

**FÁBIO PEREIRA VELOSO**

**Análise da sensibilidade no mercado de ações com o  
uso de vetores autorregressivos (VAR)**

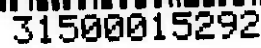
Monografia apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para a obtenção do  
certificado de conclusão do curso MBA em Enge-  
nharia Financeira.

Professor orientador: Bruno Augusto Angélico

São Paulo

2016

MBA/EF  
2016  
1/5/17 c



m20160

29109

302.

## RESUMO

Neste trabalho, procurou-se mensurar a relação de preços das ações das empresas Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobrás) e Companhia Vale do Rio Doce (Vale) com relação a outras variáveis de preços de mercado que impactam diretamente os resultados das companhias - câmbio e preços das commodities petróleo e minério de ferro.

A ferramenta que será utilizada para o estudo e previsão de preços com as variáveis de mercado selecionadas são os Vetores Autorregressivos – VAR.

**Palavras-Chave:** Câmbio, Vetores autorregressivos, ações, commodities.

## ABSTRACT

The objective of this study was to measure the price relationship of the companies Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobrás) and the Companhia Vale do Rio Doce (Vale) in relation to market price variables that directly impact the results of the companies – Exchange and commodity price for oil and iron ore.

The objective of this study was to measure the price relationship of the companies Petróleo Brasileiro SA (Petrobrás) and the Companhia Vale do Rio Doce (Vale) in relation to other market price variables that directly impact the results of the companies - Exchange and commodity prices for oil and iron ore.

The tool that will be used for the study and forecast of prices with the selected market variables are the Autoregressive Vectors - VAR.

**Keywords:** Exchange, autoregressive vectors, stocks, commodities.

## SUMÁRIO

<b>Resumo .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>4</b>
<b>Sumário .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Introdução .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Fundamentação Teórica .....</b>	<b>6</b>
2.1 Vetores Autorregressivos – VAR.....	6
2.2 Ordem de defasagem.....	7
2.3 Função de resposta ao impulso.....	8
2.4 Teste de raiz unitária .....	10
<b>3 Teste de Raiz Unitária e Estimação de parâmetros.....</b>	<b>11</b>
3.1 Descrição dos dados.....	11
3.2 Teste de raiz unitária .....	12
3.3 Determinação da defasagem dos modelos.....	12
3.4 Estimação dos parâmetros.....	13
3.5 Resposta ao impulso.....	15
<b>4 Resultados e Previsão .....</b>	<b>19</b>
4.1 Resultados para o modelo da Petrobrás.....	19
4.2 Resultados para o modelo da Vale.....	24
<b>5 Considerações Finais .....</b>	<b>28</b>
<b>6 Referências Bibliográficas .....</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil passou por um grande crescimento econômico nas duas últimas décadas devido ao ingresso de investimentos estrangeiros e, principalmente, pelo crescimento dos valores das commodities.

Com as reformas econômicas formuladas desde o plano Real, o país alcançou estabilidade econômica, conseguiu controlar a grande inflação e, com políticas inclusivas, desenvolveu um grande mercado interno para consumo.

Isto tornou nossa economia atraente à entrada de capitais em busca de oportunidades. Desde as privatizações, até a aquisição de empresas domésticas, esses capitais também buscaram oportunidades na bolsa.

O Brasil foi um dos países que mais se beneficiou do efeito China! Como nossa economia tem muitas complementariedades à economia chinesa, grande parte do crescimento foi devido ao crescimento da economia daquele país.

O efeito China provocou um deslocamento da curva de demanda por produtos primários promovendo assim um aumento generalizado nos preços desses produtos. De forma simplificada, o que a China compra torna-se caro!

O mercado de capitais no Brasil beneficiou-se desse movimento, bastando verificar a relação existente entre o câmbio e o IBOVEPA, principal índice do mercado de ações no país.

Este trabalho tem por finalidade analisar o comportamento dos preços da ação da Petrobrás e da Vale do Rio Doce com o valor do câmbio e dos preços de suas respectivas commodities comercializadas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Vetores Autorregressivos – VAR

Os modelos econométricos utilizam diversas variáveis para expressar as relações existentes e, assim, possibilitar uma análise do comportamento de cada variável, permitindo inferências e projeções.

Modelos autorregressivos univariados são estimados apenas no comportamento de um índice em relação aos seus preços passados.

Isso tem uma limitação, pois não é possível verificar o efeito de uma variável em uma outra. Variáveis econômicas guardam correlação e relação de causa e efeito, portanto, uma análise do comportamento de um índice aos seus preços passados é pouco simplista.

Modelos multivariados permitem que se estimem modelos mais completos, em que se pode verificar as causas e efeitos que as variáveis tem entre si e como se dá esse impacto.

De forma geral, os modelos autorregressivos (VAR) são assim definidos BUENO (2012):

$$AX_t = B_0 + \sum_{i=1}^p B_i X_{t-i} + B \varepsilon_t \quad (1)$$

1.  $A$  é uma matriz ( $n \times n$ ) que define restrições contemporâneas;
2.  $X_t$  é um vetor ( $n \times 1$ ) das variáveis econômicas analisadas;
3.  $B_0$  é o vetor ( $n \times 1$ ) de constantes;
4.  $B_i$  é uma matriz ( $n \times n$ ) de coeficientes, com  $i = 1$  a  $p$ ;
5.  $B$  é uma matriz ( $n \times 1$ ) de desvios-padrão;
6.  $\varepsilon_t$  é um vetor ( $n \times 1$ ) de perturbações aleatórias.

A equação expressa a relação entre as variáveis utilizadas. Os  $\varepsilon_t$  são choques estruturais que afetam individualmente cada uma das variáveis do modelo. São não correlacionados e capturados pela matriz  $A$ . BUENO (2012).

$$\varepsilon_t \sim i. i. d. (0; I_n)$$

A forma reduzida de representação é dada por BUENO (2012):

$$\begin{aligned} X_t &= A^{-1}B_0 + \sum_{i=1}^p A^{-1}B_i X_{t-i} + A^{-1}B\varepsilon_t \\ X_t &= \Phi_0 + \sum_{i=1}^p \Phi_i X_{t-i} + e_t \end{aligned} \quad (2)$$

Modelos VAR não podem ser estimados diretamente, pois as variáveis são individualmente correlacionadas aos seus erros. Isto ocorre porque cada uma das variáveis depende contemporaneamente da outra. Este efeito é chamado de *feedback* BUENO (2012).

O Modelo pode ser melhor compreendido observando-se na forma reduzida. Segue um exemplo bivariado de ordem 1 ENDERS (2009).

$$\begin{aligned} y_t &= b_{10} - a_{12}z_t + b_{11}y_{t-1} + b_{12}z_{t-1} + \sigma_y \varepsilon_{yt} \\ z_t &= b_{20} - a_{21}y_t + b_{21}y_{t-1} + b_{22}z_{t-1} + \sigma_z \varepsilon_{zt} \end{aligned} \quad (3)$$

Escrevendo o modelo na forma matricial

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} \\ a_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma_y & 0 \\ 0 & \sigma_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (4)$$

De forma que:

$$X_t = \Phi_0 + \Phi_1 X_{t-1} + e_t \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Phi_0 &\equiv A^{-1}B_0 \\ \Phi_1 &\equiv A^{-1}B_1 \\ Ae_t &\equiv B\varepsilon_t \end{aligned} \quad (6)$$

A condição de estabilidade é ter os autovalores de  $(I - \Phi_1 L)$  fora do círculo unitário.

