

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS

APARECIDA DE FÁTIMA FERREIRA MARTINS

**RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE VOLATILIDADE IMPLÍCITA E ÍNDICE DE
RETORNO DE AÇÕES**

VITÓRIA – ES

2019

APARECIDA DE FÁTIMA FERREIRA MARTINS

**RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE VOLATILIDADE IMPLÍCITA E ÍNDICE DE
RETORNO DE AÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Controladoria e Finanças.

Orientadora: Prof. Dra. Patrícia Maria Bortolon

VITÓRIA – ES

2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

F383r Ferreira Martins, Aparecida de Fátima, 1990-
Relação entre índice de volatilidade implícita e índice de retorno de ações / Aparecida de Fátima Ferreira Martins. - 2019.
43 f. : il.

Orientadora: Patrícia Maria Bortolon.
Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas.

1. Mercado financeiro. 2. Bolsa de valores. 3. Mercado de capitais. 4. Opções de ações. 5. Mercado de opções. I. Bortolon, Patrícia Maria. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas. III. Título.

CDU: 657

APARECIDA DE FÁTIMA FERREIRA MARTINS

**RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE VOLATILIDADE IMPLÍCITA E
ÍNDICE DE RETORNO DE AÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Contábeis da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis.

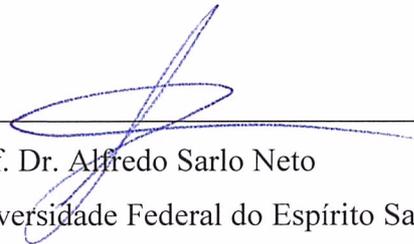
Vitória, 29 de agosto de 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr.ª. Patricia Maria Bortolon

Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Alfredo Sarlo Neto

Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Vinícius Mothe Maia

Universidade Federal do Rio de Janeiro

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, a primeira de todos a sempre acreditar e me apoiar a fazer tudo que eu invento em termos acadêmicos, a pessoa que mais me incentiva e que me mostrou o valor incalculável do estudo na vida de alguém. A senhora foi minha motivação nos momentos mais difíceis dessa jornada, mãe.

Ao meu pai, que, mesmo não podendo presenciar comigo mais este passo, sei que, de onde estiver, está um pouco mais feliz!

A Patrícia, minha orientadora desde os tempos de graduação, que me aceitou na orientação dessa nova aventura e que foi de uma importância singular para a conclusão deste trabalho. Você não tem ideia do tamanho da minha gratidão por você, Patrícia, MUITO obrigada!!!

Ao Bruno, meu presente da vida, obrigada pelo apoio incondicional e por acreditar em mim, às vezes mais do que eu mesma.

Aos membros da banca, professor Alfredo Sarlo Neto e professor Vinicius Mothé Maia, pelas colaborações para o desenvolvimento e melhoria do trabalho.

Aos meus amigos da Caixa, de Vitória e de São Paulo, pelo incentivo constante e pelo apoio para que eu pudesse conciliar trabalho e mestrado, em especial ao Ricardo, meu apoiador Nº 1 para prestar a seleção! Thank you so much, coach! You rock!

A Amanda e à Kelly, meus presentes de Caixa Econômica e de São Paulo, que foram muito mais que colegas de trabalho, foram e são família em SP. Vocês fazem toda diferença, meninas.

Ao Melchior, que, além de compartilhar do vasto conhecimento que tem, sempre foi solícito para esclarecer minhas inúmeras dúvidas de programação para que essa dissertação saísse. Sem você seria muito mais doído reproduzir tudo isso! Obrigada!!!

A Aline, da secretaria do PPGCON, que sempre esteve e está disponível para sanar nossas dúvidas burocráticas do processo.

A todos os professores do programa, pela disponibilidade dentro e fora da sala de aula, a compartilhar do aprendizado e experiência que têm.

Aos meus colegas de linha 1, especialmente a Carol e Laís. Sem dúvidas ter a companhia de vocês no nosso “Rivo Trio” para chorar as pitangas fez de tudo isso um processo mais divertido.

RESUMO

O estudo investiga a possível relação entre os retornos do Ibovespa e do IVol-BR, índice de volatilidade implícita construído para o mercado brasileiro baseado na modelagem do VIX, índice de volatilidade implícita existente para o mercado americano. O objetivo principal é verificar se existe relação entre os retornos do IVol-BR e os retornos do Ibovespa. Foram analisadas as relações contemporâneas entre os retornos dos índices e, também, as relações do índice de volatilidade implícita com o retorno futuro do Ibovespa em 1, 5, 20 e 60 dias úteis. A metodologia utilizada foi regressão múltipla pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO). Como testes de robustez foi adotada uma *proxy* para a volatilidade, estimada a partir do modelo GARCH (1,1), e a regressão quantílica como método de estimação. Os resultados encontrados sugerem que retornos negativos do Ibovespa possuem maior influência nos índices de volatilidade, tanto no IVol-BR quanto no modelo GARCH. Tais resultados sugerem que mercado brasileiro reage de forma mais exacerbada a notícias ruins do que a notícias boas indo ao encontro as ideias desenvolvidas pelo campo das finanças comportamentais. A respeito dos retornos futuros, foram encontradas evidências de que a volatilidade tem relação somente com os retornos mais longos do Ibovespa, como os de 20 e 60 dias úteis, sugerindo a existência de memória longa para a volatilidade do mercado brasileiro.

Palavras-chave: índice de volatilidade, IVol-BR, Ibovespa, retorno, finanças comportamentais.

ABSTRACT

The study investigates the possible relationship between Ibovespa returns and IVol-BR, the implied volatility index created for the Brazilian market based on VIX modeling, the existing implied volatility index for the US market. The main objective is to verify if there is a relationship between IVol-BR returns and Ibovespa returns. They were analyzed as contemporary ratios between index returns and also as implied volatility index ratios or Ibovespa future returns at 1, 5, 20 and 60 business days. The applied methodology was ordinary least squares (OLS). As robustness tests were adopted as a proxy for volatility, estimated from the GARCH model (1,1) and quantile regression. The suggested results that return to the Ibovespa have greater influence on volatility index, both in IVol-BR and in the GARCH model. These results suggest that the Brazilian market react more exacerbated to bad news than good news, as suggests the ideas developed by behavioral finances. Regarding future returns, it was found that volatility is related more to longer Ibovespa returns, such as 20 and 60 business days, suggesting the existence of a long memory for the volatility of the Brazilian market.

Keywords: IVol-Br, volatility index, return index, Ibovespa, behavioral finance.

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1. Séries históricas dos retornos dos dados.	30
------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimadores da volatilidade.	19
Tabela 2. Estatística descritiva dos dados.	29
Tabela 3. Correlação de Pearson entre as variáveis utilizadas.	30
Tabela 4. Resultados do Modelo (1) para IVOL-BR.....	31
Tabela 5. Resultados do Modelo da Equação (2) para IVOL-BR.	32
Tabela 6. Resultados para o Modelo (1) e (2) com Regressão Quantílica usando IVOL-BR.	33
Tabela 7. Resultados dos Modelos (3), (4), (5) e (6) usando IVOL-BR.	34
Tabela 8. Resultados do Modelo da Equação (1) para GARCH (1,1).....	36
Tabela 9. Resultados do Modelo da Equação (2) para GARCH (1,1).....	37
Tabela 10. Resultados para o Modelo (1) e (2) com Regressão Quantílica usando GARCH (1,1).	38
Tabela 11. Resultados dos Modelos (3), (4), (5) e (6) usando GARCH (1,1).....	39

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Cálculo do VIX.....	20
---------------------------------------	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1. ESTIMAÇÃO DA VOLATILIDADE.....	18
2.2. ÍNDICES DE VOLATILIDADE IMPLÍCITA.....	20
2.2.1. VIX – Mercado americano	20
2.2.2. IVol-BR – Mercado brasileiro	21
2.3. EVIDÊNCIAS NA LITERATURA.....	21
2.3.1. Pesquisas no Brasil	21
2.3.2. Pesquisas internacionais	22
3. DESENVOLVIMENTO DE HIPÓTESES	23
4. METODOLOGIA.....	24
4.1. AMOSTRA E PERÍODO	24
4.2. ANÁLISES E MÉTODOS.....	24
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	29
5.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA	29
5.1.1. Resultado dos Modelos Estimados	31
6. ANÁLISE DE ROBUSTEZ	35
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA

A volatilidade é uma medida usada para calcular a dispersão de uma variável que precisa ser estimada (PINHO; CAMARGOS; FIGUEIREDO, 2017). Os modelos usados para este fim evoluíram da estimação através do desvio padrão, medida clássica de dispersão estatística, para modelos multivariados, como os modelos da família GARCH (*General Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*). Além de medir a dispersão de uma variável, especialmente em Finanças, a volatilidade pode ser considerada uma medida para incerteza de ativos.

A volatilidade é também utilizada no cálculo de medidas de desempenho, como, por exemplo, o Índice de Sharpe, que calcula o *trade-off* entre recompensa (o prêmio de risco) e o risco (medido pelo desvio padrão, logo, pela volatilidade), (BODIE et al., 2015). Adicionalmente, tem-se que a volatilidade é fundamental para a Moderna Teoria de Carteiras de Markowitz. Markowitz (1952) mostrou que um investidor pode reduzir o risco de uma carteira mediante escolha de ativos cujas oscilações não tenham relação ou relação negativa, ou seja, de ativos com correlação zero ou negativa. Para a Teoria de Carteira de Markowitz, os ativos e sua participação no portfólio são definidos com base no seu retorno e risco.

Os participantes do mercado também empregam a volatilidade para o cálculo e precificação de derivativos, como as opções (MELLO, 2009). A correta estimação da volatilidade assume grande relevância no dimensionamento e precificação dos ativos, assim como na elaboração de estratégias de investimentos (PINHO; CAMARGOS; FIGUEIREDO, 2017).

