



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E CONTABILIDADE.**  
**CURSO DE FINANÇAS**

**JOÃO LUCAS PAIVA FERNANDES**

**IMPACTO DAS INCERTEZAS POLÍTICO- ECONÔMICAS NA VOLATILIDADE**  
**DAS AÇÕES DA PETROBRAS**

**FORTALEZA**

**2017**

JOÃO LUCAS PAIVA FERNANDES

**IMPACTO DAS INCERTEZAS POLÍTICO-ECONÔMICAS NA VOLATILIDADE  
DAS AÇÕES DA PETROBRAS**

Trabalho de Conclusão do curso de Finanças  
da Universidade Federal do Ceará, como  
requisito à obtenção do título de bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Gildemir Silva

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F399i Fernandes, João Lucas.  
IMPACTO DAS INCERTEZAS POLÍTICO- ECONÔMICAS NA VOLATILIDADE DAS AÇÕES DA  
PETROBRAS / João Lucas Fernandes. – 2017.  
34 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia,  
Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Finanças, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva.

1. Petrobras. 2. Volatilidade. 3. Incertezas. I. Título.

CDD 332

---

**IMPACTO DAS INCERTEZAS POLÍTICO- ECONÔMICAS NA VOLATILIDADE  
DAS AÇÕES DA PETROBRAS**

Trabalho de Conclusão do curso de Finanças  
da Universidade Federal do Ceará, como  
requisito à obtenção do título de bacharel.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Francisco Gildemir Ferreira da Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Roberto Tatiwa Ferreira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Vitor Borges Monteiro  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, pelo suporte e pelo sacrifício que fizeram para que eu pudesse começar uma graduação em outra cidade e conseguir concluí-la.

Ao Prof. Dr. Francisco Gildemir, pela excelente orientação, pela disponibilidade de tempo e pelos importantes conselhos.

Aos Professores do curso de Finanças, por terem proporcionado ao longo desses quatro anos muito conhecimento, aprendizado e consciência.

Aos colegas da turma de graduação, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

## RESUMO

O presente trabalho preocupa-se em encontrar um indicativo que possa fornecer uma evidência plausível de que fatores externos à gestão operacional da Petrobras são fundamentais para explicar o comportamento do preço, e por consequência da volatilidade, de suas ações. Os fatores externos aqui analisados são as incertezas político-econômicas. Para esse fim, é preciso primeiro identificar qual modelo melhor consegue representar a volatilidade da Petr4 e, posteriormente, verificar se tais incertezas, tanto nacionais quanto internacionais, têm impacto efetivo no risco de se investir nesses papéis. A literatura mostra que os modelos de heterocedasticidade condicional são os que melhor cumprem essa função de estimar a volatilidade.

Neste trabalho, o modelo GARCH foi utilizado para modelar a volatilidade tanto da ação Petr4 quanto do índice Ibovespa, pois essa especificação apresentou maior significância dos coeficientes e parcimônia frente a outras possibilidades. Verificou-se que no momento de maior incerteza econômica dos últimos anos, tanto a volatilidade do Ibovespa quanto da Petr4 caminharam em uma mesma direção, sendo que aquela funcionou como uma boa variável explicativa para esta. Já nos maiores momentos de incerteza política, notadamente após as eleições de 2014 e no início de 2016, a volatilidade do Ibovespa não conseguiu explicar de maneira satisfatória a volatilidade da Petr4, que, por sinal, foi bem maior. Esse último fato evidencia que a turbulência política por qual passou e ainda passa o país nos últimos anos impacta mais as ações da Petrobras do que o mercado acionário em si.

**Palavras-chave:** Petrobras, Volatilidade, Incertezas político- econômicas.

## **ABSTRACT**

The present paper is concerned with finding an indicator that can provide plausible evidence that facts external to Petrobras operational management are fundamental to explain the behavior of the price, and consequently the volatility, of its shares. The external factors here analyzed are political-economic uncertainties. First of all, it is necessary to identify which model can best represent the volatility of Petr4 and then, to verify if these uncertainties, national and international, have an effective impact on the risk of investing in Petrobras shares. The literature shows that conditional heterocedasticity models are the ones that best achieve this function of estimating volatility. For this paper, the GARCH model was able to represent the volatility of Petr4 and the Ibovespa index, taking into account the significance of the coefficients and the parsimony of the model. It was verified that in the moment of most economic uncertainty of the last years, both the volatility of Ibovespa and Petr4 walked in the same direction, and that one functioned as a good explanatory variable for this one. But in the biggest moments of political uncertainty, notably after the 2014 elections and early 2016, the volatility of Ibovespa could not satisfactorily explain the volatility of Petr4, which by the way, was much higher. This shows that these political uncertainties affected Petrobras much more than the stock market itself.

**Keywords:** Petrobras, Volatility, Political-economic uncertainties.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Trajetória de preços

Figura 2: Índice de incerteza

Figura 3: Comparação Preço\incerteza

Figura 4: Retorno Petr4

Figura 5: EGARCH

Figura 6: ARCH

Figura 7: GARCH

Figura 8: Volatilidade Petr4

Figura 9: Volatilidade Ibovespa



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Coeficientes

Tabela 2: Primeira janela

Tabela 3: Segunda janela

Tabela 4 : Terceira janela

## LISTA DE SÍMBOLOS e SIGLAS

**R\$:** Reais

**U\$:** Dólar

**BM & F Bovespa:** Bolsa de Mercadorias e Futuros e Bolsa de Valores de São Paulo

**Ibovespa:** Índice da Bolsa de Valores de São Paulo

**Petr4:** Ação preferencial da Petrobras

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
3.1 ARCH.....	21
3.2 GARCH.....	23
3.3 EGARCH.....	23
3.4 IDENTIFICAÇÃO.....	24
3.4.1 <i>Teste Arch</i>	
3.4.2 <i>Teste FAC e FACP</i>	
3.4.3 <i>Teste de Ljung-Box</i>	
3.4.4 <i>Teste dos multiplicadores de Lagrange</i>	
<b>4. DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE.....</b>	<b>25</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Fundada em 1953, resultado da campanha popular que tinha como logo “o petróleo é nosso”, a Petrobras foi concebida sob um viés extremamente nacionalista, sob as premissas de redução da dependência externa de petróleo e a posterior autossuficiência em relação a essa importante matéria prima para países industriais. Nas primeiras quatro décadas de sua existência atuou praticamente sozinha no mercado petrolífero nacional. Tornou-se símbolo do desenvolvimento industrial brasileiro, passando a ser reconhecida internacionalmente pelo seu enorme potencial financeiro. No auge de seu desenvolvimento econômico, em maio de 2008, seu valor de mercado atingiu R\$ 510,4 bilhões, além de 20% de participação no índice Ibovespa, que é o máximo permitido legalmente para uma única empresa.

