeira descida dos índices, um segundo período a partir de meados de 2003 até meados de 2007 em que se verifica uma subida significativa dos índices. O terceiro período teve início em meados de 2007 a 2009, verificando-se uma descida acentuada dos índices, começando-se a manifestar uma tendência invertida no quarto período a partir de 2009, em que se inicia um novo ciclo de expansão.

O primeiro semestre de 2001 foi marcado pelo abrandamento do ritmo de crescimento das principais economias mundiais (Estados Unidos e União Europeia), pela permanência dos sinais de recessão na economia nipónica e pelo agravamento da situação económica dos principais países da América Latina.

O ano de 2001 foi decisivamente marcado pelo ataque terrorista de 11 de Setembro sobre os Estados Unidos, que veio influenciar de forma incontornável a economia mundial no último trimestre do ano. Este ataque afetou unanimemente a confiança de consumidores e investidores, anulando os objetivos de recuperação económica a curto prazo, o seu impacto nas exportações, sendo no investimento pela quebra acentuada na procura, pela revisão em baixa dos lucros de diversas empresas e pela contração dos mercados bolsistas. Para a economia americana, o ano de 2001 marcou o fim de um período de expansão iniciado em 1991. O crescimento económico em 2001 não ultrapassou os 1,2%, a taxa de desemprego foi de 4,8%.

A economia japonesa, que desde há alguns anos registava baixas taxas de crescimento, apresentou em 2001 um crescimento negativo do PIB, sendo a recessão consequência, nomeadamente, da redução das exportações e do investimento. Também neste país se assistiu ao agravamento do desemprego, e à contínua queda de preços, com a inflação a

evoluir negativamente, sendo que o ano encerrou em recessão, tendo-se registado a descida do iene face ao dólar americano e um número significativo de falências em resultado da contração do crédito bancário.

Seguindo as tendências internacionais, a Área Euro sentiu em 2001 um abrandamento do crescimento económico, não tendo ultrapassado 1,5%, significativamente abaixo dos valores apresentados em 2000 e 1999, 3,4% e 2,5% respetivamente. A desaceleração da atividade económica foi notória desde o início do ano, tendo a taxa de variação homóloga do PIB no final do primeiro semestre sido apenas de 1,6%, menos de metade da registada no ano anterior. Gerou-se abrandamento do investimento e do consumo, queda das taxas de juro, que se revelaram as mais baixas dos últimos anos e apreensão particularmente nas perspetivas para a evolução do mercado de trabalho, com elevada taxa de desemprego registada. Um aspeto importante para as empresas europeias foi o facto de terminar em 2001 o período de transição para a moeda única.

Durante o ano de 2002, manteve-se a tendência de queda das principais praças mundiais, a economia mundial continuou a registar um forte abrandamento económico, com as economias mais desenvolvidas a registarem fracos crescimentos, devido à crise de confiança dos consumidores e dos investidores que se instalou nas duas principais economias - EUA e Zona Euro, igualmente impulsionada pelo clima de insegurança vivido na economia americana, motivado pelos receios de atos de terrorismo e pela iminência da guerra no Iraque. A intensificação do potencial de eclosão de um novo conflito militar no Médio Oriente acentuou a volatilidade dos mercados e a sua transmissão à esfera da economia real é testemunhada pela subida do preço do petróleo. As Bolsas mundiais registaram performances muito negativas, tendo os principais índices das bolsas internacionais registado fortes perdas, destacando-se o *Dow Jones* (EUA), e o *Nikkei 225* (Japão) que diminuíram, respetivamente, 16.8% e 18.6%.

Em 2003 inverteu-se o sentido do ciclo económico mundial, dando-se início à recuperação, com algum otimismo, com ênfase nas principais economias (EUA, Europa e Japão), depois da crise vivida nos últimos três anos e pela evolução negativa dos mercados bolsistas.

O fim da guerra do Iraque e as alterações políticas neste importante país produtor de petróleo permitiram uma estabilização do preço. Segundo o FMI a economia mundial terá

crescido, sendo que a economia norte-americana terá crescido 3,1% e o desemprego ter-se-á mantido estável. A retoma da economia americana está assente no aumento do índice de confiança dos consumidores e das empresas, decorrente das melhorias sentidas na recuperação do mercado de trabalho, das cotações acionistas e na contenção da inflação, em simultâneo com taxas de juro muito baixas e estímulos fiscais, essencialmente através da descida de impostos.

O mercado acionista, após três anos de perdas, registou ganhos importantes, em 2003, salientando o índice *Dow Jones* com crescimentos de 26%. Na Zona Euro, registou-se no primeiro semestre de 2003, um crescimento económico incipiente, condicionado pelo conflito militar do médio oriente e pela insegurança a nível global, tendo-se acentuado a recuperação económica no segundo semestre, impulsionada pela performance positiva registada na economia americana. Destaca-se o contributo negativo da procura externa líquida e o crescimento moderado do consumo privado.

No Japão, as variações homólogas do PIB registadas ao longo dos três primeiros trimestres de 2003, fazem admitir que a economia nipónica manteve a trajetória de recuperação, no entanto, a deflação manteve-se.

Durante o ano de 2004 assistiu-se à recuperação dos mercados financeiros, sendo que o clima de confiança generalizado propiciou um aumento da capitalização bolsista a nível mundial. No mercado acionista norte-americano destaca-se a evolução positiva do sector tecnológico, eliminando fatores de incerteza como eleições presidenciais e desvalorização do dólar face ao euro. Verificou-se uma forte correlação positiva entre os índices europeus e norte-americanos, reforçada pela interdependência dos movimentos bolsistas em ambos os continentes, e crescimento na Zona Euro pela maior procura de títulos europeus por parte dos investidores, resultante da valorização do euro, reforçando a ideia da crescente estabilização dos mercados.

Em 2005 a atividade económica mundial continuou com um ritmo de crescimento elevado. No Japão, a atividade recuperou face à trajetória de abrandamento registada nos últimos meses de 2004, com a aceleração da produção industrial e o crescimento do consumo das famílias. A economia norte americana continuou a apresentar um crescimento elevado, apesar do impacto negativo associado a uma temporada de furacões particularmente

intensa na segunda metade do ano e da manutenção em níveis muito elevados dos preços dos bens energéticos. Verificou-se uma redução da volatilidade bolsista resultante do desempenho das economias e confiança dos investidores.

Em 2006, os mercados financeiros internacionais mantiveram a tendência ascendente, estando na origem o excesso de liquidez disponível por parte dos países produtores de *commodities*, traduzindo-se no aumento do volume de transações e dos valores de capitalização bolsista registados. A volatilidade dos índices bolsistas, em especial europeus, foi instável durante este ano, devido à incerteza em relação à evolução das taxas de juro norte-americanas, bem como aos receios de novos aumentos das taxas de juro por parte do Banco Central Europeu.

Em 2007 a tendência de subida manteve-se até meados do ano, uma vez que no 4º trimestre houve um abrandamento da atividade económica dos EUA e uma diminuição dos indicadores de confiança. As exportações mantiveram um forte crescimento e o mercado de trabalho continuou favorável. Em Novembro, o indicador de sentimento económico para o conjunto da União Europeia começou a evidenciar uma tendência descendente.

O ano de 2008 foi marcado pela extensão da crise do crédito hipotecário subprime nos Estados Unidos e pela sua transformação gradual numa crise de confiança generalizada, que afetou o sistema financeiro e a atividade económica a nível global. O ambiente monetário e financeiro mais restritivo, a escassez de liquidez nos mercados de capitais, a forte subida dos preços das *commodities* e da inflação no primeiro semestre do ano e, por último, mas não menos importante, uma deterioração significativa dos índices de confiança dos agentes económicos, originaram uma desaceleração, ou mesmo uma contração, da atividade nas principais economias desenvolvidas. Todos estes fatores penalizaram fortemente os principais índices acionistas levando a uma elevada volatilidade.

