



Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas
Departamento de Administração

Caio Pincowsky Cardoso Maia

**Impactos de anúncios de mudanças na taxa de juros sobre
os títulos de dívida emitidos pelo tesouro americano no
índice de volatilidade implícita VIX**

Professor Orientador: Prof. Dr. Ivan Ricardo Gartner

CAIO PINCOWSCY CARDOSO MAIA

Impactos de anúncios de mudanças na taxa de juros sobre os títulos de dívida emitidos pelo tesouro americano no índice de volatilidade implícita VIX

A Comissão Examinadora, abaixo identificada, aprova o Trabalho de Conclusão do Curso de Administração da Universidade de Brasília do aluno

Caio Pincowscy Cardoso Maia

Dr. Ivan Ricardo Gartner
Professor – Orientador

Daniel Tavares de Castro, M. Sc.
Professor - Examinador

Monique de Abreu Azevedo, M. Sc.
Professor - Examinador

Resumo

Essa monografia busca analisar a possibilidade da existência de comportamentos anormais do índice de volatilidade implícita da Chicago Board of Option Market, o VIX, em janelas de cinco e dez dias em torno das reuniões da Federal Open Market Committee dentro do período 2017 e 2018 na tentativa de contribuir com a literatura disponível em estudos de volatilidade implícita no âmbito do mercado de opções e na busca de entender melhor a relação da mesma com anúncios e potenciais anúncios de mudança na taxa de juros do *Treasury Bills*, ou *Fed Funds*. Esse trabalho utilizará a metodologia de estudos de eventos para identificar o comportamento do índice VIX tendo os dias das reuniões da FOMC como os dias de eventos a serem estudados.

Palavras-chave: VIX, volatilidade implícita, estudo de eventos.

Abstract

This paper investigated the possibility of the presence of abnormal returns of the implied volatility index from the Chicago Board of Option Market, also known as VIX, using windows of five and ten days around meetings of the Federal Open Market Committee within the period of 2017 and 2018 in pursuit of increasing available literature of studies regarding implied volatility and also trying to better understand the relation between the implied volatility with potential announcements of changes in the interest rates of the Treasury Bills, or Fed Funds. This research will utilize the event study methodology to identify the behavior of the VIX returns using the FOMC meetings as event dates.

Keywords: VIX, implied volatility, event study.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	7
1.1	Temática.....	7
1.2	Problematização.....	8
1.3	Objetivos.....	9
1.4	Justificativa.....	9
2	Revisão da Literatura.....	10
2.1	Evolução dos modelos de precificação.....	10
2.1.1	Modelo de Gordon e Shapiro.....	11
2.1.2	Capital Asset Pricing Model (CAPM).....	11
2.1.3	Arbitrage Pricing Theory (APT).....	12
2.1.4	Modelo com três fatores de Fama e French.....	13
2.1.5	Modelo de quatro fatores de Cahart.....	14
2.1.6	Modelo de cinco fatores de Fama e French.....	14
2.1.7	Modelo de precificação de opções Black-Scholes-Merton.....	15
2.2	Volatilidade Implícita.....	16
2.3	Valor justo da variância futura.....	17
2.4	Estudo de Eventos.....	18
2.5	S&P 500 <i>Volatility Index</i> (VIX).....	20
3	Metodologia.....	22
3.1	Estudo de eventos.....	22
3.2	Janela de estimação e janela de evento.....	25
3.3	Retornos anormais, efetivos e esperados.....	26
3.4	Modelos de benchmarking para os retornos esperados.....	28
3.4.1	Modelo Market Model.....	28
3.4.2	Modelo Market Model expandido com o processo GARCH (1,1).....	29
3.5	Cumulative Abnormal Return (CAR).....	30
3.6	Testes Estatísticos.....	30
3.6.1	T-test.....	31
3.6.2	Cross-Sectional Test.....	32
3.6.3	Patell Test.....	32
3.6.4	Kolari e Pynnönen Patell Ajustado.....	33
3.6.5	Test Cross-Sectional Padronizado.....	34

4 Análise Empírica	35
4.1 Investigação de retornos anormais no índice VIX devido às reuniões do FOMC	35
4.1.1 Market Model	35
4.1.2 Market Model expandido com GARCH (1,1)	38
5 Conclusão e Considerações Finais	41
6 Referências.....	43
Anexos	46

1 Introdução

1.1 Temática

A dúvida de como o mercado reage a diferentes fatores econômicos não é recente. Diversos estudos foram realizados com diferentes enfoques e hipóteses, porém um estudo que pode ser considerado um passo importante para a solução dessa dúvida é o estudo de Bernanke e Kuttner (2005). Nesse trabalho os pesquisadores analisam o impacto das mudanças de políticas monetárias no preço de ações tal como a busca pelo componente econômico que explica essa reação.

Existem diversos estudos semelhantes ao de Bernanke e Kuttner (2005) que buscam entender o impacto de anúncios monetários no mercado de ações, tanto em termos de retorno quanto em termos de volatilidade, porém o número de estudos dos impactos de tais anúncios no mercado de opções é significativamente menor (Chen & Clements, 2007, p. 228). Sendo esse estudo de Chen e Clements (2007) diretamente relacionado com o estudo de Nikkinen e Sahlström (2004) por esse predecessor analisar outro índice de volatilidade baseado no S&P 100 também utilizando as reuniões do Comitê Federal do Mercado Aberto como parâmetro de estudo. A criação do VIX marca a consolidação do que pode ser considerado um termômetro para o comportamento da volatilidade do mercado de opções nos próximos trinta dias.

O VIX é um índice da volatilidade das opções dos ativos que compõe a S&P 500, resultando da raiz quadrada da média ponderada dos preços de opções que estão out-of-the-money (fora do dinheiro) e aproximando o preço de um portfólio de opções que replica o payoff em uma troca de variância (Bailey, Zheng & Zhou, 2012, p. 3). Servindo como a previsão para a volatilidade geral das opções até sua data de expiração, além de ser utilizado como parâmetro para estudos que buscam pesquisar e relacionar a volatilidade com diferentes aspectos macroeconômicos.

Políticas monetárias têm como objetivo final influenciar variáveis macroeconômicas como taxa de emprego, inflação e produção. Porém, essa influência é, no melhor dos casos, indireta em tais variáveis. O maior e mais imediato efeito de políticas monetárias, tais como alterações nas taxas de juros, são sentidos pelo mercado financeiro (Bernanke & Kuttner, 2005, p. 1221). Essa influência de políticas monetárias tem seu efeito especificamente sobre o VIX estudado por Chen e Clements (2007), com resultados que apontam reações sistemáticas do

índice VIX ao redor de anúncios de políticas monetárias, inclusive com seus resultados apontando para uma possível estratégia de investimento, visto que o VIX também pode ser diretamente utilizado como investimento por existirem opções sobre o ele.

Um exemplo da utilização do VIX se apresenta no estudo no qual ele é utilizado como um parâmetro de benchmarking da volatilidade, mostrando que, durante períodos que o VIX apresenta previsão de alta ou média volatilidade, firmas de pequeno porte teriam ganhos significativos caso efetuassem splits em suas ações (Johnson & Stretcher, 2009, p. 76) demonstrando sua efetividade como parâmetro para o mercado.

Utilizando o VIX juntamente com outros índices de volatilidade europeus tais como VDAX-NEW, VCAC, VAEX, VBEL e VSMI, Jiang, Konstantinidi e Skiadopoulos (2012) chegaram a resultados que apontam ao efeito de transmissão da volatilidade implícita através de mercados internacionais ocasionados por anúncios de políticas monetárias, revelando assim uma adicional conexão do comportamento dos mercados através do estudo do comportamento de índices de volatilidade nos diferentes continentes.

Devido a sua importância tanto do ponto de vista dos investidores individuais quanto do ponto de vista de grandes firmas, a volatilidade e previsões de volatilidade têm se tornado um foco maior de estudo a fim de diminuir a incerteza ou mesmo de utilizá-la como uma ferramenta ou parte de estratégias de investimento, chegando inclusive ao ponto do VIX ter se tornado um ativo que pode ser comprado semelhante a uma ação no mercado financeiro.

1.2 Problematização

Como foi citado anteriormente por estudos de Chen e Clements (2007) existe pouca pesquisa em relação aos efeitos de política monetária na volatilidade implícita, mais especificamente para o nosso estudo o VIX, porém já existem estudos como os de Jiang et al. (2012) e Johnson, Stretcher (2009) que expandiram no uso e na análise das reações do VIX às políticas monetárias e fatores macroeconômicos.

Os resultados apresentados pelas pesquisas acima apontam fortemente para uma relação entre os anúncios de políticas econômicas e as reações do VIX, ou seja, o VIX de fato reage a anúncios de política monetária ou a anúncios de reuniões inesperadas do Comitê Federal do Mercado Aberto (FOMC em inglês). Partindo desses resultados podemos aumentar o foco da pesquisa para tentar identificar se dentro dessas reações do VIX existe alguma que pode ser considerada uma anormalidade no comportamento.

As indagações apresentadas por Chen e Clements (2007) sobre a falta de pesquisa na reação da volatilidade implícita para com anúncios de políticas monetárias criam a lacuna de pesquisa a qual será explorada nessa monografia. Então a partir dessas informações chega-se a seguinte pergunta de pesquisa: Como os anúncios de mudanças nas políticas monetárias para taxas de juros sobre os títulos do tesouro americano (*Treasury Bills*) impactam os níveis de preços do mercado de ações, notadamente no nível geral de volatilidade implícita capturado pelo VIX?

1.3 Objetivos

Com a pergunta de pesquisa citada na sessão anterior busca-se com esse estudo identificar o comportamento da distribuição de retornos do VIX, índice de volatilidade implícita que essa monografia utilizará como medidor da volatilidade implícita do mercado financeiro americano, ao redor de anúncios sobre mudanças de políticas monetárias americanas.

Para alcançar tal objetivo, algumas etapas, ou objetivos, mais específicos são necessários:

- Determinar os anúncios/período de anúncios a serem utilizados para a análise das reações dos parâmetros
- Catalogar os valores do VIX para os períodos de interesse
- Determinar o modelo a ser utilizado como retorno normal para o VIX
- Medir a reação do VIX aos anúncios
- Identificar, dentro dos retornos do VIX, anomalias no seu comportamento

1.4 Justificativa

Estudos sobre a reação da volatilidade implícita a anúncios de política monetária são essenciais para entender melhor o que explica e o que compõe o comportamento do mercado como um todo. Dado o uso do VIX como ferramenta de previsão da volatilidade implícita do mercado em geral, entender como o mesmo se relaciona com as variáveis macroeconômicas,

especificamente com a taxa de juros no âmbito dessa monografia, se torna um fator crucial para entender o comportamento dos agentes econômicos envolvidos, sejam eles investidores ou órgãos reguladores.

A possível existência de comportamentos anormais do VIX pode ser utilizada para auxiliar nesse entendimento ou até mesmo ser incorporado em estratégias de investimentos como sugerido por Chen e Clements (2007, pp. 230-231) na conclusão de seus estudos sobre as reações do VIX a anúncios de possíveis mudanças de políticas monetárias, sendo utilizado na sua maneira mais básica como previsão da volatilidade interna ou mesmo como opção de investimento dado a existência de opções sobre o mesmo.

A presença do crescimento da demanda por informações do comportamento do mercado por parte dos investidores, ou seja, a tendência pela busca de informações, e principalmente em relação a volatilidade e ao risco, sobre o mercado antes da efetuação de investimentos é um motivador contemporâneo e tangível o bastante para justificar essa linha de pesquisa.

Estrutura dos capítulos do estudo

Essa monografia será apresentada por etapas, sendo composta por essa introdução seguida pelo capítulo de revisão de literatura e desenvolvimento da metodologia, ou seja, mostrando o passo a passo de como os dados do estudo foram conseguidos e como serão trabalhados e analisados. O quarto capítulo será a análise dos dados coletados e com o quinto capítulo concluindo a pesquisa.

2 Revisão da Literatura

2.1 Evolução dos modelos de precificação

Dada a composição do cálculo do VIX ter como diferencial à falta de um modelo de precificação, sendo sua fórmula então composta do modelo de valor justo da variância futura que simultaneamente utiliza os preços das opções diretamente, é importante entender a evolução dos modelos de precificação de ações e opções.

Tendo em vista essa falta de um modelo de precificação que é considerado bem aceito para ser utilizado como o modelo de retorno normal do VIX, essa monografia utilizará durante sua investigação o Market Model e uma versão estendida do mesmo como o retorno normal do VIX.

2.1.1 Modelo de Gordon e Shapiro

Apresentado por Gordon e Shapiro (1956) foi um modelo buscando a precificação justa de ações através da utilização dos fluxos de caixas futuros para acionistas proveniente de dividendos, do custo de capital e da taxa de crescimento dos dividendos na perpetuidade sendo expresso através da seguinte equação:

$$P_0 = \frac{D_1}{k - g} \quad (1)$$

sendo,

P_0 o preço da ação;

D_1 o dividendo esperado no próximo período, e

$D_1 = D_0(1 + g)$;

k o custo de capital;

g a taxa de crescimento dos dividendos na perpetuidade.

2.1.2 Capital Asset Pricing Model (CAPM)

Modelo que segundo Black, Jensen, Scholes (1972, p. 1) foi desenvolvido por Sharpe (1964) e Treynor (1961), e expandido por Lintner (1965) que pode ser representado pela seguinte fórmula:

$$E(R_i) = R_f + \beta_{im}[E(R_m) - R_f] \quad (2)$$

$$i = 1, \dots, N$$

sendo,

$E(R_i)$ o retorno esperado da ação i ;

R_f a taxa de juros livre de risco;

$E(R_m)$ o retorno esperado do mercado;

β_{im} o coeficiente da sensibilidade da ação i em relação ao mercado

Segundo Fama e French (2004, p. 25) o grande atrativo do CAPM são suas poderosas e intuitivas previsões sobre como se mede o risco e a relação entre o retorno esperado e o risco. Essa intuitividade presente no CAPM é devida a sua simplicidade, porém essa simplicidade também tem seus pontos negativos derivadas de muitas suposições simplificadas para composição do modelo.