No presente estudo, serão utilizadas três variáveis, os log-retornos dos preços das ações, dos preços das commodities e da taxa de câmbio.

## 2.2 Ordem de defasagem

A determinação da ordem de defasagem do modelo não é simples, pois deve-se considerar que ela deve obter resíduos brancos para todas as variáveis utilizadas, ou seja, uma ordem  $p$  pode obter resíduo branco para a primeira variável e não para a segunda.

O usual é utilizar quantas defasagens forem necessárias para que se obtenha esses resíduos em todas as variáveis endógenas.



Em suma, bom-senso e parcimônia devem ser utilizados nesse processo BUENO (2012).

### 2.3 Função de resposta ao impulso

É uma técnica que permite avaliar os efeitos de um choque em uma série temporal ao longo do tempo VARTANIAN (2010).

A função de resposta ao impulso permite avaliar o resultado de choques de uma variável em outra ao longo do tempo. Isto permite acompanhar o tempo que uma perturbação leva para ser dissipada.

Uma forma de estimar um modelo para a função de resposta ao impulso foi elaborado por SIMS (1980). Utiliza-se um modelo recursivo para a identificação, impondo-se coeficientes iguais a zero ao modelo, diminuindo-se, assim, o efeito *feedback* BUENO (2012).

A partir da equação (4) utilizando um modelo bivariado, exemplificamos a construção.

Segue abaixo um exemplo para o modelo bivariado e adaptado para este trabalho a partir de BUENO (2012):

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -a_{21} & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = & \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -a_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + & \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -a_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \\ & \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -a_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_y & 0 \\ 0 & \sigma_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (8)$$

Como  $a_{12}$  é igual a zero, os erros reduzidos ficam:

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_y \varepsilon_{yt} \\ \sigma_z \varepsilon_{zt} - a_{21} \sigma_y \varepsilon_{yt} \end{bmatrix} \quad (9)$$

De modo que:

$$\begin{aligned} var(e_1) &= \sigma_y^2 \\ cov(e_1, e_2) &= -a_{21} \sigma_y^2 \\ var(e_2) &= \sigma_z^2 + -a_{21} \sigma_y^2 \end{aligned} \quad (10)$$

Assim, são obtidos os parâmetros estruturais do modelo:

$$\begin{aligned} \phi_{10} &= b_{10}; & \phi_{20} &= b_{20} - b_{10}a_{21}; \\ \phi_{11} &= b_{11}; & \phi_{12} &= b_{12}; \\ \phi_{21} &= -a_{21}b_{10} + b_{21}; & \phi_{22} &= -a_{21}b_{12} + b_{22}. \end{aligned} \quad (11)$$

O efeito desejado em definir  $a_{12} = 0$  é anular o choque e o efeito feedback da variável  $z_t$  em  $y_t$ . Estando os autovalores da polinomial  $(I - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i)$  fora do círculo unitário, pode-se escrever o  $VAR(p)$  como um vetor de médias móveis infinito BUENO (2012).

Assim, pode-se generalizar o exemplo para uma equação geral:

$$\begin{aligned} X_t &= \bar{X} + \sum_{i=0}^{\infty} \Phi_1^i e_{t-i} \\ X_t &= \bar{X} + \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\Phi_1^i}{1 - a_{12}a_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -a_{12} \\ -a_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_y \varepsilon_{yt-i} \\ \sigma_z \varepsilon_{zt-i} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (12)$$

Com  $a_{12} = 0$

Define-se a matriz:

$$\Psi_i = \frac{\Phi_1^i}{1 - a_{12}a_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -a_{12} \\ -a_{21} & 1 \end{bmatrix} = \Phi_1^i \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -a_{21} & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Assim:

$$\begin{aligned} X_t &= \bar{X} + \sum_{i=0}^{\infty} \Psi_i B \varepsilon_{t-1} \\ X_t &= \bar{X} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \psi_{i,11} & \psi_{i,12} \\ \psi_{i,21} & \psi_{i,22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_y \varepsilon_{yt-i} \\ \sigma_z \varepsilon_{zt-i} \end{bmatrix} \\ X_t &= \bar{X} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \Phi_1^i & 0 \\ -a_{21}\Phi_1^i & \Phi_1^i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_y \varepsilon_{yt-i} \\ \sigma_z \varepsilon_{zt-i} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (14)$$

Os elementos da matriz  $\Psi_i$  acima são os multiplicadores de impacto de um choque sobre as variáveis endógenas. Assim, o impacto total de um choque de  $e_{yt}$  sobre  $z_{t+h}$  é dado pela soma dos coeficientes  $\psi_{i,11}$ ,  $i=0,1,2,\dots,h$ . Para determinar o impacto de  $e_{yt}$  sobre  $z_{t+h}$ , devem-se somar os coeficientes  $\psi_{i,21}$ . Os coeficientes, quando desenhados em um gráfico contra  $i$ , geram a função resposta ao impulso. A soma dos coeficientes, quando desenhada em um gráfico contra  $i$ , gera a função de resposta ao impulso acumulada BUENO (2012).

## 2.4 Teste de raiz unitária

O teste de raiz unitária permite verifica ser a série a ser estudada é estacionária.

A não estacionariedade de uma série pode causar problemas de inferência estatística, pois, alguns pressupostos como média e variância constantes ao longo do tempo podem não ser atendidos, ocasionando regressão espúria, sem um significado econômico.

Séries de preços de ações, embora não possuam uma tendência definida, por tem um comportamento estocástico, podem não ser estacionárias, portanto, de forma a garantir a estacionariedade da série selecionada, utilizaremos o Logaritmo natural para obter os retornos.

O retorno de cada ação é obtido fazendo-se:

$$R_t = \ln(S_t/S_{t-1}) \quad (15)$$

$R_t$  é o retorno do dia da ação no tempo  $t$ ;

$S_t$  é o preço da ação no tempo  $t$ .

Para este trabalho, usaremos o teste de KPSS para a verificação de raiz unitária.

### 3      **TESTE DE RAIZ UNITÁRIA E ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS**

Para estimação dos parâmetros dos modelos autorregressivos, será utilizado o programa matemático MatLab, dado que o mesmo possui em sua biblioteca os recursos necessários para a obtenção, estimação e uso destes modelos.