Inicialmente, utilizava-se modelos de volatilidade histórica, como os de desvio padrão e média móvel. O problema do modelo de desvio padrão é o fato de todas as observações da amostra possuírem o mesmo peso. Após eventos extremos, a volatilidade aumenta e permanece em um nível mais alto até que a observação saia da amostra, superestimando o risco. Portanto, o modelo não leva em conta o fato de que as observações mais recentes possuem um peso maior sobre a volatilidade estimada no instante t .

Na tentativa de minimizar o problema, desenvolveu-se o modelo de média móvel (SMA – *simple moving average*). Neste, utilizam-se médias móveis com pesos fixos para todas as observações utilizadas em determinada janela.

Depois, foram desenvolvidos modelos estatísticos, sendo os da família ARCH, desenvolvido por Engle (1982), os mais utilizados nos dias de hoje. Os modelos da família ARCH são modelos de heterocedasticidade condicional, onde a variância não é constante ao longo do tempo e é condicional ao passado.

As pesquisas a respeito da volatilidade podem ser divididas em dois grandes temas:

1. As que buscam comparar modelos com o intuito de descobrir qual é o melhor modelo no processo de estimação e previsão da volatilidade; e
2. As que tentam identificar inter-relações ou influência da volatilidade de uma variável em outra variável do mercado financeiro (PINHO; CAMARGOS; FIGUEIREDO, 2017).

A volatilidade histórica é um estimador baseado em dados passados, calculada pelas variações dos retornos observados ao longo de um determinado período. Pode ser utilizada como estimativa para volatilidade futura, mas não significa que a previsão se concretizará, considerando que correlação com a volatilidade passada não significa causalidade de volatilidade futura.

A volatilidade implícita pode ser conceituada como a estimativa da volatilidade futura adotada pelo mercado financeiro. A abordagem mais comum de cálculo da volatilidade implícita de uma opção é a aplicação da metodologia reversa ao modelo usado por Black-Scholes, logo, a volatilidade implícita é uma função inversa da fórmula de Black-Scholes em relação à volatilidade. Ou seja, a partir do preço da opção negociada no mercado, e outras características, a volatilidade implícita é estimada. Como a função inversa não admite solução analítica explícita, utilizam-se métodos numéricos para o cálculo da volatilidade implícita (MELLO, 2009).

No estudo de Glosten, Jagannathan e Runkle (1993), os autores buscaram estudar a relação entre o valor esperado e a volatilidade dos excessos de retornos nominais em ações. Foram utilizados dados do índice CRSP, composto por todas as ações listadas na NYSE – *The New York Stock Exchange* – e cada uma tem igual peso na carteira. O estudo concluiu que se pode estimar a relação entre risco e retorno usando tanto o modelo de variável instrumental de Campbell quanto uma variação do modelo modificado de GARCH-M ou EGARCH-M.

Vicente e Guedes (2010) estudaram a informatividade contida na volatilidade implícita sobre a volatilidade futura, utilizando dados de ações da Petrobras no período de janeiro de 2006 a dezembro de 2008. Os autores concluíram que a volatilidade implícita das opções ITM não são relevantes para explicar volatilidade realizada, já a volatilidade implícita das opções ATM contém informação sobre a volatilidade futura, embora possua viés. O trabalho estima que a diferença entre volatilidade implícita e volatilidade realizada pode se dar devido ao prêmio de risco exigido pelos investidores, mostrando que as opções são usadas como *hedge* em ambientes arriscados.

Mello (2009) estudou a capacidade de previsão do mercado sobre a volatilidade futura. O trabalho buscou identificar o melhor preditor para volatilidade futura, comparando modelos de média móvel e GARCH com a volatilidade implícita. O estudo encontrou evidências de que a volatilidade implícita das opções possui informação da volatilidade realizada, porém ambos os estimadores testados se mostram enviesados. Os resultados sugerem que o mercado sobrestima a volatilidade futura, sendo justificável pelo fato de que as opções são, de alguma forma, um seguro e, naturalmente, os agentes estariam dispostos a pagar um prêmio pelo seu “valor justo” exatamente pelo fato de haver eventos os quais eles não conseguem prever para indexar ao preço das opções, eventos estes conhecidos como “*Black Swan*” (TALEB, 2010).

A volatilidade implícita tem sido usada em pesquisas para buscar prever a volatilidade futura, conforme dito, mas também é estudada a resposta da volatilidade implícita ao desdobramento de ações, por exemplo, como feito por French e Dubofsky (1986), que encontraram um aumento na volatilidade implícita em resposta ao desdobramento de ações. Também há registro do uso da volatilidade implícita em pesquisas que buscam relacioná-la com o retorno futuro de portfólios, como o trabalho de Banerjee, Doran e Peterson (2007), que buscou verificar se há relação entre o índice de volatilidade implícita do mercado americano, o VIX, com o retorno de portfólios e encontraram evidências de que o VIX possui forte capacidade preditiva do retorno dos portfólios.

O mercado americano possui um índice de volatilidade implícita das opções do S&P500, o VIX. Esse índice foi desenvolvido originalmente para medir a expectativa do mercado de volatilidade implícita baseada nas opções no dinheiro do S&P100, logo em seguida este índice se tornou um *benchmark* para a volatilidade do mercado.

Em 2003, o VIX foi atualizado para refletir uma nova forma de medir a volatilidade esperada, que continua sendo usada até hoje. O “novo VIX” é baseado no índice S&P500, o principal índice americano para ações e estima a volatilidade esperada através de uma ponderação agregada de opções de compra e venda do S&P500 com um intervalo de preços de exercício. Ele reflete a dinâmica de duas importantes variáveis, a primeira sendo o nível ou quantidade de risco que o investidor representativo encara, estimado através da variância futura esperada; e a segunda relata o preço desse risco, que é uma medida da aversão ao risco do investidor.

O VIX expressa o consenso dos investidores a respeito da volatilidade futura esperada para o mercado de opções. Considerando que, assim como os títulos, o modelo de *valuation* do índice de opções de ações tem um número de parâmetros, todos, exceto um, conhecidos ou possíveis de serem estimados com um alto grau de acurácia, o parâmetro desconhecido é o índice de volatilidade futura esperada.

No cenário brasileiro, pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) desenvolveram um índice de volatilidade implícita baseado no VIX para o mercado acionário brasileiro, o qual é chamado de “IVol-BR”. Esse índice se baseia nos mesmos fatores do VIX, com uma metodologia combinada com a internacional padrão usada em mercados de alta liquidez, com ajustes que levam em conta a baixa liquidez do mercado brasileiro.

O IVol-BR é baseado nos preços diários das opções sobre o índice Ibovespa, considerando refletir a volatilidade implícita com um horizonte de 2 meses, dados os vencimentos das opções do Ibovespa serem bimestrais (ASTORINO et al., 2017).

De acordo com o estudo de Astorino et al. (2017), um índice de volatilidade implícita deve refletir a dinâmica do nível, ou quantidade, do risco que o investidor se depara – a volatilidade futura esperada – e o preço desse risco – a aversão ao risco dos investidores. Dado isso, o IVol-BR deveria ser mais alto em períodos de estresse.

A relação entre o retorno das ações com o VIX é assimétrica. O mercado reage mais negativamente a um aumento no VIX do que positivamente quando o VIX cai (WHALEY, 2000). Dada a aversão ao risco do investidor, o VIX pode ser entendido como uma *proxy* para o medo do investidor, considerando a resposta mais negativa do mercado ao seu aumento. Se a volatilidade esperada do mercado aumenta, investidores demandam uma taxa de retorno maior, logo, os preços das ações caem, o que pode ser justificado no campo das finanças

comportamentais, onde pesquisas mostram que o investidor reage de forma mais exacerbada à uma informação ruim do que a uma informação boa, o que acarreta uma queda maior quando há informações ruins disponíveis, do que um aumento quando há informações boas disponíveis.

Em estudo de Giot (2005), o autor destaca o pouco foco das pesquisas em verificar a possível relação entre volatilidade implícita e retorno futuro de ações, ficando as pesquisas mais concentradas na relação entre volatilidade implícita e volatilidade futura realizada. O autor menciona que esse fato se dá, provavelmente, pela crença de que os mercados são eficientes, logo a volatilidade implícita não poderia prover informações relevantes a respeito do movimento dos preços de ações.

Em sua pesquisa, Giot (2005) foca na relação entre índices de volatilidade implícita e índices de retorno de ações, utilizando para medir a volatilidade implícita o VIX e o VXN, os quais são baseados nos índices de mercado S&P500 e Nasdaq100, respectivamente. Giot (2005) testa a relação contemporânea entre mudanças relativas na volatilidade implícita e retornos no mercado de ações e no possível relacionamento entre volatilidade implícita e retorno futuro do mercado de ações. O estudo conclui que há uma relação forte e negativa entre mudanças contemporâneas nos índices de volatilidade implícita e os índices de retornos de ações utilizados no trabalho.

Dados os achados das pesquisas realizadas no campo da volatilidade e das finanças comportamentais, relacionando volatilidade implícita e retorno de mercado, além de volatilidade e o comportamento do investidor, majoritariamente realizadas no mercado americano, o presente estudo busca investigar as seguintes questões no mercado brasileiro:

1. Qual a relação entre o IVol-BR, e o Ibovespa?
2. Seria o IVol-BR um indicador antecedente dos retornos futuros do Ibovespa?

Uma das motivações para o estudo é o fato de serem poucos os estudos de volatilidade e retorno, no Brasil. De acordo com o estudo de Pinho, Camargos e Figueiredo (2017), entre os anos de 2000 e 2014, nas revistas classificadas pelo Qualis-CAPES como A2, B1 e B2, foram publicados 51 artigos com tema relacionado à volatilidade. Especificamente sobre volatilidade implícita, a literatura nacional é ainda mais carente de estudos, tendo sido utilizado para o cálculo da volatilidade, em artigos nacionais, apenas três vezes, entre os anos 2000 e 2014.