Os campos operados pela Petrobras são responsáveis por mais de 90% da produção de barris de petróleo no país. Devido a tudo isso ela sempre foi o centro das atenções dos investidores e também do governo. Tal afirmação pode ser constatada pelo fato de que suas ações são, historicamente, as mais líquidas negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo, o que está associado com a existência de um grande volume de negociações. A Petrobras, por ser uma Sociedade de Economia Mista federal, possui a maioria do capital votante pertencente à União. A partir daí nasce o maior desafio da empresa: conviver com as imposições de seu controlador, a União, e ao mesmo tempo satisfazer as exigências de um mercado de capitais que lhe exige racionalidade, eficiência e lucratividade.

A derrocada que deu a economia nacional nos últimos anos, em termos de inflação, desemprego e atividade econômica, teve como espelho a deterioração concomitante das contas da Petrobras, o que aponta para uma relação de sinergia entre a situação da economia nacional e a da estatal. Entre outros fatores que contribuíram para a crise instaurada na Petrobras incluem-se: Gestores mal capacitados, investimentos mal planejados, escândalos de corrupção na estatal, e eventos de natureza política, sendo que esse último fator representa o escopo dessa pesquisa.

Além do mais, desde 2010 a Petrobras vem registrando perdas sucessivas com a comercialização de gasolina, diesel e gás liquefeito de petróleo (GLP) no mercado interno em virtude da política de contenção dos preços dos combustíveis executada pelo governo com o objetivo de controlar a inflação. Desde esse período a empresa vem vendendo combustíveis internamente a um preço menor do que tem que importar. A desvalorização cambial do real frente ao dólar foi outro fator que contribuiu para aumentar a defasagem de preços, chegando

a 23% em julho de 2013. O que se deduz disso é que a Petrobras vem sendo utilizada como um instrumento não transparente de política econômica

A diminuição do preço do barril de petróleo e a crise internacional pós 2008 também foram apontados pelos dirigentes da estatal como determinantes para a queda de valor da Empresa.

Como não poderia ser diferente, essa série de acontecimentos acabou afetando o preço de suas ações. Hoje a Petrobras é somente a quarta maior empresa em termos de valor de mercado, o preço da sua ação que valia R\$ 42 em 2008 passou a valer R\$ 4 ao final de 2015. Recentemente, a Moody's rebaixou nota de crédito da Petrobras de "B3" para "Ba3", nível mais baixo do grau especulativo. Com o corte, a Estatal fica apenas a um degrau da chamada categoria "alto risco de inadimplência e baixo interesse". Há cerca de um ano atrás a Moody's já havia retirado o selo de bom pagador da empresa.

Investir nas ações da Petrobras hoje é bem mais arriscado do que era há alguns anos atrás, portanto faz-se de suma importância estudar os motivos, dentre os muitos acima citados, que levaram a essa grande oscilação. Ao estudar a volatilidade estimam-se faixas de preços ao qual o ativo poderá oscilar no futuro, sendo então uma poderosa ferramenta para os investidores no momento da tomada de decisão.

A volatilidade é um conceito que é frequentemente associado ao risco. Como o risco precisa ser mensurado, a volatilidade acaba sendo a medida utilizada. Alguns fatos estilizados sobre a volatilidade que são bem estabelecidos na literatura: (i) A volatilidade em séries financeiras não é constante ao longo do tempo (ii) tendências de alta no mercado são caracterizadas por uma queda na volatilidade, (iii) tendências de queda são geralmente marcadas por um aumento na volatilidade, (iv) reversões de tendência ocorrem geralmente quando a volatilidade aumenta, (v) Períodos de alta volatilidade são seguidos por períodos de alta volatilidade.

Este trabalho pretende investigar a trajetória de preços das ações da Petrobras, buscando associação entre os períodos de alta ou baixa nos papéis da empresa com acontecimentos externos à empresa, principalmente acontecimentos de cunho político e econômico, portanto, fatores que não são controlados pela entidade.

A melhor maneira para se chegar a tais informações é a partir de uma modelagem da volatilidade, através de um dos modelos da classe ARCH.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Petrobrás

De acordo com dados da BM & F BOVESPA, o valor de mercado da Petrobras encolheu 85,5% desde o pico histórico de tal valor que ocorreu em maio de 2008. Essa perda representa um total de R\$ 436,6 bilhões, tendo como referência a soma do valor de mercado de suas ações. Tal redução aconteceu apesar de a empresa ter realizado em 2010 a maior capitalização da sua história: foram levantados R\$ 120 bilhões junto ao mercado, dando um reforço no caixa da empresa.

Em seu artigo, Pedro Saad (2016) afirma que a descoberta do pré-sal, em 2006, acabou por trazer mais efeitos negativos do que positivos. Isso porque, prevendo ganhos exorbitantes com essa nova descoberta, o governo decidiu fazer mudanças no regime de exploração de petróleo que então vigorava no Brasil desde 1997. Esse antigo regime havia excluído o monopólio estatal do petróleo nas atividades relacionadas à exploração, refino e transporte e passou a permitir que outras empresas pudessem participar com mais liberdade em todos os elos da cadeia do petróleo. Em 2010, porém, um ano depois do começo da extração do petróleo das camadas do pré-sal, foi aprovada uma lei que instituiu o “regime de partilha”. Uma das principais diferenças entre os dois regimes é que, no regime de partilha, mesmo a concessionária tendo extraído petróleo, este ainda é propriedade da União.

Com essa nova lei, estipulou-se também que a Petrobras seria operadora obrigatória em toda e qualquer atividade de extração, a empresa também passou a ter participação mínima de 30% em todos os consórcios que viessem a ser firmados. Para o autor, tais mudanças limitaram severamente o papel do capital privado no pré-sal, levando como uma das consequências, ao fracassado leilão da exploração do campo de Libra, localizada na bacia de Santos.

Tais mudanças na legislação impuseram uma sobrecarga operacional na empresa, que aliada aos escândalos de corrupção e incerteza política influenciou de maneira significativa o valor de mercado da Petrobras.

Borges (2012) afirma que a proibição por parte do governo de repassar os aumentos do preço do petróleo internacional ao petróleo interno provocou um prejuízo de R\$ 12,8 bilhões, levando a Petrobras a perder parte da sua capacidade de investimento.