#### 3.1      **Descrição dos dados**

Foram selecionadas para o estudo as ações das empresas Petróleo Brasileiro S.A., PETR4, Cia. Vale do Rio Doce, VALE5. Os dados foram baixados do site da BM&F Bovespa através do endereço: <http://www.bmfbovespa.com.br/>

Os valores das cotações do dólar dos EUA foram baixados do site do Banco Central do Brasil, no seguinte endereço: <http://www.bcb.gov.br/pt-br/#!/home>

As cotações do minério de Ferro com 62% de pureza e do Barril de Petróleo Brent foram baixadas do site: <http://www.investing.com/>

Ambas as cotações estão compreendidas entre as datas 22/08/2016 e 04/10/2016.

Com os dados acima, serão construídos dois modelos, um para as ações da Petrobrás em que serão utilizados os valores das cotações do dólar e do barril de petróleo, dado que o lucro da companhia é afetado pelo valor destes preços.

Para o segundo, serão usadas as cotações da Vale, do dólar e do minério de ferro. Como exposto acima, o lucro da companhia Vale do Rio Doce sofre a influência destes dois ativos.

### 3.2 Teste de raiz unitária

Primeiro, será verificada a estacionariedade de cada série, utilizando o teste de KPSS do MatLab.

O teste consiste em se verificar a rejeição ou não da hipótese nula da série de log retornos possuir uma tendência não estacionária. Se o resultado for 1, não se rejeita a hipótese nula, caso o resultado seja 0, então rejeita-se a hipótese nula.

Inicialmente é feita a leitura dos dados utilizados no teste. As séries utilizadas são convertidas em log retornos e estão em arquivos separados.

Posteriormente é feito o teste KPSS para cada série separadamente. No teste, a primeira letra foi designada como o nome do mesmo.

Seguem os resultados na tabela abaixo:

*Tabela 1 – Resultado dos testes de hipóteses*

SÉRIE	RESULTADO	PVALUE	CVALUE	ESTATÍSTICA	AIC	BIC	HQC
PETR4	P = 0	0,1	0,146	0,0403	-125,98120	-123,17880	-125,08470
DOLAR	D = 0	0,1	0,146	0,0284	-184,84220	-182,03980	-183,94570
BARRIL	B = 0	0,1	0,146	0,0398	-131,36820	-128,56580	-130,47170
VALE5	V = 0	0,1	0,146	0,0361	-125,21060	-122,40820	-124,31410
MINÉRIO	F = 0	0,1	0,146	0,0561	-193,07540	-190,27300	-192,17890

A partir dos dados da tabela acima, podemos rejeitar a hipótese nula de existir uma tendência não estacionária e, assim, concluir que as séries utilizadas são estacionárias.

### 3.3 Determinação da defasagem dos modelos

A escolha da defasagem do modelo a ser estudado será pelo uso do critério de informação de Akaike (AIC).

Inicialmente, foram selecionados 5 modelos com defasagem de 1 a 5 para cada estudo e sendo aplicado o critério para selecionar o que mais se ajusta.

*Tabela 2 - Seleção da ordem do modelo com a ação da Petrobrás*

	VAR(1)	VAR(2)	VAR(3)	VAR(4)	VAR(5)
AIC	-331,9488	-325,3327	-327,4548	-327,1136	-359,1899

*Fonte: Autor*

Conforme os resultados acima, a defasagem que melhor se ajusta ao modelo é o VAR(5).

*Tabela 3 - Seleção da ordem do modelo com a ação da Vale*

	VAR(1)	VAR(2)	VAR(3)	VAR(4)	VAR(5)
AIC	-374,1489	-377,1802	-367,4885	-360,0358	-369,9526

*Fonte: Autor*

Conforme os resultados acima, a defasagem que melhor se ajusta ao modelo é o VAR(2).

### 3.4 Estimação dos parâmetros

Após verificada a estacionariedade de cada série, o próximo passo é a estimação dos parâmetros, que no caso dos vetores autorregressivos, serão matrizes com os parâmetros de cada equação.

Para este passo, os dados dos dois modelos estão no mesmo arquivo, já que o vetor autorregressivo é multivariado e a função do programa assim exige.

O primeiro modelo a ser estudado utiliza o arquivo PETROBRAS contém os valores do log retornos das cotações PETR4, Dólar e Barril de petróleo Brent, exatamente nessa ordem.

O segundo modelo utiliza o arquivo VALE, que contém os valores dos logs retornos das cotações VALE5, Dólar e Minério de ferro a 62%, exatamente nessa ordem.

Inicialmente é feita a definição do modelo que será estimado, que no nosso caso, trata-se de um VAR, vetor autorregressivo sem médias móveis.

Na sequência, faz-se a estimação dos parâmetros (ou matrizes de parâmetros) de cada modelo previamente selecionado na primeira função.

Seguem os parâmetros estimados para cada modelo:

*Modelo 1 – Preços das ações da Petrobrás, dólar e barril de petróleo:*

$\Phi_0$  - Matriz de constantes

$$\begin{bmatrix} 0,0053281 \\ -0,0004382 \\ 0,0022462 \end{bmatrix}$$

$\Phi_1$  - Matriz de ordem -1

$$\begin{vmatrix} -0,1515390 & -0,4376410 & 0,2832980 \\ 0,0076795 & -0,2886860 & 0,0025905 \\ -0,3080920 & -1,2377200 & 0,2120860 \end{vmatrix}$$

$\Phi_2$  - Matriz de ordem -2

$$\begin{vmatrix} -0,0172375 & 0,3364430 & 0,1373170 \\ 0,0955104 & -0,3916470 & -0,1510730 \\ -0,2250270 & 0,6087450 & 0,4719590 \end{vmatrix}$$

$\Phi_3$  - Matriz de ordem -3

$$\begin{vmatrix} 0,1090100 & -0,8595080 & -0,8601040 \\ -0,0402266 & 0,0276262 & 0,2299040 \\ -0,4165570 & -0,9824510 & -0,1323330 \end{vmatrix}$$

$\Phi_4$  - Matriz de ordem -4

$$\begin{vmatrix} 0,4063650 & 0,3378980 & -0,3885910 \\ 0,0132242 & 0,2708380 & 0,1938990 \\ 0,6193080 & 0,4203880 & -0,9584580 \end{vmatrix}$$

$\Phi_5$  - Matriz de ordem -5

$$\begin{vmatrix} -0,5264740 & -0,9669580 & 0,7349700 \\ 0,1057170 & 0,0767168 & 0,0286186 \\ -0,1027720 & -1,1823700 & 0,1456500 \end{vmatrix}$$

Modelo 2 – Preços das ações da Vale, dólar e minério de ferro:

$\Phi_0$  - Matriz de constantes

$$\begin{vmatrix} -0,0000085 \\ -0,0009491 \\ -0,0036999 \end{vmatrix}$$

$\Phi_1$  - Matriz de ordem -1

$$\begin{vmatrix} -0,3169160 & -0,0305445 & -0,0620801 \\ -0,0300366 & -0,4223740 & -0,1750340 \\ 0,2109690 & 0,4312100 & -0,2239200 \end{vmatrix}$$

$\Phi_2$  - Matriz de ordem -2

-0,1714020	-0,7404180	-0,2349670
-0,0531452	-0,4706720	-0,2832370
0,1749450	0,1251410	0,2141500

