

**THE SCANDALS OF THE PETROBRAS AND THE BRAZILIAN MARKET:  
Is there Dynamic Correlation?**

**Vinicius Girardi da Silveira** (Autor Correspondente)

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Avenida Roraima - n° 1000 -Prédio 74C  
Cidade Universitária - Bairro Camobi  
Santa Maria - RS - Brasil - CEP 97105-900  
E-mail: [vinicius.girardi@hotmail.com](mailto:vinicius.girardi@hotmail.com)

**Luana dos Santos Fraga**

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Avenida Roraima - n° 1000 -Prédio 74C  
Cidade Universitária - Bairro Camobi  
Santa Maria - RS - Brasil - CEP 97105-900  
E-mail: [luana.fraga92@gmail.com](mailto:luana.fraga92@gmail.com)

**Marcelo Brutti Righi**

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Avenida Roraima - n° 1000 -Prédio 74C  
Cidade Universitária - Bairro Camobi  
Santa Maria - RS - Brasil - CEP 97105-900  
E-mail: [marcelobrutti@hotmail.com](mailto:marcelobrutti@hotmail.com)

**Kelmara Mendes Vieira**

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Avenida Roraima - n° 1000 -Prédio 74C  
Cidade Universitária - Bairro Camobi  
Santa Maria - RS - Brasil - CEP 97105-900  
E-mail: [kelmara@terra.com.br](mailto:kelmara@terra.com.br)

**Paulo Sergio Ceretta**

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Avenida Roraima - n° 1000 -Prédio 74C  
Cidade Universitária - Bairro Camobi  
Santa Maria - RS - Brasil - CEP 97105-900  
E-mail: [ceretta10@gmail.com](mailto:ceretta10@gmail.com)

**ABSTRACT**

*This study aims to analyze the Petrobras stocks behavior in light of the series of published relevant facts, beyond evaluate the impact of the company representation on the Brazilian equity market. To that, the employed data comprehend quotations of Petrobras preferential stock (PN) and Ibovespa, beyond their volumes in Brazilian Reais for the period from January 1, 2004 to March 10, 2015, totalizing 2763 daily observations. It was estimated a Copula-DCC-GARCH model to estimate volatility and dynamic correlation of the series. It was observed that moments that volatility of Petrobras stock price has risen was followed by rises of its correlation with the index. These results salient the strong relationship between Petrobras performance and Brazilian equity market, represented by Ibovespa, illustrating how the bad performance of the company can negatively affect the market performance*

Keywords: *Petrobras, Ibovespa. Copula-DCC-GARCH model, Dynamic correlation, structural breaks.*

**1. INTRODUÇÃO**

Após a intensa transformação industrial, promovida na fase Kubitscheck, setores como o automobilístico e o petroquímico aprofundaram a necessidade do Brasil ter acesso ao barato petróleo internacional e de produzir seus próprios derivados de modo mais estável (Lima & Silva, 2012). A fim de suprimir tais necessidades, foi fundada em outubro de 1953, sob as premissas de redução da dependência externa de recursos energéticas e do fortalecimento da soberania nacional, a estatal Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), que se tornou um símbolo do desenvolvimento e do progresso industrial brasileiro, e figura como uma das mais importantes empresas do país.

Desde que foi criada a Petrobras, o país deposita sobre a estatal uma grande responsabilidade. Em seus primeiros 40 anos de existência, coube somente a ela explorar petróleo no Brasil. O monopólio, que só acabou no fim dos anos 90, fez com que o caminho até a autossuficiência se tornasse mais lento e custoso. A verdade é que tamanha responsabilidade deu origem a uma empresa de grande capacidade técnica e até então com alto potencial financeiro (Paduan; Figueiras & Rodrigues, 2013).

Atuando como uma sociedade anônima de capital aberto com ações negociadas em bolsa de valores, a importância adquirida pela empresa na economia brasileira se refletiu no mercado acionário. Sua participação no Índice Bovespa, principal indicador da bolsa de valores brasileira, chegou a ser de 20% até janeiro de 2010, limite máximo permitido de participação para uma empresa, já em janeiro de 2014 foi de 12,22%.

Em maio de 2008, o valor de mercado da empresa atingiu seu maior valor histórico (R\$ 510,4 bilhões). Contudo, no auge da crise econômica global, em novembro de 2008, o valor da mesma diminuiu relevantemente (R\$ 165 bilhões). Tal variação demonstra que nenhuma economia no mundo está imune a efeitos de crises e cada uma enfrenta às turbulências de acordo com suas próprias particularidades (Matias-Pereira, 2009).

Atualmente a empresa está passando por uma nova crise, porém, agora de caráter mais interno e específico, ou seja, escândalos de corrupção, superfaturamento de obras e lavagem de dinheiro, que acabam por impactar no valor das ações da companhia. Devido a atual crise, em janeiro de 2015, o valor de mercado da companhia foi de 106,6 bilhões de reais, valor menor do que o atingido na crise de 2008.

Além da crise interna, a Petrobras como uma empresa de controle estatal, está constantemente na pauta de discussão política e econômica. Já que a interferência do governo no preço dos derivados do petróleo no mercado interno afeta diretamente o fluxo de caixa da empresa e impacta nos indicadores do país.

Assim, dada a importância da Petrobras para a economia brasileira e diante das enormes turbulências enfrentadas pela empresa no cenário recente, este estudo busca analisar o comportamento das ações da empresa a luz da série de fatos relevantes publicados e avaliar o impacto da representatividade da empresa no mercado de ações brasileiro. Para tanto, foram analisados dados diários da negociação dos ativos da empresa e do Ibovespa no período de janeiro de 2004 a março de 2015, o que permitiu o observar o relacionamento das variáveis ao longo dos anos, bem como algumas mudanças na sua correlação.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Petrobras: Histórico e Fatos Relevantes

O setor energético de uma nação é de grande importância para o desenvolvimento econômico de um país, na medida em que oferece condições para o crescimento de indústrias e garantias estratégicas em tempos de crise (Silveira, 2009). No Brasil, a produção de petróleo ocorreu de forma lenta e carente de investimentos, tornando necessária uma solução para a escassez e o difícil acesso ao produto, que ocorria devido à fragilidade da economia brasileira no que tange à importação do derivado, além da pouca expressividade dos investimentos privados no setor petrolífero brasileiro. Assim, como forma de amenizar tais problemas, o governo patrocinou, em 1953, através da Lei nº 2004, a criação da Petrobras. A empresa estatal foi fundada com a missão de descobrir petróleo para resolver a antiga dependência brasileira da importação de combustíveis (Lima & Silva, 2012).

A Lei nº 2004 estabeleceu o monopólio da União sobre as atividades do setor petrolífero e a autorização para que a União Federal constituísse a Petróleo Brasileiro S.A (Petrobras) como a empresa estatal para a execução do monopólio, fato este que aconteceu no dia 12 de março de 1954 (Brasil, 1953). Contudo, as descobertas que a Companhia realizou, em seus primeiros anos de atividades exploratórias, não aliviaram o peso da dependência do País na importação de grandes volumes de petróleo, diante do consumo crescente de derivados.

Somente em 1961, foi inaugurado o primeiro posto de abastecimento da Petrobras, em Brasília, e a construção da primeira refinaria no município de Duque de Caxias no estado do Rio de Janeiro. No mesmo ano, a empresa atingiu um de seus principais objetivos, que era obter a autossuficiência na produção dos principais derivados de petróleo. Parte dessa conquista se deu em função do início das buscas de petróleo na plataforma continental, que é a porção pouco profunda dos fundos marinhos de até 200 metros (Petrobras, 2015). Posteriormente, no ano de 1968, foi descoberto o primeiro campo de petróleo no mar, o Campo de Guaricema, na Bacia de Sergipe-Alagoas, o que deslocou as perspectivas de autossuficiência para o mar (Lucchesi, 1998).

Em 1973 ocorreu a primeira crise mundial do petróleo gerando impacto na companhia, pois a Organização dos Países Produtores de Petróleo (OPEP) aumentou substancialmente os preços internacionais, levando a desconfiança do mercado em relação à garantia da existência de petróleo suficiente para todos os países. Dessa

forma, foi necessário que algumas medidas econômicas fossem tomadas pelo governo, como a redução do consumo de derivados, o aumento da oferta interna de petróleo e o incentivo ao uso do álcool como combustível automotivo para que não ocorresse a escassez do produto (Born, 2013). Essa situação levantou a discussão sobre as potencialidades de reservas e exploração que o país dispunha, para fazer face à crise econômica que se esperava naquele ano e que se agravaria no final da década, com o aumento das importações de petróleo, a principal matéria-prima para manter o funcionamento da economia (Rodrigues Neto, 1994).