## 2.2 Volatilidade

Quando o objetivo é modelar volatilidade, a literatura tem usado com mais frequência modelos de Heterocedasticidade condicional, obtendo o que se chama de volatilidade estatística, que é calculada a partir de uma série de retornos de preço. Essa última escolha se dá porque os retornos possuem propriedades desejáveis, como estacionariedade e ergodicidade. Uma alternativa mais simples de modelar a volatilidade seria por meio de uma média de uma função dos últimos  $k$  retornos, obtendo-se o que se chama de volatilidade histórica.

Na literatura de séries financeiras os pesquisadores vêm optando, com o objetivo de estimar a volatilidade, por utilizar os modelos da classe ARCH. Cunha et. al (2009) utilizaram o modelo GARCH para mensuração da volatilidade da cana de açúcar e para verificar a existência choques em sua série; já Silva e Maia (2012), em estudo da volatilidade dos preços do etanol hidratado no estado de São Paulo, decidiram por utilizar o modelo ARCH tradicional.

Morettin afirma que a ideia básica dos modelos ARCH, Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, é que o retorno dos preços não é correlacionado serialmente, mas a volatilidade (variância condicional) depende de retornos passados por meio de uma função quadrática; já Fama diz que os preços incorporam a informação disponível a todos os participantes do mercado, isso faz com que as variações de preço, ou seja, os retornos, não sejam previsíveis, essa teoria é chamada de Teoria da Hipótese dos Mercados Eficientes (HPE).

Pindick (1984) também tentou explicar o comportamento da volatilidade, criando a chamada Teoria da retroalimentação da volatilidade. Nessa teoria existe o argumento de que a volatilidade dos retornos de uma ação é persistente, isto é, a volatilidade passada tende a gerar mais volatilidade no presente e no futuro, além disso, o autor diz que um maior volume de negociações também tem impacto positivo na volatilidade.

Na literatura brasileira, Caselani (2005) decidiu analisar a volatilidade das principais ações negociadas na BOVESPA entre o período de 1995 a 2003, o autor buscou agregar ao estudo da volatilidade não apenas variáveis microeconômicas, mas também variáveis estruturais. Ele verificou que quanto maior a alavancagem financeira da empresa, que é medida pela razão entre o valor do capital de terceiros e o do capital próprio, maior a volatilidade das suas ações; isso é explicado porque um aumento da participação do capital de terceiros na empresa revela uma maior dependência de recursos alheios no financiamento das

operações normais da empresa, tal dependência sugere uma maior risco de insolvência futura e esse maior risco acaba por aumentar a volatilidade dos preços companhia. Outro resultado encontrado é que o giro dos negócios também é um fator aumentativo da volatilidade, ou seja, ações com maior volume de negociações estão mais suscetíveis à variação nos preços, indo ao encontro do que relatou Pindick (1984).

### **2.3 Incertezas políticas.**

Nunes e Medeiros (2016) analisaram o impacto da incerteza política no mercado de capitais de nove países, entre eles, Estados Unidos, Canadá, Índia e China. Os resultados encontrados pelos autores indicam que a incerteza política aumenta a volatilidade dos retornos e que o mercado exige um prêmio de risco por tal incerteza, sendo a associação entre essas variáveis maior em situações econômicas adversas.

A incerteza está associada à impossibilidade de se prever o que acontecerá no futuro, sendo difícil de ser mensurada por se tratar de conceito amplo e intrinsecamente não observável (BLOOM, 2013 apud NUNES e MEDEIROS, 2016). Esta reflete os sentimentos de dúvida dos consumidores, gestores e formuladores de políticas sobre os possíveis futuros, não existindo uma medida perfeita para essa incerteza (BLOOM, 2013 apud NUNES e MEDEIROS, 2016)

Existem dúvidas a respeito de como os governos irão conduzir sua política para estimular o desenvolvimento nacional. Se vão adotar uma estratégia mais heterodoxa ou mais conservadora, se são economicamente mais pró-estado ou pró-mercado ou ainda, como vão lidar com as estratégias das empresas estatais, que, no caso do Brasil, possuem uma importância acentuada. Além dessas incertezas ditas “comuns” para quaisquer países, existe um adicional de incerteza que é característico do cenário brasileiro, que é a incerteza derivada de movimentos antiéticos e imorais na condução política nacional, materializada nos escândalos de corrupção.

O efeito dessas incertezas pode ser sentido também nos mercados financeiros. De acordo com a Hipótese do Mercado Eficiente (HME), o preço das ações incorpora todas as informações disponíveis no mercado, portanto, é de se esperar que essas informações de cunho político sejam interpretadas de maneira a influenciar as ações dos agentes no momento de negociar no mercado de capitais. Tais informações podem, inclusive, ser assimiladas e interpretadas de maneira diferente por cada um dos participantes do mercado, essa diferença



de percepção é tanto maior quanto maior for o grau de assimetria de informação que há entre esses participantes.

Outra teoria desenvolvida em complementação à HME é a Hipótese de Informação Incerta (HII) ou *Uncertain Information Hypothesis*(UIH), desenvolvida por Brown, Halow e Tinic (1998). Tal hipótese descreve que os investidores ajustam os preços das ações a novas informações mesmo antes que todos os desdobramentos decorrentes dessa nova informação sejam conhecidos, ou seja, mesmo que essa nova informação esteja associada a uma carga de incerteza. Para tais autores, a incerteza associada à informação leva o investidor avesso ao risco a estabelecer preços abaixo do seu valor fundamental, em decorrência ao aumento do risco e do retorno esperado.

O reflexo negativo nos preços das ações deve-se ao fato de a incerteza política afetar o mercado como um todo, não sendo possível a redução de seu efeito por meio de estratégias de diversificação. A incerteza aumenta, pois, o risco sistemático ou não diversificável dos ativos aumenta o retorno exigido pelo mercado e conseqüentemente a taxa de desconto utilizada no cálculo do preço dos ativos (PASTOR; VERONESI, 2013).

Fraga et al (2015) estudaram a relação entre os escândalos da Petrobras e o mercado brasileiro, buscando verificar se existe correlação dinâmica entre essas duas variáveis. Entre os resultados encontrados, está que o momento de maior volatilidade apresentada pela Petr4 entre 2004 e 2015 é o final de 2014, quando a volatilidade nesse período atingiu picos semelhantes aos vistos durante a crise de 2008, possivelmente, relatam os autores, por conta do anúncio dos casos de corrupção envolvendo gestores da empresa, políticos e construtoras em licitações para realização de obras para Petrobras. Outro resultado interessante encontrado foi que, momentos de alta na volatilidade da Petr4 são acompanhados por aumentos do grau de correlação entre o volume negociado da ação e o volume de negociação de todo o Ibovespa, o que ratifica o entendimento que existe uma dependência entre o desempenho da Petrobras e do mercado acionário brasileiro como um todo.