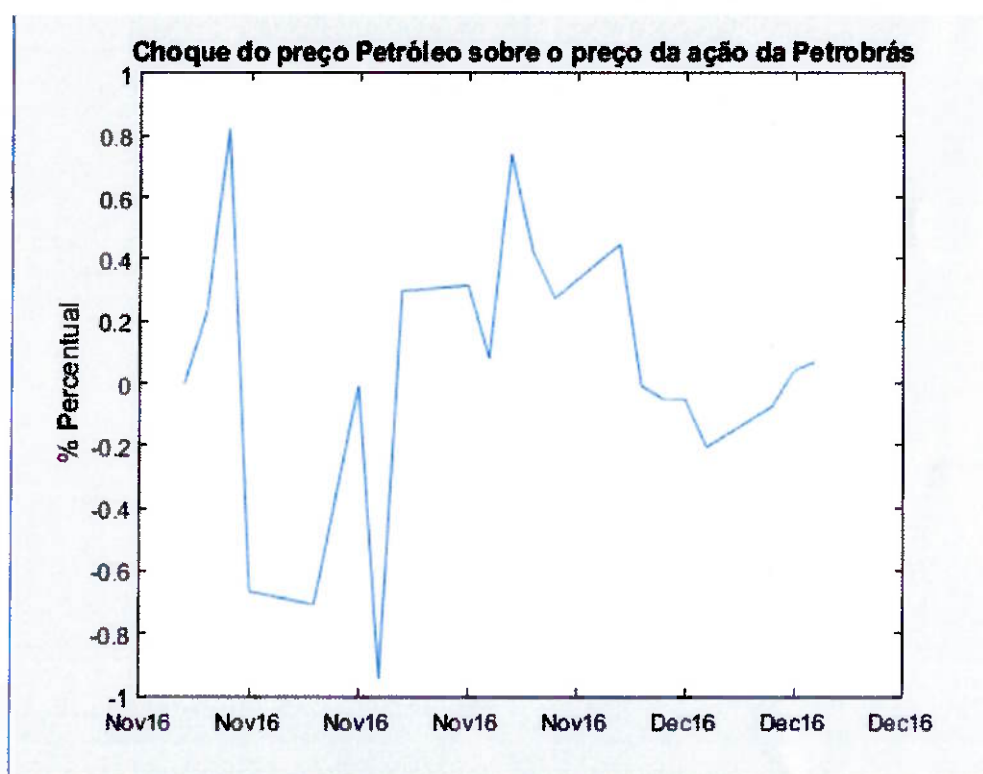
### 3.5 Resposta ao impulso

Foi elaborado de forma a observar os choques das variáveis componentes dos modelos sobre os preços dos ativos objetos selecionados.

Serão verificados os resultados das perturbações dos preços de uma variável apenas sobre o preço do ativo objeto. Neste estudo, será verificado o choque do preço do petróleo e dólar sobre a ação da Petrobrás e do dólar e minério de ferro sobre o preço da Vale.

Os resultados são apresetados nas figuras 1 a 4.

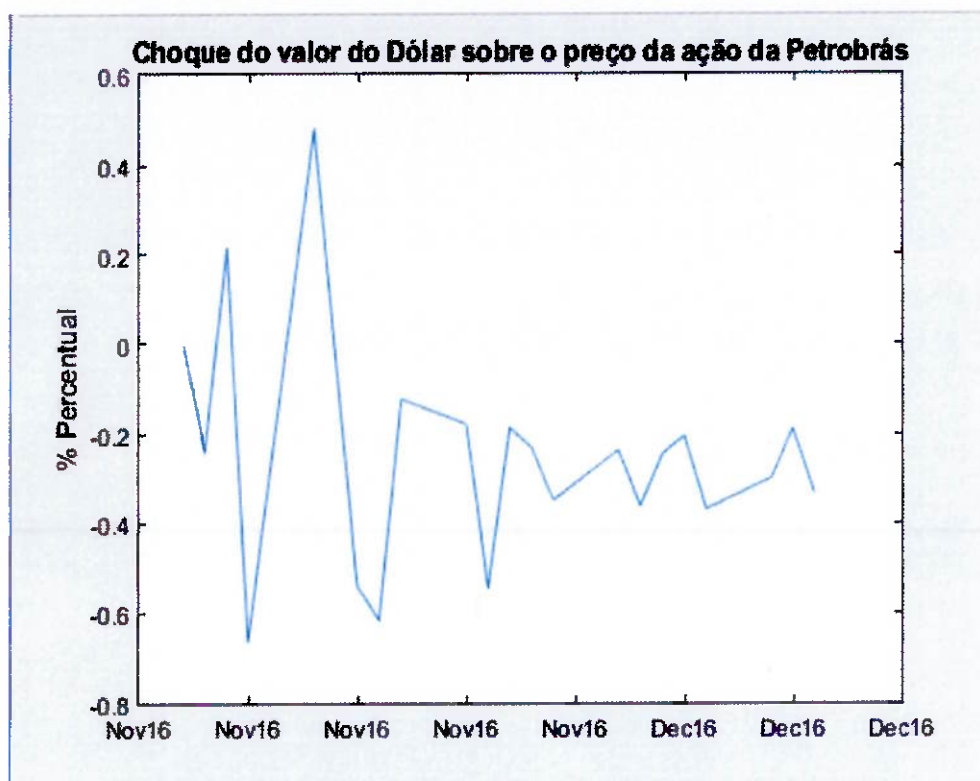
*Figura 1 – Choque do preço do petróleo sobre o valor da ação PETR4*



