

## **AUTOAFINIDADE NA VARIAÇÃO DE PREÇOS DE AÇÕES DE COMPANHIAS PETROLÍFERAS**

**Aloísio S. Nascimento Filho<sup>1</sup>, Nilton Pitombo<sup>1</sup>, Marcelo A. Moret<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Senai-Cimatec, E-mail: aloisio.nascimento@gmail.com; nespitombo@gmail.com; mamoret@gmail.com

### **RESUMO**

*Foram avaliadas as variações dos preços das ações de oito companhias petrolíferas, no período de 31/12/2007 a 26/06/2015, utilizando o método **Detrended Fluctuation Analysis (DFA)**. Os achados revelaram resultados antipersistentes para as oito empresas analisadas. O método DFA demonstrou ser capaz de neutralizar interferência de perturbações externas nos preços das ações. E o entendimento de que seria mais vantajoso para o um investidor avaliar o comportamento de longo alcance das oito companhias e não apenas de uma única ação.*

**Palavras-Chaves:** *DFA; preço de ações; bolsa de valores*

### **ABSTRACT**

*We assess the fluctuation rate in prices of shares of eight oil companies between 31/12/2007 and 26/06/2015. In order to do that we use the **Detrended Fluctuation Analysis (DFA)** method. Our findings showed anti-persistence signals for these eight analyzed companies. The DFA method shows to be able to neutralize interferences from external disturbances in stock prices. In addition, the understanding that it would be more advantageous for an investor to assess the long-range behavior of the eight companies together than a single share price one.*

**Keywords:** *DFA; time series; stock market*

## **1. INTRODUÇÃO**

Tecnologia, inovação e produtividade têm desempenhado papéis fundamentais, em vários segmentos da sociedade, desde a segunda metade do século passado. Na indústria, esta realidade tem sido ainda mais evidente haja vista os vultosos investimentos em P&D e em novas tecnologias. Naturalmente, a indústria do petróleo está na vanguarda desta realidade, onde o emprego de alta tecnologia e inovação são mandatórios para a exploração e produção de petróleo em ambientes de difícil acesso, a exemplo das águas profundas do Pré-Sal. A

inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias foram essenciais para a viabilização técnica e econômica das jazidas de petróleo ditas “não convencionais” e também para a redução dos custos de extração dos chamados “campos maduros”.

Para realização dos grandes investimentos em P&D, a exploração e desenvolvimento da produção de novas jazidas de petróleo, cada vez mais difíceis, são necessários significativos aportes de recursos financeiros. E uma forma dessas companhias captarem esses recursos é através da abertura de seus capitais no mercado financeiro, onde a oferta de suas ações busca atrair investidores que vislumbram ganhos futuros nos segmentos de petróleo e gás natural.

Por outro lado, nos últimos anos mudaram algumas premissas que norteavam a exploração de petróleo:

Que a demanda por petróleo continuaria aumentando;

Que a demanda crescente asseguraria preços suficientemente altos para justificar os altos investimentos em petróleo não convencional;

Que a preocupação com a mudança climática não alteraria a equação de maneira significativa.

Diante das incertezas que caracterizam o mundo do petróleo, o presente trabalho propõe-se a aplicar uma abordagem de análise de *autoafinidade* para investigar as variações de preços das ações de oito petrolíferas cotadas em bolsa de valores. Para tanto, utilizou-se o método *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA), que consegue caracterizar correlações de longo alcance em séries temporais não estacionárias. Assim, este trabalho foi dividido em quatro seções: na primeira, tem-se a introdução; na segunda discutem-se aspectos metodológicos; na terceira seção são apresentados os resultados e discussões; e finalmente, na quarta seção, tem-se a conclusão.

## 2. METODOLOGIA

Foi investigada a dinâmica de preços de oito companhias petrolíferas de capital aberto, com ações cotadas em bolsa de valores no período de 31/12/2007 a 26/06/2015, com o objetivo de avaliarmos a variação de preços dessas ações e suas propriedades. Analisamos os dados com o método *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA: acrônimo que em português significa análise de séries temporais sem tendência), método que foi proposto por [1], para avaliar as propriedades de correlação de longo alcance em séries temporais não estacionárias.

### 2.1. Logaritmo da diferença

Analisou-se os preços das ações de oito companhias petrolíferas de capital aberto cotadas diariamente na bolsa de valores de NYSE (*New York Stock Market Exchange*: Bolsa de Nova Iorque, em português), (ver Tabela 1), compreendendo o período de 31/12/2007 a 26/06/2015.

