

Investigando a reversão à média nos países do BRICS usando o modelo de Hurst

CAMILA RODRIGUES DE ARAUJO GOES DA CUNHA

*Universidade Federal da Bahia
camila.cunha@ufba.br*

MATEUS BARRETO VIEIRA DA SILVA

*Universidade Federal da Bahia
mateus_mbvs@hotmail.com*

EUNICE RIBEIRO SANTIAGO BACELAR

*Universidade Federal da Bahia
eunicebacelar@ufba.br*

CÉSAR VALENTIM DE OLIVEIRA CARVALHO JÚNIOR

*Universidade Federal da Bahia
cesarvalentim@ufba.br*

Resumo

Este artigo investiga a reversão à média nos mercados acionários dos países do BRICS utilizando o modelo de Hurst. A análise foca em cinco índices principais: o Índice Ibovespa (IBOV) do Brasil, o Moscow Exchange Index (IMOEX) da Rússia, o Bombay Stock Exchange Sensitive Index (BSE Sensex) da Índia, o China Securities Index Company (CSI 300) da China e o JSE/JTOPI da África do Sul, com dados diários entre 2010 e 2023. A metodologia utilizada foi a Análise de Flutuação Detrendida (DFA), que avalia a memória de longo prazo nas séries temporais dos índices financeiros, complementada pelo método R/S para testes adicionais com retornos diários. Os resultados revelam uma tendência significativa para a reversão à média em vários mercados do BRICS, com exceção do mercado chinês. Após a COVID-19, foram observadas variações acentuadas no expoente de Hurst, corroboradas pelos resultados dos Testes t paramétrico e U de Mann-Whitney não paramétrico. Esta pesquisa contribui para a compreensão do comportamento dos mercados emergentes e desafia a Hipótese dos Mercados Eficientes, oferecendo novas perspectivas sobre a dinâmica dos preços nos mercados financeiros do BRICS.

Palavras chave: Reversão a média, Expoente de Hurst, Detrended Fluctuation Analysis (DFA), Mercados Emergentes, BRICS.

1. Introdução

A complexidade e a dinâmica dos mercados, onde uma infinidade de fatores econômicos, políticos e sociais interagem, tornam a tarefa de prever com precisão os preços dos ativos extremamente desafiadora. Apesar dessa dificuldade, a capacidade de antever tendências futuras é crucial para a elaboração de estratégias de investimento eficazes, a mitigação de riscos e a maximização de retornos.

Realização

No final do século XX, o debate sobre a previsibilidade dos mercados financeiros tem sido amplamente dominado pela Hipótese dos Mercados Eficientes (HME), proposta por Eugene Fama (1970). A HME sugere que os preços dos ativos refletem todas as informações disponíveis, tornando impossível obter retornos superiores ao mercado de forma consistente através de análises históricas de preços ou de quaisquer outras informações públicas. Essa teoria, que promove a ideia de que os movimentos de preços seguem um processo de Random Walk, foi inicialmente amplamente aceita, influenciando tanto a teoria econômica quanto a prática financeira.

No entanto, uma série de estudos subsequentes começou a desafiar a robustez da HME, trazendo à tona evidências de fenômenos como a reversão à média e a persistência dos preços. (Burton & Shah, 2012). A reversão à média, por exemplo, sugere que os preços dos ativos tendem a retornar ao seu valor médio ao longo do tempo, após desvios significativos, oferecendo oportunidades para a elaboração de estratégias de investimento baseadas na expectativa de retorno aos níveis históricos. Por outro lado, a persistência indica a existência de memória de longo prazo nos retornos dos ativos, sugerindo que movimentos passados podem influenciar movimentos futuros de maneira previsível.

Nesse contexto, o expoente de *Hurst*, uma medida que quantifica a persistência ou antipersistência em séries temporais, emergiu como uma ferramenta para entender a dinâmica dos mercados financeiros (Ding et al., 2021). Desenvolvido inicialmente por Harold Edwin *Hurst* em 1951 no campo da hidrologia, o conceito foi adaptado para as finanças e tem sido utilizado para explorar a estrutura subjacente de mercados, especialmente no que diz respeito à presença de memória de longo prazo.

Com a crescente importância dos mercados emergentes na economia global, a análise desses fenômenos nesses mercados tornou-se ainda mais relevante. Países como Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, que compõem o bloco BRICS, têm atraído o interesse de investidores internacionais devido ao seu rápido crescimento econômico e às oportunidades que oferecem. No entanto, a natureza desses mercados, frequentemente caracterizados por maior volatilidade e menor eficiência em comparação com mercados desenvolvidos, levanta questões sobre a aplicabilidade das teorias tradicionais de finanças, como a HME, e sobre a prevalência de fenômenos como a reversão à média e a persistência (Sharma et al., 2019).