Fonte: Autor

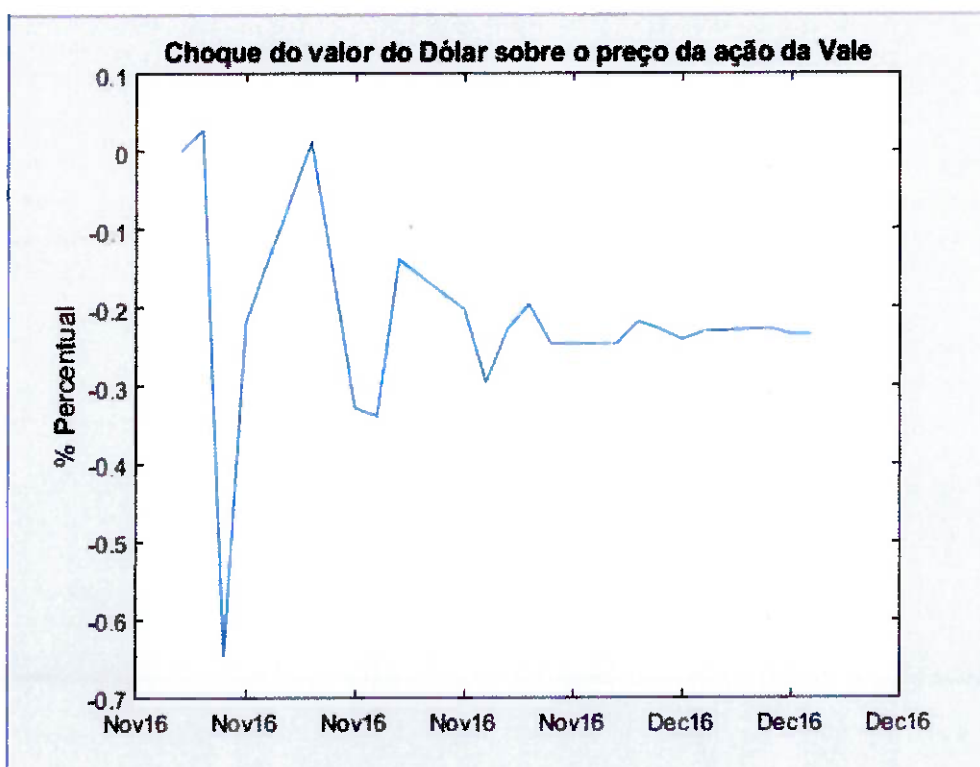


Figura 2 – Choque do preço do dólar sobre o valor da ação PETR4



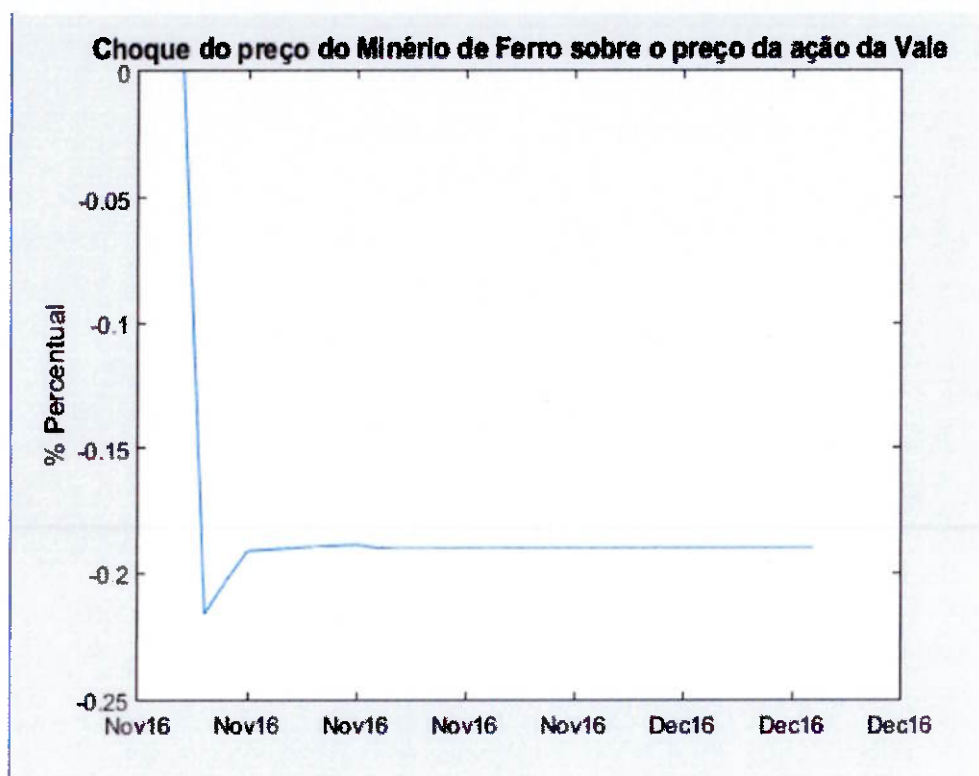
Fonte: Autor

Figura 3 – Choque do preço do dólar sobre o valor da ação VALE5



Fonte: Autor

Figura 4 – Choque do preço do minério de ferro sobre o valor da ação VALE5



Fonte: Autor

As figuras mostram que a tendência do choque é ser dissipado ao longo do tempo. Observamos que o choque do preço do petróleo na ação da Petrobrás, mostrado na *Figura 1*, é mais irregular e leva um tempo maior para ser dissipado, portanto, o choque dessa variável terá interferência maior nos preços futuros da ação e em choques posteriores, evidenciando que a variação do preço do barril leva um tempo maior a ser assimilado pelo mercado e ser incorporado ao preço da ação da empresa.

A *Figura 2* e a *Figura 3* permite verificar que preço a cotação do dólar têm grande influência nos preços das cotações das duas ações estudadas. Isso era esperado, dado que ambas empresas são exportadoras e seus resultados dependem muito do mercado externo.

Verifica-se também que os choques do câmbio são menos irregulares e tem tendência de se dissiparem mais rapidamente, interferindo menos em choques futuros.

Deve ser ressaltado o comportamento do preço do minério de ferro no preço da VALE5, conforme mostrado na *Figura 4*. Esse resultado permite inferir que o efeito dessa commodity na ação estudada tem uma interferência rápida e logo é dissipada, mostrando que a variação dos preços do minério são incorporados rapidamente no preço da ação, com isso, tem menor efeito sobre choques futuros.

Convém salientar que o período em que foram extraídas as amostras havia uma maior volatilidade no mercado doméstico por conta de uma reunião da OPEP sobre um possível corte na produção de petróleo, e do efeito político pelo qual passa o Brasil no atual momento.

## 4 RESULTADOS E PREVISÃO

### 4.1 Resultados para o modelo da Petrobrás

Nesta sessão serão apresentados os resultados dos modelos propostos no estudo. As tabelas são constituídas de quatro colunas, onde são mostradas, da esquerda para a direita, respectivamente, as datas dos dados utilizados, os preços das cotações, as previsões de cada modelo e os erros de previsão.

Conforme mencionado em 3.1, os dados estão compreendidos no período de 22/08/2016 e 04/10/2016. As últimas cotações foram usadas para comparar com os valores obtidos em cada modelo proposto. Os valores destacados em cores na coluna 3 são as previsões obtidas com os modelos para as datas posteriores aos dados utilizados.

A *Tabela 4* que segue abaixo mostra valores de previsão para a ação PETR4 utilizando o *Modelo 1* obtido em 3.4 que utiliza os preços anteriores da própria ação e das outras duas variáveis, dólar e o barril de petróleo.