Considerando o objetivo do trabalho de verificar a possível relação empírica entre o IVol-BR e o Ibovespa, espera-se poder contribuir nesta pesquisa acrescentando e ampliando os estudos sobre a volatilidade no Brasil, tendo em vista que este é um importante fator na precificação de ativos, que pode ser influenciado por uma gama de fatores exógenos ao mercado propriamente dito, além de ser uma fonte de estudo a respeito do comportamento do investidor no Brasil. Dado o trabalho de Giot (2005), o VIX pode ser considerado, também, o “índice do medo”, considerando que o mercado americano cai mais quando há aumento na volatilidade implícita e a reação quando há queda nela não é proporcional, então, fazendo paralelo à pesquisa de Giot (2005), também se espera verificar a utilidade do IVol-BR como índice de medo do mercado brasileiro.

Quanto à segunda questão a ser investigada, o objetivo é verificar se a volatilidade implícita possui alguma relação com os retornos futuros do mercado, levando em consideração as opiniões de participantes do mercado, para os quais níveis altos de volatilidade implícita são sinalizadores atraentes para investidores em posições compradas.

De acordo com Giot (2005), os participantes de mercado têm o raciocínio de que, em períodos de alta volatilidade implícita, investidores exageram, então estão vendendo ativos financeiros de forma indiscriminada para levantar dinheiro ou limitar perdas, o que deixaria os ativos baratos, daí surge o estudo da possível relação entre volatilidade implícita e o retorno futuro do mercado, e de que forma isso pode influenciar as decisões de investimento dos agentes do mercado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Conforme mencionado, a maioria das pesquisas foca na relação entre volatilidade implícita e volatilidade realizada, e poucos estudos focam na relação entre volatilidade implícita e retorno futuro de ações (GIOT, 2005). O autor defende que, provavelmente, isso deriva da crença de que os mercados são eficientes, portanto, a volatilidade implícita não poderia fornecer nenhuma informação relevante sobre o retorno futuro de ações.

De acordo com a Teoria dos Mercados Eficientes, temos três tipos de eficiência para o mercado, os quais se distinguem pelo grau de informação refletido nos preços dos títulos (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2013).

No primeiro nível, os preços refletem as informações históricas dos ativos, esta forma de eficiência é nomeada como “fraca”. Um mercado eficiente na forma fraca tornaria impossível, por exemplo, ganhos anormais por meio do estudo do histórico dos retornos, uma vez que os preços percorrem um movimento aleatório (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2013).

O segundo nível de eficiência implica em os preços refletirem não apenas as informações históricas, mas também todas as informações públicas. Esse nível é conhecido como a forma “semiforte” da eficiência do mercado. Em mercados eficientes no sentido semiforte, os preços se ajustam imediatamente pela informação pública, como a publicação de relatórios financeiros e etc. (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2013).

No terceiro nível de eficiência, conhecido como forma forte, os preços refletem toda informação (pública ou não) que puder ser obtida, com base em uma análise apurada dos ativos e da economia. Neste nível, teríamos um mercado composto de investidores com e sem sorte, mas nunca “superinvestidores” que conseguiriam vencer consistentemente o mercado (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2013).

Para Giot (2005), deve-se comparar a crença de que a volatilidade implícita não teria nenhuma relação com preços das ações, derivada da Teoria dos Mercados Eficientes, com as opiniões de participantes do mercado, não acadêmicos, para os quais níveis altos de volatilidade implícita são, usualmente, vistos como sinalizadores atraentes para investidores em posições compradas. Segundo o autor, o raciocínio dos participantes do mercado será da seguinte forma: nesses períodos de alta volatilidade implícita, os investidores estão exagerando, logo, estão vendendo ativos financeiros indiscriminadamente para levantar dinheiro ou limitar perdas, o que deixaria os ativos baratos. Então, surge o questionamento da relação ou não da volatilidade implícita com os retornos futuros de ativos.

2.1. ESTIMAÇÃO DA VOLATILIDADE

Na introdução foram mencionados os modelos utilizados para medir a volatilidade, neste momento, será feito o detalhamento dos modelos e colocadas evidências empíricas de aplicações e seus resultados.

Na Tabela 1 são demonstradas medidas para estimação da volatilidade.

Tabela 1. Estimadores da volatilidade.

Estimador	Cálculo
Desvio Padrão	$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$
Média Móvel	$MM(L) = \frac{Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5}{L}$
Média Móvel Ponderada	$\hat{Y}_{t+1} = W_1 Y_t + W_2 Y_{t-1} + \dots + W_k Y_{t-k+1}$
Alisamento Exponencial	$\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_t + \alpha(Y_t - \hat{Y}_t)$
ARCH	$X_t = \sigma_t \varepsilon_t$
GARCH	$\sigma_t^2 = \omega \sum_{i=1}^q \alpha_i y_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \sigma_{t-i}^2$

Fonte: Elaboração própria.

O desvio padrão é a primeira medida usada para estimar a volatilidade, sendo ele uma medida de dispersão “média” em torno da média aritmética dos dados, que leva em conta o modo como os valores de dados estão distribuídos, Levine, Stephan e Szabat (2016). Esta medida utiliza dados históricos e é calculada através da raiz quadrada da variância, para que seja expressado na mesma unidade dos dados originais da amostra a dispersão da mesma.

Para uma estimação melhorada, surge o modelo de médias móveis (*Simple Moving Average*) é utilizado para que se tenha uma melhor impressão geral sobre o padrão de movimento nos dados ao longo do tempo, para avaliação da existência ou não de alguma tendência de longo prazo na série, o que não se consegue fazer utilizando o desvio padrão.

O modelo de média móvel ponderada permite obter valores mais próximos do real, oferecendo mais flexibilidade que a média móvel simples. Para tanto, é necessária definição de pesos W_i .

O alisamento exponencial trata-se de uma média móvel ponderada exponencialmente, e se pressupõe que os valores extremos da série traduzem aleatoriedade.

Os modelos da família ARCH/GARCH são modelos de heterocedasticidade condicional. De acordo com Gujarati e Porter (2011), o modelo ARCH é aquele onde a variância do erro está relacionada com o termo de erro elevado ao quadrado no período anterior e o modelo GARCH é aquele onde a variância do erro está relacionada com os termos de erro elevados ao quadrado em vários períodos anteriores.

Estes modelos surgiram por proposição de Engle (1982), que focou na modelagem de *clusters* de volatilidade, ou seja, a tendência de períodos de alta volatilidade serem condicionais a períodos de, também, alta volatilidade. Para isto, o autor incorporou ao modelo o fato de a variância condicional poder mudar ao longo do tempo. O GARCH é, portanto, uma extensão do modelo ARCH, sendo que este último se baseia na volatilidade de um período anterior apenas, e o primeiro tem a flexibilidade de tratar a influência de diversos períodos passados. Além disso, uma das desvantagens do modelo ARCH é o fato de ele precisar atender a mais restrições para sua estimação do que o modelo GARCH.

2.2. ÍNDICES DE VOLATILIDADE IMPLÍCITA

2.2.1. VIX – Mercado americano

O VIX expressa o consenso dos investidores a respeito da volatilidade futura esperada para o mercado de opções. Considerando que o modelo de *valuation* do índice de opções de ações tem um número de parâmetros, todos, exceto um, conhecidos ou passíveis de estimação com um alto grau de acurácia, o parâmetro desconhecido seria este índice de volatilidade futura esperada, podendo ser demonstrado pela volatilidade implícita.

A fórmula geral de cálculo do VIX é a que segue na seguinte equação:

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

Equação 1. Cálculo do VIX

Onde: ¹

$$\sigma = \frac{VIX}{100} \rightarrow VIX = \sigma \times 100$$

T = Tempo para o vencimento da opção

F = Nível do índice de futuro derivado do índice de preço de opções

K_0 = Primeiro preço abaixo do índice futuro F

¹¹ Para a completa descrição do cálculo do VIX ver Cboe: <https://www.cboe.com/micro/vix/vixwhite.pdf>

K_i = Preço de exercício de uma opção *out-of-money*, uma *call* se $K_i > K_0$, e uma *put* se $K_i < K_0$, ou, ainda, *put* e *call* se $K_i = K_0$

ΔK_i = Intervalo entre os preços de opções – metade da diferença entre o preço de qualquer lado de K_i :

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

R = Taxa de juros livre de risco

QK_i = Ponto médio do *bid-ask spread* para cada opção com preço K_i

2.2.2. IVol-BR – Mercado brasileiro

O IVol-BR se baseia nos mesmos fatores do VIX, com uma metodologia combinada com a internacional padrão usada em mercados de alta liquidez e ajustes que levam em conta a baixa liquidez do mercado brasileiro, que possui uma baixa quantidade de exercício de opções disponíveis. O índice é baseado nos preços diários das opções sobre o Ibovespa, considerando refletir a volatilidade implícita com um horizonte de 2 meses, acompanhando o vencimento das opções (ASTORINO et al., 2017).

De acordo com Astorino et al. (2017), um índice de volatilidade implícita deve refletir a dinâmica do nível, ou quantidade, do risco que o investidor se depara – a volatilidade futura esperada – e o preço desse risco – a aversão ao risco dos investidores. Dado isso, o IVol-BR deveria ser mais alto em períodos de estresse, corroborando com o estudo de Whaley (2000) e sendo um parâmetro do medo do investidor brasileiro quanto à queda do mercado.

2.3. EVIDÊNCIAS NA LITERATURA

2.3.1. Pesquisas no Brasil

A pesquisa sobre volatilidade no Brasil, principalmente relacionando volatilidade com retornos, é bem incipiente, dado que a maior parte dos estudos busca relacionar volatilidade passada com volatilidade futura.

De acordo com Pinho, Camargos e Figueiredo (2017) entre os anos de 2000 e 2014, nas revistas classificadas pelo Qualis-CAPES como A2, B1 e B2, foram publicados 51 artigos com tema relacionado à volatilidade. Sobre volatilidade implícita, a literatura nacional é ainda mais carente de estudos, tendo sido utilizado para o cálculo da volatilidade, em artigos nacionais, apenas três vezes, entre os anos 2000 e 2014.