Diante dessa conjuntura, o presente estudo se propôs a examinar se os mercados de ações do BRICS possuem comportamento de reversão a média. A análise foi realizada utilizando a metodologia *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) para calcular o expoente de *Hurst*, e a método de análise *R/S* para os testes adicionais.

Os testes empíricos utilizaram dados do sistema Refinitiv Eikon. A população incluiu os preços diários em reais dos principais índices das bolsas de valores do BRICS: Índice Ibovespa (IBOV), *Moscow Exchange Index* (IMOEX), *Bombay Stock Exchange Sensitive Index* (BSB Sensex), *China Securities Index Company* (CSI 300), no período de 2010 a 2023.

Além desta introdução, o artigo elenca, na seção 2, a revisão de literatura e a hipótese de pesquisa. Na seção 3 foram delimitados os dados e a metodologia. A seção 4 dedica-se a análise e discussão dos resultados. Por fim, a seção 5 apresenta as conclusões, limitações e recomendações destinadas a pesquisas futuras.

2. Referencial Teórico

Realização



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



**Universidade
Federal
Fluminense**

PPGAd
Programa de Pós-Graduação em Administração - UFF

2.1. O Mercado Financeiro e a importância de enxergar o futuro através do passado

A necessidade humana de prever o futuro é uma característica intrínseca que molda muitas das decisões, especialmente no contexto empresarial e dos mercados de capitais. A antecipação de eventos futuros permite aos *stakeholders* planejar suas estratégias, mitigar riscos e explorar oportunidades de crescimento.

Nas finanças, especialmente na precificação de ativos, a precisão na previsão dos movimentos de preços pode ser a chave para alcançar lucros ou evitar perdas substanciais. Estratégias de reversão à média ou de memória de longo prazo ganharam popularidade entre *traders* e investidores que buscam aproveitar esses movimentos de preços. Além disso, essa observação é relevante porque pode fornecer evidências negativas e oferecer uma nova perspectiva à Hipótese dos Mercados Eficientes.

No caso da reversão a média, essas estratégias envolvem identificar ativos que experimentaram desvios significativos de seus níveis médios e tomar posições que antecipam uma reversão ao nível de equilíbrio. Por exemplo, se o preço de uma ação caiu significativamente abaixo de sua média histórica, um *trader* de reversão à média pode comprar a ação, esperando que o preço se recupere em direção ao seu valor original (Latini et al., 2019).

Em contrapartida, a presença de memória de longo prazo significa que o mercado não responde imediatamente à quantidade de informações que entra no mercado financeiro, mas reage gradualmente ao longo do tempo, apresentando uma característica de persistência. Portanto, mudanças passadas nos preços podem servir como informações significativas para a previsão de futuras alterações (Oh et al., 2006).

2.2. Randon Walk, Reversão a Média ou Persistência

Das três definições informativas da Hipótese dos Mercados Eficientes (HME) sistematizadas por Fama (1970) a hipótese semiforte é a que desperta o maior interesse dos pesquisadores (Burton & Shah, 2012). A forma semiforte da HME sustenta que todas as informações publicamente disponíveis são rapidamente refletidas nos preços das ações. Logo, mudanças nos preços são respostas imediatas e aleatórias às novas informações, resultando em um comportamento de *Random Walk*, o que implica dizer que os retornos são imprevisíveis (Fama, 1965).

Pelo exposto, qualquer tipo de previsão dos movimentos dos preços coloca em xeque a HME. Tendo isso em vista, a literatura veio ao longo do tempo suscitando dúvidas. O investimento “ao contrário”, por exemplo, tem uma longa história no mercado de ações. Os mais famosos autores a escreverem sobre o movimento dos contrários foram Granham e Dodd (1934) no que veio a ser conhecido como investimento em valor.

Ball e Brown (1968), interessados em saber se os preços das ações antecipavam ou não anúncios de lucros favoráveis e desfavoráveis, descobriram em sua pesquisa que o mercado começa a antecipar erros de previsão no início dos doze meses anteriores ao relatório de lucros e continua por aproximadamente um mês depois.

De Bondt e Thaler (1985) apresentaram um artigo nas reuniões da *American Finance Association* onde argumentavam que as ações que tiveram um desempenho ruim no passado

tenderam a superar as ações que tiveram um bom desempenho no passado. Isso passou a ser conhecido como reversão à média.

Quase uma década depois, Fama e French (1992) chegaram à conclusão de que as ações com alto *Book-to-Market* têm melhor desempenho do que as ações com *Book-to-Market* mais baixos, criando uma revolução na forma como as finanças acadêmicas e o gestor profissional de patrimônio olhavam para a HME.

