

Área Temática: Finanças

Expoente de Hurst: Um estudo nos principais mercados mundiais de ações

AUTORES

RODRIGO CAMPOS MALAVOGLIA

Faculdades COC

rodrigomalavoglia@hotmail.com

LUIZ EDUARDO GAIO

Universidade de São Paulo

lugaio@yahoo.com.br

TABAJARA PIMENTA JUNIOR

Universidade de São Paulo

taba.jr@terra.com

Resumo:

O estudo sobre o mercado de capitais sempre foi foco de discussão e embate, mediante distintas óticas e abordagens. Em especial, ao se tratar do comportamento do retorno de um ativo financeiro, analisando sua linearidade ou não, divergem as teorias que visam a sua compreensão. Assim, este trabalho objetiva analisar o mercado de capitais sob o enfoque da existência da memória de longo prazo nos principais índices de bolsa de valores mundiais, utilizando a estatística R/S e o expoente de Hurst ao longo do tempo, observando o padrão de persistência ou anti-persistência no que diz respeito aos retornos logaritmizados de tais séries. As séries utilizadas correspondem aos fechamentos diário dos índices internacionais Dow Jones Industrial Average, Standard & Poor's 500, Nasdaq Composite Index, Financial Times Stock Exchange, Nikkei-225, e Ibovespa no período de 1º de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2006 num total de 1731 observações. Os resultados mostraram que os eventos observados no passado para estes mercados repercutem e influenciam os eventos futuros. E, apesar de os valores dos expoentes de Hurst não revelarem absoluta certeza, indicam fortes indícios que os resultados e conclusões são significativos e substanciais. Isto, pois, os cálculos e respectivas análises dos expoentes de Hurst satisfizeram as condições para que fosse verificada a existência de memória longa.

Palavras Chave: Memória longa, Expoente de Hurst, Mercado de Capitais.

Abstract

The study about Stock Market has always been focus of discussion and runs, through different optical and approaches. In particular, when it is the behaviour of the return of a financial asset, analyzing its linearity or not, the differing theories aimed at their understanding. Thus, this study aims to examine the Stock Market about the focus of the existence of long-term memory in the main indices of stock exchanges worldwide, using the statistical R / S and Hurst exponent, over time, noting the pattern of persistent or Anti-persistence with regard to returns logaritmizados of such series. The series used correspond to daily closures of international indices Dow Jones Industrial Average, Standard & Poor's 500, Nasdaq Composite Index, Financial Times Stock Exchange, Nikkei-225 and Ibovespa Index in the period from January 1, 2000 to December 31, 2006 a total of 1731 points. The results showed that the events seen in the past for these markets impact and influence the future events. And,

despite the values of the exponents of Hurst not reveal absolute certainty, strong evidence indicates that the results and conclusions are significant and substantial. This, therefore, the calculations and analyses of their exponents of Hurst satisfied the conditions for it to be verified the existence of long memory.

Key-words: Long memory, Hurst expoent, Stock Market

1. Introdução

O estudo sobre o mercado de capitais sempre foi foco de discussão e embate, mediante distintas óticas e abordagens. Em especial, ao se tratar do comportamento do retorno de um ativo financeiro, analisando sua linearidade ou não, divergem as teorias que visam a sua compreensão. Poincaré (1952) defendeu o fato de que mesmos processos de simples modelagem são impossíveis de serem previstos no longo prazo, devido à dependência da situação inicial. Analogamente, Fama (1970) ressaltou a eficiência de mercado, afirmando que as decisões de pessoas e empresas refletiriam no preço dos ativos sob a premissa de que todos possuísem as mesmas informações e no mesmo tempo. O autor torna o assunto mais conciso ao dizer que as alterações das informações causam sim mudança no preço dos ativos, porém as mudanças subsequentes flutuariam aleatoriamente. Assim, sob tal ponto de vista, os preços dos ativos não seguiriam um padrão exato, tornando impossível sua previsibilidade ou modelagem.

Por outro lado, há correntes teóricas que contestam as premissas da eficiência de mercado. Neste caso, pressupõe-se que os ativos financeiros representam um sistema caótico. A origem de tal teoria é o estudo dos fractais. Addison (1997) define um fractal com uma estrutura que pode ser decomposta em partes menores permanecendo inalterada sua geometria. Ressalta-se também as formas irregulares como, por exemplo, formatos de nuvens, algodão e couve-flor. Este fato justifica a aplicação da teoria fractal ao mercado de capitais, uma vez que é sabido que o comportamento do retorno dos ativos financeiros oscila constantemente. Ainda neste sentido, Mandelbrot (2004) afirma que, ao se identificar padrões, é possível haver previsibilidade. O autor ainda diz que os preços dos ativos não são independentes uma das outras. Ao comprovar este fato, revela que várias séries financeiras possuem o que denomina “memória”.

Corroborando no mesmo sentido, Lo (1991), empiricamente, ao verificar a não existência de aleatoriedade (*random walk*) no mercado norte americano, para as décadas de 1960 a 1980.

Em continuidade aos estudos de memória, Mandelbrot (2004) aprimora evidências observadas por Hurst (1951), que analisou a dependência duradoura (memória longa) nos volumes de altas e baixas do rio Nilo. Analogamente, Mandelbrot acredita ser possível de se replicar esta metodologia em outras áreas, tais como, a finanças

De fato, ambas as teorias (eficiência de mercado e fractais) adotam suas premissas, realizam seus testes e estudos e auferem seus resultados. O que fica claro é que ainda não há uma absoluta certeza o que poderia vir a descartar uma das linhas de estudo. Sendo assim, justifica-se a continuidade de estudos relativos ao tema. Além disso, por se tratar de assunto relativamente recente, a exploração deste campo tende a provocar evidências significativas, relevantes e inéditas.