O estudo de Mello (2009), testou modelos para predição de volatilidade futura e verificou que a volatilidade implícita possui informação da volatilidade realizada, porém ambos os estimadores utilizados – média móvel e GARCH – se mostraram enviesados.

Vicente e Guedes (2010) verificaram se a volatilidade implícita possui informação sobre a volatilidade futura, utilizando como amostra ações da Petrobras do ano de 2006 a 2008. Os autores concluíram que, apesar de a volatilidade implícita das opções ATM possuir informação sobre a volatilidade futura, o estimador também é enviesado.

2.3.2. Pesquisas internacionais

O mercado internacional, principalmente o americano, possui mais pesquisas sobre o tema de volatilidade e da volatilidade implícita propriamente dita.

O estudo de Glosten, Jagannathan e Runkle (1993) investigou a relação entre risco e retorno no decorrer do tempo utilizando modelos da família GARCH – GARCH-M e GARCH-M modificado. Os autores encontraram evidências de uma relação negativa entre volatilidade e retorno esperado, sendo esta relação observada usando todos os modelos testados no estudo.

Giot (2005) verificou a relação entre o índice de volatilidade implícita do mercado americano, o VIX, e o índice de retorno de ações S&P100. O autor encontrou evidências de um relacionamento forte e negativo entre mudanças contemporâneas nos índices de volatilidade implícita e os índices de ações utilizados no trabalho. Além disso, verificou-se que existe evidência da relação entre retorno futuro positivo e índice de volatilidade implícita, mas, para que isso se torne extremamente atrativo, os índices de volatilidade implícita devem ser extremamente altos. Para verificar se níveis altos de volatilidade implícita são relevantes sinais para posições compradas, o autor usa um algoritmo que classifica os níveis de volatilidade implícita em 20 percentis igualmente espaçados, depois ele ranqueia os percentis para uma classificação de volatilidade implícita alta ou baixa. O índice de volatilidade implícita alto seria

ranqueado próximo do percentil 15 ou acima deste, o índice de volatilidade implícita muito alto seria ranqueado próximo de 20.

A partir desta análise, Giot (2005) verificou que há alguma evidencia de que retornos futuros positivos são esperados em posições compradas em períodos de volatilidade implícita alta, mas, para que isso se torne extremamente atrativo, os índices de volatilidade implícita devem ser extremamente altos.

Lee (2015) estudou as relações entre o índice do medo do mercado americano, o VIX, e os índices de volatilidade implícita de países emergentes, tais como Índia, Coreia do Norte, África do Sul e Rússia. O estudo encontrou evidências de que mudanças no VIX possuem impacto sobre as mudanças nos índices de volatilidade implícita dos mercados emergentes.

Li, Yu e Luo (2019) estudaram a relação entre índice de volatilidade e retornos com dados intradiários do mercado de opções da China. O objetivo foi identificar se, assim como o VIX no mercado americano, o índice de volatilidade do mercado de opções da China poderia ser usado como uma *proxy* do medo do mercado. As evidências encontradas demonstram que o iVX, o índice de volatilidade implícita da China, pode ser utilizado como *proxy* de medo do mercado quando há grandes mudanças, além de ter concluído que há uma relação assimétrica entre os retornos de mercado e o iVX.

Kliger e Kudryavtsev (2013) investigaram o efeito do VIX nas reações dos investidores às recomendações de analistas de mercado. Os resultados encontrados sugerem que retornos positivos (negativos) seguindo recomendações de aumento (diminuição) de posição são mais fortes quando acompanhados de uma queda (aumento) diária no VIX.

3. DESENVOLVIMENTO DE HIPÓTESES

Baseado no trabalho de Giot (2005), o presente estudo busca verificar as seguintes hipóteses:

H1: Existe relação empírica entre o índice de volatilidade implícita do mercado brasileiro, o IVol-BR, e o índice de retorno de ações Ibovespa.

Essa hipótese busca verificar se, assim como encontrado no trabalho de Giot (2005), o índice de ações Ibovespa é, de alguma forma, influenciado pelo índice de volatilidade implícita do mercado brasileiro.

H2: O índice de volatilidade implícita IVol-BR possui relação com o retorno futuro do índice Ibovespa.

Neste caso, o objetivo é tentar verificar, também se, assim como encontrado no trabalho de Giot (2005), o retorno futuro do Ibovespa possui relação com o IVol-BR. Caso a hipótese seja confirmada, pode ser verificada a relação entre volatilidade implícita e retorno mercado, relação esta que não deveria ser confirmada caso o mercado brasileiro se comportasse na forma forte de eficiência de mercado.

4. METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a amostra e período utilizado, assim como a definição e cálculo das variáveis e as técnicas usadas para coleta, tratamento e análise dos dados.

4.1. AMOSTRA E PERÍODO

A amostra inclui dados diários do IVol-BR e do Ibovespa no período de 1 de agosto de 2011 a 30 de abril de 2019. A adoção do período estipulado acima se deu devido à disponibilidade dos dados do IVol-BR, que só possui divulgação a partir da data citada.

Os dados do Ibovespa foram retirados da base Comdinheiro e os dados do IVol-BR foram retirados do site do NEFIN. Dado que a série temporal do IVol-BR não está disponível para todos os dias da amostra, os dias em que não havia informações sobre o IVol-BR foram excluídos da amostra. A amostra final terminou com um total de 1622 observações.

4.2. ANÁLISES E MÉTODOS

O presente trabalho se propõe a verificar duas relações, quais sejam:

1. O relacionamento contemporâneo entre as mudanças relativas na volatilidade implícita e o retorno das ações;

2. A possível relação entre volatilidade implícita, medida pelo IVol-BR, e o retorno futuro do mercado, medido pelo índice Ibovespa.

Para a primeira análise, foram observadas as mudanças simultâneas no IVol-BR, e no Ibovespa, para tanto, observou-se as mudanças contemporâneas diárias no índice de ações. Giot (2005) encontrou relação negativa e estatisticamente significativa entre os retornos dos índices de ações e os índices de volatilidade implícita utilizados em seu trabalho, corroborando com os achados de (WHALEY, 2000). Neste caso, observa-se que retornos positivos nos índices de ações são associados com o declínio nos níveis de volatilidade implícita, enquanto retornos negativos são associados com o aumento no nível de volatilidade implícita.

Na segunda análise, o foco se volta para o possível relacionamento entre volatilidade implícita e retorno futuro dos índices de ações. Neste caso, busca-se investigar o que os participantes de mercado observam: níveis altos ou muito altos de volatilidade implícita, de fato, indicam um mercado sobrevendido e, portanto, que pode ser visto como sinal para compra de curto e médio prazos. A metodologia utilizada neste caso será semelhante à utilizada por Campbell e Shiller (1998), que estudaram o link entre o índice preço/lucro observado e o retorno futuro dos índices de ações.

Para a hipótese 1, onde será estimada a relação de um dia de mudanças relativas no IVol – BR_t e no Ibovespa, a equação da regressão se dá pelo que segue:

$$r_{IVol-BR,t} = \beta_0 D_t^+ + \beta_0 D_t^- + \beta_1 r_{Ibovespa,t} D_t^+ + \beta_1 r_{Ibovespa,t} D_t^- + \varepsilon_t \quad (1)$$

Onde:

$r_{IVol-BR,t} = \ln(IVol - BR_t) - \ln(IVol - BR_{t-1})$ que é a mudança diária no nível do índice de volatilidade implícita.

$r_{Ibovespa,t} = \ln(Ibovespa_t) - \ln(Ibovespa_{t-1})$, que é o retorno de um dia no índice Ibovespa.

$D_t^- =$ variável *dummy* que é igual a 1 (0) quando $r_{Ibovespa,t}$ é negativo (positivo) e

$$D_t^+ = 1 - D_t^-$$

Para a análise dos coeficientes $\beta_1 r_{Ibovespa,t} D_t^+$ e $\beta_1 r_{Ibovespa,t} D_t^-$, será observado o valor absoluto dos mesmos. Espera-se que $\beta_1 r_{Ibovespa,t} D_t^-$ seja maior que $\beta_1 r_{Ibovespa,t} D_t^+$, quando se verificará que retornos negativos do índice Ibovespa são associados a maiores mudanças no IVol-BR do que os retornos positivos, de acordo com o encontrado por Giot (2005).

Para análise da hipótese 1, a amostra final possui 1622 observações, perdendo apenas 1 observação dado o cálculo do retorno dos índices utilizados.

Também foi feito teste com a adição dos termos quadráticos à regressão anterior para capturar o efeito tamanho dos retornos:

$$r_{IVol-BR,t} = \beta_0 D_t^+ + \beta_0 D_t^- + \beta_1 r_{Ibovespa,t} D_t^+ + \beta_1 r_{Ibovespa,t} D_t^- + \beta_2 r_{Ibovespa,t}^2 D_t^+ + \beta_2 r_{Ibovespa,t}^2 D_t^- + \varepsilon_t \quad (2)$$

Considerando os achados de Giot (2005), o objetivo aqui é verificar se retornos altos ou baixos do índice de ações se movem de forma diferente considerando mudanças de 1 dia no índice de volatilidade implícita. Giot (2005) encontrou significância estatística pequena para o β_2 de seus modelos para o S&P100, indicando que, apesar de existir um efeito assimétrico neste índice, não existe efeito quadrático, quando considerada toda a amostra de seu estudo.

Considerando a hipótese 2, o objetivo é verificar se o índice de volatilidade implícita pode indicar um mercado sobrevendido ou sobrecomprado. Giot (2005) analisa a questão olhando o relacionamento entre a variação no índice de volatilidade implícita no tempo t e o retorno futuro do índice de ações, em 1, 5, 20 e 60 dias úteis à frente.