Em seguida, Jegadeesh e Titman (1993) indicaram que as ações que tiveram um bom desempenho nos últimos 3 a 12 meses tenderam a ter um bom desempenho nos três anos seguintes. A pesquisa concluiu que as ações geralmente continuaram com tendências ascendentes, tendo rotulado o fenômeno como “impulso dos preços”.

Ainda nos dias de hoje, o fenômeno da reversão à média continua a ser um tópico de interesse. No estudo de (Buzzacchi & Ghezzi, 2023) foi utilizada uma série temporal muito longa do índice S&P e foram encontradas evidências de que as taxas de retorno são reversíveis a média.

Enow (2023) explorou a reversão à média em cinco mercados financeiros, utilizando o modelo de *Hurst*. Os resultados mostraram que quatro dos cinco mercados amostrados exibiram reversão à média, desafiando o conceito da HME.

A discussão sobre *Random Walk*, Reversão à Média e Persistência destaca a importância de continuar a investigar a eficiência dos mercados e a considerar a influência de fenômenos como a reversão à média e o impulso dos preços. Esta área de pesquisa continua a ser crucial para a formulação de estratégias de investimento e para a compreensão mais profunda do comportamento dos mercados financeiros.

2.3. Expoente de *Hurst*

Em um estudo sobre o dimensionamento ideal da capacidade de represas para garantir um nível constante de vazão em rios africanos, particularmente no Rio Nilo, Harold Edwin *Hurst* (1880-1978), um renomado hidrologista britânico, encontrou evidências empíricas de dependência de longo prazo nas vazões e níveis anuais dos rios analisados (*Hurst*, 1951).

Mandelbrot e Wallis (1969) elaboraram uma série de publicações, inicialmente focadas em hidrologia, nas quais os conceitos apresentados em *Hurst* (1951) foram revisitados e formalizados como uma metodologia sólida para a verificação da existência de dependência estatística de longo prazo em séries temporais, conhecida como *análise (R/S)*. Em homenagem a *Hurst*, ele nomeou o expoente como “*expoente de Hurst*” (*H*).

Peng et al. (1995) desenvolveu um outro método, o *Detrended Fluctuation Analysis (DFA)*, com o objetivo superar algumas limitações do método de *análise (R/S)*, especialmente em séries temporais não estacionárias.

O expoente de *Hurst* descreve o grau de memória das séries temporais e seu valor está entre 0 e 1, podendo ser interpretado da seguinte forma (Ding et al., 2021):

- a) $H = 0.5$ – indica um comportamento de passeio aleatório (*Random Walk*). Nesse caso, a série temporal não apresenta memória de longo prazo e é considerada estatisticamente independente ao longo do tempo.

- b) $H < 0.5$ - revela propriedades de antipersistência, ou seja, de reversão a média, caracterizada por alta variabilidade e alta probabilidade de mudanças frequentes na direção de tendências de curto prazo.
- c) $H > 0.5$ – apresenta características de persistência, ou memória de longo prazo, evidenciando uma correlação positiva entre passado e futuro.

Oh et al. (2006) investigaram a memória de longo prazo em diversos índices de mercado de ações e taxas de câmbio utilizando a DFA. Para todos os dados diários e de alta frequência estudados, não foi detectada nenhuma propriedade significativa de memória de longo prazo nas séries de retornos.

Miloş et al. (2020) fizeram uma análise comparativa de das propriedades dos principais índices de sete mercados de ações da Europa Central e Oriental (Polônia, República Tcheca, Romênia, Croácia, Hungria, Bulgária, Eslovênia) até o ano de 2018, e encontraram que os retornos dos índices de ações exibem correlações de longo alcance, reforçando a ideia de que os mercados de ações em questão não são mercados eficientes.

Ding et al. (2021) identificaram que o desempenho da *análise DFA* é superior ao da *análise R/S* e que os *expoentes de Hurst* no mercado de ações da China revelaram que a volatilidade diária no mercado de ações chinês apresenta memória longa.

Bouoiyour et al. (2018) utilizaram o método MF-DFA e o expoente de *Hurst* generalizado para comparar a eficiência dos mercados de ações islâmicos em diferentes horizontes de tempo e com várias flutuações, separando-o em ações desenvolvidos e emergentes. O conjunto de ações consideradas desenvolvidas no curto prazo, demonstraram comportamento persistente, mas no longo prazo, eles tendem a retornar a uma média ou antipersistente. Já no conjunto de ações emergentes, as tendências de longo prazo são mais consistentes enquanto as tendências de curto prazo são menos previsíveis e mais propensas a retornar à média.