Seguindo esta linha de estudo, surge, portanto, um questionamento: Os mercados mundiais de ações possuem memória de longo prazo, representando um padrão duradouro? Em outras palavras, os impactos sofridos nos mercados hoje, repercutem por longos períodos de tempo?

Dessa forma este trabalho tem por objetivo fazer uma análise do efeito de memória longa nos principais mercados mundiais. Em específico, pretende-se testar a presença de memória longa através da estatística R/S, desenvolvida por Hurst (1951) e posteriormente aplicado por Mandelbrot (1972), e analisar o comportamento do expoente de Hurst ao longo do tempo, introduzido pela primeira vez por Muniandy, Lim, Murugam (2001), nos índices de ações, Dow Jones, Nasdaq, S&P500, FTSE, Nikkei e Ibovespa.

Visando atingir o objetivo proposto o artigo é estruturado da seguinte forma: no próximo tópico é realizada a revisão bibliográfica sobre mercado eficiente e algumas evidências, o tópico 3 contém a metodologia utilizada para a realização da pesquisa. Neste mesmo capítulo são apresentados os métodos para análise dos dados. No tópico 4 se apresenta o desenvolvimento e os resultados obtidos. A conclusão é feita, por fim, no tópico 5.

2 Revisão bibliográfica

Em relação aos estudos realizados com a utilização de memória de longo prazo, Morettin (2006) afirma que, a partir da década de 1980, tal tema passou a ser estudado e adquiriu mais importância no campo econômico e financeiro, de maneira que se verificou presença aspectos de correlação em dados passados referentes à taxa de juros, de câmbio, além de outras séries de ativos financeiros. Obviamente, os estudos relativos a este campo de estudo são recentes, porém resultados significativos já foram realizados e podem auxiliar o entendimento e compreensão da existência memória de longo prazo em séries de ativos financeiros.

Neste sentido, Cajueiro e Tabak (2006), observaram o comportamento da taxa de câmbio no Brasil em determinado período do tempo, especificamente, de abril 1995 a outubro 2004. Assim, os autores afirmaram procurar um padrão de comportamento da taxa de câmbio, ao invés de identificar os fatores que pudessem fazer a taxa de câmbio variar. Em outras palavras, pretendeu-se estudar a taxa de câmbio sob a premissa de sua correlação com eventos passados (memória de longo prazo), excetuando-se variáveis externas. Neste estudo verificaram o comportamento do expoente de Hurst ao longo do tempo e obtiveram resultados substanciais, verificando a presença de uma característica singular. No período em que o regime de bandas era imposto no câmbio brasileiro, o valor do expoente de Hurst encontrava-se abaixo de 0,5. Já no período de câmbio flutuante, o valor superava o 0,5. Esta comprovação, não é coincidência, já que no regime de bandas pretende-se manter o câmbio dentro de uma determinada faixa. Assim, quando havia perspectivas de crescimento, o Governo intervinha a fim de fazer com que o câmbio se retraísse. Similarmente, quando o câmbio caía, as medidas governamentais eram tais que o câmbio subisse. E esta situação descrita nada mais é do que um caso de memória anti-persistente.

Estudo semelhante, realizado por Cajueiro, Tabak e Souza (2007) continha análise da memória de longo prazo em contratos futuros no sistema monetário europeu no período de 1986 a 2004, mais precisamente, contratos futuros da moeda britânica. Foram, portanto, calculados os expoentes de Hurst para esta série. Cabe ressaltar que os cálculos foram feitos com a série filtrada por modelos econométricos, não filtradas e também foi usada sua volatilidade. Porém, mesmo com estas várias simulações, os resultados foram bem próximos. Chegou-se a conclusão de haver presença de memória de longo prazo na série em questão e, apenas houve variância no período imediato ao ano de 1993. Segundo os autores, isto se deveu à crise européia e, no longo prazo, não abalaria os resultados e subseqüentes interpretações.

Por outro Lado, Jacobsen (1996) analisa o expoente de Hurst para indicadores financeiros de vários países europeus. Porém, é realizado apenas o cálculo pontual e não o comportamento do Hurst ao longo do tempo. Constatou-se a não observância da memória de longo prazo, exceto na Alemanha e Itália, nos quais os resultados sugerem a presença do processo de memória longa.

Marques (2007), assim como Cajueiro, Souza e Tabak (2006), utiliza a análise do expoente de Hurst, por meio de seu comportamento ao longo do tempo. O autor verifica a variação do índice Ibovespa para o período de 1996 a 2007, analisando sua volatilidade. Conclui-se que, apesar do expoente de Hurst oscilar consideravelmente, há memória de longo

prazo persistente. Isto porque, na maior parte do tempo, os valores se mantiveram acima do patamar de 0,6.

Dacorogna, Aste e Di Mattheu (2005), calcularam o expoente de Hurst para ativos de mercados financeiros de vários países, onde o objetivo era confrontar a existência de memória longa dos países desenvolvidos com os emergentes. Da grande variedade de resultados, um ponto mereceu destaque e foi salientado pelos autores. Alguns principais índices de países desenvolvidos obtiveram o valor do expoente de Hurst abaixo de 0,5. Enquanto boa parte dos países em desenvolvimento teve o expoente de Hurst acima de 0,5.

Tais estudos realçam a importância de se pesquisar a existência da memória de longo prazo, além de propiciarem informações e referenciais teóricos que auxiliam estudiosos e interessados em estudar o tema.