Black, Jensen e Scholes (1972) apresentam ainda algumas críticas ao modelo listando problemas como cálculo do retorno do mercado, a existência de *non marketable assets*, ou seja, ativos provenientes do governo que atrapalham o poder de medição dos resultados do modelo devido a presença de outras variáveis não presentes no mesmo e a existência de taxas diferenciais em ganhos de capital e dividendos devido aos diferentes tipos de taxaço para indivíduos em situações distintas.

2.1.3 Arbitrage Pricing Theory (APT)

Segundo Baghdadabad e Glabadanidis (2014, p. 57) a teoria que foi estruturada por Ross (1976) é um modelo mais geral que o CAPM podendo ser apresentada a partir da seguinte equação:

$$E(R_i) - R_f = \lambda_1 b_{i1} + \lambda_2 b_{i2} + \dots + \lambda_k b_{ik} \quad (3)$$

sendo,

$E(R_i)$ o retorno esperado da ação i ;

R_f a taxa de juros de livre de risco;

λ_k o preço, ou prêmio, pelo risco relacionado ao fator k ;

b_{ik} a sensibilidade da ação i em relação ao fator k , ou seja, o β do fator

Baghdadabad e Glabadanidis (2014, pp. 57-58) também apresenta uma limitação em relação ao APT em que a utilização do beta sofre de deficiências por utilizar o desvio padrão,

medida que apresenta problemas de medição quando as probabilidades de retorno dos ativos são assimétricas.

Huberman e Wang (2005) apresentam como um dos fatores positivos do modelo sua simplicidade e flexibilidade. Porém, apontam que, para algumas específicas utilizações, principalmente quando se trata da utilização do mesmo com vários fatores em cenários de fundos monetários ativamente gerenciados, o modelo precisa ser adaptado, abrindo mão da simplicidade requerendo extensões para não sofrer com erros de medição ocasionadas pela sua pressuposição que os ativos não sofrem de arbitragem.

2.1.4 Modelo com três fatores de Fama e French

Segundo Fama e French (1996) o modelo de três fatores que eles desenvolveram em 1993 resolve uma das limitações, especificamente as anomalias dos valores para os retornos médios, presentes no CAPM através de um modelo para o valor dos retornos em excesso que pode ser descrito pela seguinte equação:

$$R_i - R_f = a_i + b_i(R_M - R_f) + s_iSMB + h_iHML + e_i \quad (4)$$

onde,

$R_i - R_f$ é o retorno em excesso esperado pelo portfólio i ;

b_i , s_i e h_i são as sensibilidades para cada fator dado o portfólio i ;

$(R_M - R_f)$, SMB , HML são prêmios esperados.

Sendo os três fatores:

- $(R_M - R_f)$ o excesso de retorno esperado para portfólio abrangente de mercado
- SMB a diferença entre o retorno em um portfólio de ações de pequenas empresas e o retorno de um portfólio de ações de grandes empresas
- HML a diferença entre o retorno de um portfólio com ações *high-book-to-market* e um portfólio com ações *low-book-to-market*

2.1.5 Modelo de quatro fatores de Cahart

Esse modelo desenvolvido por Cahart (1997) e que, segundo Evbayiro-Osagie e Oswamwonyi (2017, pp. 40-41) é uma expansão do modelo de três fatores desenvolvido por Fama e French (1996) adicionando o fator momento que é formulado como *winner minus losers* (WML) sendo construído através da diferença entre os retornos do portfólio vencedor e do portfólio perdedor para um dado coletivo de ações, e pode ser representando da seguinte maneira:

$$R_{p,t} - R_{ft} = \alpha_{pt} + \beta_p [R_{m,t} - R_{ft}] + s_p(SMB) + h_p(HML) + m_p(WML) + u_{pt} \quad (5)$$

onde,

$R_{p,t} - R_{ft}$ é o retorno em excesso esperado pelo portfólio p;

β_p , s_p , h_p e m_p são as sensibilidades para cada fator dado o portfólio p;

$(R_M - R_f)$, SMB, HML são prêmios esperados;

WML é o fator de momento.

2.1.6 Modelo de cinco fatores de Fama e French

Em busca de complementar o trabalho anterior na composição do modelo de três fatores Fama e French (2015) desenvolveram um modelo de cinco fatores que pode ser representado da seguinte maneira:

$$R_{it} - R_{Ft} = a_i + b_i(R_{Mt} - R_{Ft}) + s_iSMB_t + h_iHML_t + r_iRMW_t + c_iCMA_t + e_{it} \quad (6)$$

onde,

RMW_t é a diferença entre os retornos de ações com alto e baixo rendimentos;

CMA_t é a diferença entre os retornos de ações conservadoras e arriscadas;

b_i , s_i , h_i , r_i e c_i são as sensibilidades da carteira i para cada fator.

Segundo Fama e French (2015, p. 3) os fatores adicionais foram implementados buscando capturar melhor as variações dos retornos médios relacionados a lucratividade e investimento, sendo esses dois fatores RMW_t e CMA_t que respectivamente são a diferença entre os retornos de ações com altos e baixos rendimentos em determinado portfólio bem diversificado e a diferença entre os retornos de ações conservadoras e arriscadas em determinado portfólio bem diversificado.

2.1.7 Modelo de precificação de opções Black-Scholes-Merton

Esse modelo comumente atribuído como Black-Scholes foi apresentado por Black e Scholes (1973) e expandido por Merton (1973) que pode ser escrito através das seguintes fórmulas:

Para *calls* (opção de compra):

$$C(S, t) = SN(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2) \quad (7)$$

Para *puts* (opção de venda) através de paridade *call-put*:

$$P(S, t) = Ke^{-r(T-t)}N(-d_2) - SN(-d_1) \quad (8)$$

Sendo,

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}} \quad (9)$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}} - \sigma\sqrt{T - t} \quad (10)$$

onde,

$C(S,t)$ é o preço de uma *call*;

$P(S,t)$ é o preço de uma *put*;

S é o preço da ação;

$(T - t)$ é o tempo até a expiração;

K é o preço de execução;

r é a taxa livre de risco;

σ é a volatilidade da ação relacionada a opção

Segundo Janková (2018) o modelo de Black-Scholes-Merton (1973) é um renomado modelo de precificação e apesar de seu uso ser predominantemente não inclusivo dos dividendos nos cálculos. A inclusão dos dividendos nos cálculos é a principal diferença no modelo proposto por Merton (1973), no entanto essa adição foi atribuída como um fator altamente restritivo para o modelo. Janková (2018) apresenta que essa restrição atribuída a inclusão dos dividendos foi futuramente bem utilizada para a utilização do modelo em opções cambiais.

Segundo Haug (2007, pp. 1-2) duas das grandes limitações do modelo de Black-Scholes-Merton são fragilidades a efeitos de cauda, ou seja, o modelo não computa adequadamente retornos que ocorrem muito raramente e o fato que o modelo não leva em consideração o *gap* entre o mercado abrir e fechar considerando que transações ocorrem efetivamente sem interrupções, não levando em consideração o fato que o mercado abre já buscando corrigir os preços em relação a possíveis novas informações.

Corrado (2009) defende a utilização do modelo afirmando que é o único a trabalhar com o paradigma de *dynamic hedging* de precificação com risco neutro de opções.

O modelo era inclusive utilizado no cálculo do VIX antes do mesmo ser atualizado para uma versão sem uso de modelos de precificação em 2003, que utiliza uma nova fórmula baseada no valor justo da variância futura desenvolvida por Demeterfi (1999).

2.2 Volatilidade Implícita

Segundo Carr e Wu (2009) investidores ao investir em um ativo estão lidando com ao menos duas fontes de incerteza, sendo elas a incerteza sobre o retorno do ativo capturado pela variância do retorno e a incerteza sobre a variância do retorno em si, e dada relação de dependência entre o preço de opções com o preço das ações é evidente que a volatilidade dos ativos influencia na precificação das opções relacionadas ao mesmo.

Segundo Jiang e Tian (2006, p. 1) o conceito de volatilidade implícita tem suas origens no trabalho pioneiro de Breeden e Litzenberger (1978) o qual demonstra que toda a distribuição do risco neutro de uma determinada ação pode ser retirada através dos preços de suas opções. Breeden e Litzenberger (1978) desenvolveram seu trabalho utilizando o anteriormente citado modelo de Black e Scholes (1973) para precificação de opções chegando ao resultado que

instigou diversos estudos sobre a relação funcional entre o preço das opções e a expectativa da volatilidade da ação referente a mesma.

Segundo Jiang e Tian (2005) que, utilizando estudos empíricos para analisar a eficiência da fórmula de cálculo da volatilidade implícita sem modelo derivado por Britten-Jones e Neuberger (2000), chegaram à conclusão que a fórmula sem modelo de precificação tem algumas vantagens em relação a que utilizava o modelo de precificação de Black e Scholes (1973), sendo duas das mais marcantes a capacidade do modelo de retirar diversos preços de execução enquanto para a utilização de Black e Scholes (1973) usa-se apenas um e por ser um teste direto a eficiência do mercado.

O modelo presente nos estudos de Jiang e Tian (2005) pode ser escrito da seguinte maneira:

$$MFIV = 2 \left(\int_L^F \frac{p(X, T)}{X^2} dK + \int_F^U \frac{c(X, T)}{X^2} \right) \quad (11)$$

onde,

MFIV é a volatilidade implícita *Model-Free*;

$c(X, T)$ é uma call com preço de execução X e tempo de maturidade T ;

$p(X, T)$ é uma put com preço de execução X e tempo de maturidade T ;

L, U são os limites, inferior e superior respectivamente, da integral e são dois desvios-padrão de distância do preço futuro atual.

Segundo Taylor, Yadav e Zhang (2010) o consenso de estudos sobre a eficiência da informação dos índices americanos de opções é, que os preços de opções são significativamente mais informativos que o histórico dos retornos diários quando se calcula a volatilidade implícita prevista. Ainda segundo Taylor et. al (2010) métodos de cálculo para a volatilidade implícita sem modelos sofrem de performance insatisfatória quando se aplica a ativos que possuem opções com baixa liquidez.

2.3 Valor justo da variância futura

Esse conceito desenvolvido por Demeterfi (1999) foi utilizado como base para o cálculo atualizado do VIX e segundo Jiang e Tian (2006, p. 3) pode ser representado pela seguinte equação:

$$V = \frac{2}{T} \left\{ rT - \left[\frac{S_0}{S_*} \exp(rT) - 1 \right] - \ln(S_*/S_0) + \exp(rT) \int_0^{S_*} \frac{P(T, K)}{K^2} dK + \exp(rT) \int_{S_*}^{\infty} \frac{C(T, K)}{K^2} dK \right\} \quad (12)$$

onde,

S_0 é o preço atual da ação;

C é o preço da call;

P é o preço da put;

r é a taxa de juros livre de risco;

T é o tempo até a expiração;

K é o preço de execução da opção;

S_* é um preço de ação arbitrário.

Segundo Jiang e Tian (2006, p. 4) apesar da *Chicago Board of Options Exchange* utilizar esse conceito no lugar de um modelo de precificação como base para o cálculo do VIX a mesma não faz as alterações necessárias para minimizar erros de implementação da variância implícita *model-free* o que pode resultar em viés no cálculo e causar possíveis consequências econômicas para *swaps* de variância e derivativos baseados no índice.

2.4 Estudo de Eventos

O estudo de eventos é a metodologia que permitiu nos próximos capítulos dessa monografia a análise dos dados coletados sobre o valor diário do VIX buscando identificar comportamento anormais. Portanto considerando o tamanho da sua importância para os estudos foi feita uma revisão da literatura do assunto mostrando um pouco do seu histórico tal como estudos importantes sobre a metodologia na área de finanças.

Segundo Binder (1998, p. 111) a metodologia do estudo de eventos começou uma revolução metodológica em estudos empíricos econômicos e financeiros a partir do trabalho de Fama, Fisher, Jensen e Roll (FFJR) (1969). A metodologia inclusive se tornou o método

tradicionalmente utilizado para medir a reação de preços de ativos financeiros para determinado anúncio ou evento, sendo assim altamente apropriado como uma metodologia para essa questão de pesquisa.

Segundo Serra (2004, pp. 1-2) é necessária cautela pois em qualquer instante observado existem diversos fatores de mercado e diversos outros eventos ocorrendo no mercado, frisando assim a necessidade de medir o impacto dos fatores não relacionados nos estudos. Serra conclui esse raciocínio falando que a seleção do benchmark ou modelo a ser utilizado para medir os retornos normais é de central importância para um bom uso do estudo de eventos.

Mackinlay (1997, p. 15) apresenta como um dos passos fundamentais para que a montagem da metodologia seja bem-sucedida é a medição do comportamento anormal, ou seja, determinar que tipos de resultados seriam classificados como anormais. Sendo o retorno anormal igual a diferença entre o retorno real ao longo da janela do evento e o retorno normal ao longo da janela do evento. O retorno normal nada mais é do que o retorno esperado sem as condições do evento terem acontecido. Em seu estudo Mackinlay (1997) também defende a utilização dos dias ao redor do evento como parte do mesmo para que se torne possível a avaliação dos períodos diretamente adjacentes ao evento que são áreas de potencial interesse de estudo.

Segundo o estudo de Warner e Brown (1985, pp. 245-248) o uso de valores diários em contraste com os valores mensais de ações apresentou três problemas, sendo os dois primeiros (a característica não-normal dos dados coletados e o viés observado em alguns modelos de estimação de mercado) sem importância para a efetividade dos testes de estudos para valores anormais. Enquanto o terceiro, a escolha do estimador da variância, pode ser motivo de preocupação pois afeta tanto a especificação quanto o poder dos testes de significância. Entretanto Warner e Brown também encontraram resultados que apontam que os testes associados com a geração de modelos são mais impactantes ao se utilizar valores diários.