Devido à simplicidade, os dois métodos, R/S e DFA, são os mais comumente usados para estimar o expoente de *Hurst* pelos pesquisadores e se mostram ferramentas eficientes para analisar a memória de longo prazo em séries temporais, revelando nuances importantes sobre o comportamento dos mercados financeiros.

2.4. Movimento dos preços no mercado de ações dos países emergentes

Com base na discussão acima e na literatura anterior, é evidente que ainda há um debate em andamento sobre o comportamento das ações, especificamente se os retornos seguem o processo de reversão à média ou a hipótese do passeio aleatório, sendo o mercado de ações dos países emergentes um ponto de inflexão (Ahmed et al., 2018).

Chaudhuri e Wu (2003) estudaram o comportamento dos retornos das ações em 17 mercados emergentes. Eles indicaram a existência de um fenômeno de reversão à média e também calcularam a velocidade da reversão à média, tendo concluído que os valores das ações retornam aos seus valores médios passados após 30 meses em mercados emergentes.

Pesquisas mais recentes concluíram que o processo de reversão à média varia de mercado para mercado e de região para região, e que o fator tempo também é um determinante crucial ao investigar o fenômeno da reversão à média (Kuttu, 2018; Slim et al., 2017).

Realização



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



**Universidade
Federal
Fluminense**



Kuttu (2018) concluiu que o processo de reversão a média é muito mais rápido em índices emergentes e recomendou aos investidores, que queiram retorno maiores em um período mais curto, que invistam em mercados emergentes.

No entanto, resultados e argumentos que dizem o contrário também foram apresentados em suporte a HME e ao *Randon Walk* nas pesquisas de Trypsteen (2017) e Gulay e Emec (2017) citados por Ahmed et al. (2018).

2.5. Hipótese

Os mercados de ações do BRICS ganharam grande interesse de pesquisadores, formuladores de políticas e investidores globais, estando cada vez mais participativos na economia mundial (Sharma et al., 2019). Em termos de paridade do poder de compra ajustada ao PIB nominal, os BRICS incluem 4 dos 10 países mais importantes do mundo (Kearney, 2012).

Composto por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, os BRICS representam um bloco geopolítico que surgiu com o objetivo de promover a cooperação econômica e política entre países em desenvolvimento e emergentes.

Considerando os achados inconclusivos das pesquisas anteriores no tocante aos movimentos dos preços das ações em países emergentes (Ahmed et al., 2018; Kuttu, 2017; Slim et al., 2017; Chaudhuri e Wu, 2003; Trypsteen, 2017 e Gulay e Emec, 2017 apud Ahmed et al., 2018), surgiu a seguinte hipótese de pesquisa:

H_1 : Os mercados de ações do BRICS possuem comportamento de reversão a média.

3. Metodologia e Dados

Os dados da pesquisa foram coletados do sistema Refinitiv Eikon. A população incluiu os preços diários em reais dos principais índices das bolsas de valores do BRICS: Índice Ibovespa (IBOV), *Moscow Exchange Index* (IMOEX), *Bombay Stock Exchange Sensitive Index* (BSB Sensex), *China Securities Index Company* (CSI 300), no período de 2010 a 2023.

A Tabela 1 fornece informações sobre a população e o número total de observações dos dados da pesquisa:

Tabela 1 - Dados da Pesquisa

País	Índice	Observações		
		2010-2024	2010-2019	2020-2023
Brasil	IBOV	3,447	2,463	984
Rússia	IMOEX	3,503	2,511	992
Índia	BSE	3,471	2,477	994
China	CSI	2,840	1,870	970
África do Sul	JSE	3,497	2,497	1,000

Nota: IBOV = Ibovespa, IMOEX = *Moscow Exchange Index*, BSE = *Bombay Stock Exchange Index*, CSI = *CSI Index*, JSE = *Johannesburg Stock Exchange Index*. Fonte = Elaboração Própria.

Neste artigo, utilizamos o método DFA proposto por Peng et al. (1993) para quantificar a propriedade de memória de longo prazo nas séries temporais dos índices, os testes

Realização



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



**Universidade
Federal
Fluminense**



Programa de Pós-Graduação em Administração - UFF

matemáticos foram conduzidos pelo *Google Colab* mediante a implementação do DFA em *Python*.