3 Metodologia da pesquisa

Nesta seção é apresentada a metodologia utilizada para a realização desta pesquisa, abordando a classificação do tipo de pesquisa, a fonte de dados adquiridos, os passos para análise e tratamento dos dados e os modelos estatísticos utilizados para estimação do expoente de Hurst ao longo do tempo.

3.1 Tipo de pesquisa

A pesquisa pode ser classificada como descritiva, quantitativa, bibliográfica e experimental. Descritiva devido ao objetivo da pesquisa, fazer a descrição, ou análise dos dados para uma amostra de retornos dos índices de ações Dow Jones, Nasdaq, S&P500, Nikkei, FTSE e Ibovespa. Quantitativa, devido à abordagem do problema, uma vez que os recursos utilizados para análise dos dados constituem-se em métodos estatísticos.

E por fim, bibliográfica devido ao estudo e busca na literatura por trabalhos e livros que abordam o assunto referente à pesquisa e experimental pela utilização de métodos estatísticos para a obtenção de uma resposta à pergunta feita no item 1.

3.2 Dados da pesquisa

Foram coletados os valores de fechamento diários dos índices de ações Dow Jones Industrial Average, Standard & Poor's 500, Nasdaq Composite Index, Financial Times Stock Exchange, Nikkei-225, e Ibovespa no período de 1º de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2006 num total de 1731 observações, através da base de dados do ECONOMÁTICA®.

Dos índices que foram selecionados para o estudo, dois fazem parte da Bolsa de Nova York (NYSE). O primeiro dos índices estudado presente na NYSE é o Dow Jones Industrial Average (DJIA), um dos mais tradicionais e importantes indicadores do mercado acionário norte-americano. Conforme NYSE (2008), o índice é composto por uma carteira de 30 ações industriais e que as alterações na composição da carteira não seguem normalmente critérios técnicos preestabelecidos, ficando a critério de variáveis subjetivas de seus responsáveis.

Já o Standard & Poor's 500 conta com uma amostragem mais ampla que o Dow Jones, reproduzindo melhor as condições de mercado. De acordo com NYSE (2008), o índice conta com as 500 ações mais representativas da NYSE, sendo 400 industriais, 40 financeiras, 40 de utilidades e 20 de transporte.

Negociado na bolsa eletrônica Nasdaq, o terceiro índice a ser analisado é o Nasdaq Composite Index. A Nasdaq possui um sistema computadorizado de negociação e divulgação de cotações de ações de mais de 5.000 empresas, com sede em Nova York. Está em atividade desde os anos 1970, e concentra suas operações em ações de empresas de alta tecnologia. A

Nasdaq reúne gigantes como Microsoft, Oracle, Intel e companhias de menor porte, negociadas em dois mercados: Nasdaq National Market (NNM) e SmallCap Market. O Nasdaq Composite Index mede todas as ações domésticas e não domésticas listadas no Nasdaq Stock Market. Atualmente, o índice inclui mais de 3000 companhias, número maior que a maioria dos outros índices de mercado de ações. (Bovespa, 2007)

Na Europa, tem-se a Bolsa de Londres com 2699 empresas listadas, totalizando o valor de mercado de 2,8 trilhões de dólares americanos. Um de seus principais índices é o Financial Times – Stock Exchange (FT-SE 100), que foi desenvolvido conjuntamente pelo Financial Times e pela Bolsa de Valores de Londres e lançado em 3 de janeiro de 1984. Apelidado de Footsie, o índice corresponde a uma carteira de 100 ações de maior capitalização entre as ações registradas nessa bolsa. A metodologia do FT-SE 100 adota o sistema de ponderação por valor de mercado das empresas emissoras.

Partindo para o continente asiático, mais especificamente para o Japão, temos o índice Nikkei-225. Esse indicador é o mais tradicional do mercado de ações japonês. Refere-se às flutuações das cotações de uma carteira formada por 225 ações cotadas na Bolsa de Valores de Tóquio. O NIKKEI-225 adota a média aritmética das variações de preços das ações incorporadas pela carteira como no DJIA, mas apresenta a vantagem de ter na composição de sua carteira um número maior de ações.

Vale ressaltar que a escolha destes índices como *proxy* da análise do expoente de Hurst aplicado ao mercado financeiro mundial se justifica uma vez que estes representam os índices de maior liquidez nas bolsas internacionais e pela sua relevância no mercado de capitais internacional, e sem dúvida, os mais utilizados pelas pesquisas acadêmicas, quando se trata em analisar o comportamento mundial de ações.

Por fim, o mercado latino-americano possui como destaque o índice Bovespa, principal indicador da Bolsa de Valores de São Paulo. Atualmente, a Bovespa é o maior centro de negociação com ações da América Latina, destaque que culminou com um acordo histórico para a integração de todas as bolsas brasileiras em torno de um único mercado de valores, o da Bovespa. (Pinheiro, 2006)

Segundo Bovespa (2007), a carteira do índice bovespa (Ibovespa) é composta pelas ações que atenderam, cumulativamente aos seguintes critérios, com relação aos doze meses anteriores à formação da carteira:

- a) estar incluída em uma relação de ações cujos índices de negociabilidade somados representem 80% do valor acumulado de todos os índices individuais;
- b) apresentar participação, em termos de volume, superior a 0,1% do total;
- c) ter sido negociada em mais de 80% do total de pregões do período.

Para que sua representatividade se mantenha ao longo do tempo, é feita uma reavaliação quadrimestral, alterando-se composição e peso da carteira.