Peterson (1989, pp. 49-53) apresenta os principais desafios ou problemas encontrados para a utilização do método de estudo de eventos entre eles: a diminuição da capacidade de mensuração adequada do método quando existe a presença de vários eventos muito próximos, a presença de possível variância inconstante no comportamento dos retornos ao redor do evento estudado, ou seja, a variância pode aumentar ao redor do período do evento existindo assim uma discrepância no valor calculado pela janela de estimação e outro desafio também se encontra na possibilidade de retornos inexistentes entre os dados coletados, seja por falta de disponibilidade dos dados ou de transações no dia.

2.5 S&P 500 *Volatility Index* (VIX)

O VIX, e principalmente, seu comportamento ao redor de certos eventos, é o foco dessa monografia e, portanto, é essencial uma revisão sobre a literatura sobre o mesmo para melhorar e facilitar o entendimento dos estudos que serão apresentados nos próximos capítulos.

Para melhor entendimento do VIX é necessário conhecimento sobre o que é o index S&P 500. Trata-se de um índice de quinhentas ações cujo tanto o peso quanto sua composição são decididas pela S&P Global, mas em geral tenta englobar as ações das quinhentas maiores empresas presentes no mercado financeiro. O índice é amplamente considerado o melhor medidor de ações de grandes empresas dos Estados Unidos, tendo mais de 9.9 trilhões de dólares indexados, com os ativos indexados chegando ao valor aproximado de 3,4 trilhões no seu total e abrange aproximadamente 80% da capitalização do mercado disponível (S&P Global 2018)

Criado em 1993 pela *Chicago Board Options Exchange* (CBOE) com design para medir a expectativa da volatilidade implícita do mercado nos próximos 30 dias derivados do S&P 100 Index (OEX Index), tornando-se rapidamente o mais popular benchmark para a volatilidade do mercado de ações dos Estados Unidos, ganhando inclusive o apelido de “medidor de medo dos investidores” em jornais de notícias como CNN/Money, CNBC e Bloomberg TV (CBOE, VIX White 2018).

Segundo Jiang e Tian (2006, p. 1) o principal diferencial do VIX seria não utilizar mais o método de precificação desenvolvido por Black-Scholes-Merton (1973), e sim baseado no valor justo da futura variância desenvolvido por Demeterfi (1999) e extraído diretamente dos preços das opções.

Segundo Bailey, Zheng e Zhou (2012, p. 3) além de ser altamente reportado pela imprensa financeira e sites de finanças o VIX também é considerado bem aceito na literatura acadêmica como medidor do preço de mercado para futuros índices de volatilidades de ações e está sendo cada vez mais comum em trabalhos empíricos.

Em 2003, a CBOE juntamente com Goldman Sachs atualizou o VIX, tendo em sua nova versão a utilização do índice S&P 500 e tendo a sua fórmula genérica representada pela seguinte equação:

$$VIX = \sigma * 100 \quad (13)$$

Sendo,

$$\sigma^2 = \frac{2}{T} \sum_i \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left[\frac{F}{K_0} - 1 \right]^2 \quad (14)$$

onde,

T é o tempo até expiração

F é o nível do *forward index* derivado do índice dos preços de opções

K_0 é o primeiro preço de execução abaixo do nível do *forward index* F

K_i é o preço de execução da i-ésima opção fora do dinheiro; sendo call se $K_i > K_0$ e put caso $K_i < K_0$; sendo tanto call quanto put se $K_i = K_0$

ΔK_i é o intervalo entre preço de execução - metade da diferença entre o preço de execução em qualquer lado de K_i :

$$\Delta K_i = \frac{K_{i+1} - K_{i-1}}{2}$$

R é a taxa de juros livre de risco até a expiração

$Q(K_i)$ é o ponto central do spread entre o preço pedido e o ofertado para cada uma das opções com preço de execução K_i

Segundo Ahomieni (2006, p. 24) o uso do índice VIX alivia consideravelmente os erros de medições e erros de precificações de modelos, tais como o anteriormente utilizado para o cálculo do VIX o modelo Black-Scholes, devido a frequente dificuldade de mensurar simultaneamente todas as variáveis necessárias para um modelo de precificações, ou seja, como o VIX não utiliza tais modelos de precificação ele acaba sendo mais acurado em suas medições por não precisar processar diversas variáveis simultaneamente causando erros.

Entretanto existem estudos como o de Jiang e Tian (2006) que apontam possíveis melhorias que poderiam ser feitas ao cálculo do VIX que, segundo os resultados encontrados por eles, sofre principalmente de erros de truncamento que causam o cálculo a subestimar o valor real da volatilidade por ignorar as extremidades da curva da volatilidade, podendo assim ter impactos econômicos significantes.

Estudos que empregam a utilização da metodologia de estudo de eventos em cima do VIX são escassos, sendo o trabalho de Nikkinen e Sahlström (2004) em cima do VIX derivado do índice S&P 100 e tendo resultados expressivos que apontam para a grande importância

atribuída às reuniões da FOMC para precificação de ações. Além de chegar a resultados que apontam para a confirmação da hipótese que a volatilidade implícita aumenta antes dos anúncios e diminuindo após o mesmo.

Para isolar o impacto das reuniões no comportamento do VIX Nikkinen e Sahlström (2004, p. 6) usam o seguinte modelo de regressão:

$$\ln\left(\frac{VIX_t}{VIX_{t-1}}\right) = \alpha + \beta D_{0,t}^{Emp} + \delta D_{0,t}^{PPI} + \gamma D_{0,t}^{CPI} + \lambda D_{0,t}^{FOMC} + \varepsilon_t \quad (15)$$

Onde,

$D_{0,t}^{Emp}$, $D_{0,t}^{PPI}$, $D_{0,t}^{CPI}$ e $D_{0,t}^{FOMC}$ são variáveis dummy para capturar o comportamento do VIX em dias de anúncios de emprego, PPI (Producer Price Index), CPI (Consumer Price Index) e FOMC respectivamente.

Segundo resultados obtidos por Chen e Clements (2007), que expandiu o trabalho de Nikkinen e Sahlström (2004) e utilizou o VIX já derivado do S&P 500, o índice VIX realmente cai após os dias de reunião da FOMC, porém diferentemente dos resultados encontrados pelo trabalho anterior os resultados não acusaram um aumento do índice VIX anteriormente as reuniões. Chen e Clements (2007, pp. 230-231) frisam o resultado que o VIX apresenta um comportamento previsível apontando para uma possível estratégia de investimento, entretanto apontam para o fato do VIX ter uma existência curta dificultando testes de eficiência para investimentos tentando explorar essa previsibilidade, apontando para a lacuna disponível para futuras pesquisas quando as amostras possíveis forem mais abundantes.

3 Metodologia

3.1 Estudo de eventos

Primeiramente existe a necessidade de decidir qual será o período temporal utilizado para compor os dados, no caso a análise se dividirá em definição do período, coleta dos dados a serem utilizados no período, trabalho dos dados e por último, análise dos resultados.

Segundo Mackinlay (1997, pp. 14-15) após a escolha do período a ser estudado ocorre a definição do evento a ser estudado estipulando qual será a janela de estimação, a janela do evento e a janela pós evento. Mackinlay (1997, p. 15) também defende a importância da escolha apropriada para o período da janela do evento para que essa capture adequadamente os

movimentos desejados sem capturar comportamentos anormais não relacionados ao evento que se está estudando. Figura abaixo apresenta a linha de tempo para um estudo de evento.



Fonte: Adaptado de Mackinlay (1997). Elaboração do autor.

Onde,

$\tau = 0$ é a data do evento;

Período entre $T_0 + 1$ (devido ao intervalo aberto) até T_1 é a janela de estimação;

Período entre $T_1 + 1$ até T_2 é a janela do evento;

Período entre $T_2 + 1$ até T_3 é a janela pós evento.

Após a definição e seleção de eventos é necessário definir o que são os retornos esperados, ou normais, e os inesperados, ou anormais. Segundo Chen e Clements (2007, p. 229) quando se trata de retornos no VIX não existe um modelo de medição óbvio para explicar os retornos esperados, porém, apesar disso é possível calcular a mudança esperada através de um *framework* de reversão a media, não precisando fazer restrições para um retorno esperado constante. No entanto nesse estudo será utilizado para o retorno normal do VIX o modelo Market Model e uma versão extendida do mesmo com o uso do processo GARCH (1,1).

Após a realização dos estudos de eventos uma análise final em cima dos resultados utilizando testes de hipóteses para confirmar a significância estatística dos resultados obtidos através do estudo.

O período escolhido para amostra foi de 2 de janeiro de 2017 até 31 de dezembro de 2018, sendo os valores para o VIX retirados do site da *Chicago Board of Option Exchange*. Esse recorte temporal foi escolhido na tentativa de alcançar resultados mais atualizados, visto que o VIX passou por diversas evoluções e reestruturações ao longo de seu desenvolvimento. Esse período então foi escolhido buscando isolar e observar o comportamento mais atualizado possível para o VIX.

Replicando o estudo de Chen e Clements (2007, p. 228) serão utilizadas as datas de reuniões do *Federal Open Market Committee* (FOMC) que ocorreram no período de amostra escolhida para examinar a reação do comportamento do VIX para potenciais anúncios de

políticas monetárias. Durante o período de amostra a FOMC se reuniu 16 vezes sendo cada uma dessas reuniões representando potenciais mudanças na política monetária.

Na tabela 1 estão as informações retiradas do site da reserva federal norte americana sobre as reuniões da FOMC contendo as datas em que ocorreram, um resumo do anúncio da reunião e a reação esperada do mercado para o anúncio. As datas das reuniões serão utilizadas como os dias de evento durante o estudo de eventos.

Tabela 1

Datas, resumos e expectativas para o mercado em relação à reunião

Data	Resumo do anúncio	Reação Esperada do Mercado*
31-01/01-02/2017	A taxa de juros (Fed Funds) almejada manteve-se a mesma. 0.5-0.75%.	Não se espera nenhuma reação do mercado devido a confirmação da expectativa do anúncio.
14-15/03/2017	A taxa de juros (Fed Funds) almejada aumentou para entre 0.75-1%.	Correção dos preços para os novos valores da taxa de juros (Fed Funds) almejada.
02-03/05/2017	A taxa de juros (Fed Funds) almejada manteve-se a mesma. 0.75-1%.	Não se espera nenhuma reação do mercado devido a confirmação da expectativa do anúncio.
13-14/06/2017	A taxa de juros (Fed Funds) almejada aumentou para entre 1-1.25%.	Correção dos preços para os novos valores da taxa de juros (Fed Funds) almejada.
25-26/07/2017	A taxa de juros (Fed Funds) almejada manteve-se a mesma. 1-1.25%.	Não se espera nenhuma reação do mercado devido a confirmação da expectativa do anúncio.
19-20/09/2017	A taxa de juros (Fed Funds) almejada manteve-se a mesma. 1-1.25%.	Não se espera nenhuma reação do mercado devido a confirmação da expectativa do anúncio.
31-01/10-11/2017	A taxa de juros (Fed Funds) almejada manteve-se a mesma. 1-1.25%.	Não se espera nenhuma reação do mercado devido a confirmação da expectativa do anúncio.
12-13/12/2017	A taxa de juros (Fed Funds) almejada aumentou para entre 1.25-1.50%.	Correção dos preços para os novos valores da taxa de juros (Fed Funds) almejada.
30-31/01/2018	A taxa de juros (Fed Funds) almejada manteve-se a mesma. 1.25-1.50%.	Não se espera nenhuma reação do mercado devido a confirmação da expectativa do anúncio.

Continua

Conclusão

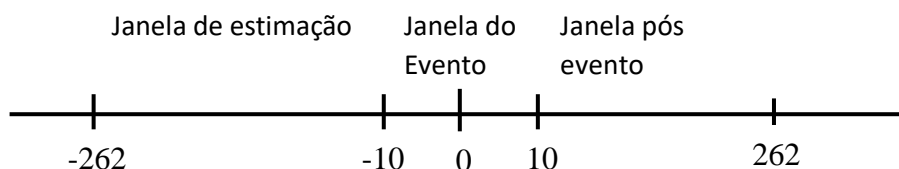
Data	Resumo do anúncio	Reação Esperada do Mercado
20-21/03/2018	A taxa de juros (Fed Funds) almejada aumentou para entre 1.50-1.75%.	Correção dos preços para os novos valores da taxa de juros (Fed Funds) almejada..
01-02/05/2018	A taxa de juros (Fed Funds) almejada manteve-se a mesma. 1.50-1.75%.	Não se espera nenhuma reação do mercado devido a confirmação da expectativa do anúncio.
12-13/06/2018	A taxa de juros (Fed Funds) almejada aumentou para entre 1.75-2%.	Correção dos preços para os novos valores da taxa de juros (Fed Funds) almejada.
31-01/07-08/2018	A taxa de juros (Fed Funds) almejada manteve-se a mesma. 1.75-2%.	Não se espera nenhuma reação do mercado devido a confirmação da expectativa do anúncio.
25-26/09/2018	A taxa de juros (Fed Funds) almejada aumentou para entre 2-2.25%.	Correção dos preços para os novos valores da taxa de juros (Fed Funds) almejada.
07-08/11/2018	A taxa de juros (Fed Funds) almejada manteve-se a mesma. 2-2.25%.	Não se espera nenhuma reação do mercado devido a confirmação da expectativa do anúncio.
18-19/12/2018	A taxa de juros (Fed Funds) almejada aumentou para entre 2.25-2.5%.	Correção dos preços para os novos valores da taxa de juros (Fed Funds) almejada.