Dado uma série temporal $X(\tau)$, analisamos a sua persistência ou memória de longo prazo. Inicialmente, foram calculadas as diferenças entre os valores da série em diferentes momentos separados por um *lag* τ , que varia dentro de um intervalo de *lags* escolhido, a princípio $2 \leq \tau \leq 200$. Para cada τ a diferença é calculada como:

$$\Delta X_t(\tau) = X(t + \tau) - X(t) \quad (1)$$

Para cada valor de τ , calcula-se o desvio-padrão das diferenças $\Delta X_t(\tau)$. Este desvio-padrão σ_τ fornece uma medida da flutuação da série para o *lag* τ , de modo que pode-se calcular o expoente de *Hurst* através da seguinte relação:

$$\sigma_\tau \propto \tau^H \quad (2)$$

Para determinar o valor de *Hurst*, aplica-se o logaritmo de ambos os lados da equação:

$$\log(\sigma_\tau) = H \cdot \log(\tau) + \log(c) \quad (3)$$

Em que $\log(\sigma_\tau)$: logaritmo do desvio-padrão das flutuações para o *lag* τ ; H : expoente de *Hurst*, que é o coeficiente angular da regressão linear no gráfico; $\log(c)$: o intercepto da linha de regressão, onde c é uma constante que depende da série temporal.

3.1. Testes adicionais

Para os testes adicionais, inicialmente foi utilizado o método de Mandelbrot e Wallis (1969), conhecido como análise de rango reescalado (R/S), para determinar os expoentes diários. Com os expoentes diários, foram realizados o Teste T, baseado na comparação das médias e variâncias das amostras, e o Teste de Mann-Whitney, que compara a ordem das observações (ranks) sem fazer suposições sobre a distribuição subjacente. Ambos os testes foram utilizados para determinar se houve uma mudança significativa no comportamento do índice *Hurst* antes e depois do período da Covid 19.

Da amostra original dos preços dos índices, do período de 2010 a 2023, foi calculada a série de retornos diários, onde P_t é o preço de fechamento no dia t e P_{t-1} é o preço de fechamento do dia anterior:

$$R_t = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) - 1 \quad (4)$$

Em seguida, foi calculado o desvio padrão $S(n)$ ao longo do período n , onde R_t são os retornos diários e $\bar{R}$:

$$S(n) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (R_t - \bar{R})^2} \quad (5)$$

Realização

Foi construída uma série acumulada $Y(t)$ ao subtrair a média dos retornos de cada valor e acumulá-los:

$$Y(t) = \sum_{i=1}^t (R_i - \bar{R}) \quad (6)$$

Após, foi realizado o cálculo do R/S , dado entre a razão entre o $R(n)$ e o desvio padrão $S(n)$:

$$R/S = \frac{R(n)}{S(n)} \quad (7)$$

Enfim, para o cálculo do expoente de *Hurst* foi ajustada uma linha reta na escala log-log do R/S em função do tamanho n :

$$\log\left(\frac{R(n)}{S(n)}\right) = H \log(n) + C \quad (8)$$

O expoente de *Hurst* é o coeficiente angular H dessa linha ajustada.

Para o Teste T, os expoentes *Hurst* diários foram divididos em uma amostra pré-pandemia e uma amostra pós-pandemia, da seguinte maneira:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (9)$$

Onde $\bar{X}_1$ e $\bar{X}_2$ são as médias das duas amostras, s_p^2 é a variância combinada das amostras e n_1 e n_2 são os tamanhos das amostras.

O Teste de Mann-Whitney não usa médias ou variâncias, mas sim os ranks das observações nas duas amostras combinadas.

4. Análise e discussão dos resultados

Considerando que o expoente de *Hurst* é oriundo de uma autocorrelação serial e, portanto, sensível a escolha do *lag*, testamos vários *lags* para capturar como as séries temporais se comportam em diferentes escalas de tempo. As **Tabelas 2, 3 e 4** apresentam os resultados com valores do expoente de *Hurst* calculados para diferentes *lags* variando de 20 a 500, em intervalos de tempo que deixam em evidência: a) toda a série temporal (2010-2023); b) todo o período que antecedeu a Covid 19; e c) o período após a Covid 19.

Realização

Tabela 2 - Análise do *Hurst* de 2010 a 2023

Lag (τ)	IBOV	IMOEX	BSE	CSI	JTOPI
20	0,5277	0,5120	0,4860	0,5212	0,4426
50	0,5316	0,4785	0,4877	0,5239	0,4515
100	0,4747	0,4544	0,4967	0,5402	0,4625
200	0,3901	0,4124	0,4671	0,5526	0,4483
500	0,3335	0,4288	0,4731	0,5677	0,4320

Nota: IBOV = Ibovespa, IMOEX = Moscow Exchange Index, BSE = Bombay Stock Exchange Index, CSI = CSI Index, JSE = Johannesburg Stock Exchange Index. Fonte = Elaboração Própria.

A Tabela 2 abrange tanto os anos de crescimento econômico relativamente estável quanto a crise provocada pela pandemia de COVID-19. Depreende-se que, no tocante ao IBOV, a queda do *Hurst* de 0,5277 para 0,3335 indica que o mercado brasileiro apresenta uma forte tendência de reversão a média em períodos mais longos. Já o índice Chinês (CSI), se comporta em sentido contrário, mostrando persistência em janelas maiores, o que pode estar ligado ao crescimento da economia e à intervenção estatal.