O início de 2009 foi marcado pelos efeitos da grave crise económica e financeira que se vinha a desenvolver nos últimos dois anos. O crescimento real do PIB das economias desenvolvidas recuou 3,2%, a economia norte-americana regrediu 2,4%, a zona euro 4,1% e o Japão 5,3%. Segundo dados da CMVM, nos primeiros três meses do ano os mercados registaram perdas significativas e mantiveram os elevados níveis de volatilidade do ano

anterior, embora ligeiramente inferior. A partir de finais de Março começou-se a verificar a recuperação dos mercados financeiros internacionais, com retornos anuais positivos, no entanto, insuficientes para cobrir as perdas de 2008.

O ano de 2010 foi um ano de viragem da economia mundial e europeia, marcado pelo fim da recessão vivida na Europa, nos Estados Unidos e no Japão nos anos anteriores.

O crescimento das economias emergentes teve um novo impulso, em especial originado pelo grupo de países que compõem os BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China). O índice relativo à Zona Euro foi o único a apresentar uma descida (-6,9%) em 2010. A crise da dívida soberana associada a alguns países da Zona Euro, designadamente a Grécia, a Irlanda, Portugal e a Espanha, gerou tensões nos mercados internacionais e em especial na Europa, e foi um dos fatores que mais condicionaram o comportamento dos mercados da Zona Euro, assim como, sobre o comportamento do índice mundial.

Embora em tendência descendente desde Maio até ao final do ano, nos dois últimos meses de 2010 assistiu-se ao acentuar do diferencial de volatilidade entre a Zona Euro e as demais zonas mundiais, indicador de que os problemas associados à crise da dívida soberana ainda estavam longe de ser ultrapassados.

O ano 2010 foi também marcado por um clima generalizado de incerteza quanto às perspetivas económicas mundiais e do mundo ocidental em particular, por receio de um novo período de recessão económica pouco depois de se ter iniciado uma fase de recuperação da economia, o que contribuiu para um aumento da volatilidade dos mercados.

3.3.2 – Análise gráfica e estatística dos Índices Bolsistas

Para um melhor e adequado estudo, será apresentada a análise estatística das taxas diárias de rendibilidade dos índices bolsistas, uma vez que a cada momento evidenciam a evolução dos ganhos ou perdas que se têm vindo a registar ao longo destes últimos dez anos, constituindo uma medida direta da volatilidade. Com base nas variações de preços (pontos de índice) calculou-se as taxas diárias de rendibilidade e volatilidade histórica (ou estatística) durante o período de 01/Jul/2001 a 30/Jun/2011 (tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Evolução da rentabilidade anual e volatilidade histórica

Índices / Ano	Rentabilidade diária			Rentabilidade anualizada			Volatilidade Histórica		
	DOW JONES	STOXX Europe 50	NIKKEI 225	DOW JONES	STOXX Europe 50	NIKKEI 225	DOW JONES	STOXX Europe 50	NIKKEI 225
2001	-0,0455%	-0,0856%	-0,1534%	-5,55%	-10,87%	-19,02%	22,34%	29,50%	21,85%
2002	-0,0728%	-0,1706%	-0,0838%	-18,35%	-43,16%	-20,61%	25,45%	32,78%	25,86%
2003	0,0896%	0,0390%	0,0893%	22,57%	9,99%	21,87%	16,56%	23,61%	23,03%
2004	0,0123%	0,0163%	0,0298%	3,10%	4,23%	7,33%	10,84%	12,00%	18,02%
2005	-0,0024%	0,0731%	0,1380%	-0,61%	18,79%	33,82%	10,30%	9,86%	13,56%
2006	0,0601%	0,0386%	0,0270%	15,09%	9,89%	6,69%	9,87%	12,60%	19,90%
2007	0,0248%	-0,0014%	-0,0482%	6,23%	-0,36%	-11,80%	14,57%	16,00%	18,52%
2008	-0,1633%	-0,2217%	-0,2241%	-41,31%	-56,97%	-54,69%	37,81%	38,94%	46,60%
2009	0,0684%	0,0839%	0,0717%	17,24%	21,56%	17,43%	24,19%	24,24%	27,88%
2010	0,0415%	0,0002%	-0,0125%	10,46%	0,04%	-3,06%	16,17%	18,57%	20,96%
2011	0,0558%	-0,0077%	0,1052%	6,98%	-0,97%	19,36%	11,88%	13,34%	35,41%

Também neste quadro se confirma a existência de 4 períodos distintos, conforme já referido no ponto anterior. Por sua vez, pode-se também verificar que os três índices seguem comportamentos de rentabilidade idênticos nos mesmos períodos. Sendo que permite observar que os períodos de maior crescimento de rentabilidade se verificaram entre 2003-2006 e 2009-2010, pelo que se registou uma volatilidade mais baixa, pelo contrário, entre 2001-2003 e 2007-2008 verificou-se uma maior volatilidade, dado que houve uma diminuição das rentabilidades dos índices.

Assim, pode-se dizer que existe uma tendência para a volatilidade se aglutinar em determinados períodos, revelando ser sinónimo de existência de *clusters* de volatilidade, o que frequentemente acontece nas séries financeiras. Ou seja, períodos de grande variância ou alta volatilidade tendem a ser seguidos por outros períodos de alta volatilidade de preços ou de taxas de rendimento dos ativos financeiros.

Esta amplitude na variância das taxas de rendimento dos índices bolsistas será melhor observável nos gráficos que se seguem que representam as taxas de rentabilidade diárias (figura 3.9).