Com o intuito de se verificar a presença de memória de longo prazo nas séries de fechamento dos índices internacionais e nacional, utilizou-se dados de retornos diários, adquiridos a partir da série original, através da expressão $R_t = \log\left(\frac{X_t}{X_{t-1}}\right)$, sendo X_t e

X_{t-1} os fechamentos dos índices nas datas t e $t - 1$ e filtrados por um processo Autorregressivo, de ordem 1, AR(1), em busca de se evitar autocorrelações de curto prazo que podem afetar o valor do expoente de Hurst a ser calculado por meio da análise R/S clássica.

Os dados foram tratados pelo programa Excel excluindo sábados, domingos, feriados e dias sem negociação, para a utilização de métodos estatísticos e cálculo dos expoentes de Hurst, utilizou-se o software DEV C++, implementando-se as rotinas de cálculo em linguagem C++.

3.3 Análise dos dados

O primeiro passo da investigação empírica constitui-se de uma análise das estatísticas descritivas da série de retorno dos índices e expoentes de Hurst calculados ao longo do tempo conforme Muniandy, Lim, Murugam (2001), observando fatores como assimetria, curtose, e normalidade. Para testar a normalidade será aplicado o teste de Jarque-Bera, conforme Jarque e Bera (1987), acompanhado de seu p-valor, ou seja, a probabilidade de não rejeitar a hipótese nula de que a série segue um padrão normal. O nível de confiança definido foi o de 95%.

Como segundo passo tem-se uma análise do comportamento dos expoentes de Hurst calculados ao longo do tempo, para os índices de ações, visando verificar seu desempenho diante das oscilações do mercado e testar a presença da memória de longo prazo.

Por fim, tem-se o terceiro e último passo no qual se pretende fazer uma análise comparativa do expoente de Hurst ao longo do tempo para os diferentes mercados mundiais.

3.4 Memória de Longo Prazo

Teoricamente, diz-se que há memória de longo prazo em determinada série uma vez que os eventos passados apresentam correlação entre si. Giraitis, Kokoszka, Leipus e Teyssiére (2003) definem memória de longo prazo, no contexto de séries estacionárias em covariância, como aquelas que apresentam a propriedade de a função de autocovariância não ser absolutamente somável. Hurst (1951) foi o primeiro a observar a presença da memória longa e, posteriormente, Mandelbrot (1968) aprofundou o estudo sobre o tema. Matematicamente, segundo Morettin (2006), define-se memória de longo prazo da seguinte maneira:

Suponha que X_t tenha auto-correlação (ρ_j). Diz-se que X_t possui memória longa se

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{j=-n}^n |\rho_j| \quad (1)$$

É não finita.

3.5 Estimação da memória longa

Uma vez entendido o conceito e relevância da observação da memória de longo prazo, faz-se necessário ressaltar as formas pela quais pode ser estimada. Cajueiro e Tabak (2006) afirmam existir diversas formas de se quantificar a memória de longo prazo. Assim, dentre elas a estatística R/S clássica desenvolvida por Hurst (1951) e Mandelbrot (1972), a estatística modificada de Lo (1991), a estimação do parâmetro de integração fracionária por regressão espectral, ou log-periodograma, de Geweke e Porter-Hudak (1983), o estimador semi-paramétrico por logperiodograma, de Robinson (1995) e a análise V/S, de Giraitis, Kokoszka, Leipus e Teyssiére (2003) e Cajueiro e Tabak (2005b).

Neste trabalho, será utilizada a estatística Rescaled Range (R/S) que nada mais é do que a divisão da amplitude pelo desvio padrão de uma amostra. Hurst (1951) observou uma relação entre a estatística R/S e o tamanho da amostra, de maneira que a estatística R/S é igual à metade do número de observações elevado a um expoente, posteriormente denominado “expoente de Hurst”. Conforme Cajueiro e Tabak (2006), o cálculo da estatística R/S e do expoente de Hurst devem seguir os seguintes passos.

Sejam X_t os valores da série a ser estudada, r_t o retorno logaritmo desta série e N o tamanho da amostra com τ observações, sendo $\tau < N$.

Para cada τ , calcula-se a estatística R/S da seguinte forma:

A) Divide-se a amostra N em n blocos de τ elementos numerados com $1 \leq i \leq n$. Em cada bloco i os elementos $r_{t,i}$ são numerados com $1 \leq t \leq \tau$.

B) Calcula-se a estatística R/S associada ao tamanho do bloco τ .

1) Calcula-se a média de cada bloco

$$\bar{r}_i = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} r_{t,i} \quad (2)$$

2) Calcula-se o desvio padrão de cada bloco:

$$S_i = \left[\frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} (r_{t,i} - \bar{r}_i)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

3) Calcula-se, para cada bloco i , a estatística (R/S) $_i$.

$$(R/S)_i = \frac{1}{S_i} \left[\max_{k=1}^t \sum_{k=1}^t (r_{k,i} - \bar{r}_i) - \min_{k=1}^t \sum_{k=1}^t (r_{k,i} - \bar{r}_i) \right] \quad (4)$$

4) Calcula-se a média dos valores (R/S) $_i$ e se associa ao tamanho do bloco τ .

$$(R/S)_\tau = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R/S)_i \quad (5)$$

C) Terminados os cálculos da estatística R/S, para diversos tamanhos de comprimento de bloco τ , obtém-se o expoente de Hurst da relação:

$$(R/S)_\tau = (\tau/2)^H \quad (6)$$

1) Dados os pares $(R/S)_\tau$ e τ obtidos em “B”, executa-se a regressão por mínimos quadrados ordinários

$$\log_{10}(R/S)_\tau = \log_{10} C + H \log_{10} \tau + \text{erro} \quad (7)$$

2) O expoente “H” de Hurst é obtido com intervalo de confiança de 95%.