Tabela 1. Companhias petrolíferas com ações na bolsa de Nova Iorque

Símbolo	Nome da Companhia	Origem
<b>BP</b>	British Petroleum	Britânica
<b>CVX</b>	Chevron	Estadunidense
<b>COP</b>	ConocoPhillips	Estadunidense
<b>GAZP</b>	Gazprom	Russa
<b>PBR</b>	Petrobras	Brasileira
<b>SHA</b>	Petrochina	Chinesa
<b>RDSA</b>	Shell	Anglo-Holandesa
<b>FP</b>	Total	Francesa

Inicialmente avaliamos as variações de preços das ações de sete companhias petrolíferas de capital aberto, cotadas diariamente na bolsa de valores de NYSE (New York Stock Market Exchange: Bolsa de Nova Iorque, em português), (ver Tabela 1), entre os anos de 2008 e 2015. Para analisar os preços dessas ações, fizemos ajustes em seus sinais [2], na forma:

$$Z_i = \log_{10} \frac{P(t)}{P(t-1)} \quad (1)$$

Onde  $t$  representa o dia da cotação,  $P(t)$  é o preço da ação no tempo  $t$ , e  $z_i$  é a nova série temporal defasada. O resultado gráfico da nova série temporal  $Z_i$  é descrito na figura 1, onde temos o novo delineamento gráfico após a normalização da variação dos preços das ações. Agora vamos iniciar as avaliações das propriedades de escalas das suas séries.

## 2.2. Autoafinidade e método DFA

O grande desafio na análise de séries temporais de preços de ações em bolsa de valores está em distinguir seus padrões de comportamentos e assim obter uma melhor compreensão de seus movimentos futuros. Esta tarefa não é trivial, em razão do comportamento não linear do mercado financeiro, que tem sido enquadrado no campo dos sistemas complexos.

Sistemas complexos não possuem comportamento linear, podendo ser estudados levando em conta as suas propriedades fractais [3], tais como a auto afinidade, também conhecida como auto similaridade estatística. Assim, se na série temporal  $\{z_i\}$  a auto afinidade aparece, então as correlações da lei de potência de longo alcance são apresentadas. Daí o interesse em estudar sistema complexos, pois é possível identificar universalidade em uma variedade de problemas[4], entre eles variações de preços de ações.

O método DFA tem sido aplicado com sucesso em várias áreas do conhecimento, tais como: flutuações do mercado financeiro [5,6,7] e flutuações na demanda de veículos do sistema *ferry-boat* [8]. A principal vantagem de se empregar o método DFA é evitar a detecção de falsas correlações, que são artefatos de séries temporais não-estacionárias.

O método DFA pode ser descrito pelos seguintes passos:

Dado uma série temporal,  $r_i$ , onde  $i = 1 \dots N$  e  $N$  é o total de registros diários de variações de preços de ações em bolsa de valores. A série  $r_i$  integrada é dada por:

$$Y(k) = \sum_{i=1}^k r_i - \langle r \rangle, \quad (2)$$

onde  $\langle r \rangle$ , é o valor médio de  $r_i$ ;

Divide-se a série integrada  $Y(k)$  em intervalos de tamanhos iguais e de amplitude  $n$ , sem sobreposição;

E em cada janela,  $Y(k)$  é aplicado um ajuste linear, a partir de uma função polinomial de primeira ordem, a qual representa a tendência local em cada janela.

A coordenada do ajuste linear em cada janela é representada por  $y_n(k)$ . Lembrando que uma vez usado um ajuste polinomial de primeira ordem, denotamos este de algoritmo como DFA-1;

Assim temos um novo sinal integrado e sem tendência em  $y_n(k)$ , onde  $y(k)$  teve a sua tendência retirada por subtração da tendência local dentro de cada janela  $n$ , daí é calculada a raiz quadrática média, dado pela função  $F(n)$ , a saber:

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [Y(k) - Y_n(k)]^2} \quad (3)$$

Em seguida deve-se repetir o cálculo apresentado anteriormente para diferentes janelas de tamanho  $n$ , para proporcionar uma relação entre  $F(n)$  e cada janela  $n$ .

O expoente de correlação  $\alpha$  é definido sempre que tal relação é caracterizada por uma lei de potência, apresentando a relação de proporcionalidade  $F(n) \propto n^\alpha$ .

Dessa forma, o expoente de correlação  $\alpha$  representa um parâmetro de auto afinidade[1], expressando propriedades de correlação de longo alcance dada por uma lei de potência. De modo que o expoente de correlação  $\alpha$  permite avaliar em que medida a tendência observada na série temporal passada implica na manutenção do comportamento futuro, indicando um efeito de memória de longa duração em séries temporais.