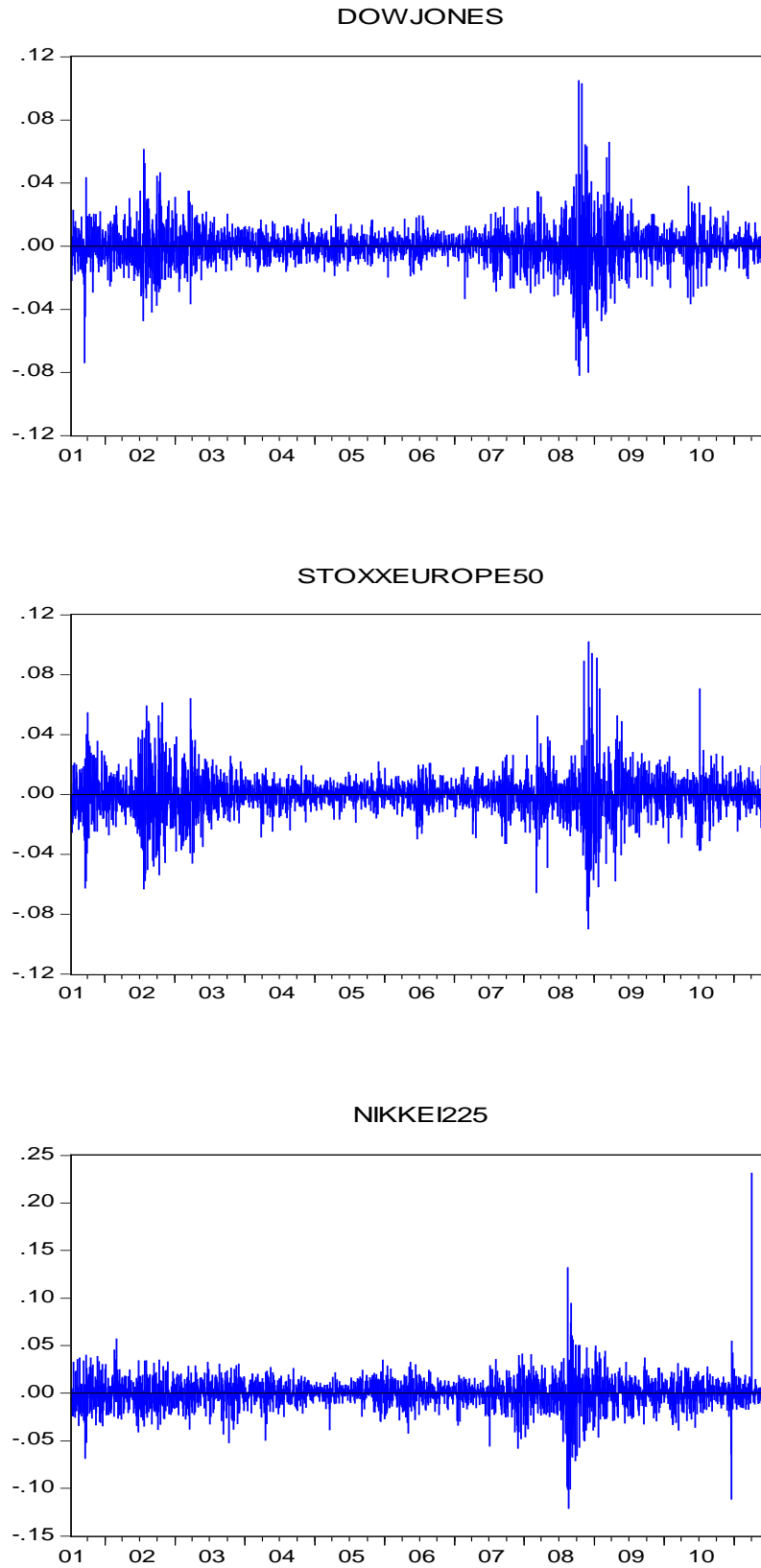


Figura 3.9 - Evolução diária das rendibilidades dos Índices Bolsistas

Pela observação dos gráficos pode verificar-se uma vez mais que os índices selecionados têm evoluído de forma similar ao longo do período da amostra para todos os mercados.

Geralmente a representação gráfica dos rendimentos, tendo por base as séries temporais financeiras aproximam-se da distribuição estatística normal, pelo que habitualmente se aplica o logaritmo natural, permitindo deste modo a linearização dos rendimentos e facilitar o seu uso para contextos de análise estatística, nomeadamente auto-correlação e regressão. A diferença dos logaritmos naturais permite igualmente converter dados discretos (cotações das ações), em dados contínuos (rendimento).

Conforme já escrito, o valor de rendimento diário é dado através da seguinte expressão:

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}), \quad (3.4)$$

t = Período da série temporal financeira (01/Jul/2001 a 30/Jun/2011)

P_t = Preço do activo ou cotação de fecho ajustado do dia, no período t

P_{t-1} = Preço do activo ou cotação de fecho ajustado do dia anterior, no período t

Para completar a análise gráfica achou-se conveniente realizar alguns testes estatísticos, usando o *software Eviews 6.1*, sendo que na tabela 3.5 é apresentada a análise descritiva estatística do comportamento do valor de rendimento diário dos três índices bolsistas, *Dow Jones*, *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225*.

Tabela 3.5 – Análise estatística das rendibilidades diárias dos Índices Bolsistas

ESTATÍSTICAS	DOWJONES	STOXXEUROPE50	NIKKEI225
Média	6.31E-05	-0.000182	-1.56E-05
Mediana	0.000445	0.000298	0.000360
Máximo	0.105083	0.102188	0.231794
Mínimo	-0.082005	-0.090010	-0.121110
Desvio Padrão	0.012685	0.014540	0.016754
Assimetria	0.017010	0.106011	0.628811
Curtose	1.167.964	9.347.563	2.333.128
<i>Jarque-Bera</i>	7.891.586	4.225.249	43465.23
Probabilidade	0.000000	0.000000	0.000000

No entanto, destaca-se para o período selecionado, a média de rendimentos diários negativa dos índices *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225* e positiva do índice *Dow Jones*. Se analisarmos a média de rendimentos de forma anualizada, com base no número de observações recolhidas, correspondente ao período de 10 anos verificamos que o índice *Nikkei 225* apresenta um valor de rendimento médio negativo muito próximo de zero (-0,27%), o índice *Stoxx Europe 50* o valor negativo de 4,78% (-4,78%) e por fim o índice *Dow Jones* com um valor de rendimento médio positivo de 1,59%.



Figura 3.10 – Rendibilidade anualizada comparativa com a volatilidade histórica

Ao analisarmos a mediana destes 3 índices, verificamos 50% do número das observações relativo ao rendimento diário do índice *Dow Jones* é inferior a 0,045%, *Stoxx Europe 50* é 0,029% e *Nikkei 225* é 0,036%.

Ao se analisar medidas de dispersão (indica se os dados estão, ou não, próximos uns dos outros e caracteriza-se por envolver análise estatística por suas semelhanças e variabilidades), verifica-se que apesar do índice *Dow Jones* apresentar frequentemente uma taxa de rentabilidade mais alta em comparação com a dos outros índices, destaca-se o índice *Nikkei 225* que pontualmente apresentou maior amplitude total de rendimento diário ao atingir a taxa máxima com um ganho de 23,18% e a mínima com uma perda de 12,11%. Os índices *Dow Jones* e *Stoxx Europe 50* tiveram pontualmente no intervalo de ganho diário máximo de 10,51% e perda máxima de 9,00%.

O índice que evidencia maior dispersão diariamente é o *Nikkei 225*, de seguida o *Stoxx Europe 50* e por fim o *Dow Jones*. O desvio padrão é indicador por excelência da volatilidade, por isso é importante analisá-lo atentamente uma vez que constitui o objetivo principal deste trabalho.

Uma distribuição é dita simétrica quando apresenta o mesmo valor para a moda, a média e a mediana. Quando esta igualdade não acontece, temos uma distribuição assimétrica. Se considerarmos um eixo de referência, que chamaremos de eixo de simetria, traçado sobre o valor da média da distribuição, sempre que a curva da distribuição se afastar do referido eixo, será considerada como tendo um certo grau de afastamento, que é considerado como uma assimetria da distribuição. Ou seja assimetria é o grau de afastamento que uma distribuição apresenta do seu eixo de simetria. Este afastamento pode acontecer do lado esquerdo ou do lado direito da distribuição, chamado de assimetria negativa (< 0) ou positiva (> 0) respetivamente.

Ao analisarmos o quadro de análise descritiva estatística o coeficiente de assimetria apresenta um valor positivo e poderá constatar-se com ajuda da visualização dos histogramas que serão apresentados para cada índice, o lado mais longo do histograma de frequência (cauda da distribuição) está à direita do centro. A forma da distribuição de rendimentos é classificada para ambos os índices, como assimétrica positiva, uma vez que

assume um valor superior a zero. Destaca-se nesta medida o *Nikkei 225* com o valor de 0,628811, bastante elevado em relação aos restantes índices.