Fonte: *Elaboração do autor. Datas e resultados retirados do site: www.federalreserve.gov/monetarypolicy/fomccalendars.htm, Informações sobre expectativas das reuniões no site: <https://www.federalreserve.gov/monetarypolicy.htm>*

3.2 Janela de estimação e janela de evento

Na tabela 1 são apresentados todos os dias que são trabalhados como eventos para o estudo, sendo a janela de estimação a ser utilizada será de um ano útil, ou seja, duzentos e cinquenta e dois (252) dias antes do evento sendo a janela do evento em si composta de 11 e 21 dias, 5 e 10 dias antes para capturar o comportamento dos retornos antes das reuniões, 5 e 10 dias depois para capturar o comportamento dos retornos após as reuniões e o dia do evento propriamente dito. Dessa maneira o período de estimação começa duzentos e cinquenta e sete

(257) ou duzentos e sessenta e dois (262) dias até 6 ou 10 dias antes do evento, enquanto a janela do evento começa 5 ou 10 dias antes e vai até 5 ou 10 dias depois do evento, portanto a janela de estimação e a janela do evento podem ser representadas respectivamente da seguinte maneira: (-257, -6) e (-5, 5) ou (-262, -11) e (-10, 10). Podendo, por exemplo, no caso do estudo de eventos com a janela (-10,10) ser representada pela figura abaixo:



Fonte: Elaboração do autor

A utilização da janela de evento de 15 dias foi descartada pela presença de sobreposição das janelas, essa sobreposição impede que o estudo do evento seja feito de maneira otimizada podendo causar em erros nos resultados.

3.3 Retornos anormais, efetivos e esperados

Segundo Mackinlay (1997, p. 15) a definição dos retornos normais e retornos anormais são de grande importância para um estudo de eventos bem-sucedido, sendo o retorno anormal definido pela seguinte equação:

$$AR_{it} = R_{it} - E[R_{it} | X_t] \quad (16)$$

onde,

AR_{it} é o retorno anormal do ativo i na data t ;

R_{it} é o retorno real observado do ativo i na data t ;

$E[R_{it} | X_t]$ é o retorno esperado do ativo i na data t .

Para os valores do retorno efetivo será utilizado a fórmula dos retornos logarítmicos, logo o cálculo para o retorno efetivo do VIX pode ser apresentado pela segunda equação:

$$R_{it} = \ln\left(\frac{VIX_t}{VIX_{t-1}}\right) \quad (17)$$

onde,

R_{it} é o retorno efetivo do ativo i na data t ;

VIX_t é o valor de fechamento do VIX na data t ;

VIX_{t-1} é o valor de fechamento do VIX na data $t-1$.

Entretanto como mencionado anteriormente segundo Clements e Chen (2007, p. 229) não existem modelos óbvios de precificação que poderiam ser utilizados como benchmark para o comportamento esperado dos retornos para o índice VIX, sendo assim esse estudo utilizará dois diferentes benchmarks para os valores de retornos esperados possibilitando inclusive uma análise de qual dos dois se aproxima de maneira mais significativa ao comportamento efetivo do índice VIX.

Segue abaixo (tabela 2) uma tabela apresentando os valores médios, máximos e mínimos apresentados pelo VIX e pelo S&P500, ou seja, seus retornos efetivos tanto como seu retorno médio, máximo e mínimo. Os dados da tabela são referentes aos retornos diários que o VIX e o S&P500 apresentaram durante o período de 2017 e 2018, sendo os dados sobre esses retornos retirados do site www.investing.com.

Tabela 2

Valores e retornos efetivos do VIX e do S&P500 no período 2017 e 2018

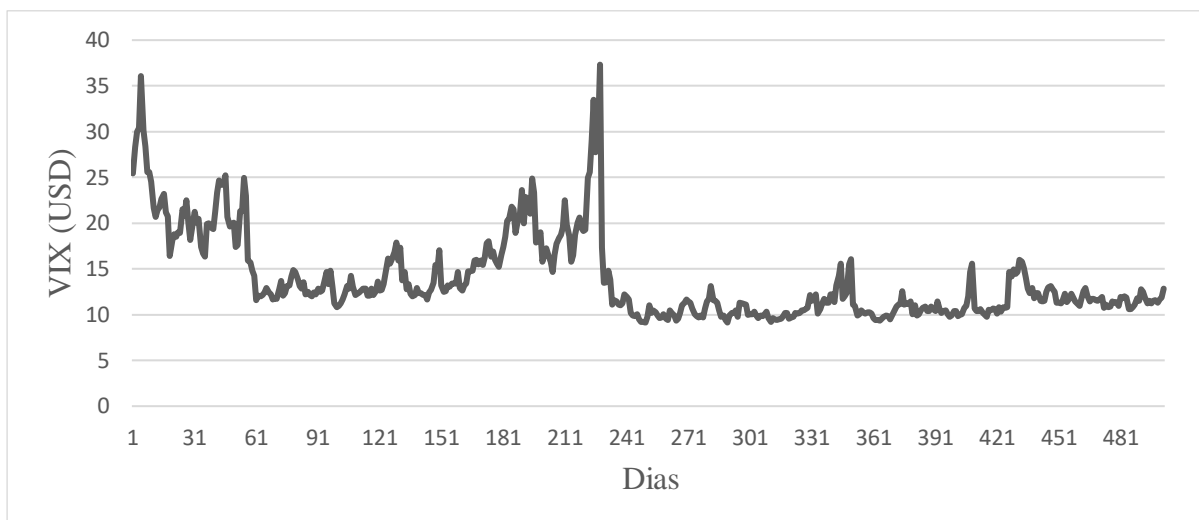
	S&P 500		VIX	
	Valor	Retorno	Valor	Retorno
Médio	2597,65	0,03%	13,87	0,51%
Máximo	2930,75	4,96%	37,32	115,60%
Mínimo	2257,83	-4,10%	9,14	-25,91%

Fonte: elaboração do autor. Dados retirados do site www.investing.com

Para uma melhor representação dos valores e da distribuição dos retornos efetivos do VIX ao longo do período de 2017 e 2018 segue abaixo um gráfico contendo os valores do VIX em dólares no eixo y , e o eixo x apresenta os valores dos dias do período:

Gráfico 1

Valores do VIX ao longo do período dos anos 2017 e 2018



Fonte: elaboração do autor. Dados retirados do site www.investing.com

3.4 Modelos de benchmarking para os retornos esperados

3.4.1 Modelo Market Model

O primeiro modelo que será utilizado como benchmark para o comportamento normal do retorno do VIX é o *Market Model* que, segundo Mackinlay (1997, p. 18) pode ser representado da seguinte maneira:

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \varepsilon_{it} \quad (18)$$

onde,

R_{it} é o retorno da ação i no tempo t ;

R_{mt} é o retorno do mercado no tempo t ;

β_i é o coeficiente de sensibilidade da ação i em relação ao mercado;

ε_{it} é o termo de perturbação.

Sendo assim, aplicando especificamente para esse trabalho o R_{it} será o retorno do VIX, o R_{mt} é o retorno do S&P500 e o β_i é calculado através da janela de estimação. É importante ressaltar também que cada evento possui sua própria janela de estimação em ambos modelos utilizados.

Ainda segundo Mackinlay (1997, p. 20) os parâmetros do *Market Model* podem ser calculados através das seguintes fórmulas:

$$\hat{\beta}_i = \frac{\sum_{t=T_0+1}^{T_1} (R_{it} - \hat{\mu}_i)(R_{mt} - \hat{\mu}_m)}{\sum_{t=T_0+1}^{T_1} (R_{mt} - \hat{\mu}_m)^2} \quad (19)$$

$$\hat{\alpha}_i = \hat{\mu}_i - \hat{\beta}_i \hat{\mu}_m \quad (20)$$

onde,

$$\hat{\mu}_i = \frac{1}{L_1} \sum_{t=T_0+1}^{T_1} R_{it} \quad (21)$$

$$\hat{\mu}_m = \frac{1}{L_1} \sum_{t=T_0+1}^{T_1} R_{it} \quad (22)$$

onde,

L_1 é a quantidade de dias na sua janela de estimação.

3.4.2 Modelo Market Model expandido com o processo GARCH (1,1)

O segundo modelo que será utilizado como benchmark para o comportamento normal do retorno do VIX é o modelo Market Model expandido com GARCH (1,1) sendo o modelo GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heterocedascity*) original desenvolvido por Bollerslev (1986), esse modelo é composto pelo Market Model com erros GARCH(1,1) estimados:

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \varepsilon_{it} \quad (23)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (24)$$

onde,

ε_t é independente e identicamente distribuído (0,1);

σ_t^2 é a variancia condicional;

ω é o interceptor;

u_t^2 são os resíduos do processo de filtração;

3.5 Cumulative Abnormal Return (CAR)

Após a realização do estudo de eventos para identificar a diferença entre os modelos utilizados como benchmark para o retorno normal será utilizado o modelo *Cumulative Abnormal Returns* (CAR) para somar os retornos anormais que ocorreram dentro da janela do evento afim de se analisar essa informação. O CAR, segundo Mackinlay (1997, p. 21) pode ser calculado da seguinte maneira:

$$CAR_i(t_1, t_2) = \sum_{t=t_1}^{t_2} AR_{i,t} \quad (25)$$

onde,

CAR_i são os retornos acumulados do ativo i;

$AR_{i,t}$ é o retorno anormal do ativo i no período t;

t_1, t_2 são as datas que delimitam a janela escolhida.

3.6 Testes Estatísticos

Utilizando o *software Event Study Tools* (Schimmer, Levchenko, and Müller, 2015) para auxiliar na execução dos testes estatísticos. O software descreve os testes estatísticos abaixo e pode ser acessado através do site EventStudyTools.com. Nos tópicos a seguir foram apresentados os testes realizados para determinar se os resultados gerados pelo estudo de eventos são estatisticamente significativos:

3.6.1 T-test

3.6.1.1 T-test para os retornos anormais

O primeiro teste realizado foi o T-test que realizou o teste estatístico em cada tempo t determinado, e sendo sua hipótese nula: $H_0 : AR_{i,t} = 0$ para os retornos anormais. O teste pode ser descrito da seguinte maneira:

$$t_{AR_{i,t}} = \frac{AR_{i,t}}{S_{AR_t}} \quad (26)$$

Onde, S_{AR_t} é o desvio padrão dos retornos anormais na janela de estimação que por sua vez pode ser determinado como:

$$S_{AR_t} = \sqrt{\frac{1}{M_i - 2} \sum_{t=T_0}^{T_1} (AR_{i,t})^2} \quad (27)$$

3.6.1.2 T-test para os retornos anormais acumulados

O segundo T-test realizado para determinar a significância estatística dos retornos anormais acumulados, e sua hipótese nula é $H_0 : CAR_i = 0$. O teste pode ser descrito da seguinte maneira:

$$t_{CAR} = \frac{CAR_i}{S_{CAR}} \quad (28)$$

Onde, S_{CAR} é o desvio padrão dos retornos anormais na janela de estimação que por sua vez pode ser determinado como:

$$S_{CAR} = \sqrt{L_2 S_{AR_i}^2} \quad (29)$$

3.6.2 Cross-Sectional Test

Os próximos testes estatísticos apresentados foram realizados para determinar a significância estatística dos retornos anormais médios acumulados (CAAR). Sendo o primeiro teste conhecido como Cross-Sectional Test que testa a hipótese nula $H_0 : CAAR = 0$ e pode ser representado da seguinte maneira:

$$t_{CAAR} = \sqrt{N} \frac{CAAR}{S_{CAAR}} \quad (30)$$

Onde, S_{CAAR} é o desvio padrão dos retornos anormais acumulados através da amostra e pode ser representado como:

$$S_{CAAR} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (CAR_i - CAAR)^2} \quad (31)$$

3.6.3 Patell Test

O segundo teste estatístico realizado nos retornos anormais médios acumulados é conhecido como Patell Test e como sugerido por Patell (1976) o teste padroniza cada retorno anormal AR_i antes de realizar o cálculo do teste estatístico:

$$SAR_{i,t} = \frac{AR_{i,t}}{S_{AR_{i,t}}} \quad (32)$$

Como os retornos anormais da janela do evento são previsões fora da amostra, Patell ajusta o erro padrão pelo erro previsto:

$$S_{AR_{i,t}}^2 = S_{AR_i}^2 \left(1 + \frac{1}{M_i} + \frac{(R_{m,t} - \bar{R}_m)^2}{\sum_{t=T_0}^{T_1} (R_{m,t} - \bar{R}_m)^2} \right) \quad (33)$$

Onde,

\bar{R}_m é a média dos retornos do mercado na janela de estimação

$SAR_{i,t}$ é uma distribuição t com $M_i - 2$ graus de liberdade

O teste estatístico para testar a hipótese nula $H_0 : CAAR = 0$ é descrito como:

$$Z_{Patell} = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N \frac{CSAR_i}{S_{CSAR_i}} \quad (34)$$

Onde, CSAR é o retorno anormal padronizado acumulado, que pode ser representado como:

$$CSAR_i = \sum_{t=T_1+1}^{T_2} SAR_{i,t} \quad (35)$$

Tendo expectativa zero e variância descrita como:

$$S_{CSAR_i}^2 = L_2 \frac{M_i - 2}{M_i - 4} \quad (36)$$

3.6.4 Kolari e Pynnönen Patell Ajustado

O terceiro teste estatístico realizado é uma versão ajustada do teste de Patell descrito no item anterior, sendo uma modificação proposta por Kolari e Pynnönen (2010) para levar em conta a correlação cruzada dos retornos anormais. O teste estatístico testa seguinte hipótese nula $H_0 : CAAR = 0$ e pode ser descrito da seguinte maneira:

$$Z_{Patell} = Z_{Patell} \sqrt{\frac{1}{1 + (N - 1)\bar{r}}} \quad (37)$$

Onde,

Z_{Patell} é o teste Patell original,

\bar{r} é a média da correlação cruzada da amostra dos retornos anormais do período de estimação,

Quando $\bar{r} = 0$ o Patell ajustado é igual ao Patell original.

3.6.5 Test Cross-Sectional Padronizado

O quarto e ultimo teste realizado nos retornos anormais médios acumulados é, similarmente ao Patell Ajustado, é uma versão modificada do Cross-Sectional test apresentado na seção 1.5.2. A versão padronizada do Cross-Sectional test proposta por Boehmer, Musumeci e Poulsen (1991) é imune a variância induzida pelos eventos.