## **2.4 Análises de Eventos**

Evento é definido como um acontecimento significativo dentro de um determinado contexto. Um exemplo de evento foi a abertura do processo de impeachment contra a ex-presidente Dilma Rousseff, outro foi a eleição presidencial. Segundo Goes (2015) a ideia fundamental do Estudo de Eventos é usar variações dos preços das firmas com o intuito de mensurar os impactos causados no mercado em decorrência de determinado evento,

comparando os retornos observados dos ativos das empresas afetadas por tal evento com os retornos esperados.

Eckbo (1983) estudou o impacto de fusões no mercado setorial das empresas fusionadas, vendo como esse evento muda as expectativas dos investidores e como eles gerenciam seus ativos de modo a obter um melhor retorno. Para o autor tal impacto depende do tamanho das empresas envolvidas na fusão. Essas fusões podem ser competitivas ou anticompetitivas, se a reação ao anúncio da fusão for uma elevação do preço das ações das empresas rivais então a fusão seria anticompetitiva, caso contrário a fusão seria competitiva. O método utilizado pelo autor consistiu em construir uma regressão simples, estimada através de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Utilizou como variável explicativa o retorno do mercado e como variáveis explicadas o retorno das ações das empresas rivais àquelas que estavam sendo fusionadas, utilizando como dados para a regressão os valores anteriores à data do anúncio das fusões.

Logo depois comparou os retornos observados das ações dessas empresas rivais durante o desenvolvimento do processo de fusão e os retornos que eram esperados devido à regressão, podendo concluir se as diferenças eram significativas ou não através de testes de significância.

Essa é a ideia básica da análise de eventos, primeiro identificar acontecimentos que porventura tenham afetado o objeto em estudo, depois escolher uma janela de tempo que represente esse acontecimento, e por fim comparar o que acontecia com tais objetos antes da janela de tempo com o que efetivamente ocorreu dentro dela.

### 3. METODOLOGIA

A volatilidade (variância condicional) é uma variável de grande importância na mensuração do risco e apreçamento de ativos, ela não é uma variável observável diretamente. Além disso, a variância em séries financeiras não é constante ao longo do tempo, tal comportamento é chamado de comportamento heterocedástico. Uma vez que esse tipo de séries apresentam características de não linearidade, é impossível modelá-las através de um modelo ARIMA. Assim, os modelos heterocedásticos são os mais apropriados para estimar e fazer previsões da volatilidade. Dessa classe destacam-se os modelos: ARCH (Autoregressive Conditional Heterocedasticity), introduzido por Engle (1982) e GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heterocedasticity), criado por Bollerslev (1986). A volatilidade obtida através dos modelos ARCH é denominada volatilidade estatística.

Esses métodos utilizam como base uma série de retornos de determinado ativo. Tal escolha se justifica porque os retornos possuem algumas características que uma série de preços, por exemplo, não tem. Alguns fatos estilizados a respeito dos retornos são: (i) Não são, em geral, autocorrelacionados (ii) Apresentam estacionariedade (iii) Séries de retornos apresentam agrupamentos de volatilidades ao longo do tempo (iv) Heterocedasticidade condicional (v) A distribuição dos retornos apresenta caudas mais pesadas do que uma distribuição normal e excesso de curtose.

O comportamento heterocedástico reúne características como aglomerados de volatilidade e efeitos alavanca, que aponta para o efeito de choque. Em geral, choques negativos causam um maior impacto na volatilidade do que choques positivos, além de apresentarem uma memória de longo prazo maior. A notação básica a ser usada para determinar os retornos ( $r_t$ ) é:

$$r_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$$

Em que  $P_t$  é o preço do ativo no tempo t.

#### 3.1 ARCH

A ideia básica do modelo proposto por Engle é que o retorno  $r_t$  é não correlacionado serialmente, mas a volatilidade depende de retornos passados por meio de uma função quadrática. Um modelo ARCH(q) é definido como:

$$r_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 r_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q r_{t-q}^2$$

Onde  $h_t$  é a volatilidade,  $\alpha_0 > 0$ ,  $\alpha_i \geq 0$ ,  $i = 1, 2, \dots, q-1$ ,  $\alpha_q > 0$  e  $\varepsilon_t$  é i.i.d com média zero e possui uma distribuição normal ou t-student. Uma condição que garante que um processo ARCH(q) é estacionário é:

$$\sum_{i=1}^q \alpha_i < 1$$

Um processo ARCH estacionário tem as seguintes características:

$$E(r_t) = 0$$

$$Var(r_t) = \frac{\alpha_0}{1 - \sum_{i=1}^q \alpha_i}$$

$$cov(r_t, r_{t-k}) = E(r_t r_{t-k}) = 0$$

O primeiro passo na construção dos modelos ARCH é tentar ajustar modelos ARIMA para remover a correlação serial na série, se esta existir. Para verificar se a série apresenta Heterocedasticidade condicional, podemos aplicar ou o teste de Ljung-Box ou o teste de multiplicadores de Lagrange (ML), examinando-se a série  $r_t^2$ . Os estimadores do modelo são obtidos pelo método de máxima verossimilhança condicional.

Limitações dos modelos ARCH:

- O modelo supõe que choques positivos ou negativos produzem o mesmo efeito na volatilidade, já que esta variável é explicada pelos quadrados dos retornos. Contudo, o que se vê é que, em geral, choques negativos afetam de uma maneira mais forte a volatilidade do que choques positivos, como foi encontrado por Tatiwa (2016).
- O modelo ARCH é bastante restritivo, pois, geralmente, a sua definição exige que os seus parâmetros satisfaçam um grande número de restrições.
- O modelo não dá indicações das fontes das variações de uma série temporal financeira. Apenas oferece um processo mecânico que descreve a variância condicional dessas séries, sem adentrar nas causas.
- O modelo também tende a gerar previsões exageradas da volatilidade, porque responde lentamente a grandes alterações isoladas.