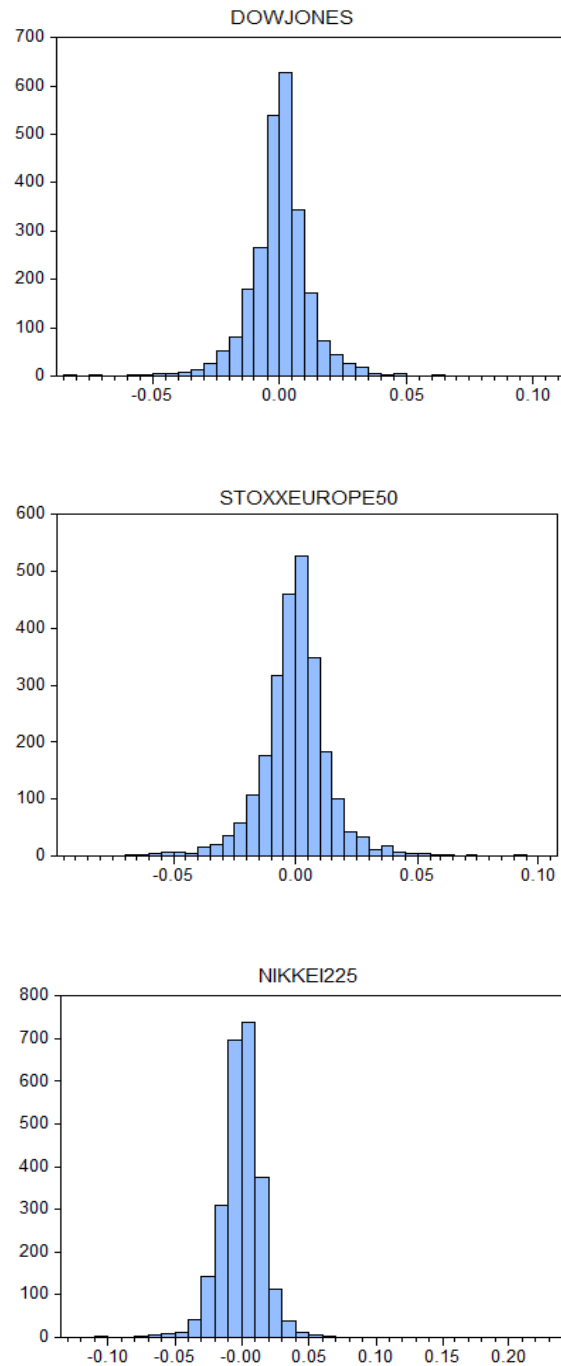


Figura 3.11 – Histogramas das distribuições das taxas de rendibilidade diárias dos Índices Bolsistas

Estas medidas de tendência central apresentadas (indicam um ponto em redor do qual se concentram os dados e tende ser o centro da distribuição de dados), verifica-se para todos os índices que apresentam valores próximos de zero, conforme se pode atestar nas figuras 3.11 dos histogramas de distribuição de frequência apresentados.

Com a finalidade de complementar a caracterização da dispersão na distribuição salientada, analisa-se igualmente a curtose ou chamada medida de achatamento. Não existe uma relação entre as situações de assimetria e as situações de curtose de um mesmo conjunto. Ou seja, assimetria e curtose são medidas independentes e que não se influenciam mutuamente.

Através da curtose ou medida de achatamento podemos quantificar a concentração ou a dispersão dos valores dos dados obtidos em relação às medidas de tendência central já examinadas. A classificação ou distribuição de frequência, relativamente ao seu achatamento, pode ser feita de duas maneiras:

- a) através do cálculo do Coeficiente Percentílico da Curtose (k), por comparação com a distribuição normal cujo grau de curtose é 0,263. Ou seja, se $k = 0,263$ a distribuição é mesocúrtica (normal, nem achatada nem alongada), se $k > 0,263$ a distribuição é platicúrtica (achatada), se $k < 0,263$ a distribuição é leptocúrtica (alongada);
- b) através do Índice Momento de Curtose, utilizado neste caso:
 - se $C > 3 \rightarrow$ a distribuição é leptocúrtica;
 - se $C = 3 \rightarrow$ a distribuição é mesocúrtica;
 - se $C < 3 \rightarrow$ a distribuição é platicúrtica.

Conforme se pode visualizar nos histogramas verifica-se maior densidade nas abas, sendo mais pesadas, contendo mais *fat tails* do que nas de distribuição normal.

Quanto ao grau de achatamento, como se pode verificar para todos os casos é superior a 3, o que indica que a distribuição das rendibilidades é leptocúrtica. Isto sugere que os dados não seguem uma distribuição normal, ou seja, a distribuição das taxas de variabilidade dos

rendimentos apresenta uma curva muito fechada, com grande número de dados concentrados em redor do centro e a frequência das caudas decresce para zero mais lentamente.

A análise da assimetria vem também corroborar esta hipótese uma vez que nenhuma das distribuições é simétrica. Neste caso, o índice que se destaca mais é o *Nikkei 225* com o valor 23,32975, de seguida, *Dow Jones* com 11,67964 e por fim *Stoxx Europe 50* com 9,43271.

Para confirmar a tendência do afastamento das distribuições de rendimento em relação a uma distribuição normal, utiliza-se o teste à normalidade de *Jarque-Bera* para reforçar a referida conclusão.

O teste de normalidade *Jarque-Bera* (*JB*) é baseado nas diferenças entre os coeficientes de assimetria e curtose servindo para testar a hipótese nula de que a amostra foi extraída de uma distribuição normal. Para a realização deste teste, calcula-se, primeiramente a assimetria e a curtose dos resíduos e utiliza-se o teste através da seguinte expressão:

$$JB = n \left(\frac{S^2}{6} + \frac{(k-3)^2}{24} \right), \quad (3.5)$$

onde,

n = número de observações da serie financeira;

S = coeficiente de assimetria;

k = coeficiente de curtose

A estatística *JB* segue a distribuição qui-quadrado com dois graus de liberdade. Se o valor de *JB* for muito baixo, a hipótese nula de normalidade da distribuição dos erros aleatórios não pode ser rejeitada. Se o valor de *JB* for muito alto, rejeita-se a hipótese de que os resíduos ou erros aleatórios se comportam como uma distribuição normal.

O excesso de curtose é medido em relação á distribuição normal que tem curtose igual a 3.

Atendendo aos valores obtidos do teste à normalidade de *Jarque-Bera* associado às medidas da curtose e assimetria e ao facto da probabilidade associada ser nula para os três índices,

rejeita-se a hipótese de normalidade nos rendimentos (hipótese nula), num nível de significância a 1%. Portanto, conforme foi já realçado, confirma-se que as distribuições de rendimentos apresentam uma tendência de afastamento em relação a uma distribuição normal.

3.4 – Estimação dos modelos: *GARCH*, *TGARCH* e *EGARCH*

Nesta fase do trabalho, irá proceder-se à estimação dos modelos *GARCH* (1,1), *TGARCH* (1,1) e *EGARCH* (1,1), no sentido de modelar o comportamento da volatilidade das taxas diárias de rendibilidade dos índices selecionados, *Dow Jones*, *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225*.

Para o devido efeito, será utilizado o *Software Eviews 6.0*, de onde se irão extrair os resultados que serão apresentados e analisados.

No que respeita ao método de estimação utilizado a escolha recaiu sobre o *log-likelihood* (logaritmo da função de verosimilhança) dado tratar-se de modelos não lineares onde não pode ser aplicado o método dos mínimos quadrados - *OLS* (*Ordinary Least Squares*). Uma das formas de melhorar o grau de ajustamento desse modelo aos dados da série temporal é incluir desfasamentos adicionais no processo *AR(p)*.

A inclusão de desfasamentos adicionais implica aumento do número de “regressores”, o que leva à redução na soma do quadrado dos resíduos estimados. Assim, para tornar o modelo mais parcimonioso, serão usados os critérios de informação *SIC* (*Schwarz Information Criterion*) e *AIC* (*Akaike Information Criterion*) para determinar a ordem dos desfasamentos visando eliminar a autocorrelação dos resíduos na especificação do modelo final.

De acordo com estes critérios escolhe-se o modelo *AR (p)* com o menor valor de *SIC* e *AIC*, pois melhor será o ajustamento do modelo.

A análise dos resíduos de modelos alternativos ajustados é de extrema importância na escolha final do modelo que melhor explica a dinâmica da série temporal em estudo. Se os resíduos são autocorrelacionados, então, a dinâmica da série não é completamente

explicada pelos coeficientes do modelo ajustado. Deve-se excluir do processo de escolha modelo com esta característica. Uma análise da existência (ou não) da autocorrelação serial de resíduos é feita com base nas funções de autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos e seus respectivos correlogramas.

No sentido de analisar a dependência linear nas sucessões cronológicas formadas pelas rendibilidades dos três índices considerados, será inicialmente efectuado o teste de *Ljung-Box* (Q), associado à autocorrelação total. No entanto, o mesmo encontra-se sujeito a algumas limitações, pois apenas captura a dependência linear, ignorando a relação entre as observações.