Esse teste com a imunidade a variância induzida pelos eventos é interessante para a pesquisa devido à distância temporal entre as reuniões do FOMC que, devido a proximidade, pode acabar induzindo essa variância nas reuniões subsequentes. O teste estatístico testa a hipótese nula $H_0 : CAAR = 0$ e pode ser descrita pelo seguinte processo:

$$Z_{BMP} = \sqrt{N} \frac{\overline{SCAR}}{S_{\overline{SCAR}}} \quad (38)$$

Onde, \overline{SCAR} é a média dos retornos anormais acumulados padronizados através de N firmas, com desvio padrão descrito como:

$$S_{\overline{SCAR}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (SCAR_i - \overline{SCAR})^2} \quad (39)$$

$$\overline{SCAR} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N SCAR_i \quad (40)$$

Sendo,

$$SCAR_i = \frac{CAR_i}{S_{CAR_i}} \quad (41)$$

Onde, S_{CAR_i} é o desvio padrão corrigido.

4 Análise Empírica

Nessa seção é realizada a análise empírica dos resultados da pesquisa a partir da utilização da metodologia descrita anteriormente. Os modelos escolhidos como benchmarking na tentativa de identificar comportamento anormal no retorno do índice VIX foram aplicados aos eventos escolhidos: dias de reuniões do Comitê Federal do Mercado Aberto nos anos de 2017 e 2018. A ordem de apresentação dos testes estatísticos será primeiramente os resultados dos eventos individuais para o modelo Market Model, em seguida seus resultados agregados. Após os resultados agregados do modelo Market Model, serão apresentados em sequência similar os resultados do modelo Market Model expandido com o processo GARCH.

O comportamento anormal que essa pesquisa busca analisar seria provavelmente causado pelas expectativas do mercado em relação aos resultados das reuniões do FOMC. As reuniões podem ter três resultados diferentes, e a expectativa do mercado sobre a probabilidade de cada um desses resultados é o que determina o comportamento do mesmo dado os anúncios sobre os resultados da reunião. Os resultados possíveis da reunião são a redução da taxa de juros (FedFunds), a manutenção da taxa de juros em seu valor atual ou o aumento da taxa de juros.

Importante ressaltar que, devido à ausência de um modelo de precificação do índice VIX considerado adequado pelos autores e pesquisas citados nessa monografia, a adoção dos modelos de benchmarking e os resultados gerados pelos mesmos são tentativas de aproximação a um modelo adequado de precificação do VIX. Essa limitação deve ser levada em consideração ao interpretar os resultados encontrados nessa monografia. Os resultados são válidos para os métodos selecionados, podendo ter resultados diferentes com pesquisas utilizando metodologias e modelos de precificação para o retorno esperado diferentes.

4.1 Investigação de retornos anormais no índice VIX devido às reuniões do FOMC

4.1.1 Market Model

Apresentado nesse tópico são os resultados dos testes estatísticos individuais para cada evento (tabela 2) escolhido utilizando o modelo Market Model especificado na metodologia da monografia (Eq. 18), em seguida (tabela 3) estarão os resultados para os impactos agregados juntamente com seus respectivos testes estatísticos que foram realizados.

Tabela 3 – Resultados individuais do test-t para impactos das reuniões do *Federal Open Market Committee* no índice VIX utilizando o modelo Market Model

Número da Reunião	Data da Reunião	Test-t	
		(-10,10)	(-5,5)
Reunião 1	31/01/2017	0,6088	0,1627
Reunião 2	14/03/2017	-0,9911	-0,4424
Reunião 3	02/05/2017	-1,076	-0,2531
Reunião 4	13/06/2017	0,1768	0,1648
Reunião 5	26/07/2017	0,6644	0,4267
Reunião 6	19/09/2017	0,4647	-0,4444
Reunião 7	31/10/2017	0,5472	-0,5171
Reunião 8	12/12/2017	1,3472	-0,3527
Reunião 9	30/01/2018	0,8083	1,9712**
Reunião 10	20/03/2018	-1,7074*	-2,5131**
Reunião 11	01/05/2018	-0,4424	-0,8232
Reunião 12	12/06/2018	0,2939	0,2161
Reunião 13	31/07/2018	0,1956	-0,1814
Reunião 14	25/09/2018	-0,0161	-0,5010
Reunião 15	07/11/2018	-1,6523*	-0,4507
Reunião 16	18/12/2018	-2,875***	-1,5591

Fonte: Elaboração do autor. Dados obtidas no site da reserva federal norte americana www.federalreserve.gov/monetarypolicy/fomccalendars.htm

A tabela acima mostra os resultados do *test-t* realizado para cada reunião da FOMC. Esse teste foi realizado para medir a significância estatística dos impactos dos eventos no índice

VIX. Para representar os níveis de significância alcançado pelos resultados será utilizado o seguinte modelo: caso o resultado apresente significância no nível de 10% haverá um * assinalado ao mesmo, para significância 5% ** e finalmente para 1% ***. Nos resultados que alcançaram significância suficiente, 5% ou 1%, para rejeição da hipótese nula foi utilizado a marcação da fonte em negrito.

Os resultados individuais não apresentaram, em sua maioria, significância estatística. Os resultados apontam para a existência de retornos anormais no VIX decorridos nas reuniões 9 e 10 para a janela (-5,5) indicando a possível influência das reuniões nessas ocasiões. No caso das análises na janela (-10,10) apenas a reunião 16 alcançou significância estatística indicando a mesma possibilidade de influência das reuniões, porém esses resultados não apresentam nenhum padrão ou tendência aparente. Seguindo adiante é importante ressaltar que a falta da inclusão da janela (-15,15) ou de janelas com maior abrangência nessa pesquisa se mostrou pertinente devido a presença de sobreposição das janelas dos eventos estudados.

A seguir será apresentada a tabela com os resultados agregados, a fim de identificar os efeitos que possam ser encontrados ao se observar os resultados dessa maneira, existindo a possibilidade de observações diferentes aos do resultado da tabela 2. Abaixo então está a tabela com a agregação dos resultados dos efeitos ocasionados no índice VIX pelas reuniões da FOMC utilizando o Market Model, consta na tabela: o tamanho da janela do evento, o retorno anormal médio acumulado (CAAR) observado em cada janela, e o resultado dos testes-t *cross-sectional*, teste Patell, teste Patell Ajustado e *Standardized Cross-Sectional Test* (abreviado como SCST):

Tabela 4 - Resultados agregados para impactos das reuniões do *Federal Open Market Committee* no índice VIX utilizando o modelo Market Model

Janela	CAAR	Teste-t <i>cross-sectional</i>	Teste Patell	Teste Patell Ajustado	SCST
(-10,10)	-0,0637	-0,935	-0,9144	-0,8572	-0,8035
(-5,5)	-0,0602	-1,4627	-1,3342	-1,2452	-1,3803

Fonte: Elaboração do autor.

Nota: *significância em 10%, ** em 5% e *** em 1%.

Os resultados apresentam retornos anormais médios acumulados (CAAR) negativos em ambas as janelas estudadas, tendo resultados, CAAR de -6,37% na janela (-10,10) e -6,02% na janela (-5,5), similares com os trabalhos de Chen e Clements (2007) que apontaram para uma queda no VIX causadas pelas reuniões do FOMC, porém além de nenhum dos resultados apresentar significância estatística nos níveis necessários para rejeição da hipótese nula o resultado dos trabalhos de Chen e Clements (2007) acusaram uma queda significativamente menos acentuada do que as apresentadas na tabela 3, tendo uma média de -2% que os autores acreditam que não pode ser atribuída a um comportamento normal do VIX em relação as reuniões da FOMC.

Apesar dos valores do CAAR terem a mesma tendência dos resultados de Chen e Clements (2007), mesmo que significativamente mais elevados, a falta da significância estatística aponta para a incerteza na relevância dos resultados comparativamente.

4.1.2 Market Model expandido com GARCH (1,1)

Essa seção seguirá a mesma ordem da anterior, apresentando os resultados dos testes estatísticos individuais para cada evento (tabela 4) e em seguida haverá os resultados agregados e seus respectivos testes estatísticos, em busca de identificar possíveis anormalidades no comportamento do índice VIX impactado pelas reuniões do FOMC. O modelo para benchmarking porém é a versão estendida do Market Model (Eq. 23), que expande o modelo utilizado na seção anterior estimando o termo de perturbação a partir de um processo GARCH (1,1) melhor especificado na metodologia. Logo, a seguir na tabela abaixo encontram-se os resultados dos testes estatísticos individuais realizados nos eventos.

Tabela 5 - Resultados individuais do test-t para impactos das reuniões do *Federal Open Market Committee* no índice VIX utilizando o modelo Market Model expandido com o processo GARCH

Número da Reunião	Data da Reunião	Test-t	
		(-10,10)	(-5,5)
Reunião 1	31/01/2017	0,6532	0,2042
Reunião 2	14/03/2017	-0,8561	-0,3385
Reunião 3	02/05/2017	-0,974	-0,1702
Reunião 4	13/06/2017	0,1997	0,1878
Reunião 5	26/07/2017	0,6654	0,4311
Reunião 6	19/09/2017	0,4625	-0,4311
Reunião 7	31/10/2017	0,4661	-0,4302
Reunião 8	12/12/2017	1,3079	-0,5400
Reunião 9	30/01/2018	0,3878	1,8672*
Reunião 10	20/03/2018	-1,971**	-3,0227***
Reunião 11	01/05/2018	-0,6444	-1,0492
Reunião 12	12/06/2018	0,3077	0,1289
Reunião 13	31/07/2018	0,0355	-0,2654
Reunião 14	25/09/2018	-0,1149	-0,5654
Reunião 15	07/11/2018	-1,7066*	-0,4996
Reunião 16	18/12/2018	-2,8142***	-1,5274

Fonte: Elaboração do autor. Dados obtidas no site da reserva federal norte americana www.federalreserve.gov/monetarypolicy/fomccalendars.htm

Novamente os resultados encontrados nos testes estatísticos individuais foram majoritariamente não significativos estatisticamente, porém nessa iteração do estudo a reunião 10 apresenta resultados estatisticamente significativos tanto na janela (-5,5) quanto na janela (-10,10), podendo esse evento ser interessante para uma pesquisa mais específica para que se possa definir o que a difere das outras reuniões analisadas. O inverso do ocorrido com a janela (-10,10) da reunião 10 ocorreu com a janela (-5,5) da reunião 9 que com a utilização do modelo expandido acabou perdendo significância estatística. Porém, a falta de um padrão ou tendência identificável permaneceu o mesmo.

A seguir encontra-se a tabela com os resultados agregados do impacto das reuniões da FOMC no índice VIX utilizando o Market Model expandido com um processo GARCH (1,1). Apresentada de maneira similar constando na tabela: o tamanho da janela do evento, o retorno anormal médio acumulado (CAAR) observado em cada janela, e o resultado dos testes-t *cross-sectional*, teste Patell, teste Patell Ajustado e *Standardized Cross-Sectional Test* (abreviado como SCST):

Tabela 5 - Resultados agregados para impactos das reuniões do *Federal Open Market Committee* no índice VIX utilizando o modelo Market Model expandido com o processo GARCH

Janela	CAAR	Teste-t <i>cross-sectional</i>	Teste Patell	Teste Patell Ajustado	SCST
(-10,10)	-0,0787	-1,1624	-1,1285	-1,0592	-1,0236
(-5,5)	-0,0711	-1,5729	-1,5403	-1,4380	-1,4914

Fonte: Elaboração do autor.

Nota: *significância em 10%, ** em 5% e *** em 1%.

Os resultados apresentados com o modelo expandido mostram que os CAARs das janelas estudadas continuam negativos, além de apontarem quedas ainda mais acentuadas de -7,87% para a janela (-10,10) e um CAAR de -7,11% para a janela (-5,5), apesar das mudanças nos valores dos CAARs nenhum dos resultados apresentou significância estatística nos testes utilizados em nível suficiente para rejeição da hipótese nula, sendo todos os resultados dos testes estatísticos para a janela (-5,5) ficando entre os níveis 11% e 15%.

Os resultados negativos apresentados pelos CAARs das janelas podem indicar que a expectativa do mercado era de um aumento na taxa de juros (FedFunds) que, na maioria dos casos escolhidos, se concretizou levando a uma queda ao longo de todas as reuniões observadas o que é representado por esse valor negativo dos CAARs.

Outra análise possível seria que a manutenção da taxa de juros leve a queda da volatilidade por potencialmente sinalizar a continuidade do bull market, estado do mercado que é empiricamente menos volátil.

5 Conclusão e Considerações Finais

Essa monografia foi realizada buscando avaliar a existência de comportamento anormal nos retornos do índice de volatilidade implícita da Chicago Board Options Exchange (CBOE), o VIX, causados pelas reuniões do Federal Open Market Committee (FOMC), mais especificamente retornos anormais causados pelas expectativas do mercado em relação a anúncios em relação a taxa de juros sobre os Treasury Bills, ou FedFunds durante o período dos anos de 2017 e 2018.

A fim de encontrar tais retornos anormais foi utilizada a metodologia de estudo de eventos, considerando assim as datas das reuniões que ocorreram entre os anos de 2017 e 2018 como os eventos a serem estudados. Definido o período foi realizado a escolha dos modelos que seriam utilizados como benchmark para o comportamento do VIX e, visto que a pesquisa não encontrou um consenso na utilização de um modelo de precificação, pelo contrário encontrou trabalhos como o de Chen e Clements (2007) que enfatizam a falta de um modelo de precificação óbvio para o comportamento dos retornos normais do VIX, foram escolhidos o Market Model e o Market Model expandido com o processo GARCH (1,1) como os modelos para precificação dos retornos normais do VIX.