Na presente pesquisa, foi adotada metodologia semelhante a utilizada por Giot (2005), logo, foi observado o relacionamento entre o índice de volatilidade implícita IVol-BR e $r_1 d_t$, $r_5 d_t$, $r_{20} d_t$ e $r_{60} d_t$, onde $r_1 d_t$, $r_5 d_t$, $r_{20} d_t$ e $r_{60} d_t$ são os retornos futuros do Ibovespa nos períodos de 1, 5², 20 e 60 dias úteis. Giot (2005) busca identificar se níveis muito altos de volatilidade implícita são sinais de negociação relevantes para posições compradas e, para isso, utiliza um algoritmo baseado na metodologia de Campbell e Shiller (1998) que classifica os níveis de volatilidade implícita de acordo com 20 percentis igualmente espaçados. Dessa forma,

² Por exemplo, $r_5 d_t$ é calculado da seguinte forma: $\ln(P_{t+5}) - \ln(P_t)$, e é o retorno prospectivo relativo ao nível do IVol-BR observado no tempo t .

se consegue sair de uma visão qualitativa dos dados para uma visão quantitativa do ambiente de negociação, possibilitando ordenar os níveis observados do índice de volatilidade implícita.

Em seu estudo, Giot (2005) utiliza um período de 2 anos para estabelecer os percentis do índice de volatilidade implícita e a partir daí relacioná-lo com o índice de retorno de ações. No presente trabalho, devido à disponibilidade do IVol-BR ser de aproximadamente 7 anos, a distribuição do índice será analisada no período de 1 ano anterior ao momento t . Isso significa que para cada dia t do $IVol - BR_t$, o valor observado será classificado de acordo com 20 percentis definidos a partir da série histórica de 1 ano anterior à data t . Assim como no trabalho de Giot (2005), caso o $IVol - BR_t$ tenha sido mais alto que o valor máximo observado no ano anterior, ele foi classificado na categoria $R 21$ e, em adaptação ao trabalho de Giot (2005), de modo a analisar se níveis muito baixos tem influência, caso o valor observado tenha sido menor que o mínimo observado no ano anterior, ele foi classificado na categoria $R 0$. Giot (2005) observa ainda que níveis de volatilidade implícita altíssimos, classificados na categoria 21, apresentam retornos médios do índice de bolsa altos com coeficientes de variação muito baixos.

Para avaliar a Hipótese 2 deste trabalho, foram estimadas regressões conforme abaixo:

$$r1d_t = \beta_0 D0 + \beta_1 D1_t + \beta_2 D2_t + \dots + \beta_{21} D21_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$r5d_t = \beta_0 D0 + \beta_1 D1_t + \beta_2 D2_t + \dots + \beta_{21} D21_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$r20d_t = \beta_0 D0 + \beta_1 D1_t + \beta_2 D2_t + \dots + \beta_{21} D21_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$r60d_t = \beta_0 D0 + \beta_1 D1_t + \beta_2 D2_t + \dots + \beta_{21} D21_t + \varepsilon_t \quad (6)$$

Onde $D1_t, D2_t, \dots, D21_t$ são variáveis *dummy* definidas da seguinte forma: $Di_t = 1$ se $R_t = i$, e ε_t é o termo de erro do modelo. $D0$ é a variável *dummy* definida como 1 caso a observação tenha sido classificada na categoria 0.

À exceção do coeficiente do β_0 , cada coeficiente é interpretado como o retorno esperado num dado horizonte de tempo onde o $IVol - BR_t$ será ranqueado na categoria R_t no tempo t . Por exemplo, o β_{20} estimado para o índice Ibovespa no horizonte de tempo de 20 dias fornece a expectativa de retorno do índice Ibovespa sempre que o IVol-BR for classificado na categoria 20. No caso do β_0 estimado também para o índice Ibovespa no horizonte de tempo

de 20 dias fornece a expectativa de retorno do índice Ibovespa quando o IVol-BR for classificado na categoria 0.

Em seu trabalho, Giot (2005) verifica que a maioria dos coeficientes da área central do ranking não são significantes, que os nas posições mais altas do ranking são fortemente e positivamente significantes e que os coeficientes nas posições mais baixas do ranking são fortemente e negativamente significantes. Estes resultados suportam a hipótese de que níveis altíssimos de volatilidade implícita sinalizam um bom momento de entrada para posições compradas do referido índice. O autor verifica que isso é consistente com as conclusões dos participantes de mercado de que mercados altamente voláteis são sobrevendidos, o que deve beneficiar participantes que entram em posições compradas.

A amostra final dessa análise possui 1369 observações, dada a perda de 252 observações que foram usadas para construção do *rank* de comparação dos índices de.

Adicionalmente, a volatilidade foi estimada pelo modelo GARCH (1,1), substituindo o IVol-BR nas análises anteriores, sendo aplicados ao GARCH os mesmos métodos aplicados para o IVol-BR.

Considerando o fato de a volatilidade estimada por GARCH (1,1) se dar em base diária e o fato de a volatilidade dada pelo IVol-BR se dar em base anual, foi necessário anualizar a volatilidade calculada pelo GARCH para que estivesse na mesma base. Além disso, cabe destacar outra diferença na estimação das métricas pelo IVol-BR e GARCH (1,1), que é o fato de que, para o modelo GARCH (1,1), a estimação se dá para um dia à frente da observação do preço no dia anterior e, para o IVol-BR, a estimação é feita com base em opções que tem prazo de vencimento em 21 dias à frente.

O trabalho de Giot (2005) observou que em níveis muito altos ou níveis muito baixos de volatilidade, a relação com o índice de retorno de ações se dá de forma diferente, por isso, para avaliar o possível efeito entre IVol-BR e o Ibovespa, em diferentes níveis de volatilidade, foi aplicado o método de regressão quantílica. A mesma metodologia foi aplicada à volatilidade medida pelo modelo GARCH (1,1).

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta seção será feita a apresentação e análise dos resultados. Inicialmente será apresentada estatística descritiva das variáveis utilizadas, análise de correlação e gráficos das séries temporais das variáveis. Posteriormente serão apresentados os resultados dos modelos utilizados, testes de especificação dos modelos e de verificação dos pressupostos da análise de regressão.

5.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A seguir encontra-se a estatística descritiva dos dados.

Tabela 2. Estatística descritiva dos dados.

	Total (n=1622)
Retorno Ibovespa	
Média (Desvio Padrão)	0.000353 (0.0147)
Mediana [Min, Max]	1.51e-05 [-0.0499, 0.0639]
Curtose	0.6273177
Assimetria	0.1439438
Retorno IVol-BR	
Média (Desvio Padrão)	5.23e-05 (0.116)
Mediana [Min, Max]	-0.00120 [-0.637, 0.484]
Curtose	2.622028
Assimetria	-0.1267248
Retorno GARCH	
Média (Desvio Padrão)	0.000123 (0.0668)
Mediana [Min, Max]	-0.0188 [-0.218, 0.801]
Curtose	29.12025
Assimetria	3.772893

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando a Tabela 2 é possível verificar que os dados possuem distribuição leptocúrtica e que os retornos do IVol-BR possuem assimetria à esquerda, enquanto que os retornos do Ibovespa e os retornos medidos pelo modelo GARCH possui assimetria à direita.

Foi feito teste de estacionariedade das séries de retornos do IVol-BR, da volatilidade estimada pelo modelo GARCH e do Ibovespa, através dos testes de Dickey-Fuller Aumentado, teste de raiz unitária de Phillips-Perron e teste Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS). Para todas as variáveis, os testes utilizados indicam que as séries são estacionárias, não havendo problema de raiz unitária.

A seguir estão os Gráficos das séries temporais de retornos diários dos índices analisados.

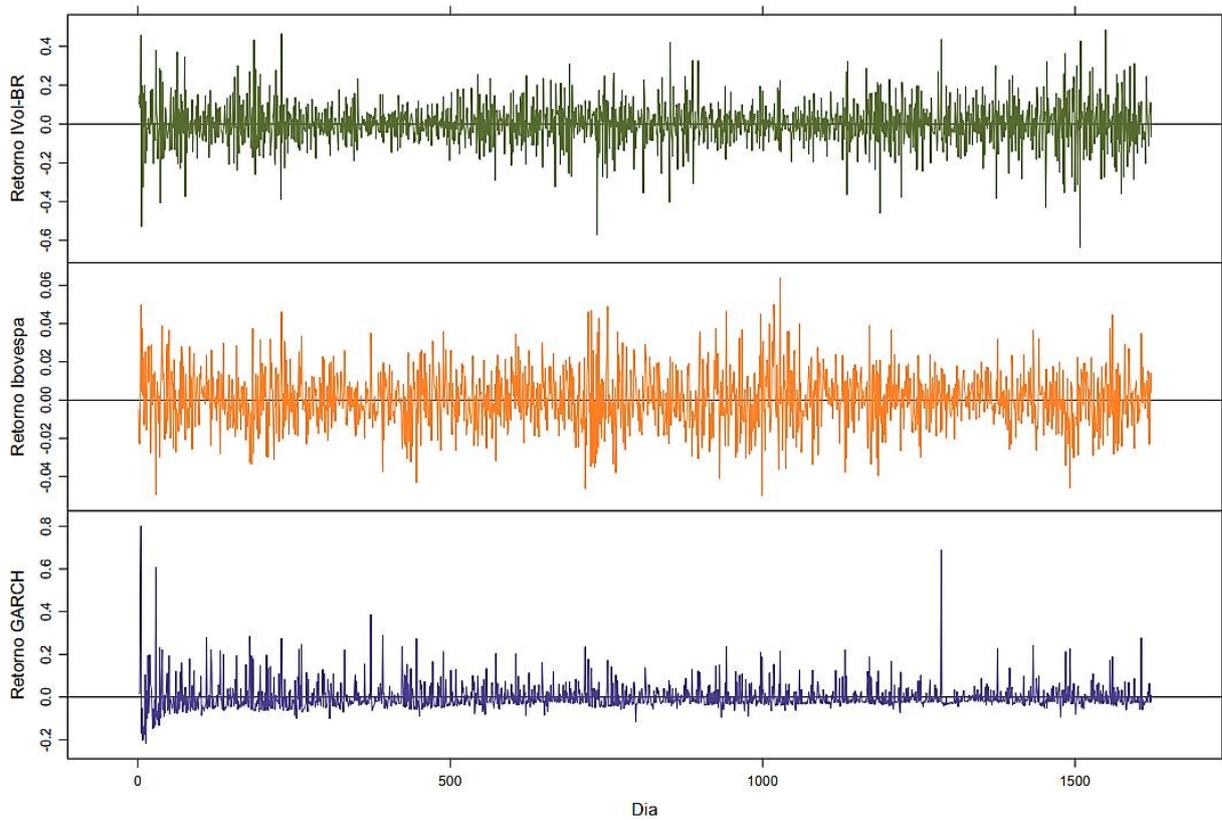


Gráfico 1. Séries históricas dos retornos dos dados.
Fonte: Dados da pesquisa.