### 3.2 GARCH

O modelo GARCH é uma generalização dos modelos ARCH. Foi introduzida por Bollerslev em 1986. É um modelo potencialmente mais parcimonioso do que os ARCH, ou seja, pode ser utilizado para descrever a volatilidade com menos parâmetros. A diferença entre os modelos é um componente adicional, referente à variância condicional nos instantes anteriores. Um modelo GARCH (p, q) é definido por:

$$r_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i r_t^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}$$

Em que  $\varepsilon_t$  é i.i.d com média zero,  $\alpha_0 > 0$ ,  $\alpha_i \geq 0$ ,  $\beta_j \geq 0$ . Assim como no modelo ARCH,  $\varepsilon_t$  segue uma distribuição normal ou t-student. A estacionariedade de um modelo GARCH(p,q) é garantida se:

$$\sum_{i=1}^m (\alpha_i + \beta_i) < 1$$

em que  $m = \max(p, q)$ .

Existem algumas características em comum entre os modelos ARCH e GARCH:

- Volatilidades altas são precedidas de retornos ou volatilidades altos, observando-se os grupos de volatilidades presentes em séries financeiras.
- Retornos positivos e negativos são tratados de forma similar, já que são os retornos ao quadrado que afetam a variância condicional.
- Permite identificar apenas a evolução da volatilidade. Não fornece informações a respeito das suas causas.

A vantagem que o modelo GARCH possui sobre o ARCH é que o último requer muitos parâmetros para descrever adequadamente a evolução da volatilidade.

### 3.3 EGARCH

Nelson (2001) propôs um modelo designado por modelo GARCH exponencial, que permite a absorção de impactos assimétricos com uma vantagem adicional: a possibilidade de que alguns coeficientes sejam negativos.

### 3.4 Identificação

#### 3.4.1 Teste FAC e FACP

Verificou-se na literatura que o modelo GARCH (p, q) assemelha-se ao modelo ARMA (Max (p, q), q). Assim, a Função de Autocorrelação e Função de Autocorrelação Parcial, FAC e FACP, respectivamente, irão sugerir se a série é heterocedástica ou não.

#### 3.4.2 Teste de Ljung-Box

A estatística de Ljung-Box, Q, pode ser usada para testar a presença de Heterocedasticidade condicional. Sua hipótese nula é que a soma das autocorrelações é estatisticamente diferente de zero. Isto é:

$$H_0: \sum_{j=1}^n \hat{\rho}_j = 0$$

$$H_A: \hat{\rho}_j \neq 0, \text{ para algum } j$$

#### 3.4.3 Teste do Multiplicador de Lagrange

Define-se o teste como:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_q = 0$$

$$H_A: \alpha_i \neq 0, \text{ para algum } i = 1, 2, \dots, q$$

Em que:

$$\widehat{\varepsilon}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \widehat{\varepsilon}_{t-1}^2 + \alpha_2 \widehat{\varepsilon}_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q \widehat{\varepsilon}_{t-s}^2 + u_t$$

Cuja estatística é dada por:

$$TR^2 \xrightarrow{d} \chi_q^2$$

Em que  $R^2$  representa o coeficiente de determinação da equação estimada. Se a hipótese nula não é rejeitada, não há presença de modelos ARCH. Rejeitando-se a hipótese nula, não necessariamente deverá ser usado o teste ARCH. Tais testes apenas indicam se a covariância condicional é, ou não, constante.

#### 4. DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE

Para fins de análise foram escolhidas as ações Petr4, que são as ações preferenciais da Petrobras, ou seja, sem direito a voto. Essa escolha ocorreu por serem essas as ações que melhor representam a escolha do investidor comum. O período de análise é de junho de 2007 a março de 2017, com dados diários, utilizando o preço de fechamento de cada dia. A base foi retirada do site Yahoo Finance.



Figura 1 Trajetória de preços

A trajetória dos preços mostra certa instabilidade no papel ao longo dos últimos 10 anos e, após atingir o seu pico de R\$ 42,76 em maio de 2008, a tendência geral é de queda, cujo ápice foi no fim de 2015, quando as ações atingiram seu valor mínimo, cerca de R\$ 4,00. Em uma primeira análise percebem-se dois momentos acentuados de queda, o primeiro é no ano de 2008 com a crise financeira nos EUA e na Europa, logo após o preço atingir seu pico devido à divulgação das descobertas no pré-sal, o segundo momento é no fim de 2014, com a eclosão dos escândalos de corrupção na Estatal e as campanhas para eleição presidencial.

Os economistas Scott Baker, Nick Bloom e Steven Davis desenvolveram um índice que mensura a incerteza político-econômica de um país ou *Economic Policy Uncertain*, no original. Esse índice é baseado na cobertura jornalística de eventos associados a relevantes assuntos políticos e econômicos.

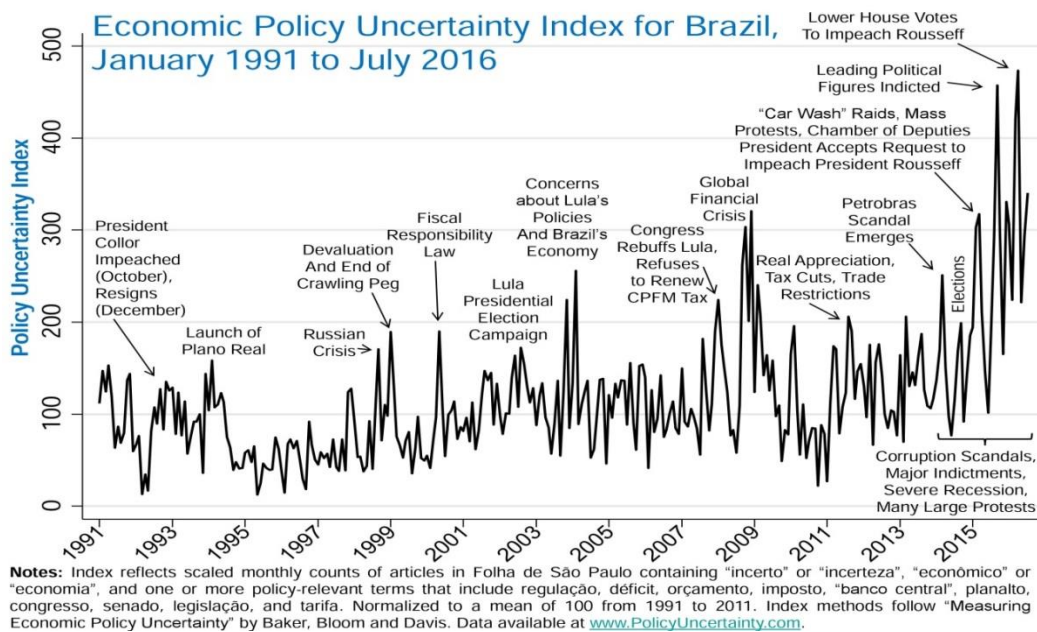


Figura 2 Índice de incerteza

Analisando tal índice, calculado de janeiro de 1991 a julho de 2016, o ponto de maior incerteza no cenário nacional foi início de 2016, com a abertura do processo de impeachment contra a então presidente da república Dilma Rousseff e a intensificação das investigações da operação Lava-Jato.