Os testes estatísticos realizados buscando medir o nível de significância estatística dos resultados encontrados pelo estudo de eventos não atingiram níveis capazes de refutar a hipótese nula na grande maioria dos retornos anormais acumulados dos eventos escolhidos, tanto na janela (-5,5) quanto na janela (-10,10). Porém, esses resultados são contrastados pelos valores encontrados para a reunião de número 10, que ocorreu no dia 20/03/2018, que apresentou resultados significantes estatisticamente para ambas as janelas durante a utilização do Market Model expandido com o processo GARCH (1,1), indicando que nessa reunião especificamente foram encontrados indícios de comportamentos anormais do VIX, podendo então essa reunião ser alvo de pesquisas mais profundas e detalhadas para determinar o motivo pelo qual essa apresentou resultados contrastantes.

Levando em consideração os resultados dos retornos anormais médios acumulados (CAAR) que, apesar de não apresentarem significância estatística suficientes para refutar a hipótese nula em nenhuma das janelas ou modelos escolhidos, os resultados foram consistentes entre si quanto ao declínio apresentado pelo CAAR em todas as janelas e modelos estudados, apresentando respectivamente -6,37% e -6,02% nas janelas (-10,10) e (-5,5) do Market Model e quedas de -7,87% e -7,11% nas janelas (-10,10) e (-5,5) no Market Model expandido com o

GARCH, podendo indicar a presença da expectativa do mercado para um aumento da taxa de juros (FedFunds) nos resultados das reuniões da FOMC no período.

Pode ser feita uma comparação com os resultados de Chen e Clements (2007) os quais apontaram para uma queda sistemática nos dias de reuniões da FOMC no valor de 2%, apesar dos resultados apresentarem impactos menos acentuados os valores negativos dos CAARs encontrados nessa monografia são consistentes com a queda nos estudos dos autores citados.

Essa queda, porém, é contrária à teoria de que a presença de uma volatilidade maior que o normal, dado as expectativas da reunião, levaria ao aumento da volatilidade implícita antes da reunião seguida de uma queda na volatilidade após a mesma, essa lógica segundo Chen e Clements (2007) pode ser atribuída a Donders e Vorst (1996). Sendo os resultados do estudo de Nikkinen e Sahlström (2004) que, apontaram para aumentos significativos na volatilidade nos dias anteriores a anúncios macroeconômicos e apontaram também a diminuição significativa na volatilidade nos dias após os anúncios, sendo tanto o aumento quanto a queda estatisticamente significativos no nível de 10%.

A falta de um modelo de precificação bem aceito como adequado para os retornos normais do VIX pode ser considerado um limitador da pesquisa, podendo assim ser sugerido a realização de pesquisas sobre os retornos anormais possíveis presentes no VIX utilizando outros modelos ou mesmo como já sugerido anteriormente pesquisas mais específicas nos dias de evento que indicaram significância estatística para buscar entender que aspectos poderiam ser responsáveis por esse contraste nos resultados.

6 Referências

- Ahoniemi, K. (2007). Modeling and Forecasting the VIX Index. *SSRN Electronic Journal*, pp.21-29.
- Bailey, W., Zheng, L. & Zhou, Y. (2012). What Makes the VIX Tick? Hong Kong Institute for Monetary Research, No. 22.
- Bernanke, B. & Kuttner, K. (2005). What Explains the Stock Market's Reaction to Federal Reserve Policy? *The Journal of Finance*, 60(3), pp.1221-1257.
- Binder, J. J. (1998). The Event Study Methodology Since 1969. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, Vol. 11, pp. 111-137.
- Black, F., Jensen, M. C. & Scholes, M. (1972). The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests. *Studies in the Theory of Capital Markets*.
- Black, F. & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), pp.637-654.
- Boehmer, E., Musumeci, J. & Poulsen, A. B., Event-Study Methodology Under Conditions of Event-Induced Variance. *Journal of Financial Economics*. Vol. 30, Issue 2, pp. 253-272.
- Bollerslev, Tim (1986). "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity". *Journal of Econometrics*. 31 (3): 307–327.
- Breeden, D. & Litzenberger, R. (1978). Prices of State-Contigent Claims Implicit in Option Prices. *The Journal of Business*, Vol.51, No. 4, pp. 621-651.
- Brown, S. J., & Warner, J. B. (1980). Measuring security price performance. *Journal of Financial Economics*, 8, 205-258.
- Brown, S. J., & Warner, J. B. (1985). Using Daily Stock Returns: The Case of Event Studies. *Journal of Financial Economics*, 14, 3-31.
- Carr, P. & Wu, L. (2009). Variance Risk Premiums. *The Review of Financial Studies*, Vol. 22, Issue 3, pp. 1311-1341.
- Chen, E. & Clements, A. (2007). S&P 500 implied volatility and monetary policy announcements. *Finance Research Letters*, 4(4), pp.227-232.
- Corrado, C. (2009). Why We Have Always Used the Black-Scholes-Merton Option Pricing Formula. *SSRN Electronic Journal*.
- Demeterfi, K., E. Derman, M. Kamal, & J. Zou. "More than you ever wanted to know about volatility swaps." *Quantitative Strategies Research Notes*, Goldman Sachs, 1999a.
- Evbayiro-Osagie Ikavbo, E. & Osamwonyi, I. (2017). A Comparative Analysis of Four-Factor Model and Three-Factor Model in the Nigerian Stock Market. *International Journal of Financial Research*. Vol. 8, No. 4; 2017. pp. 38-52.

- Fama, E. & French, K. (2015). A Five-Factor Asset Pricing Model. *Journal of Financial Economics*. 116 (2015). pp. 1-22.
- Fama, E. & French, K. (1996). Multifactor Explanations of Asset Pricing Anomalies. *The Journal of Finance*, 51(1), pp.55-84.
- Fama, E. & French, K. (2004). The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 18, pp. 25-46.
- Huberman, G. & Wang, Z. (2005). Arbitrage Pricing Theory. Federal Reserve Bank of New York Staff Reports No. 216.
- Gordon, M. & Shapiro, E. (1956). Capital Equipment Analysis: The Required Rate of Profit. *Management Science*, 3(1), pp.102-110.
- Haug, E. G. & Taleb, N. N. (2007). Why We Have Never Used the Black-Scholes-Merton Option Pricing Formula. *SSRN Electronic Journal*.
- Janková, Z. (2018). Drawbacks and Limitations of Black-Scholes Model for Options Pricing. *Journal of Financial Studies & Research*.
- Jiang, G. & Tian, Y. (2005). The Model-Free Implied Volatility and Its Information Content. *The Review of Financial Studies*, Vol. 18, Issue 4, pp. 1305-1342.
- Jiang, G. & Tian, Y. (2006). Extracting Model-Free Volatility from Option Prices: An Examination of the Vix Index. *SSRN Electronic Journal*.
- Jiang, G., Konstantinidi, E. & Skiadopoulos, G. (2012). Volatility spillovers and the effect of news announcements. *Journal of Banking & Finance*, 36(8), pp.2260-2273.
- Johnson, S. & Stretcher, R. (2009). News and noise: do investors react to stock split announcements differently during periods of high and low market volatility? *Journal of Economics and Finance*, 35(1), pp.71-78.
- Kolari, J. W. & Pynnönen S., (2010). Event Study Testing with Cross-sectional Correlation of Abnormal Returns. *The Review of Financial Studies*. Vol. 23, Issue 11, pp. 3996-4025.
- Mackinlay, A.C. (1997). Event studies in economics and finance. *Journal of Economic Literature*, 35, 13-39.
- Merton, R. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 4(1), pp.141-183.
- Reza Tavakoli Baghdadabad, M. & Glabadanidis, P. (2014). An extensile method on the arbitrage pricing theory based on downside risk (D-APT), *International Journal of Managerial Finance*, Vol. 10 Issue: 1, pp.54-72.
- Nikkinen, J. & Sahlström, P. (2004). Impact of the federal open market committee's meetings and scheduled macroeconomic news on stock market uncertainty. *International Review of Financial Analysis*, 13(1), pp.1-12.

- Pamela P. Peterson (1989) Event Studies: A Review of Issues and Methodology, *Quarterly Journal of Business and Economics*, Vol. 28, No. 3, pp. 36-66.
- Patell, J.A. (1976). Corporate forecasts of earnings per share and stock price behavior: Empirical test. *Journal of Accounting Research*. Vol. 14, Issue 2, pp. 246-276.
- Reza Tavakoli Baghdadabad, M. & Glabadanidis, P. (2014). An extensile method on the arbitrage pricing theory based on downside risk (D-APT). *International Journal of Managerial Finance*, 10(1), pp.54-72.
- Schimmer, M., Levchenko, A., & Müller, S. (2014). EventStudyTools (Research Apps), St. Gallen. Available on: <http://www.eventstudytools.com>. Accessed on: 22/05/2019.
- Serra, A. P. (2004), Event Study Tests: A Brief Survey, *Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, Vol. 2, No. 3
- Sharpe, W. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk*. *The Journal of Finance*, 19(3), pp.425-442.
- Taylor, S., Yadav, P. & Zhang, Y. (2010). The information content of implied volatilities and model-free volatility expectations: Evidence from options written on individual stocks. *Journal of Banking & Finance*, Vol. 34, Issue 4, pp. 871-881.

Anexos

Tabela com os Retornos Anormais da Janela (-5,5) do modelo Market Model

Reunião	AR(-5)	AR(-4)	AR(-3)	AR(-2)	AR(-1)	AR(0)	AR(1)	AR(2)	AR(3)	AR(4)	AR(5)
1	-0,0123	0,0367	-0,0255	-0,0145	0,0652	-0,0007	-0,0156	0,0118	-0,0294	0,0162	-0,0081
2	-0,0122	0,0102	0,0391	-0,0287	-0,0282	0,0455	0,0143	-0,0559	-0,0101	-0,0172	-0,0215
3	0,0447	-1,0298E-06	-0,045	0,0219	-0,0558	0,0535	-0,0071	-0,0193	0,0442	-0,0822	0,0059
4	0,0044	0,0052	-0,0245	0,0387	0,0541	-0,0549	0,0062	-0,003	-0,0508	0,0774	-0,0258
5	0,0425	-0,0278	-0,0316	-0,0084	0,0267	0,0164	0,0369	-0,0011	-0,0152	0,0049	0,0194
6	0,0194	-0,0041	-0,0236	-0,0102	0,0096	0,0105	-0,038	-0,0516	-0,0061	0,0318	-0,0083
7	0,0193	-0,0555	0,0134	-0,0568	0,0243	-0,0276	0,0128	-0,0322	-0,0546	0,0352	0,0411
8	-0,0812	-0,0368	-0,0553	-0,0034	0,0036	0,0703	0,0127	-0,0246	-0,0127	0,0653	0,0063
9	0,0215	0,0163	0,0065	0,0822	0,1342	-0,0705	-0,0926	-0,0227	-0,0074	0,2738	-0,0288
10	-0,0461	-0,0218	-0,0553	-0,0377	0,013	-0,0356	-0,0485	-0,033	-0,1879	0,131	-0,1407
11	-0,0434	0,0029	0,0051	-0,0468	-0,0552	-0,0079	-0,0479	-0,0327	0,049	0,0279	-0,011
12	-0,0259	0,0132	0,0288	0,0285	0,0185	0,0103	0,0031	-0,0473	-0,027	0,0011	0,0367
13	0,0236	0,0724	-0,0479	0,0006	0,0279	-0,0643	0,0084	-0,034	-0,0071	-0,004	-0,0093
14	-0,0241	-0,0797	0,0701	-0,0201	0,0044	-0,0007	0,0001	-0,0189	-0,0302	0,0172	-0,006
15	-0,0056	-0,0062	-0,0512	0,0669	0,0473	-0,0178	-0,0048	-0,0477	-0,0145	-0,0388	-0,0113
16	-0,0458	0,0276	-0,0433	-0,116	-0,0512	0,0398	-0,1314	-0,0307	-0,1159	-0,0497	0,226

Tabela com os resultados dos T-test dos Retornos Anormais da Janela (-5,5) do modelo Market Model

Reunião	Teste-t										
	(-5)	(-4)	(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	-0,2789	0,8322	-0,5782	-0,3288	1,4785	-0,0159	-0,3537	0,2676	-0,6667	0,3673	-0,1837
2	-0,2766	0,2313	0,8866	-0,6508	-0,6395	1,0317	0,3243	-1,2676	-0,229	-0,39	-0,4875
3	0,9572	0	-0,9636	0,469	-1,1949	1,1456	-0,152	-0,4133	0,9465	-1,7602	0,1263
4	0,0891	0,1053	-0,496	0,7834	1,0951	-1,1113	0,1255	-0,0607	-1,0283	1,5668	-0,5223
5	0,9594	-0,6275	-0,7133	-0,1896	0,6027	0,3702	0,833	-0,0248	-0,3431	0,1106	0,4379
6	0,405	-0,0856	-0,4927	-0,2129	0,2004	0,2192	-0,7933	-1,0772	-0,1273	0,6639	-0,1733
7	0,4106	-1,1809	0,2851	-1,2085	0,517	-0,5872	0,2723	-0,6851	-1,1617	0,7489	0,8745
8	-1,7023	-0,7715	-1,1593	-0,0713	0,0755	1,4738	0,2662	-0,5157	-0,2662	1,369	0,1321
9	0,4498	0,341	0,136	1,7197	2,8075	-1,4749	-1,9372	-0,4749	-0,1548	5,728	-0,6025
10	-0,8306	-0,3928	-0,9964	-0,6793	0,2342	-0,6414	-0,8739	-0,5946	-3,3856	2,3604	-2,5351
11	-0,7406	0,0495	0,087	-0,7986	-0,942	-0,1348	-0,8174	-0,558	0,8362	0,4761	-0,1877
12	-0,4642	0,2366	0,5161	0,5108	0,3315	0,1846	0,0556	-0,8477	-0,4839	0,0197	0,6577
13	0,4214	1,2929	-0,8554	0,0107	0,4982	-1,1482	0,15	-0,6071	-0,1268	-0,0714	-0,1661
14	-0,4556	-1,5066	1,3251	-0,38	0,0832	-0,0132	0,0019	-0,3573	-0,5709	0,3251	-0,1134
15	-0,1	-0,1107	-0,9143	1,1946	0,8446	-0,3179	-0,0857	-0,8518	-0,2589	-0,6929	-0,2018
16	-0,8149	0,4911	-0,7705	-2,0641	-0,911	0,7082	-2,3381	-0,5463	-2,0623	-0,8843	4,0214