3.6 O expoente de Hurst

Conforme dito anteriormente, Hurst é um dos precursores do estudo de memória de longo prazo. Muito embora, inicialmente ele observara este padrão de comportamento em fatores hídrico, mais tarde, constatarem-se semelhantes resultados em outros campos, como os já citados neste trabalho.

Na realidade, a origem do expoente de Hurst surge com Mandelbrot (1968), ao questionar o movimento browniano clássico e, portanto introduzindo o movimento browniano fracionário. A distinção é relativamente simples. Wiener (1923) introduziu a função aleatória para o movimento browniano, considerando que a partícula que se desloca sobre uma reta, caracterizando um passeio aleatório gaussiano normalizado e independente (com média zero e variância um), tem sua posição no instante t dada por:

$$X(t) - X(t_0) \sim \xi |t - t_0|^H \quad (8)$$

Para quaisquer períodos de tempo t e t_0 , com $t \geq t_0$.

Marques (2007) ratifica, portanto, que o deslocamento de uma partícula entre os instantes t e t_0 apresenta distribuição idêntica a $\zeta(N(0, 1))$, multiplicado pelo intervalo de tempo $|t - t_0|$ elevado a potência H , onde a notação $\zeta(N(0, 1))$ representa variáveis aleatórias independentes gaussianas com média zero e variância um.

Assim, no movimento browniano clássico, o valor de H é 0,5. O que implica na existência de um passeio aleatório (*random walk*). E, neste caso típico, que caracteriza um processo estocástico constata-se a não existência de memória de longo prazo, já que, conforme Grimmett e Stirzaker (1982), no passeio aleatório (*random walk*) a movimentação depende apenas do passo anterior e não dos demais anteriores.

Entretanto, Mandelbrot sabendo da existência entre incrementos ao longo do tempo em estudo sobre leis de potência, expande seus estudos. Assim, o expoente H , segundo ele, não mais deveria ficar limitado ao valor de 0,5. Sendo que poderá, então, variar no intervalo entre 0 e 1. Sendo útil ressaltar a interpretação deste valor. Quando $0 < H < 0,5$, haverá memória de longo prazo anti-persistente, ou seja, o comportamento futuro terá sentido oposto ao observado no passado. E, quando $0,5 < H < 1$, a memória de longo prazo é dita persistente, isto é, o evento futuro terá comportamento de mesma direção que o observado anteriormente.

Uma inovação em relação ao expoente de Hurst favoreceu novos campos de estudo recentemente. É o fato de se observar a variação do expoente de Hurst ao longo do tempo. Muniandy, Lim, Murugam (2001), puseram em prática, esta nova forma de análise do expoente de Hurst.

3.7 O expoente de Hurst ao longo do tempo

Neste trabalho foi feita uma análise para a variação do expoente de Hurst ao longo do tempo. Para isto, foi escolhida uma janela móvel, assim como o valor do intervalo utilizado. Marques (2007), afirma que Cajueiro utiliza o tamanho da janela como sendo 504 (pois justifica ser uma boa aproximação para 2 anos, já que só consideram-se dias de movimentação no mercado financeiro) e o intervalo com tamanho 10. Portanto, são calculados valores de “H”, para os seguintes espaços: (0-504, 10-514, 20-524,...) até o encerramento da série.

4 Resultados e Discussões

Para uma primeira análise do comportamento dos retornos dos índices das principais bolsas mundiais de ações, e verificação do comportamento de longo prazo, faz-se primeiramente uma verificação visual do gráfico das séries. Dessa forma, a Figura 1, demonstra o comportamento do fechamento dos índices e seus respectivos retornos.