A estatística Q – calculada por meio do teste de “*Ljung-Box*” – é verificada para testar se um determinado conjunto de autocorrelações de resíduos é, ou não, estatisticamente diferente de zero. Essa estatística possui distribuição χ_m^2 (qui-quadrado) e o teste é realizado comparando-se os valores de $Q_{calculado}$ e $Q_{tabelado}$. Se $Q_{calculado} > Q_{tabelado}$ (ou probabilidade de $Q_{calculado} > \alpha$), dado certo nível de significância, então deve-se rejeitar a hipótese nula (H_0) de que os resíduos não são autocorrelacionados. Porém, rejeitar H_0 é aceitar a hipótese alternativa (H_1) de que pelo menos uma autocorrelação é estatisticamente diferente de zero, ou seja, o erro não é “ruído branco”, rejeitando-se o modelo.

É importante referir que ao estimar-se um modelo, deseja-se que o erro produzido por ele possua característica de “ruído branco”, isto é, este venha ser independente e identicamente distribuído (condição i.i.d.).

Assim, o teste de *Ljung-Box* (Q) admite em H_0 a inexistência de autocorrelação e em que Q tem uma distribuição assintótica do Qui-quadrado.

No sentido de selecionar a equação da média condicionada, começou-se por analisar a dependência linear nas várias sucessões cronológicas formadas pelas rendibilidades dos três índices considerados. Neste contexto, os resultados obtidos encontram-se evidenciados nos correlogramas (figuras 3.12 a 3.14) que se seguem para cada um dos índices.





















Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.092	-0.092	20.533	0.000
		2 -0.062	-0.071	29.970	0.000
		3 0.070	0.058	41.917	0.000
		4 -0.011	-0.003	42.221	0.000
		5 -0.045	-0.039	47.097	0.000
		6 0.008	-0.004	47.271	0.000
		7 -0.037	-0.042	50.636	0.000
		8 0.037	0.036	54.049	0.000
		9 -0.007	-0.006	54.174	0.000
		10 0.020	0.027	55.145	0.000

Figura 3.12 - Correlograma das rendibilidades diárias do Índice *Dow Jones*





















Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.053	-0.053	6.8953	0.009
		2 -0.046	-0.049	12.037	0.002
		3 -0.070	-0.075	23.857	0.000
		4 0.074	0.064	37.134	0.000
		5 -0.072	-0.072	49.581	0.000
		6 -0.052	-0.059	56.105	0.000
		7 0.012	0.009	56.476	0.000
		8 0.066	0.048	67.200	0.000
		9 -0.017	-0.009	67.939	0.000
		10 -0.036	-0.029	71.071	0.000

Figura 3.13 – Correlograma das rendibilidades diárias do Índice *Stoxx Europe 50*





















Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.037	-0.037	3.3818	0.066
		2 -0.025	-0.026	4.8843	0.087
		3 -0.004	-0.006	4.9156	0.178
		4 -0.019	-0.021	5.8359	0.212
		5 -0.034	-0.036	8.6145	0.125
		6 0.011	0.008	8.9333	0.177
		7 0.014	0.013	9.4111	0.224
		8 -0.009	-0.008	9.6090	0.294
		9 -0.043	-0.044	14.113	0.118
		10 0.033	0.029	16.837	0.078

Figura 3.14 – Correlograma das rendibilidades diárias do Índice *Nikkei 225*

Da análise dos correlogramas verifica-se que temos um $AR(3)$ para as rendibilidades do *Dow Jones*, um $AR(8)$ das rendibilidades do *STOXX Europe 50* e um $AR(2)$ para as rendibilidades do *Nikkei 225*.

Assim sendo, apresentam-se discriminados no quadro que segue a especificação da equação destes modelos para as rendibilidades dos índices em estudo.

Tabela 3.6 - Especificação da equação dos modelos $AR(p)$, com $p > 0$, para as rendibilidades dos três índices no período de 01Jun10 a 30Jun11.

Modelos	Equação	Índices
$AR(3)$	$y_t = \omega + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \phi_3 y_{t-3} + \varepsilon_t$	<i>Dow Jones</i>
$AR(8)$	$y_t = \omega + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \phi_3 y_{t-3} + \phi_4 y_{t-4} + \phi_5 y_{t-5} + \phi_6 y_{t-6} + \phi_7 y_{t-7} + \phi_8 y_{t-8} + \varepsilon_t$	<i>Stoxx Europe 50</i>
$AR(2)$	$y_t = \omega + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \varepsilon_t$	<i>Nikkei 225</i>

Em sentido prático, este tipo de modelos caracteriza-se pelo facto de a variável y_t depender dos seus valores imediatamente anteriores acrescidos da componente do erro, como a seguir se ilustra:

$$y_t = \omega + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (3.6)$$

em que ω representa uma constante e ε_t é um erro que se pressupõe ser um ruído branco, ou seja, $E(\varepsilon_t) = 0$, $Var(\varepsilon_t) = \sigma^2$ e $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = 0$, para $t \neq s$. Substituindo a equação anterior com base no operador de defasamentos L , tal que $L^i y_t = y_{t-i}$ ⁷ obtém-se:

$$y_t = \omega + \sum_{i=1}^p \phi_i L^i y_t + \varepsilon_t, \quad (3.7)$$

⁷ Esta notação é utilizada para mencionar que a variável y_t é desfasada em i lags.

que se reduz a

$$\phi(L) y_t = \omega + \varepsilon_t, \quad (3.8)$$

onde,

$$\phi(L) y_t = (1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p). \quad (3.9)$$

Este tipo de modelos revelou-se de fácil aplicação, tendo começado a ser usado na década de 70 e alcançando um crescimento rápido pela vantagem de simplicidade dos procedimentos estatísticos e computacionais utilizados e pelo vasto leque de aplicações no domínio das finanças.

Partindo agora, para a fase de estimação dos modelos propriamente dita, para tentar modelar o comportamento da volatilidade das taxas diárias de rendibilidade dos índices *Dow Jones*, *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225*, começou-se por estimar em primeiro lugar o modelo *GARCH* (1,1), seguido do *TGARCH* (1,1) e do *EGARCH* (1,1). De seguida, apresentam-se nas tabelas 3.7, 3.8 e 3.9 os resultados obtidos para cada um dos casos.

Tabela 3.7 – Modelação da Volatilidade dos Índices através do modelo *GARCH* (1,1)

<i>GARCH</i> (1,1)	<i>Dow Jones</i>	<i>Stoxx Europe 50</i>	<i>Nikkei 225</i>
$\hat{\omega}$	0.000000915* (-0.000000308)	0.00000172** (0.000000396)	0.00000358** (0.000000869)
$\hat{\alpha}_1$	0.08228** (0.01152)	0.111797** (0.010085)	0.000000869** (0.113844)
$\hat{\beta}_1$	0.912408** (0.011972)	0.881647** (0.010617)	0.875531** (0.010979)
Log-L	7784,24	7387,645	6910,494
SIC	-6,426645	-6,108195	-5,703837
AIC	-6,407499	-6,079427	-5,689482

Nota: Os valores entre parêntesis representam o erro-padrão. **Denota um nível de significância de 1%. *Denota um nível de significância de 5%.

Da análise da tabela 3.7, acima mencionada, verifica-se que todos os coeficientes são estatisticamente significativos. Mais concretamente, à exceção do coeficiente ómega no modelo *GARCH* (1,1) para o índice *Dow Jones* todos os coeficientes são estatisticamente significativos a um nível de 1% (**). No caso deste último a significância estatística é a 5%. Outra conclusão que se pode retirar é que os coeficientes indicam a presença de *clusters* na volatilidade, ou seja, a períodos de grande volatilidade sucedem-se períodos de curta e assim sucessivamente.