Diante desse grau de dependência do petróleo importado, a partir de 1974 ocorreu aumento significativo da produção interna do petróleo e a viabilização de meios alternativos para recursos energéticos, como a produção de álcool a partir da cana de açúcar, assim como o aumento dos investimentos nas plataformas marítimas (Silveira, 2009). Desde então ocorreram descobertas de importantes campos de petróleo na Bacia de Campos, nas costas do estado do Rio de Janeiro, o que demonstrou o início de um novo ciclo no Brasil. A partir de 1978 a Petrobras demonstrou por meio de projetos a sua preocupação com o meio ambiente e com a cultura e em 1984 ocorreu a confirmação do potencial das águas profundas da Bacia de Campos; a descoberta de óleo e condensado na bacia do Solimões; a ida para águas ultra-profundas; as descobertas de Barracuda e Roncador, em Campos, e do gás de Barra Bonita no Paraná. A Petrobras começou então a se preparar para o desenvolvimento de sistemas de produção em águas profundas, marcando a história da companhia nesse tipo de exploração (Petrobras, 2015).

No ano de 1997, foi estabelecida a Lei nº 9.478, conhecida como Lei do Petróleo, onde iniciou-se a flexibilização do monopólio estatal do petróleo e gás natural nas atividades relacionadas à exploração, produção, refino, exportação, importação e transporte da matéria-prima. Até então, estas atividades eram praticadas exclusivamente pela Petrobras, conforme autorizava a Lei nº 2004/53. Desta forma, foi concedida às demais empresas da área petrolífera - nacionais e estrangeiras - a possibilidade de atuar em todos os elos da cadeia do petróleo (Assis, Araújo & Guimarães, 2011). No Quadro 01 tem-se alguns dos principais fatos ocorridos na estatal a partir do ano de 2003.

#### **Quadro 01- Fatos relevantes referentes à Petrobrás a partir do ano de 2003**

A partir dos fatos mencionados no Quadro 01, é indubitável a importância do ano de 2006 para a estatal e o país, pois neste ano o mesmo conseguiu a autossuficiência na produção de petróleo e gás, apesar dessa autossuficiência ser falha, pois ainda existia um déficit na conta externa de energia, devido ao fato do Brasil continuar vendendo petróleo cru e importando gasolina e diesel (Born, 2013). Em 2007, com o anúncio da descoberta de novas fontes de petróleo, como o pré-sal na Bacia de Santos, Bacia de Campos, Bacia do Espírito Santo e internacionalmente no Golfo do México, a empresa cresceu de forma considerável, sendo publicado pela revista norte-americana "Fortune" a notícia de que a Petrobras já estava no 34º lugar no ranking das maiores companhias do mundo, subindo 20 posições, fazendo com que a mesma se tornasse uma das mais importantes do ramo petrolífero, o que levou os analistas do mercado de capitais a indicarem as ações da mesma (Dias, 2011).

No ano de 2008 teve início a produção na camada pré-sal, composta por grandes acumulações de óleo leve, de excelente qualidade e com alto valor comercial. Uma realidade que colocou o país em uma posição estratégica frente à grande demanda de energia mundial (Petrobras, 2015). Tornou-se evidente, que a Petrobras despontou como empresa primordial à conquista de novas divisas energéticas, capazes de sustentar a crescente demanda nacional por derivados fósseis e produtos petroquímicos, além de auxiliar na balança comercial com a entrada de divisas estrangeiras (Lima & Silva, 2012).

Em maio de 2008, a empresa atingiu seu maior valor histórico (R\$ 510,4 bilhões). Contudo, no auge da crise econômica global, em 21 de novembro de 2008, a mesma atingiu o resultado mais baixo, onde foi registrado o valor da empresa de R\$ 165 bilhões (Dias, 2011). Evidenciou-se assim que nenhuma economia no mundo está imune aos efeitos da crise e cada uma enfrenta às turbulências de acordo com suas próprias particularidades. Estudos e indicadores elucidaram que a queda no preço das commodities, acabou por prejudicar o fluxo das exportações brasileiras, tanto em termos de volume como nos preços (Matias-Pereira, 2009).

Tratando do preço das ações, apesar de ser um ano de crise, o início de 2008 foi um período de grande valorização das ações da companhia. Realizando uma comparação entre 2008 e os dias atuais, observa-se a importante queda no valor de suas ações. No dia 2 de janeiro de 2008, a ação ordinária (PETR3) valia R\$ 51,88, já no dia 30 de março de 2015, o papel estava em R\$ 9,49, queda de 446,69%. A ação preferencial (PETR4) que valia R\$ 43,23 em 2 de janeiro de 2008 caiu para R\$ 9,64, no dia 30 de março de 2015 (perda de 348,44%). Os dados da consultoria Econômica, revelaram que entre 1º de janeiro de 2008 e 30 de março de 2015, o valor de mercado da Petrobras caiu 233,57%, indo de R\$ 429,9 bilhões para R\$ 128,88 bilhões (BM&FBOVESPA, 2015a).

No ano de 2010, a Petrobras fez a maior capitalização da história, levantando 120 bilhões de reais, dos quais 45 bilhões foram para seu caixa. Porém, de lá para cá esse montante vem sendo despendido em negócios não muito vantajosos (Paduan; Figueiras & Rodrigues, 2013). Devido a essa má administração dos recursos, em 2013 o Brasil voltaria a ser dependente da importação de petróleo. A autossuficiência, conquistada em 2006, quando o país passou a produzir mais petróleo do que consumia estava por acabar. Os principais motivos seriam o fato de o governo forçar a Petrobras a manter o preço dos combustíveis estável, mesmo diante do aumento internacional do petróleo, além de incentivar a venda de carros novos, oferecendo crédito fácil e cortando os impostos, fazendo com que a frota nacional aumentasse, aumentando em consequência o consumo dos combustíveis (Borges, 2012).

A proibição por parte do governo de repassar os aumentos ao preço do petróleo, impediu um acréscimo médio de cerca de 0,4 ponto porcentual no índice de inflação, que já estava bem acima da meta de 4,5% estipulada para 2012. Porém, ao bancar o subsídio, provocou um prejuízo de 12,8 bilhões de reais, levando a Petrobras a perder parte de sua capacidade de investimento, a não modernização dos poços já produtivos, a prospecção de novas jazidas, além do atraso da extração de óleo de grande profundidade, o pré-sal (Borges, 2012). Essa influência cada vez maior do Governo na Petrobras é fator importante na análise da redução do valor das ações, pois o Governo apresenta planos de investimentos repletos de incertezas, gerando preocupação nos investidores, tornando a decisão mais difícil na hora de investir nas ações da companhia (Dias, 2011).

Como tentativa de melhorar a situação, em janeiro de 2013, o governo aumentou o preço da gasolina em 6,6% e o do diesel em 5,4%. Porém, o aumento não diminuiu o problema. A defasagem ainda era de 13% na gasolina e 24% no diesel. O lucro da empresa caiu 36% entre 2011 e 2012. Não obstante, a Petrobras perdeu cerca de 23 bilhões de reais em 2013. Todo o dinheiro da maior capitalização da história foi gasto em menos de três anos para tentar segurar, de maneira não muito adequada a inflação. No dia 4 de fevereiro de 2013, a Petrobras anunciou seu pior resultado em oito anos, pois os custos de operação dobraram em menos de seis anos, além da produção de petróleo cair. Para piorar a situação, a companhia deu aos investidores um sinal de que estava com problemas de caixa e o dinheiro estava findando (Paduan; Figueiras & Rodrigues, 2013).

Constatou-se assim, que a intervenção governamental esticou as finanças da companhia, resultando na redução pela metade do valor dos dividendos pagos aos detentores de ações ordinárias (com direito a voto), pois se tinha o objetivo de economizar 3,5 bilhões de reais, o que ajudaria a proteger o fluxo de caixa. Entretanto, essa medida fez com que os investidores tivessem descontentamento com a falta de resultados concretos do plano para socorrer a companhia e as ações caíram novamente. O processo de capitalização da companhia, mal realizado pelo Governo, que tinha como objetivo reduzir o valor da dívida criada colocou novas ações à venda no mercado, fazendo com que aumentasse a oferta, reduzindo drasticamente o valor de todas as ações da Petrobras na bolsa de valores (Toledo, 2011).

As ações da Petrobras foram as mais desvalorizadas entre as dez maiores petroleiras do mundo na bolsa de valores em 2013. Um índice que mede a relação entre o preço do papel e o lucro da empresa mostrou que a Petrobras valia 40% menos do que a chinesa Petrochina e a colombiana Ecopetrol. Esse foi um drama para os 5 milhões de investidores que, direta ou indiretamente, possuíam ações da Petrobras. A estatal, que chegou a ser a segunda maior petroleira do mundo em valor de mercado, atrás apenas da gigante americana Exxon Mobil, ocupou em 2013 a sétima posição. A mesma chegou ao fim do ano de 2013 com 98 bilhões de reais investidos e um endividamento que correspondia a 35% do patrimônio (Paduan; Figueiras & Rodrigues, 2013).