Tabela 4 – Previsão de preços para a ação PETR4

DATA	PETR4	PREV. PETR4	ERRO PREV.
20/09/2016	13,50		
21/09/2016	13,66		
22/09/2016	14,00		
23/09/2016	13,69		
26/09/2016	13,40		
27/09/2016	13,12		
28/09/2016	13,85	13,92	0,51%
29/09/2016	13,43	13,61	1,34%
30/09/2016	13,57	13,41	-1,18%
03/10/2016	13,97	13,61	-2,58%
04/10/2016	14,02	13,79	-1,64%
<b>05/10/2016</b>		<b>14,10</b>	
<b>06/10/2016</b>		<b>14,08</b>	
<b>07/10/2016</b>		<b>13,74</b>	
<b>10/10/2016</b>		<b>14,40</b>	
<b>11/10/2016</b>		<b>14,59</b>	

Fonte: Autor

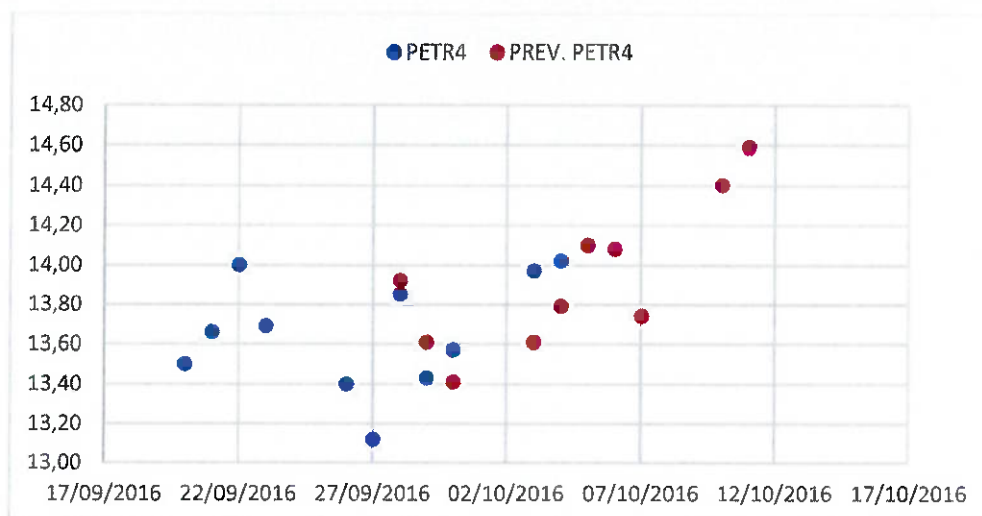
A série de dados utilizada termina em 04/10/2016, conforme definido em 3.1.

Foram utilizados os cinco últimos períodos para verificação do percentual de erro e da aderência do modelo aos dados utilizados.

Como mostrado na *Figura 1*, o impulso do preço do barril de petróleo tem um comportamento irregular e leva um tempo maior para se dissipar, portanto, as previsões para o valor da PETR4 mostram um erro percentual maior, pois os choques sofrem maior interferência dos choques anteriores.

Os pontos indicados no *Figura 5* mostram os valores reais da PETR4 em comparação aos estimados. Os pontos de cor azul são os valores reais da cotação e os de cor vermelha são os valores obtidos com o uso do *Modelo 1*.

*Figura 5 – Comparação entre os preços reais e as previsões da ação PETR4*



*Fonte: Autor*

Neste gráfico, permite-se verificar que o modelo consegue capturar uma tendência observada nos dados reais.

A Tabela 5 abaixo mostra a previsão realizada para a variável dólar com o uso do modelo e das outras variáveis usadas no estudo.

*Tabela 5 – Previsão para o preço do dólar.*

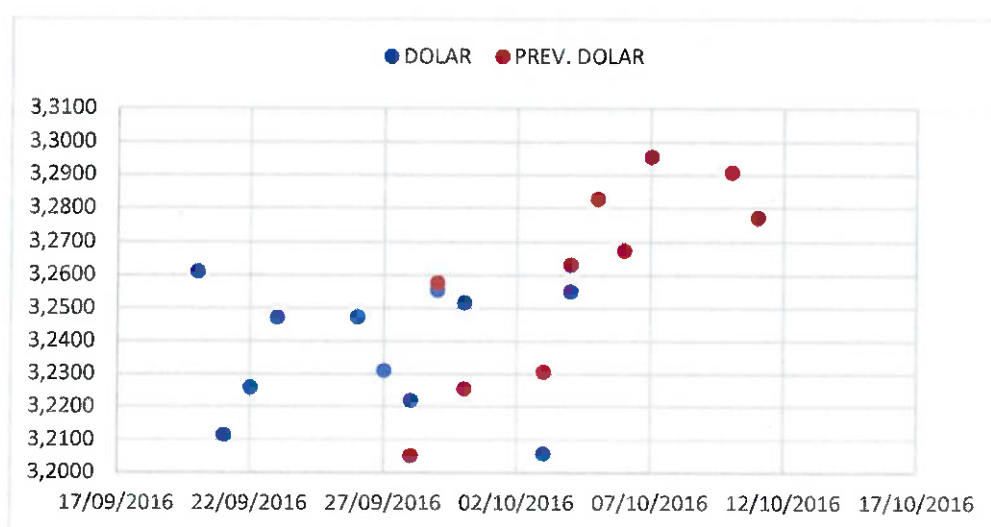
DATA	DOLAR	PREV. DOLAR	ERRO PREV.
20/09/2016	3,2610		
21/09/2016	3,2114		
22/09/2016	3,2258		
23/09/2016	3,2472		
26/09/2016	3,2474		
27/09/2016	3,2310		
28/09/2016	3,2218	3,2051	-0,52%
29/09/2016	3,2555	3,2577	0,07%
30/09/2016	3,2517	3,2254	-0,81%
03/10/2016	3,2057	3,2305	0,77%
04/10/2016	3,2551	3,2630	0,24%
05/10/2016		3,2827	
06/10/2016		3,2673	
07/10/2016		3,2955	
10/10/2016		3,2907	
11/10/2016		3,2771	

*Fonte: Autor*

Os valores mostram um menor erro percentual em relação aos dados reais que a previsão anterior. Conforme mostrado na figura 2, os choques do dólar sobre o preço da PETR4 são menos irregulares e dissipando-se mais rapidamente, com isso, os valores da previsão na *Tabela 2* possuem menor erro.

Igualmente descrito no gráfico acima, os pontos em azuis no *Figura 6* representam os valores reais utilizados no estudo, enquanto os de cor vermelha representam os valores de previsão obtidos com o *Modelo 1*.

*Figura 6 – Comparação entre os preços reais e as previsões do dólar*



*Fonte: Autor*

A Tabela 6 logo abaixo mostra a previsão feito com o *Modelo 1* para o preço do barril de petróleo.