Tabela com os Retornos Anormais da Janela (-10,10) do modelo Market Model

Reunião	AR(-10)	AR(-9)	AR(-8)	AR(-7)	AR(-6)	AR(-5)	AR(-4)	AR(-3)	AR(-2)	AR(-1)	AR(0)	AR(1)	AR(2)	AR(3)	AR(4)	AR(5)	AR(6)	AR(7)	AR(8)	AR(9)	AR(10)
1	0,0299	0,0617	-0,0068	-0,078	-0,0036	-0,0123	0,0366	-0,0248	-0,0137	0,0665	0	-0,015	0,0123	-0,0295	0,017	-0,0075	0,0173	-0,0084	0,0229	0,0588	-0,0012
2	0,0382	0,087	-0,1177	-0,0752	-0,0092	-0,0127	0,0096	0,0386	-0,0292	-0,0287	0,045	0,0138	-0,0564	-0,0106	-0,0178	-0,022	0,0388	0,0094	-0,0249	-0,0503	-0,021
3	-0,0476	0,0147	0,0094	0,0014	-0,2075	0,0426	-0,0007	-0,0459	0,0216	-0,0569	0,0525	-0,0076	-0,0202	0,0425	-0,083	0,0054	0,0303	0,0134	-0,037	0,0402	0,011
4	0,0399	-0,0062	0,0197	0,0183	0,0156	0,0047	0,0054	-0,0242	0,039	0,0543	-0,0546	0,0064	-0,0028	-0,0505	0,0777	-0,0256	-0,0205	-0,0345	-0,0338	-0,0134	0,0252
5	0,0168	-0,0242	0,0047	0,0271	0,009	0,0421	-0,0278	-0,0316	-0,0083	0,0264	0,0164	0,037	-0,001	-0,0151	0,0047	0,0194	-0,0121	-0,0246	0,0029	0,0687	0,0053
6	0,0957	-0,0191	-0,0139	0,026	-0,0019	0,0199	-0,0037	-0,0234	-0,0098	0,01	0,0109	-0,0377	-0,0515	-0,0057	0,032	-0,008	0,0123	-0,0239	0,0337	0,0335	0,0264
7	0,0409	-0,0214	-0,0046	0,0445	0,0524	0,0204	-0,054	0,0145	-0,0561	0,0257	-0,0264	0,0139	-0,031	-0,0536	0,0363	0,0423	-0,0009	0,0212	0,0558	0,0234	-0,0252
8	0,1264	0,0535	0,1434	-0,0178	0,0023	-0,0819	-0,0359	-0,0531	0	0,006	0,072	0,0135	-0,0255	-0,0077	0,0687	0,0057	-0,0481	0,0066	0,0164	0,0153	0,0239
9	0,0869	0,1227	-0,0025	-0,0384	0,0642	0,0229	0,0171	0,0076	0,0857	0,1336	-0,072	-0,0916	-0,0219	-0,0113	0,2653	-0,024	-0,1463	-0,2728	0,0249	0,0276	-0,0036
10	0,0023	-0,047	-0,0279	0,0687	0,0521	-0,0464	-0,0221	-0,0551	-0,0373	0,0121	-0,0352	-0,0484	-0,0349	-0,1894	0,1335	-0,1419	-0,0256	0,0141	-0,1012	0,0237	0,074
11	0,0191	0,0253	-0,041	-0,0364	-0,0377	-0,0441	0,0028	0,0053	-0,047	-0,0557	-0,008	-0,0484	-0,033	0,0493	0,0278	-0,0112	-0,0001	0,0743	-0,0333	0,0251	0,0483
12	0,1368	-0,0163	-0,0388	-0,0399	-0,0182	-0,026	0,012	0,0289	0,0281	0,0184	0,0101	0,0036	-0,0477	-0,0269	0,0014	0,0373	-0,0322	0,0691	-0,0492	0,0933	-0,0696
13	-0,0295	0,0181	0,017	-0,0162	-0,0072	0,0234	0,0721	-0,0479	0,0006	0,028	-0,0645	0,0084	-0,0342	-0,0073	-0,0042	-0,0094	-0,0161	0,0178	0,0795	0,0709	-0,0491
14	-0,0405	-0,0091	-0,018	-0,0283	0,0672	-0,0241	-0,0796	0,0701	-0,02	0,0047	-0,0005	0,0003	-0,0188	-0,0301	0,0173	-0,0059	-0,037	0,1206	-0,0163	0,0471	-0,003
15	-0,0974	0,1249	-0,1691	-0,0437	0,0826	-0,0003	-0,001	-0,0548	0,0695	0,0503	-0,0072	-0,0064	-0,0528	-0,0251	-0,0399	-0,0155	0,0309	-0,081	-0,0575	-0,0624	-0,0545
16	-0,0061	-0,0482	0,0054	-0,1102	-0,0142	-0,0459	0,0284	-0,0434	-0,1193	-0,0548	0,0398	-0,134	-0,0334	-0,1194	-0,0543	0,234	0,0537	-0,0693	-0,0407	-0,0831	-0,1228

Tabela com os resultados dos T-test dos Retornos Anormais da Janela (-10,10) do modelo Market Model

Reunião	Teste-T																				
	(-10)	(-9)	(-8)	(-7)	(-6)	(-5)	(-4)	(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	0,6826	1,4087	-0,1553	-1,7808	-0,0822	-0,2808	0,8356	-0,5662	-0,3128	1,5183	0	-0,3425	0,2808	-0,6735	0,3881	-0,1712	0,395	-0,1918	0,5228	1,3425	-0,0274
2	0,8884	2,0233	-2,7372	-1,7488	-0,214	-0,2953	0,2233	0,8977	-0,6791	-0,6674	1,0465	0,3209	-1,3116	-0,2465	-0,414	-0,5116	0,9023	0,2186	-0,5791	-1,1698	-0,4884
3	-1,0601	0,3274	0,2094	0,0312	-4,6214	0,9488	-0,0156	-1,0223	0,4811	-1,2673	1,1693	-0,1693	-0,4499	0,9465	-1,8486	0,1203	0,6748	0,2984	-0,8241	0,8953	0,245
4	0,8061	-0,1253	0,398	0,3697	0,3152	0,0949	0,1091	-0,4889	0,7879	1,097	-1,103	0,1293	-0,0566	-1,0202	1,5697	-0,5172	-0,4141	-0,697	-0,6828	-0,2707	0,5091
5	0,3767	-0,5426	0,1054	0,6076	0,2018	0,9439	-0,6233	-0,7085	-0,1861	0,5919	0,3677	0,8296	-0,0224	-0,3386	0,1054	0,435	-0,2713	-0,5516	0,065	1,5404	0,1188
6	2,0021	-0,3996	-0,2908	0,5439	-0,0397	0,4163	-0,0774	-0,4895	-0,205	0,2092	0,228	-0,7887	-1,0774	-0,1192	0,6695	-0,1674	0,2573	-0,5	0,705	0,7008	0,5523
7	0,8684	-0,4544	-0,0977	0,9448	1,1125	0,4331	-1,1465	0,3079	-1,1911	0,5456	-0,5605	0,2951	-0,6582	-1,138	0,7707	0,8981	-0,0191	0,4501	1,1847	0,4968	-0,535
8	2,7419	1,1605	3,1106	-0,3861	0,0499	-1,7766	-0,7787	-1,1518	0	0,1302	1,5618	0,2928	-0,5531	-0,167	1,4902	0,1236	-1,0434	0,1432	0,3557	0,3319	0,5184
9	1,8489	2,6106	-0,0532	-0,817	1,366	0,4872	0,3638	0,1617	1,8234	2,8426	-1,5319	-1,9489	-0,466	-0,2404	5,6447	-0,5106	-3,1128	-5,8043	0,5298	0,5872	-0,0766
10	0,0417	-0,8514	-0,5054	1,2446	0,9438	-0,8406	-0,4004	-0,9982	-0,6757	0,2192	-0,6377	-0,8768	-0,6322	-3,4312	2,4185	-2,5707	-0,4638	0,2554	-1,8333	0,4293	1,3406
11	0,3265	0,4325	-0,7009	-0,6222	-0,6444	-0,7538	0,0479	0,0906	-0,8034	-0,9521	-0,1368	-0,8274	-0,5641	0,8427	0,4752	-0,1915	-0,0017	1,2701	-0,5692	0,4291	0,8256
12	2,4828	-0,2958	-0,7042	-0,7241	-0,3303	-0,4719	0,2178	0,5245	0,51	0,3339	0,1833	0,0653	-0,8657	-0,4882	0,0254	0,677	-0,5844	1,2541	-0,8929	1,6933	-1,2632
13	-0,5268	0,3232	0,3036	-0,2893	-0,1286	0,4179	1,2875	-0,8554	0,0107	0,5	-1,1518	0,15	-0,6107	-0,1304	-0,075	-0,1679	-0,2875	0,3179	1,4196	1,2661	-0,8768
14	-0,7685	-0,1727	-0,3416	-0,537	1,2751	-0,4573	-1,5104	1,3302	-0,3795	0,0892	-0,0095	0,0057	-0,3567	-0,5712	0,3283	-0,112	-0,7021	2,2884	-0,3093	0,8937	-0,0569
15	-1,797	2,3044	-3,1199	-0,8063	1,524	-0,0055	-0,0185	-1,0111	1,2823	0,928	-0,1328	-0,1181	-0,9742	-0,4631	-0,7362	-0,286	0,5701	-1,4945	-1,0609	-1,1513	-1,0055
16	-0,1089	-0,8607	0,0964	-1,9679	-0,2536	-0,8196	0,5071	-0,775	-2,1304	-0,9786	0,7107	-2,3929	-0,5964	-2,1321	-0,9696	4,1786	0,9589	-1,2375	-0,7268	-1,4839	-2,1929

Tabela com os Retornos Anormais da Janela (-5,5) do modelo Market Model expandido com o processo GARCH

Reunião	AR(-5)	AR(-4)	AR(-3)	AR(-2)	AR(-1)	AR(0)	AR(1)	AR(2)	AR(3)	AR(4)	AR(5)
1	-0,0136	0,0349	-0,0243	-0,0132	0,0683	0,0005	-0,0148	0,0125	-0,031	0,0178	-0,0073
2	-0,0105	0,0117	0,0402	-0,028	-0,027	0,0472	0,0142	-0,0544	-0,0087	-0,0157	-0,0184
3	0,0455	0,0013	-0,0438	0,0233	-0,0547	0,0546	-0,0058	-0,0181	0,0451	-0,081	0,0073
4	0,0048	0,0055	-0,0241	0,0391	0,0544	-0,0546	0,0065	-0,0027	-0,0505	0,0776	-0,0253
5	0,0427	-0,0278	-0,0316	-0,0084	0,0267	0,0164	0,0369	-0,0011	-0,0151	0,005	0,0195
6	0,0202	-0,0038	-0,0237	-0,0097	0,01	0,0109	-0,0377	-0,0521	-0,0058	0,0316	-0,0081
7	0,019	-0,0559	0,0131	-0,057	0,024	-0,0279	0,0125	-0,0325	-0,0549	0,0349	0,0407
8	-0,0819	-0,0372	-0,0555	-0,0034	0,0035	0,07	0,0123	-0,0253	-0,0123	0,0654	0,0056
9	0,0219	0,016	0,0065	0,0855	0,132	-0,074	-0,0927	-0,0231	-0,014	0,2611	-0,0238
10	-0,0558	-0,0307	-0,0584	-0,038	-0,0058	-0,0361	-0,0529	-0,0647	-0,2146	0,1597	-0,1631
11	-0,0687	0,0014	0,0168	-0,0495	-0,0723	-0,0084	-0,0635	-0,0406	0,0643	0,0288	-0,0157
12	-0,0272	0,0171	0,0265	0,0288	0,0174	0,0097	-0,0015	-0,0475	-0,0295	-0,0021	0,0322
13	0,0239	0,0752	-0,052	-0,0055	0,0223	-0,0639	0,0055	-0,0336	-0,0069	-0,0043	-0,01
14	-0,0239	-0,0807	0,0711	-0,0216	0,002	-0,0025	-0,0022	-0,0194	-0,0315	0,017	-0,0075
15	-0,003	-0,0037	-0,0544	0,0678	0,0484	-0,0118	-0,0067	-0,0519	-0,0222	-0,0404	-0,0149
16	-0,046	0,0266	-0,0436	-0,1136	-0,0486	0,0396	-0,1295	-0,0287	-0,1133	-0,0461	0,219

Tabela com os resultados dos T-test dos Retornos Anormais da Janela (-5,5) do modelo Market Model expandido com o processo GARCH