A análise de correlação entre as variáveis utilizadas serve para identificar a intensidade da relação entre elas, podendo sugerir problemas de multicolinearidade.

A Tabela 3 ilustra a correlação de Pearson entre as variáveis na pesquisa.

Tabela 3. Correlação de Pearson entre as variáveis utilizadas.

	RetIbov	RetIVol-BR	RetGarch	RetIbov1d	RetIbov r5d	RetIbov r20d	RetIbov r60d
RetIbov	1	-0.119	0.081	0.003	0.0004	0.014	-0.02
RetIVol-BR	-0.119	1	0.148	-0.067	-0.012	-0.014	-0.003
RetGarch	0.081	0.148	1	-0.015	0.043	-0.008	0.004
RetIbov1d	0.003	-0.067	-0.015	1	0.432	0.224	0.114
RetIbov r5d	0.0004	-0.012	0.043	0.432	1	0.502	0.239
RetIbov r20d	0.014	-0.014	-0.008	0.224	0.502	1	0.526
RetIbov r60d	-0.02	-0.003	0.004	0.114	0.239	0.526	1

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 3 mostra correlação negativa entre o retorno do Ibovespa e os retornos do IVol-BR, sugerindo uma relação inversa entre as variáveis. Para a volatilidade medida pelo modelo GARCH, a correlação foi positiva. Para retornos futuros do Ibovespa, todos possuem correlação negativa com o IVol-BR, e para os retornos da volatilidade medida pelo modelo GARCH, apenas os retornos futuros de 1 dia e 20 dias apresentam essa correlação negativa.

5.1.1. Resultado dos Modelos Estimados

Para a H1, foi estimado o modelo de regressão da equação (1). Os resultados dos modelos com erro padrão robusto entre parêntesis são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados do modelo (1) para IVol-BR.

	<i>Variável Dependente</i>	
	$r_{IVol-BR}$	
D_t^+	-0.020***	(0.006)
D_t^-	-0.007	(0.006)
$r_{Ibovespa,t}D_t^+$	0.532	(0.413)
$r_{Ibovespa,t}D_t^-$	-1.854***	(0.449)
Observações	1,621	
R ²	0.025	
R ² ajustado	0.022	
Estatística F	10.299***	(df = 4; 1617)

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando os resultados obtidos, observa-se que os coeficientes das variáveis *dummy* sugerem que a ocorrência de retornos positivos no Ibovespa tem relação com o IVol-BR, sendo essa relação negativa. Quando observada a relação entre o retorno positivo ou negativo com o IVol-BR, só apresenta significância quando a interação se dá com retornos negativos, e esta também tem efeito negativo no IVol-BR.

Comparando esses achados com os de Giot observamos que, assim como encontrado por ele, retornos negativos no Ibovespa são associados a maiores mudanças relativas no IVol-BR do que os retornos positivos.

A H1 ainda analisa o efeito da inclusão dos retornos quadráticos do Ibovespa na equação, para estudar o efeito tamanho dos retornos na volatilidade. Na Tabela 5 estão os resultados obtidos de acordo com a equação (2).

Tabela 5. Resultados do modelo da equação (2) para IVol-BR.

	<i>Variável Dependente</i>	
	$r_{IVol-BR}$	
D_t^+	-0.002	(0.008)
D_t^-	-0.004	(0.008)
$r_{Ibovespa,t}D_t^+$	-2.808***	(1.076)
$r_{Ibovespa,t}D_t^-$	-1.216	(1.249)
$r^2_{Ibovespa,t}D_t^-$	19.693	(35.990)
$r^2_{Ibovespa,t}D_t^+$	91.060***	(27.123)
Observações	1,621	
R ²	0.032	
R ² ajustado	0.028	
Estatística F	8.835***	(df = 6; 1615)

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fonte: Dados da pesquisa.

Quando verificada a influência dos retornos quadráticos no modelo, o resultado encontrado é o mesmo encontrado por Giot (2005), onde se observa a concavidade voltada para cima dos retornos do IVol-BR.

Com intuito de observar o comportamento da volatilidade em diferentes níveis, e como ela se relaciona com o retorno do Ibovespa, além de dar robustez à pesquisa, os modelos acima foram executados nos moldes de regressão quantílica. Na Tabela 6 encontram-se os resultados para a variável dependente retorno do IVol-BR.

Tabela 6. Resultados para o modelo (1) e (2) com regressão quantílica usando IVol-BR.

	Variável Dependente:													
	Modelo (2)							Modelo (1)						
	(0,05)	(0,10)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(0,90)	(0,95)	(0,05)	(0,10)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(0,90)	(0,95)
	$r_{IVol-BR,t}$													
D_t^+	-0.182*** (0.024)	-0.133*** (0.016)	-0.056*** (0.011)	0.003 (0.007)	0.062*** (0.010)	0.120*** (0.020)	0.168*** (0.019)	-0.191*** (0.018)	-0.141*** (0.014)	-0.066*** (0.008)	-0.010* (0.006)	0.041*** (0.008)	0.103*** (0.015)	0.142*** (0.015)
D_t^-	-0.177*** (0.022)	-0.132*** (0.016)	-0.059*** (0.009)	-0.014* (0.008)	0.053*** (0.011)	0.130*** (0.020)	0.177*** (0.022)	-0.191*** (0.018)	-0.141*** (0.013)	-0.060*** (0.008)	-0.007 (0.006)	0.056*** (0.007)	0.119*** (0.013)	0.152*** (0.016)
$r_{Ibovespa,t}D_t^+$	-2.210 (2.828)	-2.060 (2.091)	-2.583 (1.587)	-3.256*** (0.978)	-3.264** (1.334)	-2.645 (3.716)	-1.482 (3.618)	-0.258 (0.921)	-0.683 (0.793)	-0.276 (0.562)	-0.260 (0.382)	0.350 (0.455)	1.083 (1.182)	3.425 (2.257)
$r_{Ibovespa,t}D_t^-$	0.114 (2.905)	-0.212 (1.762)	-1.009 (1.351)	-3.539*** (1.218)	-2.460 (1.788)	-0.716 (3.133)	0.332 (2.716)	-2.427*** (0.789)	-1.981*** (0.751)	-1.178** (0.510)	-1.995*** (0.409)	-1.828*** (0.578)	-2.946*** (0.952)	-3.635*** (1.180)
$r^2_{Ibovespa,t}D_t^-$	73.100 (55.234)	48.334 (32.018)	3.166 (37.558)	-52.253 (36.718)	-21.945 (60.120)	87.236 (100.945)	88.977 (62.739)							
$r^2_{Ibovespa,t}D_t^+$	55.414 (58.557)	27.929 (52.075)	66.772 (44.237)	95.046*** (26.467)	90.881** (36.824)	90.795 (127.285)	147.088 (109.306)							
Observações	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621

Nota:

* p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando os resultados da equação (2), a partir do Quantil 0.50, o sinal passa a ser positivo para as *dummy*, indicando que, em quantis superiores, independente do sinal do retorno do Ibovespa, o efeito deste no retorno do IVol-BR é positivo. No conjunto de regressões sem a inclusão dos retornos quadráticos do Ibovespa, quando interagida a *dummy* com o retorno do Ibovespa, só se tem significância estatística para a *dummy* de retorno negativo, e o efeito também é negativo em todos os quantis.

Para a H2, foi testado se o índice de volatilidade implícita pode indicar um mercado sobrevendido ou sobrecomprado, considerando a relação entre a variação no índice de volatilidade implícita e o retorno futuro do Ibovespa, em 1, 5, 20 e 60 dias úteis à frente. Os resultados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados dos modelos (3), (4), (5) e (6) usando IVol-BR.