A partir de 2010, a relação inversa entre tal índice de incerteza e as ações da Petrobras se torna mais clara. É fato que essa simples correlação não significa uma situação de causa e efeito, mas é um forte indicativo. Pode-se ver claramente essa correlação com o recurso da sobreposição dos gráficos, cujos valores foram normalizados para fins de comparação:

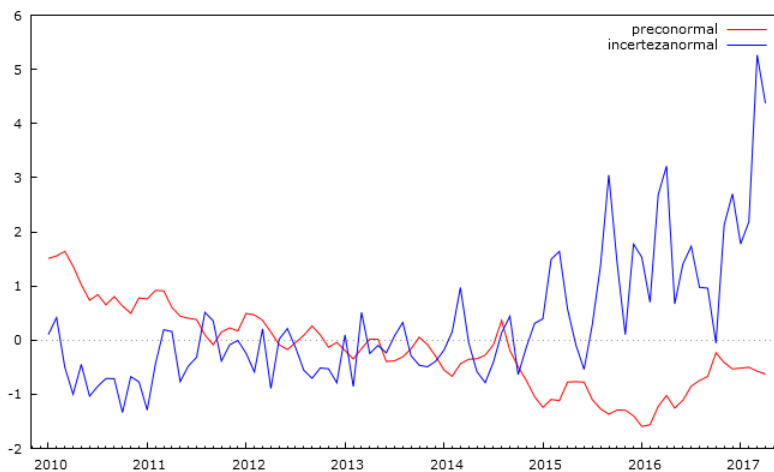


Figura 3 Comparação preço/incerteza

Enquanto a tendência dos preços é de baixa, o que se vê é um crescimento na incerteza, sendo que é comum o ponto de pico de um coincidir com o ponto de vale do outro.



Como objetivo principal do trabalho é analisar a volatilidade do papel, ou seja, o risco de se investir em ações da Petrobras nos últimos 10 anos, é preciso escolher o melhor modelo para representar a volatilidade. Como dito ao decorrer do trabalho, os modelos da classe ARCH são os mais utilizados na literatura e, portanto, os mais compatíveis com essa finalidade.

Antes, porém, é preciso construir uma série de retornos dos preços, já que os retornos possuem características mais adequadas para quem pretende estimar volatilidade, como, por exemplo, estacionariedade.

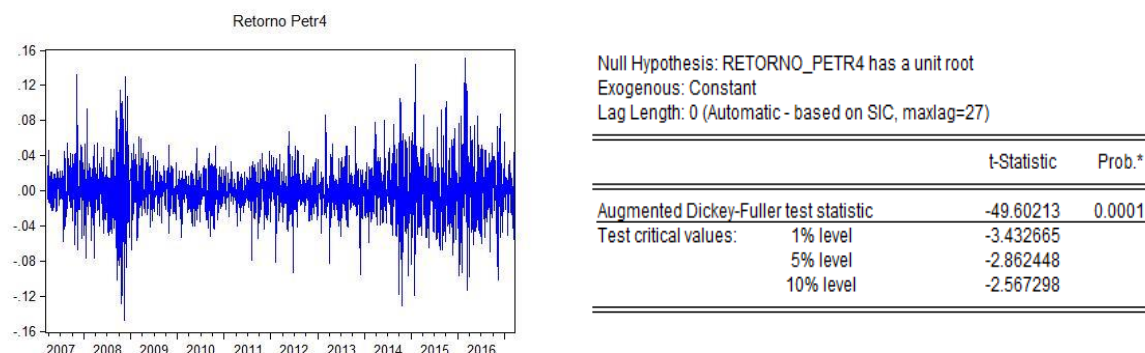


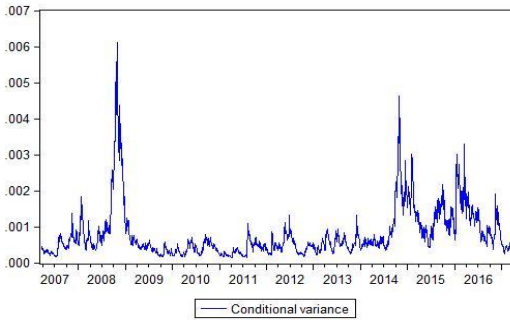
Figura 4 Retorno Petr4

O teste de raiz unitária, com o p-valor menor que 0,005, indica que a hipótese nula da existência de raiz unitária é rejeitada, o que leva a concluir que a série de retornos é estacionária, resultado que já era esperado de acordo com o que diz a literatura. Em posse dos retornos, é possível então encontrar a volatilidade. Foram estimadas as três principais ramificações dos modelos ARCH, que foram o próprio ARCH(q), o GARCH(p,q) e o EGARCH(p,q). Os resultados dos modelos foram bem semelhantes, o diferencial ficou por conta dos critérios de informação, sendo preferível sempre o modelo que possuísse os menores valores para esses critérios. Também foi levado em consideração as vantagens e desvantagens intrínsecas a cada modelo.

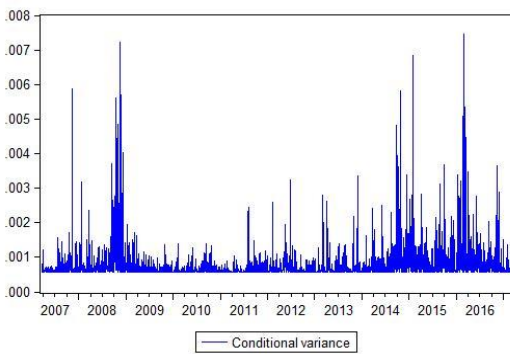
Tabela 1: coeficientes, fonte: elaboração própria.