Assim como no mercado brasileiro, a queda constante do *Hurst* na Rússia (IMOEX) denota uma crescente tendência de reversão a média. Nos mercados indiano e sul africano, as tendências são moderadas, estando o BSE próximo ao comportamento de passeio aleatório.

Tabela 3 - Análise do *Hurst* de 2010 a 2019

Lag (τ)	IBOV	IMOEX	BSE	CSI	JTOPI
20	0,4686	0,4633	0,4918	0,5129	0,4066
50	0,4820	0,4576	0,4773	0,5092	0,3713
100	0,4630	0,4374	0,4264	0,5272	0,3789
200	0,4337	0,3875	0,3977	0,5458	0,3829
500	0,4609	0,3416	0,4391	0,4672	0,3223

Nota: IBOV = Ibovespa, IMOEX = Moscow Exchange Index, BSE = Bombay Stock Exchange Index, CSI = CSI Index, JSE = Johannesburg Stock Exchange Index. Fonte = Elaboração Própria.

O período pré-pandêmico foi consignado na Tabela 3 e é possível notar que as mudanças das variações, ainda que de acordo com os *lags*, foram suavizadas. 4 dos 5 índices mantiveram os comportamentos de reversão a média e apenas o índice chinês apresentou uma variação classificada como persistente.

Tabela 4 - Análise do *Hurst* de 2020 a 2023

Lag (τ)	IBOV	IMOEX	BSE	CSI	JTOPI
20	0,5648	0,5226	0,4851	0,5269	0,4641
50	0,5612	0,4855	0,4950	0,5352	0,4942
100	0,4353	0,4611	0,5153	0,5489	0,5018
200	0,3261	0,4256	0,4923	0,5375	0,4932
500	0,2111	0,3964	0,4544	0,4694	0,4548

Nota: IBOV = Ibovespa, IMOEX = Moscow Exchange Index, BSE = Bombay Stock Exchange Index, CSI = CSI Index, JSE = Johannesburg Stock Exchange Index. Fonte = Elaboração Própria.

A drástica queda do expoente de *Hurst* no IBOV e no IMOEX sugerem uma forte reversão a média durante e após a COVID-19, indicando que o mercado brasileiro e o mercado russo responderam de forma a reverter ao seu estado médio.

Realização



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



**Universidade
Federal
Fluminense**



O índice chinês (CSI) acentuou sua característica de persistência no período da pandemia, o que demonstra a solidez do mercado e a diferença da potência chinesa frente o restante dos mercados emergentes.

4.1. Análise dos testes adicionais

Para dar mais robustez ao trabalho, foram examinados os coeficientes de *Hurst* calculados pelo método R/S em duas amostras distintas: uma anterior à pandemia, abrangendo o período de 2010 a 2019, e outra abrangendo a pandemia, de 2020 a 2023. Para conduzir a análise, foram aplicados dois testes de comparação de médias: o teste t paramétrico, que assume que os dados da amostra seguem uma distribuição normal, e o teste U de Mann-Whitney, não paramétrico, que não requer a suposição de normalidade dos dados.

A Tabela 5 apresenta os resultados do teste t paramétrico, incluindo as informações sobre os índices analisados, o número de observações, a média dos coeficientes de *Hurst* no período anterior à pandemia, a média no período posterior à Covid-19, o valor de t, os graus de liberdade e o valor de p.

Tabela 5 - Teste t paramétrico antes e após o período da Covid-19

Índice	Observações	Média – Antes da COVID	Média - Período da COVID	t-valor	df	p-valor
JSE	3.497	0,4547	0,4624	-5,1662	3480	0,0000***
IMOEX	3.503	0,4613	0,4667	-3,378	3486	0,0007***
IBOV	3.447	0,4616	0,4581	2,2542	3428	0,0243***
CSI	2.840	0,4661	0,4586	4,3321	2823	0,0000***
BSE	3.471	0,4607	0,4683	-4,8932	3452	0,0000***

Nota: IBOV = Ibovespa, IMOEX = Moscow Exchange Index, BSE = Bombay Stock Exchange Index, CSI = CSI Index, JSE = Johannesburg Stock Exchange Index, df = graus de liberdade. *** = significância de 1%. Fonte = Elaboração Própria.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 5, observou-se que, para todos os índices analisados — JSE, IMOEX, IBOV, CSI e BSE —, houve diferenças estatisticamente significativas nas médias dos coeficientes de *Hurst* entre o período anterior à Covid-19 e o período durante a Covid-19. Isso é evidenciado pelos p-valores dos testes, que são menores que 0,05, o que nos permite rejeitar a hipótese nula de que a média do coeficiente de *Hurst* antes da pandemia é igual à média no período após o início da pandemia. Portanto, os *outputs* sugerem que a Covid-19 pode ter influenciado o comportamento dos índices.