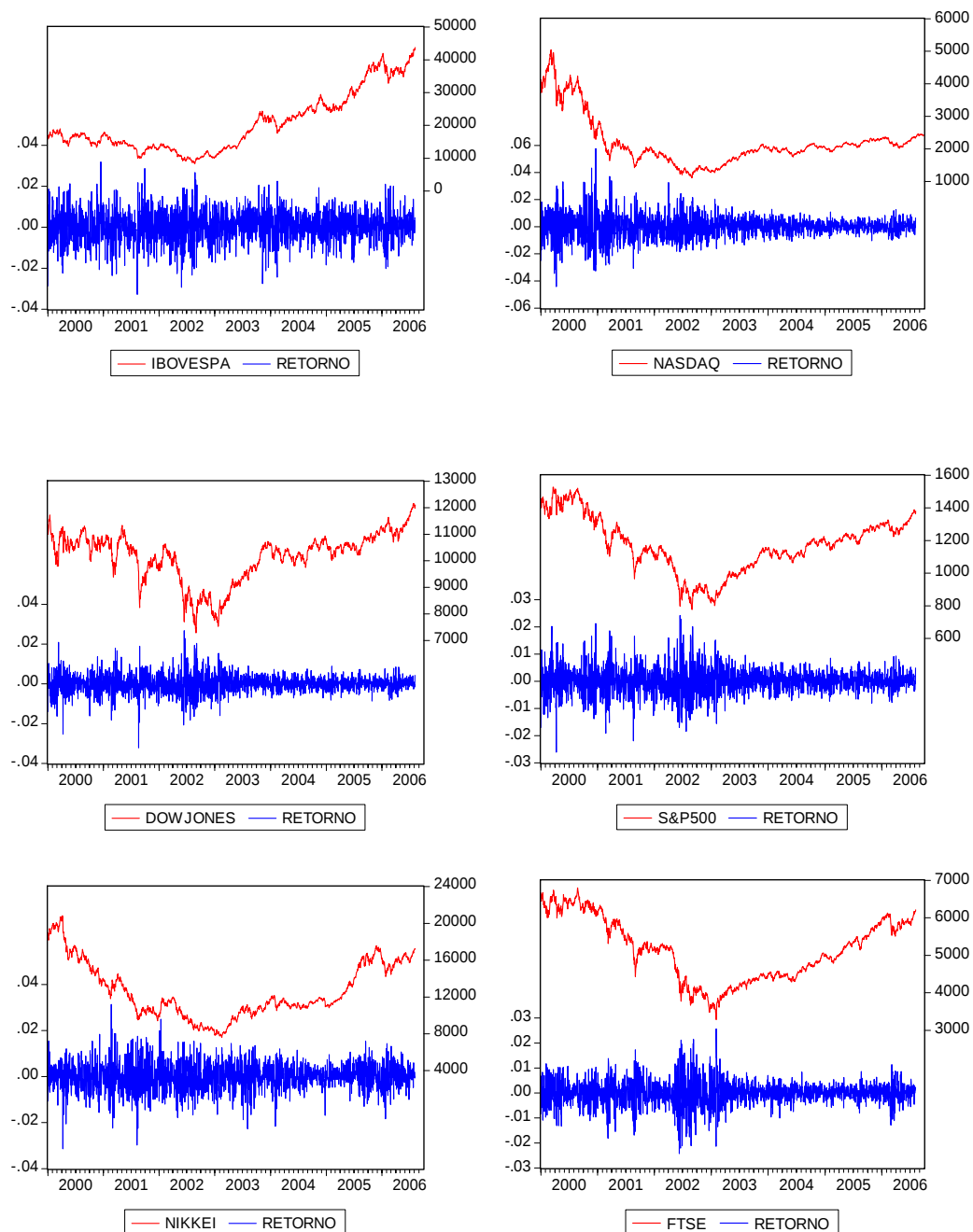


Figura 1: Comportamento dos fechamentos e retornos dos índices de ações mundiais.

A Figura 1 ilustra o comportamento das séries do índice Bovespa, Dow Jones, Nasdaq, S&P500, Nikkei e FTSE e seus retornos diários no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2006. Através de uma visualização das séries pode-se observar a presença de clusters de volatilidade através dos retornos diários, outro ponto também observado refere-se à presença de vários outliers na série de retorno.

A presença de cluster de volatilidade e outliers ocorrem uma vez que impactos ocorridos em um determinado mercado geram, em um curto espaço de tempo, uma grande incerteza com relação ao seu comportamento futuro, levando os especuladores a mudarem suas estratégias de investimentos dado os fatos externos ocorridos no mercado. Geralmente, fatores macroeconômicos de uma economia global são grandes causadores de oscilações bruscas no mercado mundial, e tais mudanças costumam se repercutir por vários dias, ou até meses, gerando um comportamento caótico no mercado.

Tabela 1: Estatística Descritiva dos log-retornos

	Ibovespa	Dow Jones	Nasdaq	S&P500	Nikkei	FTSE
Média	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mediana	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Máximo	0.032	0.027	0.024	0.058	0.031	0.026
Mínimo	-0.033	-0.032	-0.026	-0.044	-0.031	-0.024
Desvio Padrão	0.008	0.005	0.005	0.008	0.006	0.005
Assimetria	-0.166	-0.047	0.107	0.206	-0.131	-0.148
Curtose	3.662	6.797	5.541	6.745	4.633	5.957
Jarque Bera p-valor	39.269 0.000	1034.686 0.000	466.246 0.000	1017.937 0.000	196.042 0.000	633.428 0.000
Observações	1721	1721	1721	1721	1721	1721

A Tabela 1 mostra algumas das principais estatísticas descritivas presentes nas séries de log-retornos diários dos índices. Através do teste de normalidade proposto por Jarque & Bera (1987), observa-se à rejeição ao nível de confiança de 99% a hipótese nula de normalidade da série, indicando portanto que todas as séries não seguem um padrão normal (Gaussiano), ou seja, os retornos realmente variam com o tempo. O excesso de curtose é um dos principais fatores de rejeição da hipótese de normalidade, o que confirma a característica de séries financeiras apresentarem excesso de curtose e assimetria, denominadas de distribuições leptocurticas.

Em se tratando de eficiência de mercado, na forma fraca, os resultados da Tabela 1 demonstram a ineficiência informacional do mercado mundial de ações, uma vez que os retornos não seguem uma distribuição gaussiana, um dos pressupostos de que os ganhos ou perdas não devem apresentar nenhum tipo de comportamento diferente de uma distribuição normal devendo, portanto, ser *random walk* com $N(0, \sigma)$.

Após analisado o comportamento das séries dos índices de ações e seus retornos, parte-se para a fase de verificação e teste do comportamento de memória de longo prazo dos índices internacionais de ações. Para isto, utilizou-se o expoente de Hurst ao longo do tempo, derivado da estatística R/S, como medida de teste.

Portanto, a Figura 2 demonstra a evolução do expoente de Hurst calculado para as séries de log-retornos do Ibovespa, Dow Jones, Nasdaq, S&P500, Nikkei e FTSE.

Vale lembrar que, para o cálculo dos expoentes, foi considerada uma janela com 504 retornos logaritimizados que se movem pela série, desde o ponto inicial até o ponto final da amostra. Assim tem-se janelas {[1, 504],[10, 514],...,[1217, 1721]}. Para cada uma dessas janelas calculou-se o expoente de Hurst. A escolha pela janela de 504 observações foi sugerida por Cajueiro, Tabak e Souza (2004), que argumentam que o período de 504 observações é uma razoável aproximação para uma janela de 2 anos, tendo em vista que os índices são apenas contabilizados em dias úteis.