Com base nas estimativas dos coeficientes obtêm-se as seguintes expressões para cada um dos índices.

$$\sigma_t^2 = 0,000000915 + 0,08228 \varepsilon_{t-1}^2 + 0,912408 \sigma_t^2 \quad (3.10)$$

$$\sigma_t^2 = 0,00000172 + 0,111797 \varepsilon_{t-1}^2 + 0,881647 \sigma_t^2 \quad (3.11)$$

$$\sigma_t^2 = 0,00000358 + 0,000000869 \varepsilon_{t-1}^2 + 0,875531 \sigma_t^2 \quad (3.12)$$

Tabela 3.8 – Modelação da Volatilidade dos Índices através do modelo *TGARCH* (1,1)

<i>TGARCH</i> (1,1)	<i>Dow Jones</i>	<i>Stoxx Europe 50</i>	<i>Nikkei 225</i>
$\hat{\omega}$	0.0000012** (-0.000000161)	0.00000192** (0.00000028)	0.00000454** (0.000000855)
$\hat{\alpha}_1$	-0.012849* (-0.006191)	-0,010552 (0.009246)	0.034406** (0.010226)
$\hat{\beta}_1$	0.928582** (0.007544)	0.910974** (0.009057)	0.881946** (0.011897)
$\hat{\gamma}_1$	0.143746** (0.011829)	0.169655** (0.015622)	0.126815** (0.014308)
<i>Log-L</i>	7790,292	7441,238	6935,429
<i>SIC</i>	-6,4125	-6,120585	-5,706863
<i>AIC</i>	-6,431646	-6,15175	-5,723609

Nota: Os valores entre parêntesis representam o erro-padrão. **Denota um nível de significância de 1%. *Denota um nível de significância de 5%.

Os coeficientes para este modelo para os 3 índices em análise são todos estatisticamente significativos à exceção do coeficiente alfa para o índice *Stoxx Europe 50*.

Se o $\hat{\gamma}_1 > 0$ as más notícias aumentam a volatilidade e diz-se que existe um efeito de alavanca. Se o $\hat{\gamma}_1 \neq 0$ as notícias têm um impacto assimétrico.

Como em todos os casos o $\hat{\gamma}_1 > 0$ então existem efeitos de assimetria negativa, *i.e.*, as más notícias têm maior impacto na volatilidade das rendibilidades do que as boas. Mais concretamente, enquanto as boas notícias têm um impacto de α_1 , ou seja, -0,012849 para o *Dow Jones*, -0,010552 para o *Stoxx Europe 50* e 0,034406 para *Nikkei 225*, as más notícias têm um impacto de $\alpha_1 + \gamma_1$, isto é, 0,130897 para o *Dow Jones*, 0,159103 para o *Stoxx Europe 50* e 0,161221 para *Nikkei 225*.

Tabela 3.9 – Modelação da Volatilidade dos Índices através do modelo *EGARCH* (1,1)

<i>EGARCH</i> (1,1)	<i>Dow Jones</i>	<i>Stoxx Europe 50</i>	<i>Nikkei 225</i>
$\hat{\omega}$	-0.188831** (0.030785)	-0.253126** (0.027081)	-0.417704** (0.045698)
$\hat{\alpha}_1$	0.100028** (0.012824)	0.116666** (0.016187)	0.195378** (0.017985)
$\hat{\beta}_1$	0.987961** (0.002781)	0.982246** (0.00237)	0.969032** (0.004597)
$\hat{\gamma}_1$	-0.117853** (0.008548)	-0.130732** (0.010474)	-0.099918** (0.009494)
Log-L	7791,306	7446,876	6941,456
SIC	-6,410119	-6,125254	-5,711842
AIC	-6,431658	-6,156419	-5,728588

Nota: Os valores entre parêntesis representam o erro-padrão. **Denota um nível de significância de 1%. *Denota um nível de significância de 5%.

Todos os coeficientes são estatisticamente significativos, para os três índices em estudo.

Neste modelo o lado esquerdo é o *log* da variância condicional. Isto implica que o efeito de alavancagem é exponencial, ao invés de quadrática, e que as previsões da variância condicional são garantidas para ser não negativo. A presença de efeitos de alavanca pode ser testada pela hipótese de que $\hat{\gamma}_1 < 0$. O impacto das notícias é assimétrico se $\hat{\gamma}_1 \neq 0$. Se

$\hat{\gamma}_1 = 0$, o efeito das notícias positivas e negativas seria semelhante na volatilidade não havendo assimetria.

Como podemos verificar os cálculos deste modelo apresentam para todos os índices $\hat{\gamma}_1 < 0$ pelo que se conclui que existe a presença de assimetria negativa na volatilidade de todas as rendibilidades.

De acordo com a análise dos últimos dois modelos em conjunto $TGARCH(1,1)$ e $EGARCH(1,1)$ o índice mais assimétrico é o *Stoxx Europe 50*, seguido do *Dow Jones* e por último o *Nikkei 225*.

3.5 – Escolha do modelo mais adequado

Depois de estimados os três modelos $GARCH(1,1)$, $TGARCH(1,1)$ e $EGARCH(1,1)$, e feitas as considerações de natureza empírica, procura-se nesta fase especificar qual o modelo mais adequado à descrição da dependência temporal da variância condicionada evidenciada pelas rendibilidades dos índices *Dow Jones*, *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225*.

Assim, conforme já referido anteriormente, recorrer-se-á a um conjunto de medidas que permitem comparar o ajustamento de cada um dos modelos, usando para esse efeito os critérios de informação SIC , desenvolvido por Schwarz (1978), AIC , desenvolvido por Akaike (1974) e o valor máximo do logaritmo da função de verosimilhança (*log-likelihood*).

O primeiro, critério de informação Schwarz (SIC) é dado pela seguinte expressão:

$$SIC = \ln(\hat{\sigma}^2) + \frac{k}{T} \ln T, \quad (3.13)$$

O segundo, critério de informação Akaike (AIC) é dado pela seguinte expressão:

$$AIC = \ln(\hat{\sigma}^2) + \frac{2k}{T}, \quad (3.14)$$

onde,

$\hat{\sigma}^2$ – variância residual

K – o número total de parâmetros estimados

T – dimensão da amostra

O terceiro, logaritmo da função de verosimilhança (*log-likelihood*) assume para a distribuição *GED* a seguinte expressão:

(3.15)

$$L_{GED} = \sum_{t=1}^T \left[\log \left(\frac{\nu}{\lambda_\nu} \right) - 0,5 \left| \frac{z_t}{\lambda_\nu} \right|^\nu - (1 + \nu^{-1}) \log(2) - \log \Gamma \left(\frac{1}{\nu} \right) - 0,5 \log(\sigma_t^2) \right]$$

onde,

$$0 < \nu < \infty \text{ e}$$

$$\lambda_\nu \equiv \sqrt{\frac{\Gamma(1/\nu) 2^{(-2/\nu)}}{\Gamma(3/\nu)}}. \quad (3.16)$$

Para escolher o melhor modelo a adotar, a decisão deverá recair sobre aquele que maximiza o valor do logaritmo da função de verosimilhança *log-likelihood* e minimiza os critérios de informação *SIC* e *AIC*.

Assim, por forma a escolher o modelo mais adequado à descrição do comportamento dos dados de cada um dos três índices, apresenta-se de seguida os valores dos critérios *log-likelihood* (tabela 3.10), *SIC* (tabela 3.11) e *AIC* (tabela 3.12).

Tabela 3.10 – Valor máximo do logaritmo da função de verosimilhança para os modelos estimados

Modelos	<i>Dow Jones</i>	<i>Stoxx Europe 50</i>	<i>Nikkei 225</i>
<i>GARCH</i>	7784,24	7387,645	6910,494
<i>TGARCH</i>	7790,292	7441,238	6935,429
<i>EGARCH</i>	7791,306	7446,876	6941,456

De acordo com este critério o melhor modelo para todos os índices é o *EGARCH* uma vez que é aquele que maximiza a máxima verosimilhança.

Tabela 3.11 - Valores do critério *SIC* para os modelos estimados

Modelos	<i>Dow Jones</i>	<i>Stoxx Europe 50</i>	<i>Nikkei 225</i>
<i>GARCH</i>	-6,426645	-6,108195	-5,703837
<i>TGARCH</i>	-6,4125	-6,120585	-5,706863
<i>EGARCH</i>	-6,410119	-6,125254	-5,711842

Calculando com o critério *SIC* o melhor modelo que o minimiza para o *Dow Jones* será o *GARCH* e o melhor modelo para o *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225* será o *EGARCH*.