A Tabela 6 apresenta os índices analisados, o número de observações, os valores da estatística W, e os p-valores obtidos a partir do teste U de Mann-Whitney, que, por sua natureza, é um teste não paramétrico.

Realização

Tabela 6 - Test U de Mann-Whitney não paramétrico antes e após o período da Covid-19

Índice	Observações	Estatística W	p-valor
JSE	3.497	1104916	0,0000***
IMOEX	3.503	1160204	0,0036***
IBOV	3.447	1287268	0,0014***
CSI	2.840	991781	0,0000***
BSE	3.471	1090200	0,0000***

Nota: IBOV = Ibovespa, IMOEX = Moscow Exchange Index, BSE = Bombay Stock Exchange Index, CSI = CSI Index, JSE = Johannesburg Stock Exchange Index. *** = significância de 1%. Fonte = Elaboração Própria.

Com base nos resultados da tabela 6, foi possível identificar diferenças significativas nas médias dos coeficientes de *Hurst* entre o período anterior à pandemia e o período posterior ao advento da Covid-19. Consequentemente, rejeita-se a hipótese de que os coeficientes de *Hurst* antes e depois da pandemia seguem a mesma tendência. Os resultados deste teste corroboram com os achados do teste paramétrico, isto é, o test t.

Portanto, ao analisar os testes de médias constantes nas Tabela 5 e 6, foi possível identificar uma mudança comportamental após a pandemia. Esta mudança, frequentemente referida em outros estudos como uma quebra estrutural, pode ser explicada pelo fato de que a Covid-19 causou, em certa medida, variações comportamentais nos mercados. Isso é perceptível, por exemplo, nos países emergentes que compõem o BRRICS. No entanto, é importante destacar que os testes de médias não são ideais para realizar análises causais. A análise causal, em princípio, deve ser fundamentada em uma base teórica sólida.

5. Conclusões

Este estudo investigou a presença de reversão à média nos mercados de ações dos países do BRICS durante o período de 2010 a 2023, utilizando o método de DFA para calcular o expoente de *Hurst* em uma primeira análise, e a análise *R/S* para testes adicionais. Os resultados empíricos obtidos revelaram que os mercados do BRICS apresentam características heterogêneas em relação à reversão à média e persistência.

O resultado sugere a existência de um comportamento de reversão à média nos mercados de ações do BRICS, com exceção da China, observado através do valor do expoente de *Hurst* ($H < 0.5$). Isso indica que, ao longo do tempo, os preços tendem a retornar aos seus valores médios históricos, desafiando parcialmente a Hipótese dos Mercados Eficientes (HME).

A China, representada pelo índice CSI, apresentou movimentos notavelmente diferentes dos demais países do BRICS, uma vez que o expoente de *Hurst* retratou comportamento persistente no mercado na maior parte do tempo.

A análise comparativa dos períodos 2010-2019 e 2020-2023 revela que a pandemia de Covid 19 teve um impacto significativo no comportamento dos mercados de ações do BRICS. Nota-se uma suavização e tendência regular dos resultados comparados dos *lags* no período pré-pandemia, ao revés, os valores de *Hurst* para o período pós-pandemia indicam uma mudança abrupta (seja em direção à maior persistência ou maior reversão), sugerindo que a pandemia alterou a dinâmica dos mercados, afetando a memória de longo prazo ou a tendência de reversão à média.

Realização



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



**Universidade
Federal
Fluminense**



Embora os BRICS compartilhem características semelhantes, as diferenças nos expoentes de *Hurst* entre os índices dos mercados (IBOV, IMOEX, BSE, CSI, e JSE) em todos os períodos podem sugerir que o grau de reversão à média ou de persistência varia de acordo com fatores regionais ou econômicos específicos.

Adicionalmente, os testes realizados para avaliar o impacto da pandemia de Covid 19 nos mercados estudados indicaram uma mudança significativa nos expoentes de *Hurst* após 2020. Essa mudança reflete uma possível alteração na dinâmica dos mercados, com implicações importantes para as estratégias de investimento em períodos de alta volatilidade.

Os resultados e as conclusões obtidas a partir do estudo despontam áreas promissoras para pesquisas futuras, como a análise de outros mercados emergentes, a investigação dos efeitos de eventos econômicos globais nos padrões de reversão à média, e a utilização de métodos mais sofisticados de análise temporal para entender melhor a dinâmica dos mercados financeiros.