O expoente de correlação  $\alpha$  é classificado de acordo com uma faixa dinâmica de valores [9,10,11,12,13]:

Se  $0 < \alpha < 0,50$ , a série tem um comportamento anticorrelacionado, i.e. sinal antipersistente, que significa que grandes (pequenos) valores tendem ser seguidos por pequenos (grandes) valores;

$\alpha \cong 0,50$ , a série é não correlacionada, como um ruído branco e sem memória;

$0,50 < \alpha < 1$  a série tem um comportamento correlacionado, i.e. sinal persistente, que significa que grandes (pequenos) valores tendem ser seguidos por grandes (pequenos) valores.

O expoente de correlação  $\alpha$  também pode ser interpretado como indicador da suavidade da série original, quanto maior seu valor, maior a suavidade no sinal [12,13].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliou-se o perfil qualitativo das variações de preços das ações de oito empresas petrolíferas apresentadas na tabela 1, aplicando a expressão (1) na série temporal original, e geramos o gráfico mostrado na figura 1. Podemos ver na figura 1 que existem significativas diferenças nas flutuações das companhias, de forma que se tomarmos, por exemplo, os painéis das companhias de controle estatal GAZP (Gazprom) e PBR (Petrobras), deparamos com flutuações bem distintas, onde a variação de sinais da PBR apresenta maiores amplitudes, diferentemente da GAZP, com menores.

Foi aplicado o método DFA nos dados da figura 1 e encontramos os expoentes de correlação  $\alpha$  para cada companhia petrolífera. De forma a estudarmos comportamento longo alcance de cada ação.

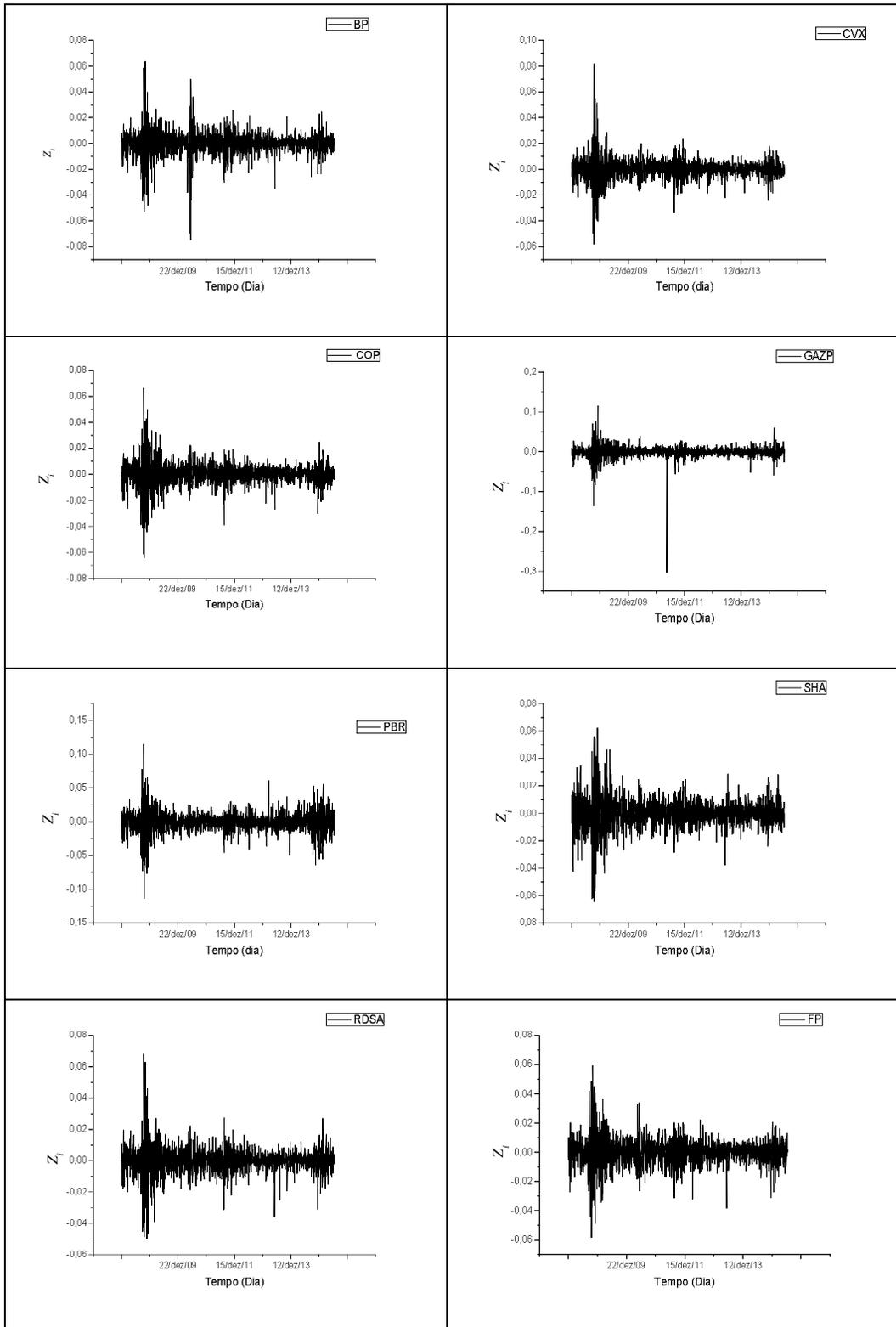
Tabela 2. Expoente de correlação do DFA calculado nas variações de preços