<i>Dummy para o ranking do IVol-BR</i>	<i>Variável Dependente:</i>			
	<i>r1d</i>	<i>r5d</i>	<i>r20d</i>	<i>r60d</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>D0</i>	0.003 (0.005)	0.014 (0.012)	0.039* (0.023)	0.022 (0.040)
<i>D1_t</i>	0.002 (0.002)	0.001 (0.004)	0.004 (0.007)	0.012 (0.012)
<i>D2_t</i>	0.003 (0.002)	0.003 (0.004)	-0.001 (0.008)	0.020 (0.013)
<i>D3_t</i>	0.003 (0.002)	0.003 (0.004)	0.018** (0.007)	0.044*** (0.012)
<i>D4_t</i>	0.001 (0.002)	0.003 (0.004)	0.015* (0.008)	0.013 (0.013)
<i>D5_t</i>	0.001 (0.002)	0.004 (0.004)	-0.007 (0.007)	0.023* (0.012)
<i>D6_t</i>	0.0005 (0.002)	-0.001(0.004)	-0.001 (0.008)	0.028** (0.013)
<i>D7_t</i>	0.002 (0.002)	0.003 (0.004)	0.012*(0.007)	0.029*** (0.012)
<i>D8_t</i>	0.0004 (0.002)	-0.001 (0.004)	0.017** (0.008)	0.012 (0.013)
<i>D9_t</i>	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)	0.001 (0.007)	0.020 (0.012)
<i>D10_t</i>	-0.00001(0.002)	-0.00001(0.002)	-0.001 (0.008)	0.002 (0.014)
<i>D11_t</i>	0.0003 (0.002)	0.003 (0.004)	0.021*** (0.007)	0.020 (0.013)
<i>D12_t</i>	-0.001(0.002)	-0.0004 (0.004)	0.010 (0.007)	0.014 (0.012)
<i>D13_t</i>	-0.0002 (0.002)	0.005 (0.004)	0.005 (0.008)	0.005 (0.013)
<i>D14_t</i>	-0.0003(0.002)	0.003(0.004)	0.011 (0.007)	0.023* (0.012)
<i>D15_t</i>	0.001 (0.002)	-0.001 (0.004)	0.008 (0.007)	0.018(0.012)
<i>D16_t</i>	-0.002 (0.002)	-0.002 (0.004)	0.004 (0.007)	0.015 (0.012)
<i>D17_t</i>	-0.0005 (0.002)	0.004 (0.004)	0.003(0.008)	0.024* (0.013)
<i>D18_t</i>	0.001 (0.002)	-0.003 (0.004)	-0.008(0.007)	0.002(0.012)
<i>D19_t</i>	0.002 (0.002)	0.004 (0.004)	0.013(0.008)	0.036*** (0.013)
<i>D20_t</i>	0.0004 (0.002)	0.003 (0.004)	0.006 (0.007)	0.026** (0.012)
<i>D21_t</i>	-0.005 (0.006)	0.011(0.014)	0.005 (0.028)	-0.038(0.047)
Observações	1,369	1,369	1,369	1,369
R ²	0.009	0.009	0.029	0.043
R ² ajustado	0.014	-0.007	0.013	0.028
Estatística F (df = 22; 1347)	0.576	0.569	1.797**	2.761***

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fonte: Dados da pesquisa.

Diferente dos achados de Giot (2005), não foi possível encontrar um padrão claro de comportamento nos coeficientes de acordo com o ranking de decis do IVol-BR. Giot (2005) verificou que a maioria dos coeficientes da área central do ranking não são significantes, e que os nas posições mais altas do ranking são fortemente e positivamente significantes e que os coeficientes nas posições mais baixas do ranking são fortemente e negativamente significantes.

O resultado obtido por ele suporta a hipótese de que níveis altíssimos de volatilidade implícita sinalizam bom momento de entrada no mercado para o índice em questão, que era o esperado por ele.

A diferença nos resultados, de forma geral, pode se dar pelo fato de o IVol-BR não capturar a expectativa de volatilidade dos operadores do mercado brasileiro, ou uma diferença de comportamento entre o mercado americano, mais desenvolvido e mais líquido, para o mercado brasileiro.

6. ANÁLISE DE ROBUSTEZ

A volatilidade foi estimada pelo modelo GARCH (1,1), que substituiu o IVol-BR nas análises, de modo a testar a robustez dos modelos. Para testar a H1, utilizando a volatilidade estimada por GARCH como *proxy* para a variável dependente usando a equação (1), os resultados encontrados encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8. Resultados do modelo da equação (1) para GARCH (1,1).

	<i>Variável Dependente</i>
	r_{GARCH}
D_t^+	-0.060*** (0.002)
D_t^-	-0.060*** (0.002)
$r_{Ibovespa,t} D_t^+$	5.382*** (0.160)
$r_{Ibovespa,t} D_t^-$	-5.214*** (0.174)
Observações	1,621
R ²	0.558
R ² ajustado	0.556
Estatística F	509.395*** (df = 4; 1617)

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fonte: Dados da pesquisa.

Todos os coeficientes possuem significância estatística, retornos positivos ou negativos do Ibovespa influenciam a volatilidade, além de não existir grande variação nos valores dos coeficientes, independente do sinal. Neste caso, quando avaliada pelo modelo GARCH (1,1), os resultados não foram de encontro ao obtido por Giot (2005) nem ao encontro do obtido quando utilizada a volatilidade medida pelo IVol-BR.

Na Tabela 9 estão resultados encontrados para a equação (2) quando utilizada a volatilidade estimada pelo modelo GARCH (1,1).

Tabela 9. Resultados do modelo da equação (2) para GARCH (1,1).

	<i>Variável Dependente</i>
	r_{GARCH}
D_t^+	-0.048*** (0.003)
D_t^-	-0.043*** (0.003)
$r_{Ibovespa,t} D_t^+$	3.135*** (0.407)
$r_{Ibovespa,t} D_t^-$	-1.713*** (0.472)
$r^2_{Ibovespa,t} D_t^-$	108.017*** (13.592)
$r^2_{Ibovespa,t} D_t^+$	61.266*** (10.244)
Observações	1,621
R ²	0.583
R ² ajustado	0.582
Estatística F	376.439*** (df = 6; 1615)

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se significância estatística em todos os coeficientes, o que pode ser explicado pelo fato de a volatilidade implícita, neste caso, utilizar dados históricos da própria volatilidade. Quando observado o efeito quadrático, para a variável do retorno da volatilidade medida por GARCH, também se vê a concavidade voltada para cima.

Na Tabela 10 encontram-se os resultados para as equações (1) e (2) quando utilizada a volatilidade estimada pelo modelo GARCH (1,1).

Tabela 10. Resultados para o modelo (1) e (2) com regressão quantílica usando GARCH (1,1).

	<i>Variável Dependente:</i>													
	Modelo (2)							Modelo (1)						
	(0,05)	(0,10)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(0,90)	(0,95)	(0,05)	(0,10)	(0,25)	(0,50)	(0,75)	(0,90)	(0,95)
	r_{GARCH}													
D_t^+	-0.072***	-0.064***	-0.050***	-0.039***	-0.031***	-0.025***	-0.019***	-0.080***	-0.070***	-0.056***	-0.048***	-0.044***	-0.039***	-0.033***
	(0.010)	(0.004)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.005)	(0.006)	(0.002)	(0.002)	(0.001)	(0.002)	(0.002)	(0.004)
D_t^-	-0.077***	-0.067***	-0.050***	-0.038***	-0.031***	-0.024***	-0.023***	-0.084***	-0.074***	-0.057***	-0.048***	-0.042***	-0.038***	-0.032***
	(0.007)	(0.004)	(0.003)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.004)	(0.003)	(0.002)	(0.001)	(0.001)	(0.003)	(0.004)
$r_{Ibovespa,t} D_t^+$	2.033*	2.269***	2.357***	1.894***	1.367**	0.569	0.032	3.267***	3.275***	3.542***	4.131***	5.175***	6.574***	7.507***
	(1.173)	(0.586)	(0.458)	(0.458)	(0.584)	(0.572)	(1.600)	(0.260)	(0.107)	(0.186)	(0.111)	(0.237)	(0.351)	(0.566)
$r_{Ibovespa,t} D_t^-$	-2.052**	-2.080***	-1.914***	-1.646***	-0.984*	-0.448	-1.067*	-3.411***	-3.476***	-3.542***	-3.959***	-4.914***	-6.244***	-7.201***
	(0.895)	(0.783)	(0.378)	(0.538)	(0.522)	(0.756)	(0.585)	(0.267)	(0.200)	(0.129)	(0.141)	(0.188)	(0.391)	(0.744)
$r^2_{Ibovespa,t} D_t^-$	37.320	40.605	56.990***	90.861***	161.933***	239.261***	253.644***							
	(24.140)	(30.219)	(11.221)	(25.192)	(27.550)	(41.274)	(28.774)							
$r^2_{Ibovespa,t} D_t^+$	29.709	32.759*	34.692**	80.252***	148.722***	231.541***	286.970***							
	(29.102)	(18.815)	(15.153)	(20.994)	(29.938)	(28.161)	(84.553)							
Observações	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fonte: Dados da pesquisa.

Neste caso, observa-se que o efeito quadrático possui significância estatística a partir do Quantil 0,25 se interagido com a *dummy* de retorno negativo do Ibovespa e a partir do Quantil 0,10 se interagido com a *dummy* de retorno positivo do Ibovespa.

Para o modelo de equação (1), o impacto foi negativo em todos os Quantis para todas as variáveis explicativas, à exceção da interação da *dummy* de retorno positivo com o retorno do Ibovespa, com significância estatística em todos os Quantis e efeito positivo. Interagido com a *dummy* de retorno do Ibovespa, positivo ou negativo, os coeficientes têm maior efeito nos Quantis superiores, acima de 0.75

Os resultados das regressões demonstradas nas equações (3), (4), (5) e (6) contra os retornos futuros do Ibovespa são os dispostos na Tabela 11.

Tabela 11. Resultados dos modelos (3), (4), (5) e (6) usando GARCH (1,1).