Referências

- Ahmed, R. R., Vveinhardt, J., Streimikiene, D., & Channar, Z. A. (2018). Mean reversion in international markets: evidence from G.A.R.C.H. and half-life volatility models. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 31(1), 1198–1217. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2018.1456358>
- Ball, R., & Brown, P. (1968). An Empirical Evaluation of Accounting Income Numbers. *Journal of Accounting Research*, 6(2), 159-178. <https://doi.org/10.2307/2490232>
- Bouoiyour, J., Selmi, R., & Wohar, M. E. (2018). Are Islamic stock markets efficient? A multifractal detrended fluctuation analysis. *Finance Research Letters*, 26, 100–105. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.12.008>
- Burton, E. T., & Shah, S. N. (2012). *Behavioral Finance*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119203605>
- Buzzacchi, L., & Ghezzi, L. (2023). Mean Reversion Lessens Mean Blur: Evidence from the S&P Composite Index. *International Journal of Financial Studies*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.3390/ijfs11010022>
- Chaudhuri, K., & Wu, Y. (2003). Mean reversion in stock prices: evidence from emerging markets. *Managerial Finance*, 29(10), 22–37. <https://doi.org/10.1108/03074350310768490>
- De Bondt, W. F. M., & Thaler, R. (1985). Does the Stock Market Overreact? *The Journal of Finance*, 40(3), 793–805. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1985.tb05004.x>
- Ding, L., Luo, Y., Lin, Y., & Huang, Y. (2021). Optimal Setting for *Hurst* Index Estimation and Its Application in Chinese Stock Market. *IEEE Access*, 9, 93315–93330. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3090219>
- Enow, S. T. (2023). Investigating mean reversion in financial markets using *Hurst* Model. *International Journal of Research in Business and Social Science* (2147- 4478), 12(6), 197–201. <https://doi.org/10.20525/ijrbs.v12i6.2664>
- Fama, E. F. (1965). The Behavior of Stock-Market Prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34. <https://doi.org/10.1086/294743>

Realização



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO



**Universidade
Federal
Fluminense**



- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383. <https://doi.org/10.2307/2325486>
- Fama, E. F., & French, K. R. (1992). The Cross-Section of Expected Stock Returns. *The Journal of Finance*, 47(2), 427. <https://doi.org/10.2307/2329112>
- Granham, B., & Dodd, D. L. F. (1934). *Security Analysis* (M. Hill, Ed.).
- Hurst, H. E. (1951). Long-Term Storage Capacity of Reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 116(1), 770–799. <https://doi.org/10.1061/TACEAT.0006518>
- Jegadeesh, N., & Titman, S. (1993). Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency. *The Journal of Finance*, 48(1), 65–91. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb04702.x>
- Kearney, C. (2012). Emerging markets research: Trends, issues and future directions. *Emerging Markets Review*, 13(2), 159–183. <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2012.01.003>
- Kuttu, S. (2018). Asymmetric mean reversion and volatility in African real exchange rates. *Journal of Economics and Finance*, 42(3), 575–590. <https://doi.org/10.1007/s12197-017-9412-z>
- Latini, L., Piccirilli, M., & Vargiolu, T. (2019). Mean-reverting no-arbitrage additive models for forward curves in energy markets. *Energy Economics*, 79, 157–170. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.03.001>
- Mandelbrot, B. B., & Wallis, J. R. (1969). Some long-run properties of geophysical records. *Water Resources Research*, 5(2), 321–340. <https://doi.org/10.1029/WR005i002p00321>
- Miloş, L. R., Hațiegan, C., Miloş, M. C., Barna, F. M., & Boţoc, C. (2020). Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MF-DFA) of Stock Market Indexes. Empirical Evidence from Seven Central and Eastern European Markets. *Sustainability*, 12(2), 535. <https://doi.org/10.3390/su12020535>
- Oh, G., Um, C.-J., & Kim, S. (2006). Statistical Properties of the Returns of Stock Prices of International Markets. *Data Analysis, Statistics and Probability*, 1-5. <https://doi.org/10.48550/arXiv.physics/0601126>
- Peng, C.-K., Havlin, S., Stanley, H. E., & Goldberger, A. L. (1995). Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 5(1), 82–87. <https://doi.org/10.1063/1.166141>
- Sharma, G., Kayal, P., & Pandey, P. (2019). Information Linkages Among BRICS Countries: Empirical Evidence from Implied Volatility Indices. *Journal of Emerging Market Finance*, 18(3), 263–289. <https://doi.org/10.1177/0972652719846315>
- Slim, S., Koubaa, Y., & BenSaïda, A. (2017). Value-at-Risk under Lévy GARCH models: Evidence from global stock markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 46, 30–53. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2016.08.008>