Em janeiro de 2015, a Petrobras, indicou que poderá não pagar dividendos de 2014 aos acionistas em função da crise financeira e política, e que poderá se estender por cerca de 2 anos a investigação contratada para apurar irregularidades na empresa. A diretoria da companhia, um dia após ter divulgado o balanço não auditado do terceiro trimestre de 2014, sem nenhuma baixa contábil por fraude envolvendo a empresa, traçou um panorama difícil para o futuro próximo, frustrando expectativas de analistas e investidores (Nogueira; Blount & Gaier, 2015).

Tratando-se da relação desempenho do mercado acionário e desempenho das ações da Petrobras, Bone (2003), verificou que o mercado (Ibovespa e Ibovespa Modificado) causa alterações na precificação da PETR3 ON, mas não o contrário. Devido a essa causalidade, pode-se dizer que o comportamento do preço das ações PETR3 ON segue a tendência de mercado. A PETR4 PN na sua relação com o mercado mostrou que não existe qualquer causalidade unidirecional ou bidirecional. Portanto, não se pode afirmar que as ações da Petrobras influenciam sistematicamente o mercado a ponto de gerar grandes impactos, pelo contrário, o mercado age independentemente do comportamento dessas ações, no que se refere ao período de janeiro de 1994 a outubro de 2002.

### 3. MÉTODO

Para realização deste estudo foram utilizados dados diários referentes às ações negociadas na BM&F/Bovespa pela estatal brasileira Petrobras, bem como os respectivos valores do índice Bovespa para cada dia de negociação.

Os ativos da empresa, como o de outras negociadas na BM&F/Bovespa, são divididos em ações preferenciais (PN) e ordinárias (ON). Desse modo, a fim de tornar o artigo parcimonioso optou-se por utilizar apenas a ação preferencial da Petrobras (Petr4), uma vez que está apresenta um maior volume negociado em bolsa. Assim, os dados empregados compreenderam as cotações da ação Petr4 e do Ibovespa, além de seus volumes em reais para o período de 02/01/2004 à 10/03/2015, perfazendo 2763 observações diárias.

Tsay (2010) destaca que na literatura financeira, séries de retornos de ativos são comumente tratadas como estacionárias. Nesse contexto, a fim de evitar problemas de não-estacionariedade, além de padronizar a análise, optou-se por empregar os log-retornos das variáveis utilizadas. Os procedimentos de estimação do modelo Cópula-DCC-GARCH, bem como os de detecção de quebras estruturais são discutidos por Jondeau e Rockinger (2006) e Zeileis et al. (2002), respectivamente. Ambos os procedimentos são esquematicamente expostos por Righi (2013), e serão apresentados neste artigo como descrito pelo autor. A partir disso, utilizou-se um modelo de vetor auto-regressivo (VAR), a fim de obter a estimativa média do retorno e da série de resíduos de cada variável. A equação (1) apresenta a formulação matemática do modelo VAR utilizado:

$$r_t = \phi_0 + \Phi_1 r_{t-1} + \dots + \Phi_p r_{t-p} + a_t. \quad (1)$$

Em (1),  $r_t$  é um vetor  $k$ -dimensional dos log-retornos no período  $t$ ;  $\phi_0$  é um vetor  $k$ -dimensional de constantes;  $\Phi_i$ ,  $i=1, \dots, p$  são matrizes  $k \times k$  de parâmetros;  $\{a_t\}$  é uma sequência de vetores aleatórios serialmente não correlacionados com média zero e matriz de covariância  $\Sigma_a$ . Posteriormente, utilizando os resíduos obtidos através do modelo VAR foi estimada a matriz de covariância condicional com um modelo Cópula-DCC-GARCH, representado pela formulação (2):

$$\Omega_t = D_t' R_t D_t. \quad (2)$$

Onde,

$$D_t = \text{diag}(h_{1,t}^{1/2} \dots h_{N,t}^{1/2}), h_{i,t}^2 = c_i + \sum_p b_{i,p} h_{i,t-p}^2 + \sum_q a_{i,q} \varepsilon_{i,t-q}^2;$$

$$R_t = \text{diag}(q_{11,t}^{-1/2} \dots q_{NN,t}^{-1/2}) Q_t \text{diag}(q_{11,t}^{-1/2} \dots q_{NN,t}^{-1/2});$$

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta) \bar{Q} + \alpha u_{t-1} u_{t-1}' + \beta Q_{t-1}, u_{i,t} = \varepsilon_{i,t} / \sqrt{h_{i,t}};$$

$\bar{Q}$  é a matriz  $N \times N$  composta pela covariância incondicional de  $u_{i,t}$ ;  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros não-negativos satisfazendo  $\alpha + \beta < 1$ ; Os parâmetros foram estimados pelo procedimento de quase máxima verossimilhança em duas etapas, conforme Jondeau *et al.* (2007). No primeiro estágio, a variância condicional é estimada através de um modelo GARCH univariado para cada ativo. Em seguida, com base nos parâmetros do primeiro estágio são estimados os parâmetros para a correlação condicional.

Para definir as distribuições marginais das inovações e conjunta (Cópula), foi empregue o Critério de Informação de Akaike (AIC). As distribuições candidatas foram a Normal,  $t$  de Student, bem como suas versões assimétricas para o primeiro estágio, além de Cópula Multivariada Normal e Cópula Multivariada  $t$  de Student para o segundo. De acordo com Bouyé (2000), cópulas só foram empregadas em finanças a partir de 1999 e podem ser entendidas como distribuições de probabilidade multivariadas onde a distribuição marginal de probabilidade de cada variável é uniforme. Mais de detalhes sobre o assunto podem ser vistos em Jondeau e Rockinger (2006) e Righi (2013).

Para validar o modelo buscou-se identificar a presença de correlação serial nos resíduos e resíduos quadrados do modelo VAR e nos resíduos quadrados do modelo Cópula-DCC-GARCH, por meio do teste  $Q$  de Ljung e Box (1978), representado pela formulação (6). Essa estatística testa a hipótese nula de que os dados são aleatórios contra a alternativa de não aleatoriedade dos mesmos.

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^h \frac{\hat{\rho}_k^2}{n-k}. \quad (3)$$

Na formulação (3),  $n$  é o tamanho da amostra;  $\hat{\rho}_k^2$  é a autocorrelação da amostra na defasagem  $k$ ;  $h$  é o número de defasagens sendo testadas. A estatística  $Q$  de Ljung e Box segue a distribuição de qui-quadrado ( $\chi^2$ ) com  $h$  graus de liberdade.

Após a estimação das volatilidades e correlações dinâmicas, foi testada a presença de quebra estrutural nas respectivas séries estimadas. Como feito por Righi (2013), calculou-se a soma cumulativa dos resíduos (CUSUM),



a soma móvel dos resíduos (MOSUM) e testes F das inovações padronizadas das equações do modelo GARCH. Os testes aplicados são representados pelas formulações (4) e (5).

$$CUSUM_n(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{\eta}} \sum_{i=k+1}^{k+t\eta} \hat{u}_i. \quad (4)$$

$$MOSUM_n(t|h) = \frac{1}{\sigma\sqrt{\eta}} \sum_{i=k+[N_\eta t]+1}^{k+[N_\eta t]+[h\eta]} \hat{u}_i. \quad (5)$$

Em (4) e (5),  $n$  é o tamanho da amostra;  $k$  é o número de parâmetros;  $\hat{u}_i$  são os resíduos padronizados;  $\sigma$  é o desvio padrão da amostra;  $\eta = n - k$  é o número de resíduos recursivos;  $[\cdot]$  é a parte inteira de  $\cdot$ ;  $h \in (0, 1)$  é o parâmetro de amplitude que define a janela da média móvel;  $N_\eta = (\eta - [h\eta]) / (1 - h)$ . Sob a hipótese nula, os processos limitantes para estas flutuações empíricas são o Padrão de Movimento Browniano e seus incrementos. Sob a alternativa, se houver um único ponto de quebra estrutural,  $t_0$ , os resíduos recursivos apenas terão média zero até este ponto.

Uma alternativa para identificar quebras estruturais são os testes F. Nestes, o primeiro passo é calcular a estatística F para todos os pontos da amostra e depois utilizar as expressões das formulações (6), (7) e (8) para testar se algum deles apresenta quebra estrutural.

$$\sup F = \sup_{\underline{i} \leq i \leq \bar{i}} F_i. \quad (6)$$

$$\text{ave} F = \frac{1}{\bar{i} - \underline{i} + 1} \sum_{i=\underline{i}}^{\bar{i}} F_i. \quad (7)$$

$$\text{exp} F = \log \left( \frac{1}{\bar{i} - \underline{i} + 1} \sum_{i=\underline{i}}^{\bar{i}} \exp(0,5F_i) \right). \quad (8)$$

Em (6), (7) e (8),  $[\underline{i}, \bar{i}]$  é o intervalo da amostra e a hipótese nula de não haver quebras estruturais é rejeitada quando a estatística  $F$  máxima ou média for muito elevada.