Coeficientes	Modelos		
	ARCH(1)	GARCH(1,1)	EGARCH(1,1)
$Retorno(-1)^2$	0.30337	0.076184	
GARCH (-1)		0.913447	
C(1)			-0.233158

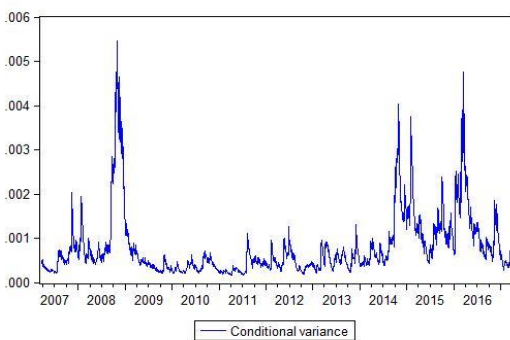
C(2)			0.156371
C(3)			-0.049826
C(4)			0.9846888
$R^2$ ajustado	0.000374	0.000374	0.000374
Akaike	4.391261	4.580355	4.593186
Hannan-Quinn	4.389631	4.577891	4.589928
Shwarz	4.386763	4,573,589	4.584191



*Figura 5 EGARCH*



*Figura 6 ARCH*



*Figura 7 GARCH*

Fazendo uma ponderação entre a significância dos coeficientes, do critério de informação e do que diz a literatura, o modelo utilizado para modelar a volatilidade da Petr4, de acordo com as informações acima, foi o GARCH (1,1). As estimações com defasagens maiores apresentaram coeficientes não significativos.

Para identificar se realmente existe impacto das incertezas na volatilidade da Petróleo foi utilizada a técnica denominada análise de eventos, que consiste em analisar uma situação antes de um determinado período curto de tempo (que é chamado de janela), e comparar com o que ocorre com essa mesma situação dentro da janela. Tal janela representa um período marcado por algum acontecimento significativo que faça a série supostamente sair da sua trajetória normal.

Nesse trabalho, as janelas são os períodos de maior incerteza política e econômica nos últimos 10 anos. Foram escolhidas três, a primeira foi de 20 a 31 de outubro de 2008, período em que o mercado acionário mundial mais sofreu com a crise dos subprimes americanos. A segunda foi de 17 a 31 de outubro de 2014, mês das eleições presidenciais, e, finalmente, a terceira foi de 3 a 18 de março de 2016, com o processo de abertura do impeachment da então presidente Dilma Rousseff e o avanço das investigações da operação Lava Jato.

A premissa utilizada consiste na hipótese de que o mercado acionário brasileiro é bem representado pelo índice Ibovespa. Fatos que impactam o país tanto politicamente como economicamente, se realmente afetarem o mercado acionário nacional, esse impacto com certeza será sentido no índice Ibovespa, influenciando a sua volatilidade.

## 5. RESULTADOS

Foi utilizada uma regressão tendo como variável dependente a volatilidade diária da Petr4, calculada através do modelo GARCH(1,1) e como variável explicativa a volatilidade da Ibovespa, também calculada através do modelo GARCH(1,1). Foram estimadas três regressões, cada uma utilizando as observações até um dia antes ao do começo de cada uma das janelas, para depois ser possível comparar com a situação ocorrida dentro da janela. Espera-se que, se as incertezas políticas e econômicas afetaram o mercado acionário como um todo, a volatilidade de ambas as variáveis tendam a direcionar para um mesmo sentido e sendo assim, espera-se que a volatilidade do índice Ibovespa explique bem a volatilidade da Petr4. Os resultados encontrados para as três janelas e para cada uma de suas regressões estão nas tabelas a seguir:

*Tabela 2: Primeira Janela [20 a 31 de outubro de 2008]*

	V. Ibovespa	V. Petrobras	V esperada Petr4	Real-Esperado	Teste
20/10/2008	0,003257812	0,004443765	0,004143918	0,000299847	1,1488
21/10/2008	0,002924286	0,004086446	0,003750593	0,000335854	1,2868
22/10/2008	0,003557926	0,004169372	0,004497841	-0,000328468	-1,258
23/10/2008	0,00329172	0,003852173	0,004183905	-0,000331733	-1,271
24/10/2008	0,003364259	0,004403439	0,00426945	0,000133989	0,5134
27/10/2008	0,003379805	0,005105616	0,004287784	0,000817832	3,1335
28/10/2008	0,004320025	0,005461393	0,00539658	6,48131E-05	0,2483
29/10/2008	0,004013478	0,00532122	0,00503507	0,00028615	1,0964
30/10/2008	0,004014527	0,005196338	0,005036308	0,00016003	0,6131
31/10/2008	0,003593751	0,00478488	0,004540089	0,000244791	0,9379

		Desvio Padrão
<b>ESTIMAÇÃO</b>		0,000261
Constante	0,000302	
Coefficiente	1,179294	
R quadrado	0,835792	

*Tabela 3: Segunda Janela [17 a 31 de outubro de 2014]*

	V. Ibovespa	V. Petrobras	V. esperada Petr4	Real-Esperado	Teste
17/10/2014	0,00059603	0,002798466	0,001021501	0,001776965	6,192

20/10/2014	0,00059352	0,002869778	0,001018052	0,001851726	6,452
21/10/2014	0,00063716	0,003021897	0,001078119	0,001943778	6,773
22/10/2014	0,00057581	0,002770465	0,000993667	0,001776798	6,191
23/10/2014	0,00060953	0,002967851	0,001040088	0,001927762	6,717
24/10/2014	0,00059784	0,002959932	0,001024	0,001935932	6,745
27/10/2014	0,00060493	0,004032022	0,00103375	0,002998272	10,45
28/10/2014	0,00064996	0,003886011	0,001095743	0,002790268	9,722
29/10/2014	0,00063735	0,0039271	0,001078389	0,002848711	9,926
30/10/2014	0,00062664	0,003630123	0,001063641	0,002566482	8,942
31/10/2014	0,00071632	0,003645466	0,001187098	0,002458368	8,566

		Desvio Padrão
<b>ESTIMAÇÃO</b>		0,000287
Constante	0,000201	
Coefficiente	1,376613	
R quadrado	0,797867	

Tabela 4: Terceira Janela [3 a 18 de março de 2016]

	V. Ibovespa	V. Petrobras	V. esperada Petr4	Real-Esperado	Teste
03/03/2016	0,00054717	0,003527008	0,001093709	0,002433299	5,112
04/03/2016	0,000621532	0,003908569	0,00119587	0,002712699	5,6989
07/03/2016	0,000562719	0,003611258	0,001115072	0,002496186	5,2441
08/03/2016	0,000510028	0,003321305	0,001042683	0,002278622	4,787
09/03/2016	0,000468799	0,003065288	0,000986042	0,002079246	4,3682
10/03/2016	0,000453228	0,002963189	0,000964651	0,001998537	4,1986
11/03/2016	0,000411712	0,002738707	0,000907616	0,001831091	3,8468
14/03/2016	0,000394536	0,003115914	0,00088402	0,002231894	4,6889
15/03/2016	0,000466045	0,003826011	0,000982259	0,002843752	5,9743
16/03/2016	0,000437529	0,00411601	0,000943083	0,003172927	6,6658
17/03/2016	0,000730613	0,004752121	0,001345726	0,003406395	7,1563
18/03/2016	0,000659556	0,004350048	0,001248107	0,00310194	6,5167

		Desvio Padrão
<b>ESTIMAÇÃO</b>		0,000476
Constante	0,000342	
Coefficiente	1,373814	
R quadrado	0,7854	

Em que,

*V. Ibovespa*: volatilidade do índice Ibovespa.