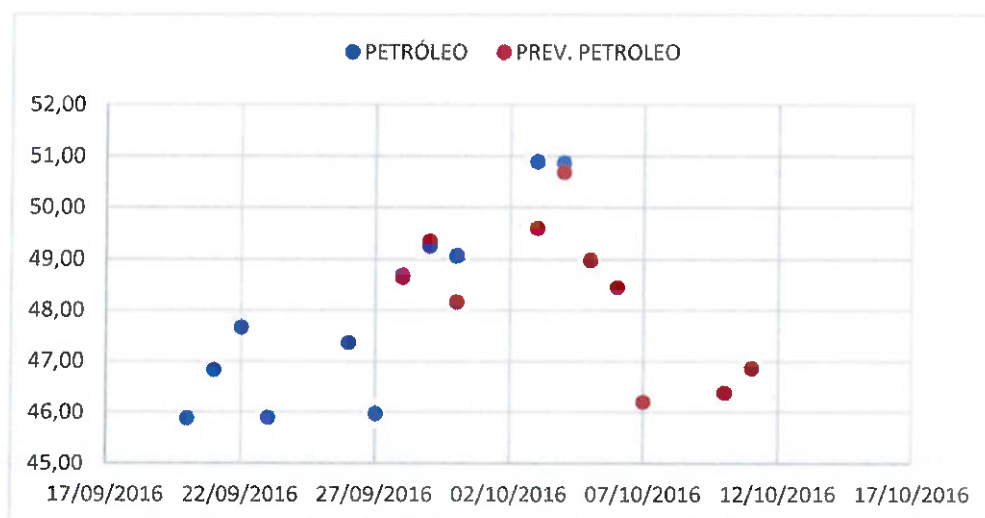
*Tabela 6 – Previsão de preço para o Petróleo.*

DATA	PETRÓLEO	PREV. PETROLEO	ERRO PREV.
20/09/2016	45,88		
21/09/2016	46,83		
22/09/2016	47,65		
23/09/2016	45,89		
26/09/2016	47,35		
27/09/2016	45,97		
28/09/2016	48,69	48,64	-0,10%
29/09/2016	49,24	49,34	0,20%
30/09/2016	49,06	48,16	-1,83%
03/10/2016	50,89	49,59	-2,55%
04/10/2016	50,87	50,69	-0,35%
05/10/2016		48,98	
06/10/2016		48,45	
07/10/2016		46,20	
10/10/2016		46,38	
11/10/2016		46,86	

*Fonte: Autor*

A Figura 7 mostra os valores da cotação do barril do petróleo junto com os valores estimados com o *Modelo 1*.

*Figura 7 – Comparação entre os preços reais e as previsões do preço do barril de petróleo*



*Fonte: Autor*



## 4.2 Resultados para o modelo da Vale

A *Tabela 7* que segue abaixo mostra valores de previsão para a ação VALE5 utilizando o *Modelo 2* obtido em 3.4 que utiliza os preços anteriores da própria ação e das outras duas variáveis, dólar e minério de ferro.

Conforme mostrado na *Figura 3* e na *Figura 4*, os choques provocados das variáveis dólar e minério de ferro são menos irregulares e se dissipam mais rapidamente.

Desta forma, os valores de previsão do *Modelo 2* apresentam erro percentual menor quando comparados aos erros do *Modelo 1*.

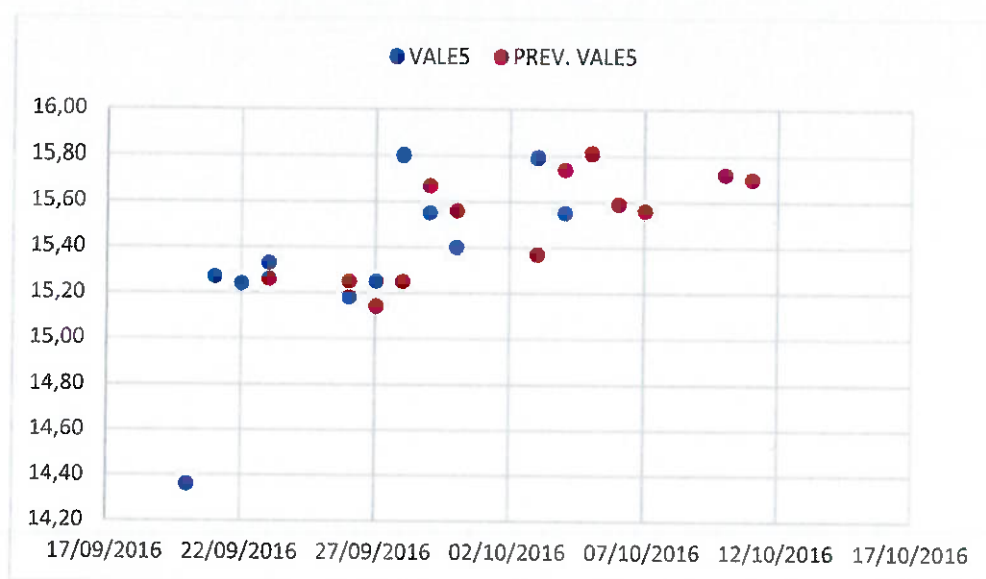
*Tabela 7 – Previsão de preço da ação VALE5.*

DATA	VALE5	PREV. VALE5	ERRO PREV.
20/09/2016	14,36		
21/09/2016	15,27		
22/09/2016	15,24		
23/09/2016	15,33	15,26	-0,46%
26/09/2016	15,18	15,25	0,46%
27/09/2016	15,25	15,14	-0,72%
28/09/2016	15,80	15,25	-3,48%
29/09/2016	15,55	15,67	0,77%
30/09/2016	15,40	15,56	1,04%
03/10/2016	15,79	15,37	-2,66%
04/10/2016	15,55	15,74	1,22%
<b>05/10/2016</b>		<b>15,81</b>	
<b>06/10/2016</b>		<b>15,59</b>	
<b>07/10/2016</b>		<b>15,56</b>	
<b>10/10/2016</b>		<b>15,72</b>	
<b>11/10/2016</b>		<b>15,70</b>	

*Fonte: Autor*

Igualmente aos gráficos anteriores, a *Figura 8* mostra os valores reais da ação VALE5 em cor azul e em vermelho os valores de previsão.

*Figura 8 – Comparação entre os preços reais e as previsões da VALE5*



*Fonte: Autor*

Na *Figura 8*, também é possível verificar que o modelo consegue captar tendência verificada nos dados reais.

Conforme visto nas tabelas anteriores, a *Tabela 8* mostra a comparação entre os valores estimados com o *Modelo 2* e os reais, junto com o erro percentual de previsão.