Tabela 3.12 – Valores do critério *AIC* para os modelos estimados

Modelos	<i>Dow Jones</i>	<i>Stoxx Europe 50</i>	<i>Nikkei 225</i>
<i>GARCH</i>	-6,407499	-6,079427	-5,689482
<i>TGARCH</i>	-6,431646	-6,15175	-5,723609
<i>EGARCH</i>	-6,431658	-6,156419	-5,728588

Pelo critério *AIC* pode-se comprovar uma vez mais que o melhor modelo para todos os índices em estudo é o *EGARCH*, pois é aquele que minimiza este critério de informação.

O modelo *EGARCH* (1,1) consegue em simultâneo maximizar o valor do critério *log-likelihood* e minimizar o critério de informação *SIC* e *AIC* para os Índices *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225*, à exceção do *Dow Jones* no critério *SIC* que aprovou o *GARCH* (1,1) como o mais apropriado.

Pode-se assim concluir da análise efetuada, que a maioria dos critérios indicam o *EGARCH* (1,1) como o melhor modelo para descrever o comportamento das rendibilidades dos índices em causa, o que indica a presença de assimetria negativa nas rendibilidades dos índices em causa.

3.6 – Síntese do Capítulo

Ao longo deste capítulo foram abordados vários pontos relativos aos índices bolsistas, começando por atribuir uma definição do conceito e alguns critérios a ter em conta na sua construção. Definiu-se de seguida quais os índices a estudar e qual o período, tendo os mesmos recaído por três continentes distintos, europeu, asiático e americano, pelo período de dez anos. Analisou-se a sua composição e sua evolução histórica assim como os principais fatores que influenciaram as alterações nos preços do mercado ao longo do tempo. Efetuou-se uma análise gráfica e estatística das rendibilidades dos índices bolsistas, evidenciando uma não normalidade das taxas de rendibilidade, através da aplicação do teste de normalidade *Jarque-Bera*, relevando excesso de curtose. Acresce a presença de assimetria negativa na volatilidade, pelo que significa que as más notícias têm um peso mais acentuado que as boas notícias, assim como de *fat tails* bem visíveis através dos histogramas de distribuição, e ainda existência generalizada de heteroscedasticidade condicionada.

Por fim, procedeu-se à modelação da volatilidade dos três índices através dos modelos GARCH, mais indicados ao estudo em causa, sendo que após os cálculos, se selecionou aquele que melhor consegue descrever o comportamento das rendibilidades dos índices.

IV. CAPÍTULO – CONCLUSÃO

A modelação da volatilidade tornou-se nos últimos anos num tópico central na literatura económica e financeira. Como uma medida de risco, revela-se de importância crucial para os investigadores, no sentido de captarem a natureza da dinâmica da própria volatilidade. No entanto várias têm sido as características mais comuns observáveis na volatilidade e entre elas destaca-se a assimetria.

A assimetria tornou-se num fenómeno normalmente constatável em muitos dados que envolvem séries cronológicas financeiras, por existirem boas razões para acreditar que a variação dos preços comporta-se de forma assimétrica. Para os investidores, o nível de risco mais relevante resulta das descidas mais acentuadas que os preços evidenciam, comparativamente com os movimentos de subida. Este facto revela-se de extrema importância na formação das expectativas do futuro do valor das cotações. Assim, atendendo o papel fulcral que assimetria pode assumir, tornam-se relevantes os modelos chamados de autorregressivos em heteroscedasticidade condicionada.

O modelo *ARCH* é um modelo em que a variância depende dos seus valores passados, no entanto, apesar de grande utilidade em vários campos, apresenta alguns problemas que foram solucionados com o desenvolvimento dos modelos *GARCH*.

No que se refere a modelos especialmente indicados para modelar a volatilidade da variância dos índices, os modelos *EGARCH* e *TGARCH* destacam-se entre os mais adequados. Estes modelos são adequados para modelar a volatilidade da variância dos erros e medir a assimetria da volatilidade de modo direto utilizando a heteroscedasticidade condicionada.

Em alternativa, poderão ser usados os modelos *TAR* e *M-TAR*, em que a volatilidade é medida a partir da variável residual em média. Em qualquer análise que visa modelar a volatilidade, o seu objetivo principal passa sempre por medir a assimetria na volatilidade, por identificar corretamente os ciclos de assimetria e, se possível, retirar as conclusões mais

adequadas e úteis no sentido de auxiliar o investidor a tomar as melhores decisões de investimento.

Neste contexto, optou-se por se fazer um estudo sobre a volatilidade e em especial pelas especificidades da assimetria enquanto constituinte de um dos factos estilizados da volatilidade. Após alguma recolha teórica sobre estas matérias, procurou-se de seguida efetuar um estudo prático com o objetivo de análise do comportamento de três índices internacionais: *Dow Jones*, *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225*. Isto pelo facto de serem três índices representativos dos três principais continentes e dada a influência que exercem entre eles e no mercado mundial.

Numa primeira fase o estudo consistiu na análise estatística dos dados recolhidos para o período de 01/07/01 a 31/06/11 a preço de fecho. Dada a evolução histórica dos dados, e a sua análise e representações gráficas efetuadas, pôde concluir-se existe uma tendência para a volatilidade se aglutinar em determinados períodos, revelando ser sinónimo de existência de *clusters* de volatilidade, o que frequentemente acontece nas séries financeiras. Ou seja, períodos de grande variância ou alta volatilidade tendem a ser seguidos por outros períodos de alta volatilidade de preços ou de taxas de rendimento dos ativos financeiros.

Concluiu-se igualmente que os dados não seguem uma distribuição normal, conforme se confirmou através dos testes de normalidade *Jarque-Bera*.

Quanto ao grau de achatamento, como se pôde verificar para todos os casos é superior a 3, o que indica que a distribuição das rendibilidades é leptocúrtica, o que é corroborado pelos valores da curtose. Também nos histogramas se verificou maior densidade nas abas, sendo mais pesadas, contendo mais *fat tails* do que nas de distribuição normal.

Numa segunda fase, procedeu-se à modelação da volatilidade, dos três Índices através do modelo *GARCH* (1,1), *EGARCH* (1,1) e *TGARCH* (1,1), sendo que os três índices revelaram efeitos assimétricos, vindo demonstrar uma vez mais que o impacto das “más notícias” se revela bastante mais acentuado que o impacto das “boas notícias”.

Recorreu-se ainda a um conjunto de medidas que permitem comparar o ajustamento de cada um dos modelos, usando para esse efeito os critérios de informação *SIC*,

desenvolvido por Schwarz (1978), *AIC*, desenvolvido por Akaike (1974) e o valor máximo do logaritmo da função de verossimilhança (*log-likelihood*).

Após estas comparações concluiu-se que o modelo *EGARCH* (1,1) consegue em simultâneo maximizar o valor do critério *log-likelihood* e minimizar o critério de informação *SIC* e *AIC* para os índices *Stoxx Europe 50* e *Nikkei 225*, à exceção do *Dow Jones* no critério *SIC* que aprovou o *GARCH* (1,1) como o mais apropriado. No entanto, mantêm-se sempre a indicação de presença de assimetria negativa nas rendibilidades dos três índices em estudo.

BIBLIOGRAFIA

BALAKRISHNAN, N. – *Methods and Applications of Statistics in Business, Finance, and Management Science*. Canadá: John Wiley & Sons, Inc., 2010. 711 pp. ISBN 978-0-470-40510-9.

BEKAERT, Geert, WU, Guojun – Asymmetric Volatility and Risk in Equity Markets. *The Review of Financial Studies Spring*. The Society for Financial Studies. ISSN:08939454. 13:1 (2000) 1-42.

BENTES, Sónia – *Sobre a Medição da Volatilidade nos Mercados Bolsistas Internacionais: Evidência dos Países do G7*. Lisboa: Edições Colibri/Instituto Politécnico de Lisboa, 2011. 230 pp. ISBN 978-989-689-124-4.