Dummy para o ranking da volatilidade medida pelo modelo GARCH	Variável Dependente:			
	<i>r1d</i>	<i>r5d</i>	<i>r20d</i>	<i>r60d</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>D0</i>	0.006 (0.008)	-0.009 (0.018)	0.005 (0.036)	-0.004 (0.060)
<i>D1_t</i>	-0.001 (0.002)	0.005 (0.004)	0.006 (0.008)	0.018 (0.013)
<i>D2_t</i>	-0.002 (0.002)	-0.007 (0.005)	-0.004 (0.010)	0.021 (0.016)
<i>D3_t</i>	-0.002 (0.002)	-0.00003 (0.004)	0.017** (0.008)	0.045*** (0.013)
<i>D4_t</i>	0.002 (0.002)	0.001 (0.004)	0.011 (0.008)	0.045*** (0.014)
<i>D5_t</i>	-0.002 (0.002)	-0.005 (0.004)	0.008 (0.008)	0.030** (0.013)
<i>D6_t</i>	0.001 (0.002)	0.001 (0.004)	0.013 (0.008)	0.007 (0.014)
<i>D7_t</i>	0.002 (0.002)	0.004 (0.004)	0.005 (0.007)	0.027** (0.012)
<i>D8_t</i>	0.003* (0.002)	-0.002 (0.003)	-0.003 (0.007)	0.006 (0.012)
<i>D9_t</i>	0.001 (0.002)	0.005 (0.003)	0.004 (0.007)	0.011 (0.012)
<i>D10_t</i>	0.001 (0.002)	0.003 (0.003)	0.002 (0.007)	0.017 (0.012)
<i>D11_t</i>	-0.002 (0.002)	0.001 (0.004)	0.008 (0.007)	0.016 (0.012)
<i>D12_t</i>	-0.001 (0.002)	0.007** (0.004)	0.016** (0.007)	0.027** (0.012)
<i>D13_t</i>	-0.0004 (0.002)	-0.002 (0.004)	0.011 (0.007)	0.005 (0.012)
<i>D14_t</i>	0.001 (0.002)	0.002 (0.004)	-0.004 (0.008)	0.020 (0.013)
<i>D15_t</i>	0.002 (0.002)	0.002 (0.004)	0.006 (0.007)	0.002 (0.013)
<i>D16_t</i>	0.003** (0.002)	0.010** (0.004)	0.019** (0.007)	0.031** (0.012)
<i>D17_t</i>	-0.001 (0.002)	0.0002 (0.004)	0.015* (0.008)	0.015 (0.013)
<i>D18_t</i>	-0.001 (0.002)	0.004 (0.004)	0.008 (0.007)	0.020* (0.012)
<i>D19_t</i>	0.0001 (0.002)	-0.001 (0.004)	-0.007 (0.008)	0.004 (0.013)
<i>D20_t</i>	0.005* (0.002)	0.003 (0.004)	0.003 (0.008)	0.034** (0.013)
<i>D21_t</i>	-0.002 (0.006)	0.009 (0.014)	-0.030 (0.028)	-0.048 (0.047)
Observações	1369	1369	1369	1369
R ²	0.018	0.017	0.026	0.048
R ² ajustado	0.002	0.001	0.010	0.032
Estatística F (df = 22; 1347)	1.147	1.051	1.607*	3.056***

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que, mesmo utilizando outra *proxy* para a volatilidade, os resultados foram semelhantes aos obtidos quando utilizado os retornos do IVol-BR.

Para ambas as análises, independente da *proxy* de volatilidade utilizada, nota-se que há um maior número de coeficientes com significância estatística quando avaliado os retornos futuros de 60 dias, o que pode sugerir que, para qualquer nível de volatilidade, há uma influência nos retornos futuros mais longos.

A persistência da influência do nível da volatilidade implícita nos retornos futuros mais longos do Ibovespa pode demonstrar evidência de memória longa da volatilidade no mercado brasileiro.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi verificar se existe alguma relação, tanto contemporânea quanto com retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias úteis, entre o índice Ibovespa e o índice de volatilidade implícita IVol-BR. Além de agregar ao mercado brasileiro estudos sobre o comportamento entre retornos e volatilidade, o estudo promove maior investigação a respeito dessas relações, que podem ser indicativas para entrada ou saída de posições na bolsa brasileira.

Os resultados encontrados sugerem que só existe significância estatística na relação entre retorno negativo do Ibovespa e o IVol-BR. Estes resultados corroboram com os achados de Giot (2005), que concluiu que retornos negativos no índice de ações são associados a maiores mudanças relativas na volatilidade.

Quando analisada a relação entre o Ibovespa e o IVol-BR, incluídos os retornos quadráticos do índice de mercado, observou-se que existe significância estatística nos coeficientes de retornos negativos e de retornos positivos, com efeito negativo no IVol-BR. Para a interação com os retornos quadráticos positivos o efeito foi o mesmo, sendo que esta possui efeito positivo no IVol-BR. Estes achados também convergem para o encontrado por Giot (2005).

Estes resultados podem sugerir que, assim como demonstrado em finanças comportamentais, o investidor reage mais exacerbadamente a notícias ruins (retornos

negativos) do que a notícias boas (retornos positivos), indicando que o investidor não é, necessariamente, racional (BONDT; THALER, 1985).

No longo prazo, foi observado que, independentemente do nível de volatilidade encontrado, o efeito nos retornos futuros de 60 dias foi positivo, evidenciando a existência de memória longa na volatilidade do mercado brasileiro.

De modo a dar maior robustez às análises, também foi feita estimação da volatilidade pelo modelo GARCH (1,1) e esta foi utilizada como *proxy* da volatilidade implícita, alternativa ao IVol-BR.

Para as estimações utilizando como *proxy* a volatilidade prevista pelo modelo GARCH (1,1), os coeficientes encontrados tiveram os mesmos sinais que os encontrados para o IVol-BR, tendo por diferença apenas o número de coeficientes apresentando significância estatística. Os modelos estimados pela volatilidade estimada por GARCH apresentaram mais coeficientes com significância estatística, o que pode demonstrar que há peculiaridades do mercado brasileiro não captadas pelo modelo de volatilidade implícita do IVol-BR.

Pela análise de regressões quantílicas foram encontrados resultados que suportam a ideia de que existe um efeito maior dos retornos do Ibovespa nos quantis superiores da amostra utilizada, tanto para a *proxy* medida pelo IVol-BR, quanto pela medida por GARCH.

As contribuições da pesquisa se dão, principalmente, pelo aumento de estudos sobre volatilidade no mercado brasileiro, dado que este não é um assunto com grande volume de publicações no país. Com um mercado de capitais cada vez mais globalizado, os gestores possuem desafios cada vez maiores quando se trata de precificação de ativos e estimação de retornos futuros, então, a partir de estudos empíricos que demonstram as relações entre volatilidade e retorno de mercado, os gestores podem se beneficiar elaborando melhores e mais robustas estratégias de investimento e, assim, otimizando o retorno dos investimentos.

Pesquisas futuras podem ser feitas com intuito de verificar se, utilizando uma aglutinação menor dos retornos para construção do ranking de decis da hipótese 2, encontra-se maior significância estatística e resultados mais estáveis. Também pode-se investigar que tipo de notícia faz com que o mercado tenha uma reação mais exagerada, fazendo com que o índice de volatilidade implícita aumente, dessa forma se obtém um perfil de raciocínio do investidor brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ASTORINO, E.; CHAGUE, F.; GIOVANNETTI, B. C.; SILVA, M. E. DA. Variance Premium and Implied Volatility in a Low-Liquidity Option Market. **Revista Brasileira de Economia**, v. 71, n. 1, p. 3-28, 2017.
- BANERJEE, P. S.; DORAN, J. S.; PETERSON, D. R. Implied volatility and future portfolio returns. **Journal of Banking & Finance**, v. 31, n. 10, p. 3183–3199, 2007.
- BODIE, Z. **Investimentos**. Tradução: Beth Honorato. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.
- BONDT, W. F. M. D.; THALER, R. Does the Stock Market Overreact? **The Journal of Finance**, v. 40, n. 3, p. 793-805, 1985.
- BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. **Princípios de Finanças Corporativas**. 10^o ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- CAMPBELL, J. Y.; SHILLER, R. J. Valuation Ratios and the Long-Run Stock Market Outlook. **The Journal of Portfolio Management**, v. 24, n. 2, p. 11-26, 1998.
- ENGLE, R. F. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987-1007, 1982.
- FRENCH, D. W.; DUBOFSKY, D. A. Stock splits and implied stock price volatility. **The Journal of Portfolio Management**, v. 12, n. 4, p. 55-59, 1986.
- GIOT, P. Relationships Between Implied Volatility Indexes and Stock Index Returns. **The Journal of Portfolio Management**, v. 31, n. 3, p. 92-100, 2005.
- GLOSTEN, L. R.; JAGANNATHAN, R.; RUNKLE, D. E. On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks. **The Journal of Finance**, v. 48, n. 5, p. 1779-1801, 1993.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5^o ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- KLIGER, D.; KUDRYAVTSEV, A. Volatility expectations and the reaction to analyst recommendations. **Journal of Economic Psychology**, v. 37, p. 1-6, 2013.
- LEVINE, D. M.; STEPHAN, D. F.; SZABAT, K. A. **Estatística - teoria e aplicações usando o Microsoft Excel em português**. 7^o ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- LEE, YEN-HSIEN. Does the US Fear Gauge Impact on the Investor Fear Gauge in the Emerging Markets? **Journal of Emerging Market Finance**, v. 14, p. 197-209, 2019.
- LI, JUPENG; YU, XIAOLI; LUO, XINGGUO. Volatility Index and the return–volatility Relation: Intraday Evidence from Chinese Options Market. **Journal of Futures Markets**, v. 39, n. 11, p. 1-12, 2019.
- MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

MELLO, A. R. A. F. **Volatilidade implícita das opções de ações:** uma análise sobre a capacidade de previsão do mercado sobre a volatilidade futura. 2009. 45f. Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia) - Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2009.

PINHO, F. M. DE; CAMARGOS, M. A. DE; FIGUEIREDO, J. M. Uma revisão da literatura sobre modelos de volatilidade em estudos brasileiros de 2000 a 2014. **Revista de Administração FACES Journal**, v. 16, n. 1, p. 9-28, 2017.

TALEB, N. N. **The Black Swan: the impact of the highly improbable.** revised edition ed. London: Penguin Books, 2010.

VICENTE, J. V. M.; GUEDES, T. DE S. A Volatilidade implícita contém informações sobre a volatilidade futura? Evidências do mercado de opções de ações da Petrobras. **Brazilian Business Review**, v. 7, n. 1, p. 48-65, jan./abr., 2010.

WHALEY, R. E. The Investor Fear Gauge. **The Journal of Portfolio Management**, v. 26, n. 3, p. 12-17, 2000.