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente, com o intuito de evidenciar a evolução das séries estudadas, foram apresentados gráficos das variáveis em nível e em primeira diferença de logaritmos (log-retornos). A Figura 1 expõe o comportamento temporal destas variáveis.

**Figura 1 – Evolução temporal do Índice Bovespa, da cotação da ação Petr4, do volume negociado pelo Índice Bovespa, do volume negociado pela ação Petr4 e seus respectivos log-retornos para o período de janeiro de 2004 a março de 2015.**

Observou-se na Figura 01 que tanto o Ibovespa como o preço da Petr4 apresentaram um crescimento acentuado até início de 2008, o que foi confirmado através dos fatos relevantes da BMF&BOVESPA (2015), com a descoberta de grandes poços ultra-profundos e a descoberta do pré-sal. Porém, a crise de 2008 provocou uma brusca queda em seus valores, corroborando com os estudos de Dias (2008), o qual evidenciou que no auge da crise econômica global, em novembro de 2008, a companhia atingiu o resultado mais baixo, onde foi registrado o valor da empresa de R\$ 165 bilhões e a consequente desvalorização das ações.

Verificou-se que ainda em 2008, ocorreu uma recuperação que se estendeu até meados de 2009, com o índice mantendo um desenvolvimento estável até o fim do período e a Petrobras com uma tendência de declínio em seu preço. O volume do Ibovespa, por sua vez, evoluiu de forma constante ao longo do período o que sugere uma maior consolidação do mercado brasileiro. Já o da Petr4, apresentou um comportamento semelhante, havendo um aumento no volume negociado no final de 2014, que pode ser explicado por denúncias de corrupção contra a empresa e investigações das mesmas, através da Operação Lava-Jato, levando muitos investidores a se desfazerem de suas ações.

Na segunda parte da Figura 1 é exposta a evolução temporal das variáveis em log-retorno, tais como utilizadas na estimação dos modelos. De um modo geral, todas possuem um comportamento típico de séries estacionárias, o que é esperado, uma vez que a transformação em log-retorno é o procedimento padrão empregado na literatura para obtenção de séries financeiras estacionárias, o que permite, além de evitar problemas de inferência estatística, padronizar os resultados obtidos.

Dando continuidade a análise, são apresentadas na Tabela 1 as estatísticas descritivas das séries em nível da Figura 1. Os resultados evidenciaram que estas apresentam médias e desvios padrões de diferentes magnitudes, o que se deve a utilização de variáveis com formação distinta e reitera a necessidade do emprego dos log-retornos a fim de padronizar as informações. Os pontos de mínimo e máximo, em geral, apresentam valores com grande dispersão entre si, e que não se refletem inteiramente em seus desvios padrões, indicando uma significativa variação na série durante os mais de 10 anos estudados. Este comportamento pode ser observado mais nitidamente nas cotações do Ibovespa e da Petr4.

**Tabela 1 - Estatísticas descritivas do Índice Bovespa, da Cotação da Petr4, do Volume negociado pelo Índice Bovespa e do volume negociado pela Petr4**

Ademais, com exceção do Ibovespa, as variáveis são positivamente assimétricas, havendo uma maior frequência de observações à esquerda da média. Além disso, as cotações apresentaram uma distribuição platicúrtica com menor incidência de valores extremos. Por outro lado, os volumes se mostraram leptocúrticos com uma frequência mais concentrada e uma maior presença de valores extremos. O que, de modo geral, indica que nenhuma variável apresenta um comportamento probabilístico característico de séries normalmente distribuídas.

Após essa breve descrição dos dados, a próxima etapa do estudo consistiu na estimação de um modelo VAR como descrito pela Equação (1). Foram estimados dois modelos, um para os log-retornos do Ibovespa e da Petr4 e outro para o volume negociado pelas mesmas. Para a escolha das defasagens, por sua vez, empregou-se o critério de informação AIC. De todo modo, por não ser o escopo deste artigo, os resultados das estimações do modelo VAR não serão apresentados.

A fim de validar o modelo acima, buscou-se identificar a presença de correlação serial nos resíduos e resíduos ao quadrado, por meio do teste  $Q$  de Ljung e Box (1978). Foram testadas 5 defasagens, sendo que não houve valor significativo para o teste  $Q$  dos resíduos do modelo, no entanto, quando consideradas suas formas quadráticas as defasagens se mostraram estatisticamente significativas. Esse resultado confirma a presença do efeito heteroscedástico condicional, sugerindo que a volatilidade dos resíduos pode ser modelada. Desse modo, utilizando os resíduos obtidos através do modelo VAR foi estimada uma matriz de covariância condicional com um modelo Cópula-DCC-GARCH. A formulação matemática do modelo foi apresentada na Equação (2) e os resultados, juntamente com os do teste  $Q$ , são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Modelo Cópula-DCC-GARCH estimado para o Índice Bovespa, Cotação da Petr4, Volume negociado pelo Índice Bovespa e volume negociado pela Petr4**

Na Tabela 2, os parâmetros  $\mu$  confirmam o fato do modelo VAR anteriormente estimado ter captado as dependências seriais das séries temporais utilizadas, o que também pode ser observado pela não significância das respectivas estatísticas  $Q$ . Adicionalmente, todas as volatilidades se mostraram afetadas pela sua volatilidade passada ao nível de 5% de significância. Esta característica é evidenciada pela significância estatística do parâmetro  $\beta_1$ . Além disso, a volatilidade também demonstrou ser influenciada pelos choques quadrados não antecipados em suas taxas de retorno, como pode ser notado pela significância estatística do parâmetro  $\alpha_1$ .

Ainda na Tabela 2, constatou-se que a correlação dinâmica estimada para os retornos também é afetada por seus períodos passados. Este resultado pode ser observado pela significância do parâmetro *Joint dccb1*, que sugere que 0,951 da correlação presente é afetada pela do dia anterior. Quando observado o parâmetro para os volumes, os mesmos apresentaram um comportamento semelhante e ainda mais intenso, sugerindo uma alta dependência do passado com o relacionamento presente. Como outro aspecto relevante, destaca-se que a cópula  $t$  de Student apresentou significância estatística na especificação conjunta dos dados, o que pode ser observado no parâmetro *Joint mshape* para ambos os modelos.

Para verificar o ajuste do modelo Cópula-DCC-GARCH, do mesmo modo que para o modelo VAR, buscou-se identificar a presença de correlação serial nos seus resíduos ao quadrado, por meio do teste  $Q$  de Ljung e Box (1978). Foram testadas 5 defasagens, sendo que não houve valor significativo para o teste  $Q$  dos resíduos do modelo, o que indica a aleatoriedade dos resíduos quanto a sua dependência com o passado, e sugere que a informação contida nos dados foi captada pelo modelo. Na próxima parte da análise, foram empregados os testes apresentados nas equações (4) a (8) para verificar a presença de quebras estruturais nas volatilidades e correlações dinâmicas estimadas pelo modelo GARCH. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3. Testes de quebra estrutural e p-valores para as volatilidades e correlações dinâmicas dos retornos e volumes do Índice Bovespa e Petr4**

Os resultados da Tabela 3 indicam que todos os testes rejeitaram a hipótese nula de não haver quebras estruturais nas volatilidades e correlações dinâmicas estimadas para as cotações e volumes do Ibovespa e da ação Petr4 da Petrobras. A partir da detecção da presença de quebras estruturais, são então destacados os pontos onde ocorrem as mudanças no padrão de evolução das séries, sendo salientados cinco pontos onde houve alterações no padrão estrutural das variáveis de acordo com o critério de seleção BIC. As correlações e volatilidades dinâmicas estimadas pelo modelo Cópula-DCC-GARCH, juntamente com seus respectivos pontos de quebra estrutural são apresentados nas Figuras 2 e 3.

**Figura 2 – Evolução temporal da Volatilidade dinâmica dos log-retornos do Ibovespa, dos log-retornos da ação Petr4, e da correlação dinâmica entre os log-retornos do Ibovespa e da ação Petr4 para o período de janeiro de 2004 a março de 2015**

Na Figura 2, a volatilidade do Ibovespa apresentou certa estabilidade ao longo da amostra, indicando uma maior consolidação do mercado acionário brasileiro, com o momento de maior oscilação sendo visto durante o período da crise de 2008. A Petr4, por sua vez, apresenta um comportamento levemente acentuado em relação ao índice, porém muito similar. O momento em que ocorre a maior distinção é observado no final de 2014, onde a volatilidade da ação atinge picos semelhantes ao anteriormente visto durante a crise do sub-prime, o que possivelmente se deve as denúncias de corrupção envolvendo a estatal, além do anúncio, em fevereiro de 2015, do rebaixamento do rating da dívida da Petrobras em moeda estrangeira, do Grau Ba2 para o Grau Baa3, pela agência de classificação de risco Moody's, também motivado em parte pelas investigações de corrupção, impactando na confiança dos investidores (Moody's, 2015).