Símbolo	$\alpha$	Erro
<b>BP</b>	0,479	$\pm 0,005$
<b>CVX</b>	0,374	$\pm 0,004$
<b>COP</b>	0,435	$\pm 0,003$
<b>GAZP</b>	0,463	$\pm 0,005$
<b>PBR</b>	0,473	$\pm 0,006$
<b>SHA</b>	0,437	$\pm 0,002$
<b>RDSA</b>	0,403	$\pm 0,003$
<b>FP</b>	0,430	$\pm 0,004$

Na tabela 2, são mostrados os resultados da aplicação do método DFA, que apresentou resultados antipersistentes para todas as oito variações de preços das ações analisadas. Destaca-se aqui, que a componente tendência figura fortemente entre as componentes estatísticas que perturbam um dado sistema, de maneira que a diversidade geopolítica, econômica, divisão do capital (pública x privada), poder bélico, potencial de exploração, produção, refino entre outros, tendem a influenciar os preços dessas ações. Portanto, é nesse momento que a principal vantagem de se empregar o método DFA se destaca, pois o método evita a detecção de falsas correlações, que são artefatos de séries temporais não-estacionárias, permitindo obter informações do comportamento genuíno de cada ação.

V WORKSHOP DE PESQUISA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI)  
I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil



10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

Figura 1: Variações de preços diários de das ações de oito petrolíferas entre os dias 31/12/2007 e 26/06/2015.

A figura 2 mostra os expoentes de correlação  $\alpha$  das ações das empresas petrolíferas. É possível notar que as variações de preços das ações de PBR, BP e GAZP possuem expoentes de correlações análogos ou bem próximos, o que podem ser interpretados como três companhias que estariam sujeitas a perturbações artificiais, como controle preços, considerando que PBR e GAZP têm controle estatal. Já BP vem sofrendo perdas justificadas de valor de mercado em razão de pesadas multas aplicadas pelo governo dos Estados Unidos, relativas ao acidente (*blowout*) que provocou grande vazamento de petróleo no Golfo do México, em 2010.

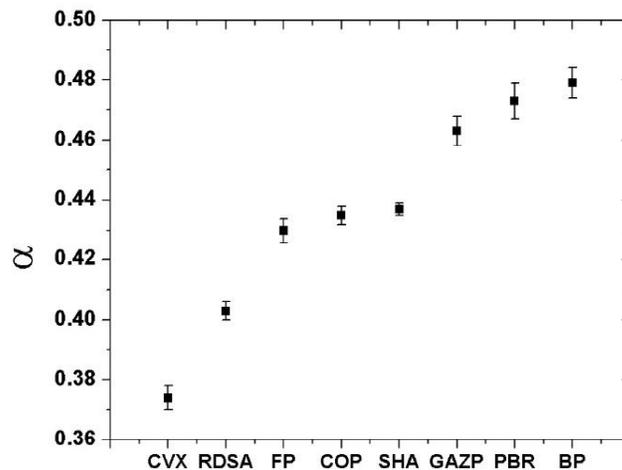


Figura 2: Expoente de correlação  $\alpha$  das variações diárias das ações.