*V. Petrobras*: volatilidade da Petr4.

*V. esperada Petr4*: valor esperado dada a regressão estimada até um dia antes da janela

*Teste*: teste t dado por  $\frac{\text{Valor Real} - \text{Valor esperado}}{\text{desvio padrão}}$

Nas regressões estimadas o que se viu foi que, de maneira geral, a volatilidade do índice Ibovespa é uma boa variável explicativa para a volatilidade da Petr4, sendo que o  $R^2$  ajustado das regressões ficou em torno de 0,8 ou 80%. O que leva a entender que na maioria das vezes o que afeta o Ibovespa também afeta a Petrobras.

Isso é o que se vê na primeira janela, que ocorre no auge da crise de 2008. Podemos ver que, nesse período, as duas séries da volatilidade caminham no mesmo sentido e também possuem valores similares (ver imagem abaixo). Tanto é que os valores esperados da volatilidade da Petr4 dentro da janela, calculados utilizando os coeficientes da regressão, é praticamente o mesmo do valor efetivamente observado, o que faz com que o *teste t* possua valores baixos. Então, nesse período em específico, a crise\incerteza econômica impactou na mesma proporção tanto o mercado acionário como um todo quanto a Petrobras em si.

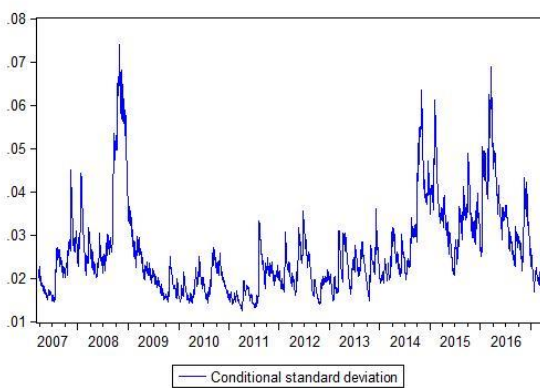


Figura 8 Volatilidade Petr4

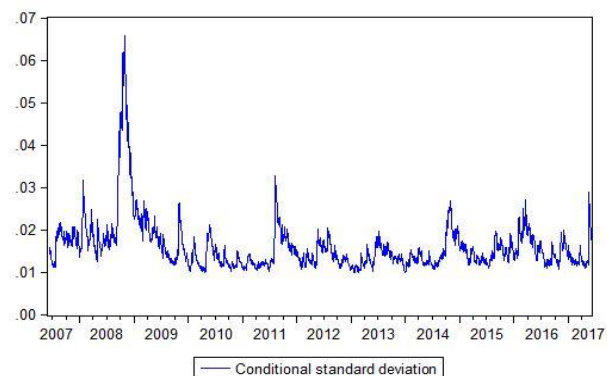


Figura 9 Volatilidade Ibovespa

Porém, analisando a segunda e a terceira janelas, que foram períodos de acentuada tensão política, vemos que os valores esperados estão bem diferentes dos valores observados. O mercado acionário como um todo foi mais estável do que a Petrobras durante esse período de incerteza política.

É possível perceber isso nas figuras acima, onde a volatilidade da Petr4 é bem mais acentuada nesses intervalos do que a volatilidade do Ibovespa. Essa discrepância nas

volatilidades está associada ao alto grau de absorção que a Petrobras tem de crises na política nacional.

## 6. CONCLUSÕES

Na visão de muitos autores, e comprovado nesse trabalho, a Petrobras funciona como um verdadeiro termômetro do que acontece na política brasileira. Quando o período é de instabilidade, a volatilidade, acompanhada da liquidez do papel, tende a aumentar consideravelmente. O preço de suas ações refletem as expectativas dos agentes para o futuro do país mais do que qualquer outra ação, o que só atesta o que foi dito na introdução do trabalho: que a Petrobras funciona como um instrumento de governo. Quando é preciso diminuir a inflação, uma das maneiras utilizadas é segurar o preço da gasolina, quando é preciso ter algum apoio parlamentar, a Petrobras funciona como um cabide de empregos, ficando assim a empresa a mercê dos governantes e passando a percepção para os agentes de que: quem assumir o governo nacional é que ditará os rumos da empresa.

Claro que outros fatores também têm sua importância na instabilidade por qual passa a empresa, como o seu aspecto gerencial, a variação no preço do barril de petróleo, etc. Mas nenhuns desses elementos, no período analisado, tiveram comportamentos bruscos que justificassem a maneira como ocorreu o vai e vem no preço da Petr4, sendo, portanto, as incertezas políticas e econômicas as principais razões para o comportamento das ações da Petrobras.



## 7. REFERÊNCIAS

BUENO, Rodrigo De Losso. **Econometria de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: cengage learning, 2012.

MORETTIN, Pedro. **Econometria financeira: um curso de séries temporais**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2010.

NUNES, Danielle; MEDEIROS, Otávio. **Incerteza política: análise do impacto da incerteza política no prêmio de risco**. Brasília: GCG Georgetown University jornal, 2016. Disponível em: <https://gcg.universia.net/article/download/1868/1924>. Acesso em: 02.out.2016

TATIWA, Roberto. **Salto e Co-saltos nas séries do Ibovespa, Dow Jones e Merval**. Fortaleza, 2016

SAAD, Pedro. **Como o pré-sal gerou uma trágica reestatização da produção do petróleo no Brasil**. 2016. Disponível em: <http://www.mises.org.br/Article.aspx?id=2538>. Acesso em: 03/11/2016

CASELANI, César N.. **O efeito de determinantes microeconômicos e conjunturais sobre a volatilidade dos retornos das principais ações negociadas no Brasil**. São Paulo, 2005.

FRAGA, Luana; et al. **Os escândalos da Petrobrás e o mercado brasileiro: existe correlação dinâmica?**. Fortaleza, 2015

FERNANDES, Marcelo; MONTEIRO, Marcos Bustamante. **Um procedimento para análise de persistência na volatilidade**.