*Tabela 8 – Previsão de preço da ação do dólar.*

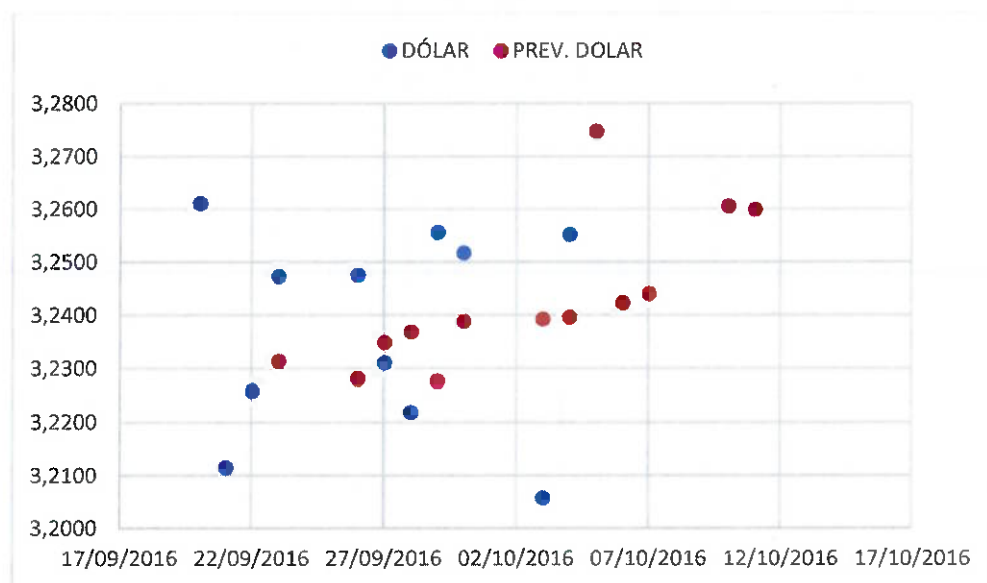
DATA	DÓLAR	PREV. DOLAR	ERRO PREV.
20/09/2016	3,2610		
21/09/2016	3,2114		
22/09/2016	3,2258		
23/09/2016	3,2472	3,2313	-0,49%
26/09/2016	3,2474	3,2281	-0,59%
27/09/2016	3,2310	3,2348	0,12%
28/09/2016	3,2218	3,2368	0,47%
29/09/2016	3,2555	3,2276	-0,86%
30/09/2016	3,2517	3,2388	-0,40%
03/10/2016	3,2057	3,2393	1,05%
04/10/2016	3,2551	3,2396	-0,48%
<b>05/10/2016</b>		<b>3,2747</b>	
<b>06/10/2016</b>		<b>3,2423</b>	
<b>07/10/2016</b>		<b>3,2440</b>	
<b>10/10/2016</b>		<b>3,2605</b>	
<b>11/10/2016</b>		<b>3,2598</b>	

*Fonte: Autor*

Abaixo temos a *Figura 9*, onde são mostrados no gráfico os valores estimados com o *Modelo 2* e os valores reais usados para a cotação do dólar.

Nela pode ser verificada uma maior dispersão dos valores para o câmbio, tendo esse comportamento captado pelo modelo.

*Figura 9 – Comparação entre os preços reais e as previsões do dólar*



*Fonte: Autor*

A *Tabela 9* mostra a comparação entre os valores previstos com o *Modelo 2* e os valores reais para o minério de ferro.

Tabela 9 – Previsão de preço do minério de ferro.

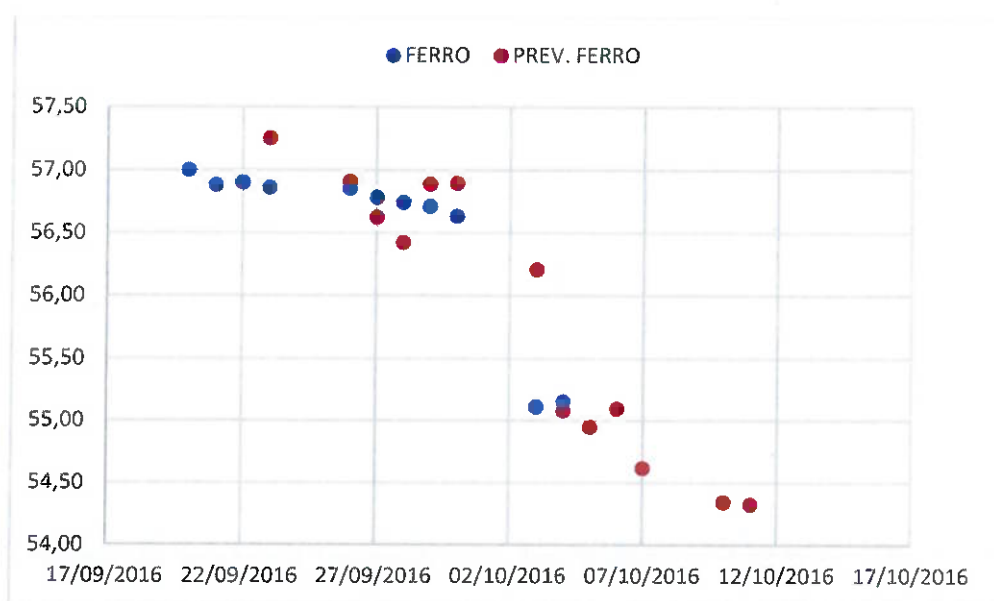
DATA	FERRO	PREV. FERRO	ERRO PREV.
20/09/2016	57,00		
21/09/2016	56,88		
22/09/2016	56,90		
23/09/2016	56,86	57,25	0,68%
26/09/2016	56,85	56,91	0,10%
27/09/2016	56,78	56,62	-0,28%
28/09/2016	56,74	56,42	-0,57%
29/09/2016	56,71	56,89	0,31%
30/09/2016	56,63	56,89	0,47%
03/10/2016	55,11	56,20	1,99%
04/10/2016	55,15	55,08	-0,13%
05/10/2016		54,94	
06/10/2016		55,09	
07/10/2016		54,62	
10/10/2016		54,34	
11/10/2016		54,32	

Fonte: Autor

A Figura 10 abaixo mostra em gráfico os valores estimados e os reais para o minério de ferro.

Verifica-se novamente a capacidade do *Modelo 2* em captar a tendência observada nos dados reais utilizados.

Figura 10 – Comparação entre os preços reais e as previsões do minério de ferro.



Fonte: Autor

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve por objetivo utilizar as relações de causa e efeito entre variáveis econômicas, dado que guardam certa dependência e os seus preços são influenciados pelas outras, e as utilizá-las para, a partir de dados passados, prever resultados futuros em dois modelos propostos para as ações da empresa Petróleo Brasileiro S.A., mais conhecida como Petrobrás, e da empresa Vale do Rio Doce S.A., conhecida como Vale.

O período avaliado no estudo mostrou relação significativa dos preços de mercado das ações estudadas com as outras variáveis. Verificou-se também o comportamento dos choques em relação as ações, destacando-se o choque do preço do barril de petróleo no preço da PETR4 que há uma resistência maior em ser dissipado, interferindo por mais tempo nos preços futuros da ação e em outros choques, enquanto que preço do minério de ferro tem ação mais rápida sobre o preço da ação VALE5.

Verificou-se a influência do câmbio sobre os preços das ações, que reflete nos resultados financeiros de ambas empresas. Resultado esperado dado o peso do comércio exterior nos negócios das empresas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUENO, R. L. S. **Econometria de Séries Temporais**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

VARTANIAN, P. R. **Choques Monetários e Cambiais sob Regimes de Câmbio Flutuante nos Países Membros do Mercosul: Há Indícios de Convergência Macroeconômica?** *Economia*, Brasília (DF), v.11, n.2, p.435–464, 2010.

MORETTIN, P. A. **Econometria Financeira: Um curso em séries temporais financeiras**. São Paulo: Blucher, 2006.

JUNIOR, J. C. A. da S. et al. **Uma análise VAR das relações entre o mercado de ações e as variáveis macroeconômicas para o Brasil**. *Revista economia e desenvolvimento*

SIMS, Christopher. **Macroeconomics and reality**. *Econometrica*, v. 48, p. 1-49, 1980.