Quando observada a correlação dinâmica, percebe-se uma grande variação, com valores limites de 0,52 a 0,87, o que indica uma forte associação entre o Ibovespa e a Petr4 ao longo do período estudado. Além disso, destaca-se que os momentos em que a volatilidade da ação da Petrobras se eleva são acompanhados por aumentos da sua correlação com o índice, o que pode ser observado durante a crise de 2008 e mais nitidamente ao longo do ano de 2014. Esses resultados salientam o forte relacionamento entre o desempenho da Petrobras e o do mercado acionário brasileiro, representado pelo Ibovespa, ilustrando como o mau desempenho da empresa pode afetar negativamente o desempenho de todo mercado, que em alguns momentos apresentaram um relacionamento próximo a 90%, como observado pelas correlações. Esses resultados vão de encontro às conclusões de Bone (2003), que evidenciou que para o período de 1994 a 2002 não foi possível afirmar que as ações da Petrobras (ordinárias e preferenciais) influenciam sistematicamente o mercado a ponto de salvá-lo ou afundá-lo.

As quebras estruturais destacadas nos gráficos da Figura 2 expõem os momentos a partir dos quais o padrão de evolução da série se alterou, o que não pode ser confundido com situações de choques inesperados, uma vez que o procedimento detecta mudanças no comportamento médio das séries e não apenas *outliers*. Quando observadas as volatilidades, percebe-se que as quebras ocorreram em cinco momentos em cada série. Comparando os momentos entre as séries observa-se grande proximidade entre as datas das quebras.

O primeiro ponto de quebra ocorreu em novembro de 2005, que marca a época em que o preço da Petr4 começou a ascender no mercado, o segundo e terceiro pontos, respectivamente, se apresentaram no início e fim do auge da crise de 2008, o quarto momento em agosto de 2011 é um reflexo do rebaixamento da nota de crédito dos Estados Unidos que provocou uma alta volatilidade nas bolsas em todo o mundo, já o último momento ocorre na metade de 2013 e é marcado pela ampliação da atual crise interna da estatal devido a negócios mal sucedidos, como a compra da refinaria de Pasadena, que refere-se ao fato da Petrobras ter desembolsado um valor muito alto pela refinaria, o que originou investigações de evasão de divisas e de superfaturamento (JurisBrasil, 2014), além do seu maior endividamento.

Por mais que o relacionamento entre a Petr4 e o Ibovespa tenha se mostrado fortemente correlacionado, essa correlação variou ao longo do tempo e apresentou diversos momentos de alteração em seu comportamento médio. Assim, a detecção da existência de quebras estruturais na correlação destes ativos financeiros se torna relevante na medida em que mudanças nas volatilidades e correlações implicam em uma alteração na eficiência de estratégias de diversificação e no prêmio de risco dos investidores, o que merece ainda mais relevância pelo fato do desempenho de apenas uma ação estar tão correlacionada com o desempenho do Ibovespa, que é muitas vezes tratada pelos investidores como representante do mercado brasileiro.

Na próxima parte da análise é abordado o relacionamento do Ibovespa com a Petrobras sob a ótica da liquidez acionária, onde são apresentadas as volatilidades e a correlação dinâmica do volume negociado pelo índice com o volume negociado pela ação Petr4 da estatal. Os gráficos das séries, juntamente com seus respectivos pontos de quebra estrutural são apresentados na Figura 3.



**Figura 3 – Evolução temporal da Volatilidade dinâmica dos log-retornos do volume negociado pelo Ibovespa, dos log-retornos do volume negociado pela ação Petr4, e da correlação dinâmica dos log-retornos do volume negociado pelo Ibovespa e pela ação Petr4 para o período de janeiro de 2004 a março de 2015**

Na Figura 3, a volatilidade do volume da Petr4 demonstrou uma evolução mais constante em relação ao do Ibovespa que apresentou uma intensa variabilidade ao longo do tempo. A volatilidade na liquidez da Petr4 foi mais intensa no período inicial, até que no final de 2005 começa a se reduzir, se estendendo até meados de 2007, quando apresenta um comportamento mais estável. Após o período inicial da amostra, o momento de maior volatilidade no volume é observado ao longo do ano de 2014, período em que se intensificaram as denúncias de corrupção contra a empresa, provocando uma maior variação na liquidez do que a vista durante a crise de 2008.

Quanto à correlação dinâmica, está apresentou uma grande variabilidade, que foi de 0,26 a 0,66, que apesar de inferior em relação aos retornos ainda sugere um forte relacionamento entre o volume negociado pelo Ibovespa e o negociado pela ação Petr4. Ademais, percebe-se que o aumento da volatilidade da ação ao longo de 2014, durante as denúncias de corrupção contra a Petrobras, foi acompanhado pelo aumento da correlação do volume negociado pela empresa com o volume negociado pelo índice, atingindo o pico anteriormente mencionado de 0,66. Tal fato destaca o importante papel da estatal para o mercado acionário brasileiro, na medida em que a presença de um maior risco de liquidez acaba por impactar o volume negociado pelo Ibovespa, como observado pelo aumento da correlação nos momentos de instabilidade da empresa.

No que diz respeito às quebras estruturais, estas também são observadas nos volumes negociados e se apresentaram em momentos semelhantes aos já mencionados nos retornos, destacando os pontos onde houve alteração no comportamento médio das séries. Do mesmo modo, a correlação e as volatilidades variaram ao longo do tempo e apresentaram diversos momentos de alteração em sua evolução. Estes resultados estão diretamente relacionados ao risco de liquidez presente no mercado acionário brasileiro, ou seja, a dificuldade encontrada por investidores para negociar seus ativos, que pode se mostrar afetada pelo desempenho de um pequeno número de ações, ou no caso a Petrobras.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve o objetivo de analisar o comportamento das ações da Petrobras e avaliar a representatividade deste comportamento para o mercado acionário brasileiro no período de janeiro de 2004 a março de 2015. Para tanto, foi utilizado um modelo Cópula-DCC-GARCH em dados diários da negociação dos ativos da empresa e da evolução do Ibovespa, que permitiram observar o relacionamento das variáveis ao longo dos anos, bem como quebras estruturais em sua evolução.

Quando observada a relação entre o retorno da ação Petr4 com o Ibovespa, destacou-se que a volatilidade de ambas as séries apresentaram um comportamento similar ao longo do período estudado. O momento em que ocorre a maior distinção é visto no final de 2014, onde a volatilidade da ação atinge picos semelhantes ao da crise do sub-prime e não é acompanhada pelo Ibovespa, o que está possivelmente relacionado às denúncias de corrupção envolvendo a estatal durante o período. Além disso, destaca-se que os momentos em que a volatilidade da ação da Petrobras se elevou foram acompanhados por aumentos da sua correlação com o índice. Esses resultados salientam o forte relacionamento entre o desempenho da Petrobras e o do mercado acionário brasileiro, representado pelo Ibovespa, ilustrando como o mau desempenho da empresa pode afetar negativamente o desempenho de todo mercado.

Ao se observar a relação da liquidez da Petr4 com a do Ibovespa, destaca-se que a Petrobras demonstrou uma evolução mais constante em relação ao do Ibovespa que apresentou uma intensa variabilidade ao longo do tempo. De modo similar aos retornos, após o período inicial da amostra, o momento de maior volatilidade no volume é observado ao longo do ano de 2014, período em que se intensificaram as denúncias de corrupção contra a empresa, o que provocou uma maior variação na liquidez do que a vista durante a crise de 2008. Tal comportamento também se refletiu na correlação, uma vez que o aumento da volatilidade da ação ao longo de 2014 foi acompanhado pelo aumento da correlação do volume negociado pela empresa com o volume negociado pelo índice, o que reitera o importante papel da estatal para o mercado acionário brasileiro, na medida em que a presença de um maior risco de liquidez acaba por impactar o volume negociado pelo Ibovespa.

No que diz respeito às quebras estruturais, ao se observar tanto os retornos como os volumes, percebe-se a Petrobras e o Índice Bovespa apresentaram pontos de quebra estrutural em suas volatilidades e correlações em momentos similares, que estiveram relacionados a períodos de instabilidade no sistema financeiro ou na própria empresa. Assim, a detecção da existência de quebras estruturais na correlação destes ativos financeiros se torna relevante na medida em que mudanças nas volatilidades e correlações implicam em uma alteração na eficiência

de estratégias de diversificação e no prêmio de risco dos investidores, além risco de liquidez presente no mercado acionário brasileiro. O que merece ainda mais relevância pelo fato do desempenho de apenas uma ação estar tão correlacionada com o desempenho do Ibovespa.