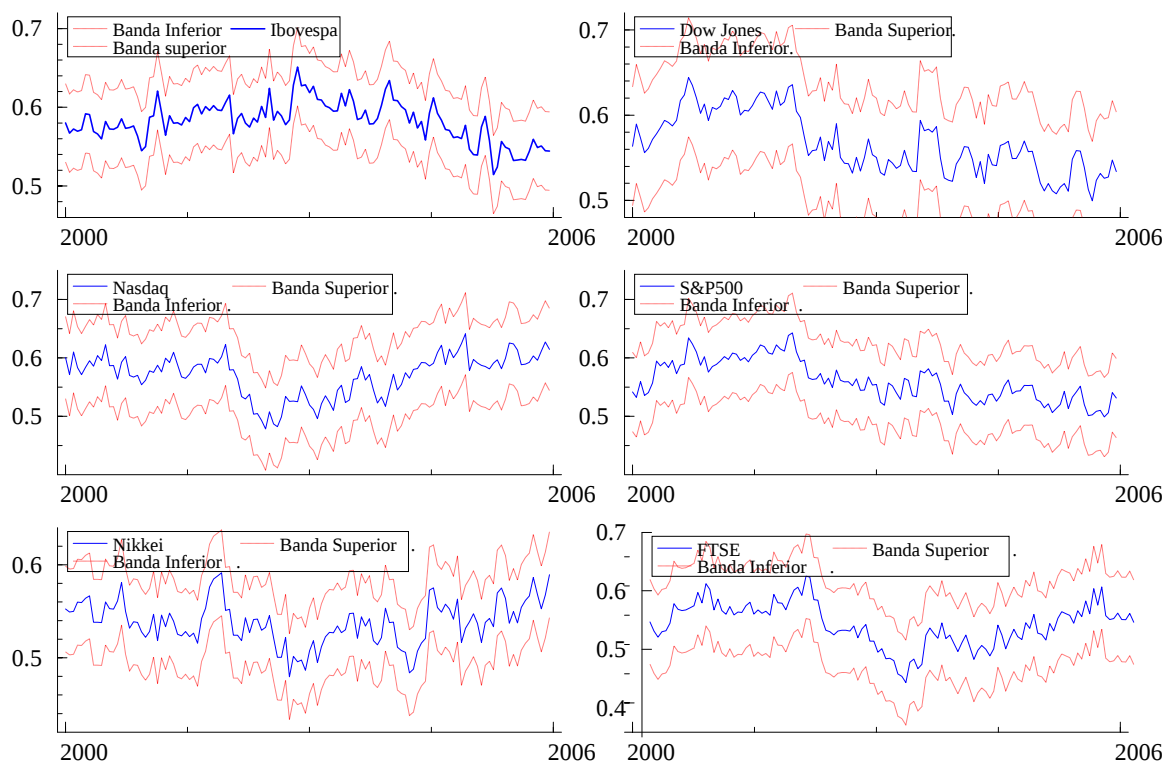


Figura 2: Expoentes de Hurst ao longo do tempo dos retornos dos índices

Tabak e Cajueiro (2006) comentam que a compreensão dos comportamentos do expoente de Hurst requer duas informações adicionais: a série de retornos, como apresentada na Figura 1, e a informação de que a amostra utilizada no cálculo tem comprimento finito.

Conforme eles, o fato de a amostra utilizada nos cálculos ser finita causa uma distorção no resultado do cálculo do expoente de Hurst. Para amostras com ciclos de periodicidade e amplitude regulares, uma amostra de comprimento tendendo a infinito produz como resultado um expoente de Hurst tendendo a zero. A medida que o comprimento da amostra utilizada no cálculo diminui, o expoente de Hurst vai aumentando (a estatística R/S tem valor finito e seu valor permanece aproximadamente constante ao se diminuir o comprimento da amostra, até o comprimento de 1 ciclo), chegando a 0,5 e, se o comprimento da amostra for igual ao período do ciclo, o expoente de Hurst chegará a um valor próximo de 1. O fato de se utilizar amostra finita introduz um viés por cima do expoente de Hurst.

Os expoentes de Hurst ao longo do tempo (Figura 2) se demonstram, na maioria do tempo, acima do valor 0,5, o que é uma evidência de que todos índices analisados possuem uma característica de memória de longo prazo no log-retornos, dita persistente, isto é, o evento futuro terá comportamento de mesma direção que o observado anteriormente. Em outras palavras, impactos que ocorram no retorno do mercado hoje, repercutirá por vários dias.

A presença de persistência nos retornos pode ser confirmada pela estatística descritiva da Tabela 2, uma vez que seus valores médios são maiores do que 0,5, o que indica que a série dos expoentes de Hurst possuem valores acima de 0,5, em sua maioria.

Porém, analisando os valores mínimos do expoente de Hurst, nota-se que os mercados internacionais (Dow Jones, Nasdaq, S&P500, Nikkei e FTSE) possuem alguns valores abaixo do 0,5, evidenciando que em alguns períodos o mercado se comporta anti-persistente, ou até,

sem persistência. Conforme exposto anteriormente, a anti-persistência, significa que o comportamento futuro terá sentido oposto ao observado no passado.