#### 4. CONCLUSÃO

A avaliação da variação de preços de ações em bolsa de valores, visando detectar o comportamento no longo alcance não é uma tarefa trivial. Uma vez que a comunidade acadêmica tem considerado tal sistema como complexo, devido à não linearidade do seu comportamento. Diante dessa complicação, tem-se à disposição a abordagem da *autoafinidade* na série temporal das variações de preços das ações de oito petrolíferas cotadas em bolsa de valores, nesse trabalho utilizamos o método DFA. A principal vantagem de se empregar o método DFA, em séries como as descritas anteriormente, está em evitar a detecção de falsas correlações, que são elementos presentes em séries temporais não-estacionárias.

Em nossos achados, constatamos que todos os expoentes de correlação  $\alpha$  são antipersistentes, i.e., não se mostraram adequadas à especulação devido às suas oscilações no mercado. De forma que, de acordo com os resultados do método DFA, por exemplo, quem investiu em

ações da BP e/ou CVX e obteve retornos negativos, terão retornos positivos no longo prazo. Além disso, sendo os oito expoentes de correlação  $\alpha$  antipersistentes, podemos inferir que um investidor teria uma melhor visão de futuro se esse avaliasse o resultado de longo alcance do mercado (comportamento das oito companhias) e não apenas de uma única ação. Uma vez que tanto a PBR, bem como a GAZP sofrem com interferências governamentais; já a BP, sofre penalizações impostas em razão do acidente operacional de grande proporção; ou mesmo a CVX e a COP, que se situam em situações diversa das demais, se apresentaram todas em uma mesma faixa, campo antipersistente.

Não restam dúvidas de que a previsibilidade em mercados financeiros seja algo difícil. Mas a utilização de métodos como o DFA pode facilitar a percepção do que está subjacente em uma série temporal. Desta forma um investidor pode fazer uso desse método como um indicador complementar em sua análise de mercado, tendo em vista a redução de incertezas quanto às variações de preços no futuro.

## 5. REFERÊNCIAS

<sup>1</sup>Peng, C.-K., Buldyrev, S. V., Havlin, S., Simons, M., Stanley, H. E., Goldberger, A. L. Mosaic organization of DNA sequences. *Physical Review E* **1994**, 49(2): 1685-1689.

<sup>2</sup>Silva, M. F., Pereira, E.J.A., Filho, A.M.S., Castro, A.P.N., Miranda, J.G.V., Zebende, G.F., Quantifying cross-correlation between Ibovespa and Brazilian blue-chips: The DCCA approach. *Physica A* **2015**, 424, 124-129.

<sup>3</sup>MANDELBROT, B. The Fractal Geometry of Nature. [S.l.]: W. H. Freeman and Company, New York, **1982**.

<sup>4</sup>FEDER, J. Fractals. New York, Plenum Press, **1988**.

<sup>5</sup>MANTEGNA, R. N.; STANLEY, H. E. An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance. Cambridge: Cambridge University Press, **2000**.

<sup>6</sup>Liu, Y., Cizeau, P., Meyer, M., Peng, C.-K. & Stanley, H. E. Correlations in economic time series. *Physica A*. **1997** 245(3-4), 437-440.

<sup>7</sup>Costa, R. L. & Vasconcelos, G. L. Long-range correlations and nonstationarity in Brazilian stock market. *Physica A*. **2003** 329(1-2), 231-248.

<sup>8</sup>Filho, A. N. S., Zebende G. F., Moret M. A. Self-affinity of vehicle demand on the ferry-boat system. *International Journal of Modern Physics C*, **2008**, Vol. 19, No. 4 665-669.

<sup>9</sup>Bashan, A., Bartsch, R., Kantelhardt, J. W. & Havlin, S. Comparison of detrending methods for fluctuation analysis, *Physica A*, **2008** 387(21), 5080-5090.

<sup>10</sup>Kantelhardt, J. W., Koscielny-Bunde, E., Rego, H. H. A., Havlin, S. & Bunde, A. Detecting long-range correlations with detrended fluctuation analysis. *Physica A*. **2001** 295(3-4), 441–454.

<sup>11</sup>Zheng, H., Song, W. & Wang, J. Detrended fluctuation analysis of forest fires and related weather parameters, *Physica A*. **2008** 387(9), 2091-2099.

<sup>12</sup>Galhardo, C. E. C., Penna, T. J. P. ; Argollo de Menezes, M. & Soares, P. P. S. Detrended fluctuation analysis of a systolic blood pressure control loop. *New Journal of Physics*, **2008** 11, 103005, 2009.

<sup>13</sup>Souza, J. W. G., Santos, A. A. B., Guarieiro, L. L. N., & Moret, M. A.. Fractal aspects in enriched combustion. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, **2015**, 434, 268-272.