Portanto, as evidências deste trabalho indicam que dadas as altas correlações dinâmicas, especialmente em momentos de crise, os resultados da Petrobras impactaram diretamente e fortemente os resultados do mercado brasileiro. Assim, fica claro que ações governamentais, como controlador da companhia, de interferência direta ou indireta na estatal, como por exemplo, no controle do preço interno da gasolina para ajustes inflacionários, não só impacta a empresa, como também se reflete imediatamente no comportamento do mercado de ações, diferentemente de outras empresas, onde o impacto dos riscos específicos pode ser reduzido pela diversificação. Desse modo, para o investidor com carteiras de ações nacionais, sem a utilização da diversificação internacional será difícil, se não impossível, reduzir o risco da volatilidade da Petrobras do seu investimento.

Destaca-se ainda o fato de que tradicionalmente as quebras estruturais nas séries de retornos e liquidez dos índices de mercado são associadas a crises econômicas de efeito mundial ou a fatos políticos e/ou macroeconômicos locais muito relevantes. No entanto, no caso brasileiro, o impacto da Petrobras é tão significativo a ponto de ser capaz de promover uma quebra estrutural no retorno e no volume do Ibovespa. Por exemplo, neste caso a quebra estrutural de 2013, muito provavelmente, decorrente dos escândalos relativos de corrupção relativos a Petrobras.

#### AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro.

#### REFERÊNCIAS

- ASSIS, N. M. F.; ARAÚJO, L. G. F.; GUIMARÃES, P. B. V. (2011). Novo marco regulatório do pré-sal: o retorno do monopólio estatal na indústria petrolífera? *Revista Direito E-nergia*, 1(1). Recuperado em 08 março, 2015, de <http://www.periodicos.ufrn.br/direitoenergia/article/view/5072/4061>
- BM&FBOVESPA. **Petróleo Brasileiro S.A. Petrobras, Fatos Relevantes**, 2015. Disponível em: < <http://www.bmfbovespa.com.br/cias-listadas/empresas-listadas/ResumoInformacoesRelevantes.aspx?codigoCvm=9512&idioma=pt-br>>. Acesso em: 03 mar. 2015.
- \_\_\_\_\_. **Petróleo Brasileiro S.A. Petrobras, Cotações**, 2015a. Disponível em: < <http://pregao-online.bmfbovespa.com.br/?Idioma=pt-br>>. Acesso em: 30 mar. 2015.
- BONE, R. B. (2003). Existe causalidade entre as ações da Petrobrás Holding e o Ibovespa no período de 1994-2002? *Anais do Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2.
- BORN, J. C.(2013) Vale a pena investir na Petrobras? *Revista Eletrônica OPET*, 1(8). Recuperado em 20 fevereiro, 2015, de <http://www.opet.com.br/faculdade/revista-cc-adm/pdf/n8/VALE-A-PENA-INVESTIR-NA-PETROBRAS.pdf>
- BORGES, H.(2012, novembro 13). Más notícias: governo usa a Petrobras para segurar a inflação, empresa não cumpre metas – e o país voltará a importar petróleo em 2013 [Revista online]. Retirado em <http://veja.abril.com.br/blog/ricardo-setti/politica-cia/mas-noticias-governo-usa-a-petrobras-para-segurar-a-inflacao-empresa-nao-cumpre-metas-e-o-pais-voltara-a-importar-petroleo-em-2013>
- BOUYÉ, E.; DURLEMAN, V.; NIKEGHBALI, A.; RIBOULET, G.; RONCALLI, T. (2000). Cópulas for Finance - A Reading Guide and Some Applications. *Working Paper*, Recuperado em 26 março, 2015, de <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1032533>
- BRASIL. Lei nº 2004, de 3 de outubro de 1953. Dispõe sobre a Política Nacional do Petróleo e define as atribuições do Conselho Nacional do Petróleo, institui a Sociedade Anônima, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 out.1953. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L2004.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L2004.htm)>. Acesso em: 15 fev. 2015.
- DIAS, A. (2011, julho 14). Entenda por que as ações da Petrobras caem apesar das boas notícias [UOL Economia]. Retirado de <http://economia.uol.com.br/financas-pessoais/noticias/redacao/2011/07/14/acoes-da-petrobras-caem-50-em-3-anos-apesar-das-boas-noticias.htm>
- JONDEAU, E.; ROCKINGER, M. (2006) The Cópula-GARCH model of conditional dependencies: An international stock market application. *Journal of International Money and Finance*, 25, 827-853.
- JONDEAU, E.; POON, S-H.; ROCKINGER, M. (2007) *Financial Modeling Under Non-Gaussian Distributions*. London: Springer.
- LIMA, M. F. C.; SILVA, M.(2012). A. Inovação em petróleo e gás no Brasil: a parceria Cenpes-Petrobras e Coppe-UFRJ. *Sociedade e Estado*, 27(1), 97-115.
- LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P.(1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, 65, 297–303.
- LUCCHESI, C. F. (1998). Petróleo. *Estudos Avançados*, 12(33), 17-40.

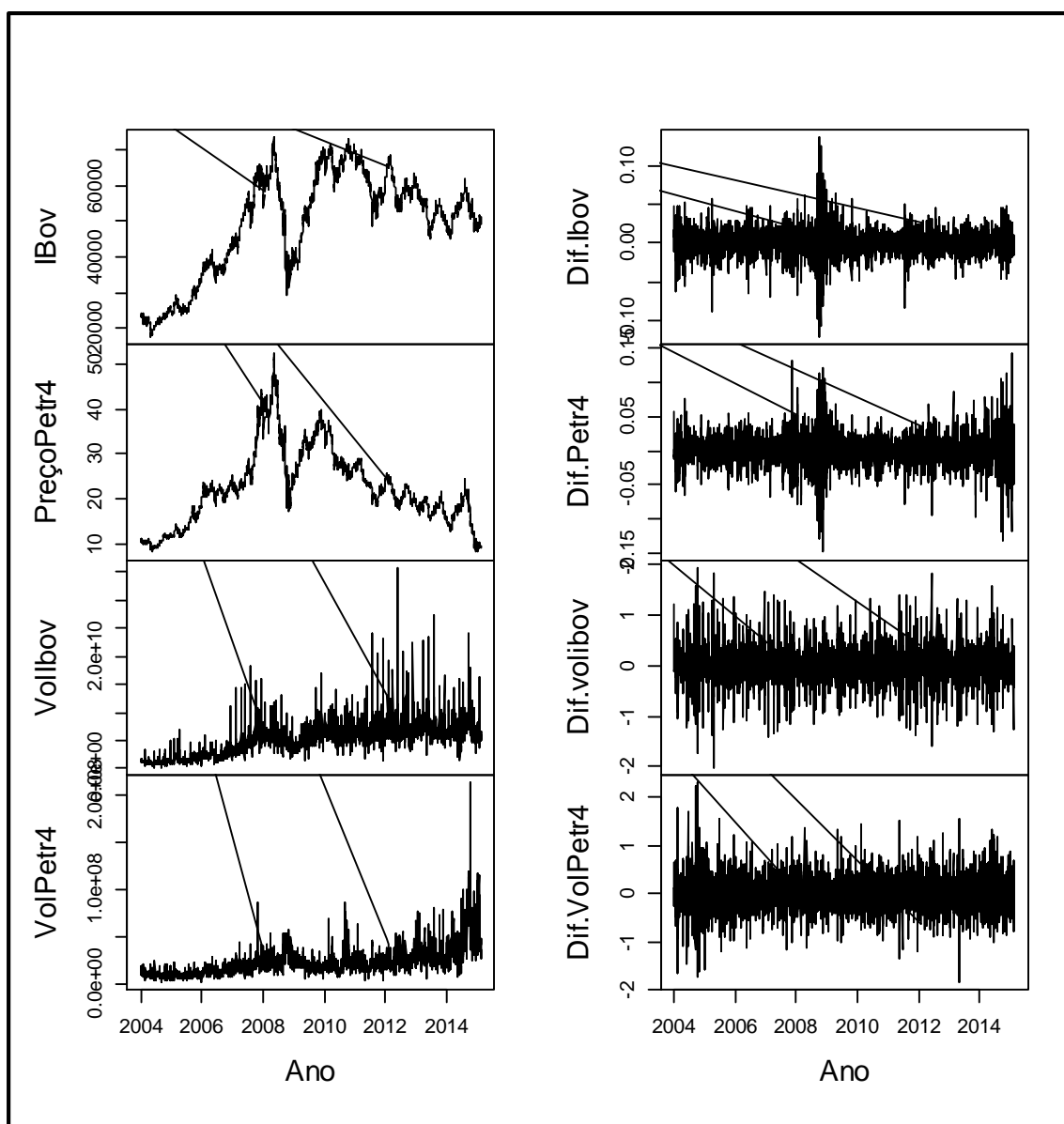
- LUQUET, M.(2013, janeiro 31). Reajustes são insuficientes para frear queda de ações da Petrobras [ Jornal online.]. Retirado de <http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2013/01/reajustes-sao-insuficientes-para-frear-queda-de-acoes-da-petrobras.html>
- MATIAS-PEREIRA, J. (2009). Efeitos e custos da crise financeira e econômica global no Brasil. *Revista acadêmica de economia*. Retirado em 02 março, 2015, de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/09/jmp.htm>
- NOGUEIRA, M.; BLOUNT, J.; GAIER, R. V. ( 2015, janeiro 29). Petrobras pode não pagar dividendos de 2014 e vê investigação por até 2 anos.. Retirado de <http://br.reuters.com/article/domesticNews/idBRKBN0L22W320150129?pageNumber=1&virtualBrandChannel=0>
- PETROBRAS. (2015). Memória Petrobras. Retirado de <http://memoria.petrobras.com.br/>
- RIGHI, M. B. (2013). *Gestão Dinâmica do Risco de Mercado com Modelo Cópula-Garch* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.
- RODRIGUES, J. N. (1994). *O Estado Produtor de Petróleo e as transformações na economia do Rio Grande do Norte, nos anos 80*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- SILVEIRA, T. G.(2009) *Uma Análise da Exploração Petrolífera no Sul do Estado do Espírito Santo: estudo de caso*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.
- TOLEDO, D. C. (2011, setembro 19). Por que as ações da Petrobras caíram tanto? Retirado de: <http://jovempan.uol.com.br/noticias/2011/09/por-que-as-acoes-da-petrobras-cairam-tanto.html>
- TSAY, R.S. (2010). *Analysis of financial time series* (3 ed.) .John Wiley & Sons.
- ZEILEIS, A.; LEISCH, F. K.; HORNIK, K.; KLEIBER, C. (2002) Strucchange: An R package for testing for structural change in linear regression models. *Journal of Statistical Software*, 7, 1-38.