Reunião	Teste-t										
	(-5)	(-4)	(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	-0,3091	0,7932	-0,5523	-0,3	1,5523	0,0114	-0,3364	0,2841	-0,7045	0,4045	-0,1659
2	-0,2386	0,2659	0,9136	-0,6364	-0,6136	1,0727	0,3227	-1,2364	-0,1977	-0,3568	-0,4182
3	0,9764	0,0279	-0,9399	0,5	-1,1738	1,1717	-0,1245	-0,3884	0,9678	-1,7382	0,1567
4	0,0974	0,1116	-0,4888	0,7931	1,1034	-1,1075	0,1318	-0,0548	-1,0243	1,574	-0,5132
5	0,9661	-0,629	-0,7149	-0,19	0,6041	0,371	0,8348	-0,0249	-0,3416	0,1131	0,4412
6	0,4226	-0,0795	-0,4958	-0,2029	0,2092	0,228	-0,7887	-1,09	-0,1213	0,6611	-0,1695
7	0,4051	-1,1919	0,2793	-1,2154	0,5117	-0,5949	0,2665	-0,693	-1,1706	0,7441	0,8678
8	-1,7206	-0,7815	-1,166	-0,0714	0,0735	1,4706	0,2584	-0,5315	-0,2584	1,3739	0,1176
9	0,4591	0,3354	0,1363	1,7925	2,7673	-1,5514	-1,9434	-0,4843	-0,2935	5,4738	-0,499
10	-0,9982	-0,5492	-1,0447	-0,6798	-0,1038	-0,6458	-0,9463	-1,1574	-3,839	2,8569	-2,9177
11	-1,1527	0,0235	0,2819	-0,8305	-1,2131	-0,1409	-1,0654	-0,6812	1,0789	0,4832	-0,2634
12	-0,4866	0,3059	0,4741	0,5152	0,3113	0,1735	-0,0268	-0,8497	-0,5277	-0,0376	0,576
13	0,4268	1,3429	-0,9286	-0,0982	0,3982	-1,1411	0,0982	-0,6	-0,1232	-0,0768	-0,1786
14	-0,4518	-1,5255	1,344	-0,4083	0,0378	-0,0473	-0,0416	-0,3667	-0,5955	0,3214	-0,1418
15	-0,0536	-0,0661	-0,9714	1,2107	0,8643	-0,2107	-0,1196	-0,9268	-0,3964	-0,7214	-0,2661
16	-0,82	0,4742	-0,7772	-2,025	-0,8663	0,7059	-2,3084	-0,5116	-2,0196	-0,8217	3,9037

Tabela com os Retornos Anormais da Janela (-10,10) do modelo Market Model expandido com o processo GARCH

Reunião	AR(-10)	AR(-9)	AR(-8)	AR(-7)	AR(-6)	AR(-5)	AR(-4)	AR(-3)	AR(-2)	AR(-1)	AR(0)	AR(1)	AR(2)	AR(3)	AR(4)	AR(5)	AR(6)	AR(7)	AR(8)	AR(9)	AR(10)
1	0,032	0,0619	-0,0044	-0,0784	-0,0016	-0,0139	0,0344	-0,0235	-0,0124	0,0698	0,0013	-0,0142	0,0131	-0,0313	0,0188	-0,0067	0,0179	-0,0097	0,0224	0,0577	-0,0018
2	0,0402	0,0839	-0,1147	-0,0742	-0,007	-0,0106	0,0116	0,0395	-0,029	-0,0276	0,0472	0,0124	-0,0547	-0,009	-0,0159	-0,0169	0,0394	0,0109	-0,0234	-0,0488	-0,022
3	-0,0458	0,0162	0,0092	0,0032	-0,2084	0,0426	0,0006	-0,0448	0,0232	-0,0561	0,0534	-0,0061	-0,0191	0,0429	-0,0818	0,0068	0,0313	0,015	-0,0355	0,0404	0,0124
4	0,0402	-0,006	0,0197	0,0184	0,0159	0,005	0,0056	-0,024	0,0393	0,0546	-0,0545	0,0067	-0,0025	-0,0503	0,0777	-0,0251	-0,0202	-0,0342	-0,0336	-0,0132	0,0257
5	0,0168	-0,0243	0,0047	0,0271	0,009	0,0421	-0,0278	-0,0316	-0,0083	0,0264	0,0164	0,037	-0,001	-0,0151	0,0047	0,0194	-0,0121	-0,0246	0,0029	0,0687	0,0053
6	0,0959	-0,0191	-0,0139	0,026	-0,0021	0,0198	-0,0038	-0,0234	-0,0098	0,0099	0,0109	-0,0377	-0,0515	-0,0057	0,032	-0,008	0,0123	-0,024	0,0336	0,0334	0,0263
7	0,0403	-0,022	-0,0054	0,0463	0,0491	0,0202	-0,0577	0,0141	-0,0526	0,0229	-0,027	0,0138	-0,032	-0,0529	0,036	0,0411	-0,0012	0,018	0,0543	0,0229	-0,0276
8	0,1267	0,0529	0,1437	-0,0185	0,0017	-0,0828	-0,0364	-0,0533	1,86E-06	0,0058	0,0716	0,0129	-0,0264	-0,0074	0,0687	0,0049	-0,0487	0,0062	0,0159	0,0147	0,0235
9	0,0812	0,1306	-0,0062	-0,0358	0,0707	0,0231	0,0145	0,0062	0,0962	0,1244	-0,0857	-0,0931	-0,0246	-0,036	0,2189	-0,0077	-0,1536	-0,3154	0,0386	0,0403	-0,0029
10	0,0033	-0,0494	-0,0249	0,0859	0,0488	-0,0553	-0,0303	-0,0578	-0,0373	-0,0056	-0,0354	-0,0523	-0,0648	-0,2146	0,1612	-0,163	-0,0307	0,0274	-0,128	0,0357	0,0849
11	0,0323	0,023	-0,0538	-0,0537	-0,0413	-0,0693	0,002	0,0181	-0,0489	-0,0725	-0,0076	-0,0636	-0,0402	0,0659	0,0296	-0,0153	0,0116	0,0855	-0,0343	0,0228	0,0337
12	0,1427	-0,0224	-0,0352	-0,045	-0,0202	-0,0261	0,008	0,0294	0,0267	0,018	0,0094	0,0058	-0,0487	-0,0262	0,0026	0,0395	-0,0329	0,0725	-0,05	0,1003	-0,0705
13	-0,0303	0,0167	0,0134	-0,0187	-0,0087	0,0229	0,0732	-0,0513	-0,004	0,0237	-0,065	0,0058	-0,0347	-0,0079	-0,0051	-0,0106	-0,0184	0,0151	0,0747	0,0673	-0,049
14	-0,0408	-0,0102	-0,018	-0,0294	0,0648	-0,0241	-0,0804	0,0707	-0,0212	0,0027	-0,002	-0,0015	-0,0193	-0,0312	0,017	-0,0071	-0,038	0,1176	-0,0186	0,0458	-0,0045
15	-0,0999	0,1256	-0,1707	-0,0446	0,0831	-0,0001	-0,0009	-0,0557	0,0694	0,0502	-0,0064	-0,007	-0,0539	-0,0269	-0,0405	-0,0165	0,0311	-0,0814	-0,0591	-0,0641	-0,0548
16	-0,0079	-0,0431	0,0055	-0,1066	-0,0145	-0,0459	0,0275	-0,0435	-0,1164	-0,0516	0,0397	-0,1317	-0,031	-0,1162	-0,0501	0,2263	0,0523	-0,0692	-0,0421	-0,0834	-0,119

Tabela com os resultados dos T-test dos Retornos Anormais da Janela (-10,10) do modelo Market Model expandido com o processo GARCH

Reunião	Teste-t																				
	(-10)	(-9)	(-8)	(-7)	(-6)	(-5)	(-4)	(-3)	(-2)	(-1)	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	0,7289	1,41	-0,1002	-1,7859	-0,0364	-0,3166	0,7836	-0,5353	-0,2825	1,59	0,0296	-0,3235	0,2984	-0,713	0,4282	-0,1526	0,4077	-0,221	0,5103	1,3144	-0,041
2	0,9349	1,9512	-2,6674	-1,7256	-0,1628	-0,2465	0,2698	0,9186	-0,6744	-0,6419	1,0977	0,2884	-1,2721	-0,2093	-0,3698	-0,393	0,9163	0,2535	-0,5442	-1,1349	-0,5116
3	-1,02	0,3608	0,2049	0,0713	-4,6414	0,9488	0,0134	-0,9978	0,5167	-1,2494	1,1893	-0,1359	-0,4254	0,9555	-1,8218	0,1514	0,6971	0,3341	-0,7906	0,8998	0,2762
4	0,8138	-0,1215	0,3988	0,3725	0,3219	0,1012	0,1134	-0,4858	0,7955	1,1053	-1,1032	0,1356	-0,0506	-1,0182	1,5729	-0,5081	-0,4089	-0,6923	-0,6802	-0,2672	0,5202
5	0,3775	-0,5461	0,1056	0,609	0,2022	0,9461	-0,6247	-0,7101	-0,1865	0,5933	0,3685	0,8315	-0,0225	-0,3393	0,1056	0,436	-0,2719	-0,5528	0,0652	1,5438	0,1191
6	2,0105	-0,4004	-0,2914	0,5451	-0,044	0,4151	-0,0797	-0,4906	-0,2055	0,2075	0,2285	-0,7904	-1,0797	-0,1195	0,6709	-0,1677	0,2579	-0,5031	0,7044	0,7002	0,5514
7	0,8556	-0,4671	-0,1146	0,983	1,0425	0,4289	-1,2251	0,2994	-1,1168	0,4862	-0,5732	0,293	-0,6794	-1,1231	0,7643	0,8726	-0,0255	0,3822	1,1529	0,4862	-0,586
8	2,7543	1,15	3,1239	-0,4022	0,037	-1,8	-0,7913	-1,1587	0	0,1261	1,5565	0,2804	-0,5739	-0,1609	1,4935	0,1065	-1,0587	0,1348	0,3457	0,3196	0,5109
9	1,724	2,7728	-0,1316	-0,7601	1,5011	0,4904	0,3079	0,1316	2,0425	2,6412	-1,8195	-1,9766	-0,5223	-0,7643	4,6476	-0,1635	-3,2611	-6,6964	0,8195	0,8556	-0,0616
10	0,0594	-0,8885	-0,4478	1,545	0,8777	-0,9946	-0,545	-1,0396	-0,6709	-0,1007	-0,6367	-0,9406	-1,1655	-3,8597	2,8993	-2,9317	-0,5522	0,4928	-2,3022	0,6421	1,527
11	0,5419	0,3859	-0,9027	-0,901	-0,693	-1,1628	0,0336	0,3037	-0,8205	-1,2164	-0,1275	-1,0671	-0,6745	1,1057	0,4966	-0,2567	0,1946	1,4346	-0,5755	0,3826	0,5654
12	2,5898	-0,4065	-0,6388	-0,8167	-0,3666	-0,4737	0,1452	0,5336	0,4846	0,3267	0,1706	0,1053	-0,8838	-0,4755	0,0472	0,7169	-0,5971	1,3158	-0,9074	1,8203	-1,2795
13	-0,5411	0,2982	0,2393	-0,3339	-0,1554	0,4089	1,3071	-0,9161	-0,0714	0,4232	-1,1607	0,1036	-0,6196	-0,1411	-0,0911	-0,1893	-0,3286	0,2696	1,3339	1,2018	-0,875
14	-0,7757	-0,1939	-0,3422	-0,5589	1,2319	-0,4582	-1,5285	1,3441	-0,403	0,0513	-0,038	-0,0285	-0,3669	-0,5932	0,3232	-0,135	-0,7224	2,2357	-0,3536	0,8707	-0,0856
15	-1,8466	2,3216	-3,1553	-0,8244	1,536	-0,0018	-0,0166	-1,0296	1,2828	0,9279	-0,1183	-0,1294	-0,9963	-0,4972	-0,7486	-0,305	0,5749	-1,5046	-1,0924	-1,1848	-1,0129
16	-0,1413	-0,771	0,0984	-1,907	-0,2594	-0,8211	0,4919	-0,7782	-2,0823	-0,9231	0,7102	-2,356	-0,5546	-2,0787	-0,8962	4,0483	0,9356	-1,2379	-0,7531	-1,4919	-2,1288

Tabela com os Retornos Anormais Acumulados do modelo Market Model

Reunião	Janela	CAR	Janela	CAR
1	(-5, 5)	0,0238	(-10, 10)	0,1222
2	(-5, 5)	-0,0647	(-10, 10)	-0,1953
3	(-5, 5)	-0,0392	(-10, 10)	-0,2214
4	(-5, 5)	0,027	(-10, 10)	0,0401
5	(-5, 5)	0,0627	(-10, 10)	0,1358
6	(-5, 5)	-0,0706	(-10, 10)	0,1018
7	(-5, 5)	-0,0806	(-10, 10)	0,1181
8	(-5, 5)	-0,0558	(-10, 10)	0,2837
9	(-5, 5)	0,3125	(-10, 10)	0,1741
10	(-5, 5)	-0,4626	(-10, 10)	-0,4319
11	(-5, 5)	-0,16	(-10, 10)	-0,1186
12	(-5, 5)	0,04	(-10, 10)	0,0742
13	(-5, 5)	-0,0337	(-10, 10)	0,0502
14	(-5, 5)	-0,0879	(-10, 10)	-0,0039
15	(-5, 5)	-0,0837	(-10, 10)	-0,4104
16	(-5, 5)	-0,2906	(-10, 10)	-0,7378

Tabela com os Retornos Anormais Acumulados do modelo Market Model expandido com o processo GARCH

Reunião	Janela	CAR	Janela	CAR
1	(-5, 5)	0,0298	(-10, 10)	0,1314
2	(-5, 5)	-0,0494	(-10, 10)	-0,1687
3	(-5, 5)	-0,0263	(-10, 10)	-0,2004
4	(-5, 5)	0,0307	(-10, 10)	0,0452
5	(-5, 5)	0,0632	(-10, 10)	0,1357
6	(-5, 5)	-0,0682	(-10, 10)	0,1011
7	(-5, 5)	-0,084	(-10, 10)	0,1006
8	(-5, 5)	-0,0588	(-10, 10)	0,2757
9	(-5, 5)	0,2954	(-10, 10)	0,0837
10	(-5, 5)	-0,5604	(-10, 10)	-0,5022
11	(-5, 5)	-0,2074	(-10, 10)	-0,176
12	(-5, 5)	0,0239	(-10, 10)	0,0777
13	(-5, 5)	-0,0493	(-10, 10)	0,0091
14	(-5, 5)	-0,0992	(-10, 10)	-0,0277
15	(-5, 5)	-0,0928	(-10, 10)	-0,4231
16	(-5, 5)	-0,2842	(-10, 10)	-0,7209