BOLLERSLEV, Tim - Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*. ISSN 03044076. 31:3 (1986) 307-327.

BOLLERSLEV, Tim, CHOU, Ray, KRONER, Keneth – ARCH Modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence. *Journal of Econometrics*. ISSN 03044076. 52:1(1992) 5-59.

BOUCHAUD, Jean-Philippe, MATA CZ, Andrew, POTTTERS, Marc – The leverage effect in financial markets: retarded volatility and market panic. *Physical Review Letters*. 87:22 (2001). DOI: 10.1103/PhysRevLett.87.228701.

CAMPBELL, John Y., HENTSCHEL, Ludger - No news is good news: An asymmetric model of changing volatility of stock returns. *Journal of Financial Economics*. 31:3 (1992) 281–318.

CASAS, Marta, CEPEDA, Edilberto - Modelos ARCH, GARCH y EGARCH: aplicaciones a series financeiras. *Cuadernos de Economía*, Bogotá 27:48 (2008) 287-319.

CHANG, Ming-Jen, LEE, Chih-Wei – Announcement Effects and Asymmetric Volatility in Industry Stock Returns: Evidence from Taiwan. *Emerging Markets Finance & Trade*, 47:2 (2011) 48–61. DOI: 10.2753/REE1540-496X470204

CHIANG, Min-Hsien, WANG, Li-Min - Volatility contagion: A range-based volatility approach. *Journal of Econometrics*. 165:2. (2011).175-189. DOI: 10.1016/j.bbr.2011.03.031.

CURTO, J. J. Dias, REIS, Elizabeth, ESPERANÇA, José Paulo – Modeling the volatility of the Portuguese Stock Market – A comparative study with German and US markets. *Cadernos do Mercado de Valores Mobiliários nº19*. CMVM. (2004). [Consult. 2 Set. 2011]. Disponível em: www.cmvm.pt.

DUMAS, B., FLEMING, J., WHALEY, R. – Implied volatility functions: Empirical tests. *The Journal of Finance*. ISSN 0022-1082. 53:6 (1998) 2059-2106.

ENGLE, Robert – Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*. ISSN 0012-9682. 50:4 (1982) 987-1007.

FAMA, Eugene – Mandelbrot and the Stable Paretian Distribution. *The Journal of Business*. ISSN 0021-9398. 36:4 (1963) 420-429.

FAMA, Eugene – The Behavior of Stock Market Prices. *The Journal of Business*. ISSN 0021-9398. 38:1 (1965) 34-105.

FERREIRA, Domingos – *Instrumentos Financeiros*. Lisboa: Letras e Conceitos, Lda., 2011. 671 pp. ISBN 978-989-8305-21-3.

FERREIRA, Domingos – *Opções Financeiras Avançadas*. Lisboa: Edições Sílabo, Lda., 2006. 538 pp. ISBN 978-972-618-413-3.

FERREIRA, Domingos – *Opções Financeiras. Gestão de Risco, Especulação e Arbitragem*. 2.^a ed. Lisboa: Edições Sílabo, Lda., 2009. 572 pp. ISBN 978-972-618-519-2.

FERREIRA, Nuno, MENEZES, Rui, MENDES, Diana - Asymmetric conditional volatility in international stock markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 382:1 (2006). 80 DOI: 10.1016/j.bbr.2011.03.031.

FRENCH, K.R., SCHWERT, G.W., STAMBAUGH, R.F. - Expected stock returns and volatility. *Journal of Financial Economics*, ISSN 0304-405X. 19:1 (1987) 3–30.

GLOSTEN, L.R., JAGANNATHAN, R., RUNKLE, D. - On the relation between value and volatility of nominal excess returns on stock. *Journal of Finance*. 48:5 (1993)1179–1801. [Consult. 20 Jul. 2011] Disponível em: <http://minneapolisfed.org/research/sr/sr157.pdf>

GONÇALVES, Esmeralda, LOPES, Nazaré Mendes – Modelos GARCH e TGARCH: Estacionaridade forte, estacionaridade fraca, ergodicidade e comportamento limite do agregado temporal. *Portugaliae Mathematica* – Sociedade Portuguesa de Matemática. ISSN 0032-5155. 50.(1993).20.

ISHIZAWA, Danilo Kenji – *Modelos de Volatilidade Estatística*. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 2008. Tese de Mestrado.

JARQUE, Carlos, BERA, Anil – Efficient test for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics Letters*. ISSN 0165-1765. 6:3 (1980) 255-259.

JUBERT, Roberto, PAIXÃO Márcia, MONTE, Paulo, LIMA, Wilemberg - Um Estudo do Padrão de Volatilidade dos Principais Índices Financeiros do Bovespa: uma Aplicação de Modelos Arch. *Revista UnB Contábil*. ISSN 1984-3925. 11:2 (2008). 221-239.

MACÊDO, Guilherme Ribeiro de – *Análise da volatilidade de séries financeiras segundo a modelagem da família GARCH*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009. Tese de Mestrado.

MANDELBROT, Benoit – The variation of certain speculative prices. *The Journal of Business*. ISSN 0021-9398. 36:4 (1963) 394-419.

MERTON, R. – On estimating the Expected Return on the Market: An Exploratory Investigation. *Journal of Financial Economics*. ISSN 0304-405X. 8 (1980) 323-361.

NELSON, Daniel B. – ARCH Models as diffusion approximations. *Journal of Econometrics*. 45:1-2 (1990) 7-38. DOI: 10.1016/j.bbr.2011.03.031.

NELSON, Daniel B. - Stationarity and Persistence in the GARCH(1,1) Model. *Econometric Theory*. ISSN 0266-4666. 6:3. (1990) 318-334.

NELSON, D. B., CAO, C. Q. - Inequality Constraints in the Fractionally Integrated GARCH Model. *Journal of Financial Econometrics*. 4:3 (2006) 413-449. DOI: 10.1093/jjfinec/nbj015

PINDYCK, R.S. - Risk inflation and the stock market. *American Economic Review*, 74:3 (1984), 335–351. [Consult. 20 Jul. 2011] Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1804011>

PINHO, Carlos, TAVARES, Susana – *Análise Financeira e Mercados*. Lisboa: Áreas Editora, SA, 2005. 382 pp. ISBN 972-8472-89-7.

PORTEBA, J.M., SUMMERS, L.H. - The persistence of volatility and stock market returns. *American Economic Review*. 76:1 (1986) 1142–1151. [Consult. 20 Jul. 2011] Disponível em: <http://ssrn.com/abstract=334288>

STOLL, Hans – The Relationship between Put and Call Option Prices. *The Journal of Finance*. ISSN 0022-1082. 24:5 (1969) 802-824.

UCHÔA, Carlos Frederico Azeredo - *Investigando a Dinâmica da Assimetria nos preços da Gasolina Brasileira: uma Abordagem de Séries Temporais*. Salvador: Faculdade de Ciências Econômicas - Universidade Federal da Bahia. 2006. Tese de Mestrado.

VARIAN, Hal R. – The Arbitrage Principle in Financial Economics. *Journal of Economic Perspectives*. ISSN 0895-3309. 1:2 (1987) 55-72.

VIEITO, João P., MAQUIEIRA, Carlos P. – *Finanças Empresariais. Teoria e prática*. Lisboa: Escolar Editora, 2010. 583 pp. ISBN 978-972-592-275-0.

WHALEY, Robert – *Derivatives: markets, valuation, and risk management*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006. 930 pp. ISBN 978-0-471-78632-0.

ZAKOIAN, Jean-Michel - Threshold Heteroskedastic Models. *Journal of Economic Dynamics and Control*. ISSN 01651889 (1994) 931-955

ZAKOIAN, J.M., RABEMANANJARA, R. - Threshold Arch Models and Asymmetries in Volatility. *Journal of Applied Econometrics*. ISSN 08837252. 8:1 (1993) 31-49.