#### Quadro 01- Fatos relevantes referentes à Petrobrás a partir do ano de 2003

ANO	DATA	FATOS
2003	29 abr.	Maior descoberta de gás já ocorrida na plataforma continental brasileira, com significativos volumes de gás previstos, com localização no litoral do Estado de São Paulo.
	04 jun.	Comunicado de realização de quatro novas descobertas no ano, no Estado do Espírito Santo, nas vizinhanças dos campos de Jubarte e Cachalote, exclusivo da Petrobras.
2006	18 mai.	Teste de um novo processo para a produção de óleo diesel chamado de H-Bio, processo que permite o uso de óleos vegetais de diversas origens; não gera resíduos a serem descartados; incrementa na qualidade do óleo diesel; complementa o programa de utilização de biomassa na matriz energética, gerando benefícios ambientais e de inclusão social.
2007	8 nov.	Conclusão da análise dos testes de formação do segundo poço na área denominada Tupi, localizado na bacia de Santos. Foi realizado também, uma avaliação regional do potencial petrolífero do pré-sal que se estende nas bacias do Sul e Sudeste brasileiros. Os poços que atingiram o pré-sal e que foram testados pela Petrobras mostraram-se ser de alta produtividade de petróleo leve e de gás natural. Esses poços foram localizados nas bacias do Espírito Santo, de Campos e de Santos.
	14 dez.	Conclusão das negociações para formação de uma Sociedade Petroquímica. A Petrobras e a Unipar compartilham da necessidade de promover a consolidação do setor petroquímico brasileiro de forma a se ter empresas com maiores escalas, com tecnologia e gestão capazes de torná-las competitivas em termos mundiais.
2008	10 set.	O consórcio formado pela Petrobras, BG Group e Galp Energia para exploração em águas ultra profundas da Bacia de Santos, comprovou relevante descoberta de óleo leve nos reservatórios do pré-sal.
	21 nov.	Comunicado à Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), da conclusão da perfuração de dois novos poços na seção pré-sal do litoral do Espírito Santo e comprovação da expressiva descoberta de óleo leve na área denominada Parque das Baleias.

2009	8 set.	Comunicado, que o teste de formação da Bacia de Santos, informalmente denominado de Guará, foi concluído, constatando-se uma altíssima produtividade dos reservatórios com óleo do pré-sal nesta área.
	29 dez.	A Petrobras comunica que efetuou junto a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a Declaração de Comercialidade das acumulações de petróleo de boa qualidade e gás nas áreas de Tupi (Campo de Lula) e Iracema (Campo de Cernambi).
2013	14 jun.	Acordo para formação de uma joint venture (na proporção de 50% cada) para exploração e produção de óleo e gás na África. A parceria entre A Petrobras e a BTG Pactual representava uma promissora oportunidade de investimento em E&P na África e será o veículo preferencial para novos investimentos dessa natureza em tal continente.

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da BM&FBOVESPA (2015)



**Figura 1** – Evolução temporal do Índice Bovespa, da cotação da ação Petr4, do volume negociado pelo Índice Bovespa, do volume negociado pela ação Petr4 e seus respectivos log-retornos para o período de janeiro de 2004 a março de 2015.

**Tabela 1 - Estatísticas descritivas do Índice Bovespa, da Cotação da Petr4, do Volume negociado pelo Índice Bovespa e do volume negociado pela Petr4**

Variável	Ibovespa	Petr4	Vol. Ibov	Vol. Petr4
Média	49 410.29	22.56	5 071 923 000.00	22 446 100.00
D. Padrão	14 594.32	8.50	2 970 770 000.00	15 528 080.00
Mínimo	17 604.00	8.18	247 000 000.00	831 200.00
Máximo	73 516.00	52.51	35 771 000 000.00	213 641 000.00
Assimetria	-0.53	0.63	1.62	2.79
Curtose	-0.84	0.12	9.10	14.85

**Tabela 2 – Modelo Cópula-DCC-GARCH estimado para o Índice Bovespa, Cotação da Petr4, Volume negociado pelo Índice Bovespa e volume negociado pela Petr4**

Teste $Q$ (5 lags)	Estatística	p-valor
Resíduo do modelo VAR (Ibovespa)	0.002	1.000
Resíduo do modelo VAR (Petr4)	0.009	0.999
Resíduo quadrático do modelo VAR (Ibovespa)	979.947	<0.001*
Resíduo quadrático do modelo VAR (Petr4)	742.312	<0.001*
Resíduo quadrático do modelo DCC (Ibovespa)	4.693	0.454
Resíduo quadrático do modelo DCC (Petr4)	3.918	0.561

Teste $Q$ (5 lags)	Estatística	p-valor
Resíduo do modelo VAR (Volume Ibovespa)	2.213	0.818
Resíduo do modelo VAR (Volume Petr4)	2.695	0.746
Resíduo quadrático do modelo VAR (Volume Ibovespa)	12.179	0.032*
Resíduo quadrático do modelo VAR (Volume Petr4)	54.797	<0.001*
Resíduo quadrático do modelo DCC (Volume Ibovespa)	5.776	0.328
Resíduo quadrático do modelo DCC (Volume Petr4)	9.091	0.105

Coeficiente	Ibovespa		Petr4	
	Estatística	p-valor	Estatística	p-valor.
$\mu$	0.000	1.000	0.000	1.000
$\omega$	0.000	0.496	0.000	0.093
$\alpha_1$	0.050	<0.001*	0.050	<0.001*
$\beta_1$	0.900	<0.001*	0.900	<0.001*
Shape	4.001	<0.001*	4.003	<0.001*
$Joint_{dcca1}$	0.025	<0.001*		
$Joint_{dccb1}$	0.951	<0.001*		
$Joint_{mshape}$	5.046	<0.001*		

Coeficiente	Volume Ibovespa		Volume Petr4	
	Estatística	p-valor	Estatística	p-valor
$\mu$	0.000	1.000	0.000	1.000
$\omega$	0.000	0.906	0.000	0.118
$\alpha_1$	0.007	<0.001*	0.011	<0.001*
$\beta_1$	0.990	<0.001*	0.986	<0.001*
Shape	6.679	<0.001*	7.033	<0.001*
$Joint_{dcca1}$	0.013	0.011		
$Joint_{dccb1}$	0.971	<0.001*		
$Joint_{mshape}$	10.120	<0.001*		