Tabela 2: Estatística Descritiva dos expoentes de Hurst ao longo do tempo

	Ibovespa	Dow Jones	Nasdaq	S&P500	Nikkei	FTSE
Média	0.582	0.567	0.571	0.561	0.538	0.543
Mediana	0.584	0.559	0.580	0.555	0.538	0.545
Máximo	0.651	0.644	0.641	0.643	0.591	0.625
Mínimo	0.514	0.499	0.478	0.499	0.480	0.443
Desvio Padrão	0.025	0.036	0.036	0.035	0.024	0.037
Assimetria	-0.126	0.314	-0.637	0.303	-0.034	-0.256
Curtose	2.978	2.059	2.708	2.234	2.859	2.837
Jarque Bera p-valor	0.324 0.850	6.500 0.039	8.693 0.013	4.851 0.088	0.124 0.940	1.469 0.480
Observações	122	122	122	122	122	122

Por fim, os resultados dos testes de normalidade de Jarque-Bera (Tabela 2), efetuados para os expoentes de Hurst ao longo do tempo, demonstram que todos os mercados, ao nível de significância de 1%, possuem um comportamento normal (gaussiano) para os expoentes Hurst calculados. Isto reforça a hipótese de memória de longo prazo aos retornos dos índices das bolsas internacionais, uma vez que os expoentes de Hurst seguem um padrão de uma distribuição normal, então seus valores possuem um comportamento constante.

5. Conclusão

No presente trabalho, pretendeu-se estudar a presença da memória de longo prazo nos principais mercados mundiais. Para tal, foi utilizada a análise do expoente de Hurst variável ao longo do tempo para os log-retornos. Conforme a análise dos dados, foi possível observar que, na maior parte do tempo, os principais mercados mundiais apresentam memória longa persistente, excetuando-se poucos períodos, em que se houve presença de anti-persistência.

Sendo assim, muito embora este estudo não se proponha a prever ou estimar o futuro, pode-se concluir que os eventos observados no passado para estes mercados repercutem e influenciam os eventos futuros. E, apesar de os valores dos expoentes de Hurst não revelarem absoluta certeza, indicam fortes indícios que os resultados e conclusões são significativos e substanciais. Isto, pois, os cálculos e respectivas análises dos expoentes de Hurst satisfizeram as condições para que fosse verificada a existência de memória longa.

Para finalizar, sugere-se para os próximos estudos a utilização de uma análise mais ampla do expoente de Hurst ao longo do tempo, buscando um banco de dados maior, contendo não apenas os índices de ações e sim os retornos das ações das empresas mais negociadas no mundo. Recomenda-se também, para pesquisas futuras, a expansão desta investigação, procurando observar o comportamento da memória de longo prazo aplicado nas volatilidades dos índices de ações mundiais e não somente aos retornos, uma vez que impactos nos mercados de ações podem gerar aumentos na volatilidade que repercutiram por grandes períodos de tempo.

Dessa forma, os resultados aqui obtidos não têm a pretensão de sinalizar o fim das discussões acerca do comportamento da memória de longo prazo, mas sim recolocar em

discussão um tema de crucial importância para o gerenciamento de riscos e a precificação de operações no mercado de ações mundiais.

Referências

ADDISON, P. S. **Fractals and Chaos**. 1997, Philadelphia: IOP Publishing

ASTE, T. , Dacorogna M. M., Matteo T. Long-term memories of developed and emerging markets: Using the scaling analysis to characterize their stage of development. **Journal of Banking & Finance** V.29, p. 827-851. 2005

ASSAF NETO, A. **Mercado Financeiro** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

BOLSA DE VALORES DO ESTADO DE SÃO PAULO – BOVESPA, disponível em: <http://www.bovespa.com.br> (acesso em: 10 de jun de 2007)

CAJUEIRO, D. O.; TABAK, B. M.; SOUZA, S. R. S. Investigação da memória de longo prazo na taxa de câmbio do Brasil. **Trabalhos para Discussão, Banco Central do Brasil**. v.113, 2006.

CAJUEIRO, D. O.; TABAK, B. M.; SOUZA, S. R. S Long Range Dependence in Exchange Rates: The case of European Monetary System, 2007

FAMA, E. F. Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. 1970 **Journal of Finance**, maio, pp 383-417.

GIRAITIS, L., Kokoszka, P. Leipus R. Teyssièred G. Corrigendum to “Rescaled variance and related tests for long memory in volatility and levels” **Journal of Econometric**. V.112 p.265–294. 2003

GRIMMENTT, G. R., Stirzaker D. R. **Probability and Random Processes**. Oxford University Press: Nova York, 1982.

HURST, E. Long term storage capacity of reservoirs. **Transactions of the American society of civil engineers**, v.116, p.770-799, 1951.

JACOBSEN, B. Long Term Dependence in stock returns. **Journal of empirical Finance**, p.393-417 Amsterdam, 1996.

JARQUE, C.; BERA, A. A Test for normality of observations and regression residuals. **International Statistical Review**, v.55, p.163-172, 1987.

LO, A. W. **A Non Random Dow Wall Street**. 1999, Princeton

MANDELBROT, B. **Mercados Financeiros Fora de Controle**. 2004, Rio de Janeiro: Elsevier.

MORETTIN, P. A. **Econometria Financeira**: um curso em séries temporais financeiras. 2006, São Paulo: IME-USP.

MARQUES, B. A. A. **Um Estudo Sobre a Teoria Dos Fractais e Sua Relação Com A Memória de Longo Prazo em Séries Temporais Financeiras**. FFCLRP-USP, p.1-108
Ribeirão Preto, 2007.

Muniandy, S., Lim, S., & Murugan, R. (2001). Inhomogeneous scaling behaviors in Malaysian foreign currency exchange rates. **Physica A**,301(1):407–428.
NEW YORK STOCK EXCHANGE – NYSE, disponível em: <http://www.nyse.com>. Acesso em: 12 abr. 2008

PINHEIRO, J. L. **Mercado de Capitais** – Fundamentos e Técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

WIENER, N. Differential-space. J. Math. Phys. Mass. Inst. Technol, v.2, p.131-174, 1923.