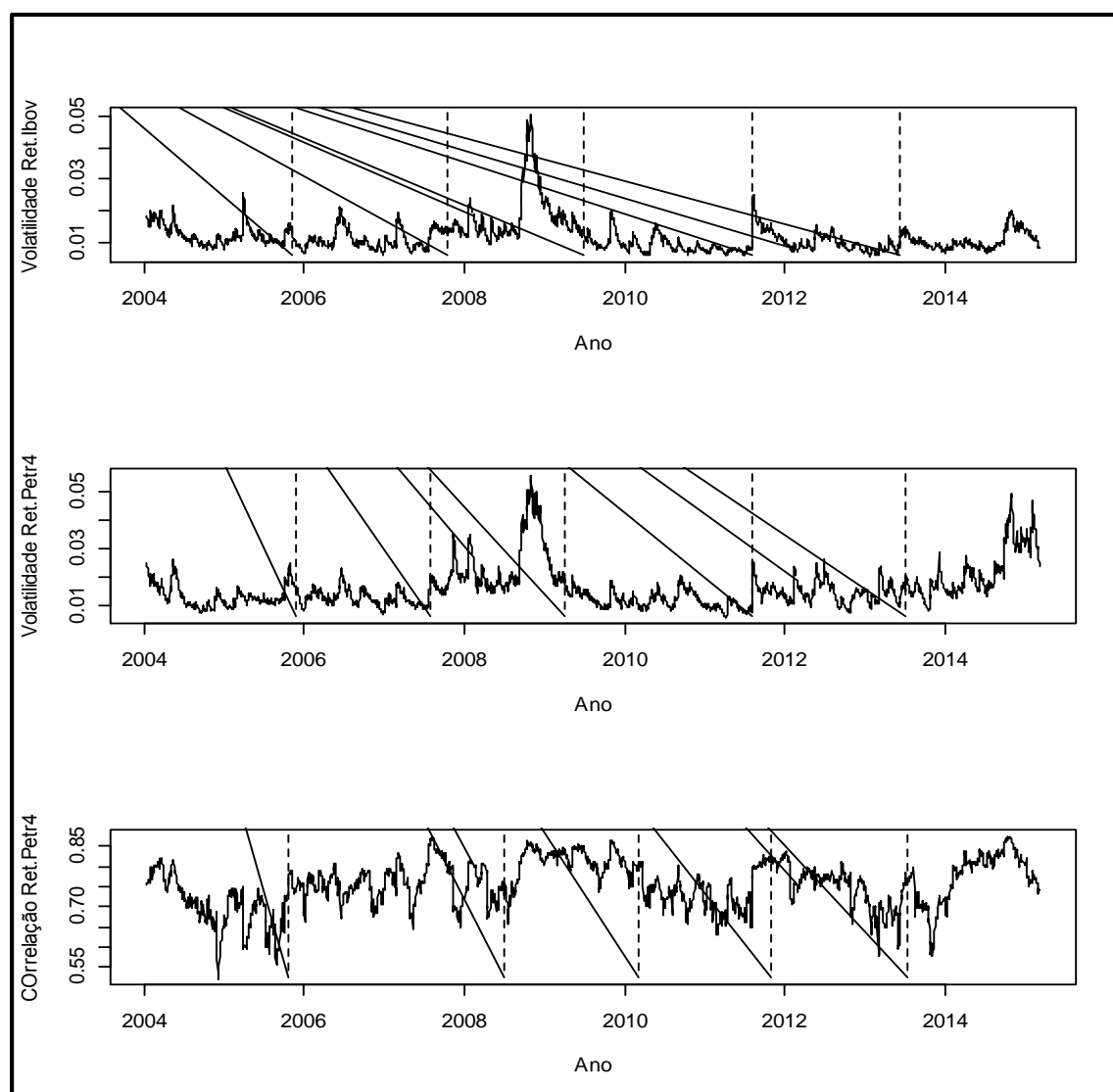


**Tabela 3. Testes de quebra estrutural e p-valores para as volatilidades e correlações dinâmicas dos retornos e volumes do Índice Bovespa e Petr4**

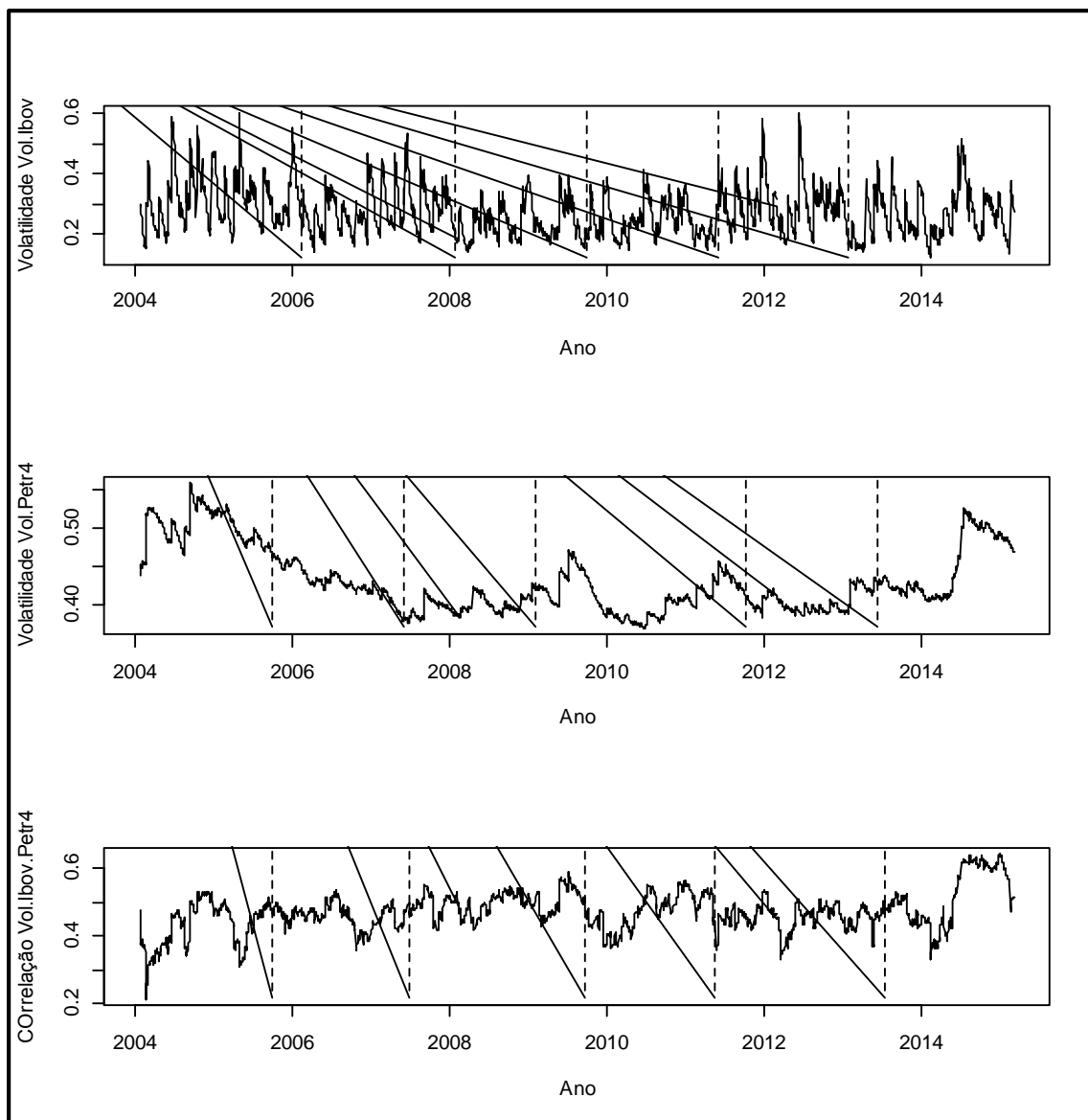
TESTE	Volatilidade Ibovespa		Volatilidade Petr4		Correlação Ibov/Petr4	
	Estatística	p-valor	Estatística	p-valor	Estatística	p-valor
<i>CUSUM</i>	9.51	<0.01	6.80	<0.01	7.72	<0.01
<i>MOSUM</i>	10.21	<0.01	8.32	0.01	6.09	0.01
<i>SupF</i>	417.15	<0.01	345.12	<0.01	327.17	<0.01
<i>AveF</i>	122.17	<0.01	102.88	<0.01	163.94	<0.01
<i>ExpF</i>	203.83	<0.01	166.88	<0.01	157.94	<0.01

TESTE	Volat. Vol. Ibov		Volat. Vol. Petr4		Corr. Vol. Ibov/Petr4	
	Estatística	p-valor	Estatística	p-valor	Estatística	p-valor
<i>CUSUM</i>	6.09	<0.01	14.58	<0.01	7.61	<0.01
<i>MOSUM</i>	5.77	0.01	13.37	0.01	6.09	0.01
<i>SupF</i>	196.08	<0.01	2 812.05	<0.01	327.17	<0.01
<i>AveF</i>	59.06	<0.01	625.72	0.01	163.94	<0.01
<i>ExpF</i>	92.60	<0.01	>999.99	0.01	157.94	<0.01



**Figura 2 – Evolução temporal da Volatilidade dinâmica dos log-retornos do Ibovespa, dos log-retornos da ação Petr4, e da correlação dinâmica entre os log-retornos do Ibovespa e da ação Petr4 para o período de janeiro de 2004 a março de 2015**



**Figura 3 – Evolução temporal da Volatilidade dinâmica dos log-retornos do volume negociado pelo Ibovespa, dos log-retornos do volume negociado pela ação Petr4, e da correlação dinâmica dos log-retornos do volume negociado pelo Ibovespa e pela ação Petr4 para o período de janeiro de 2004 a março de 2015**