

Estudo sobre a relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do mercado acionário brasileiro^{*,**}

Paloma Vanni Cainelli¹

 <https://orcid.org/0000-0003-0752-3376>
E-mail: pcainelli@yahoo.com

Antonio Carlos Figueiredo Pinto²

 <https://orcid.org/0000-0002-1452-1240>
E-mail: figueiredo@iag.puc-rio.br

Marcelo Cabús Klötzle²

 <https://orcid.org/0000-0002-5463-6333>
E-mail: klotzle@iag.puc-rio.br

¹ Pesquisadora autônoma, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Escola de Negócios, Departamento de Administração, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Recebido em 30.04.2019 – Desk aceite em 25.06.2019 – 2ª versão aprovada em 29.04.2020 – Ahead of print em 27.11.2020

Editor-Chefe: Fábio Frezatti

Editora Associada: Fernanda Finotti Cordeiro

RESUMO

Em 2015, o Núcleo de Pesquisa em Economia Financeira (NEFIN) da Universidade de São Paulo propôs um índice de volatilidade implícita para o mercado acionário brasileiro baseado nos preços diários das opções do índice Bovespa (Ibovespa) e que mede a volatilidade esperada do Ibovespa nos próximos dois meses. O objetivo do estudo é averiguar se esse índice de volatilidade implícita pode ser considerado um indicador antecedente dos retornos futuros do mercado acionário brasileiro, dado que ele representa a volatilidade esperada do Ibovespa dois meses à frente. Este estudo contribui para a literatura sobre o índice de volatilidade implícita do mercado acionário brasileiro, que, até esse momento, é escassa devido a esse índice ter sido estabelecido recentemente e não haver o oficial publicado pela B3 S.A. – Brasil, Bolsa, Balcão (B3). Comprovada a relação entre o índice de volatilidade implícita brasileiro e os retornos futuros do Ibovespa, os investidores poderão antecipar instabilidades do mercado brasileiro, estruturando estratégias para proteger suas carteiras de investimentos, bem como identificar oportunidades de entrada e saída do mercado. Esta pesquisa colabora para a divulgação do índice de volatilidade implícita brasileiro a fim de que se torne mais difundido na academia e no mercado financeiro brasileiro. O aumento de estudos sobre esse índice pode também incentivar o lançamento de um índice de volatilidade implícita oficial pela B3. A relação entre o índice de volatilidade implícita brasileiro e os retornos futuros do Ibovespa é examinada utilizando regressão por mínimos quadrados e quantílica. O índice de volatilidade implícita do mercado acionário brasileiro pode auxiliar na previsão dos retornos futuros do Ibovespa, principalmente para retornos futuros de 20, 60, 120 e 250 dias.

Palavras-chave: Ibovespa, IVol-BR, retornos futuros.

Endereço para correspondência

Paloma Vanni Cainelli

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Escola de Negócios, Departamento de Administração
Rua Marquês de São Vicente, 225 – CEP 22451-900
Gávea – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

*Artigo apresentado no XLII Encontro da ANPAD, Curitiba, PR, Brasil, outubro de 2018.

**O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (305641/2019-0 e 408470/2016-0) e da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) (E-26/202.824/2018).



1. INTRODUÇÃO

Os índices de volatilidade implícita baseados nos preços das opções surgiram a partir do estabelecimento, em 1973, da primeira bolsa de negociação de opções listadas, a Chicago Board Options Exchange (Cboe) (Fernandes et al., 2014). Em 1993, a Cboe lançou o primeiro e mais popular índice de volatilidade implícita, o Cboe Volatility Index (VIX), com o propósito de torná-lo uma referência confiável da volatilidade esperada do mercado americano no curto prazo e permitir que contratos futuros e opções de volatilidade pudessem ser estruturados e negociados (Whaley, 1993, 2009). O VIX mede a volatilidade esperada do índice americano S&P 500 nos próximos 30 dias e é conhecido como o *investor fear gauge* (medidor de medo do investidor) pelo fato de aumentar drasticamente em momentos de turbulência do mercado (Whaley, 2000).

Dado o sucesso do VIX, a Cboe lançou outros dois índices de volatilidade implícita, o VXN, que mensura a volatilidade esperada do índice americano Nasdaq-100 nos próximos 30 dias, e o VXD, que mede a volatilidade esperada do índice americano Dow Jones Industrial Average (DJIA) nos próximos 30 dias. Seguindo o exemplo da Cboe, outros mercados financeiros estabeleceram seus próprios índices de volatilidade implícita; como exemplo, o VDAX na Alemanha para o índice de bolsa alemão DAX 30, o VFTSE no Reino Unido para o índice de bolsa britânico FTSE100, dentre outros.

No Brasil, ainda não existe um índice de volatilidade implícita oficial publicado pela B3. Entretanto, devido à importância de se mensurarem os movimentos esperados do mercado acionário brasileiro, o Núcleo de Pesquisa em Economia Financeira (NEFIN) da Universidade de São Paulo (USP) propôs, em 2015, um índice de volatilidade implícita, o IVol-BR, baseado nos preços diários das opções do índice Bovespa (Ibovespa) e que mede a volatilidade esperada do Ibovespa nos próximos dois meses. Sua metodologia de cálculo segue a mesma do VIX, com alguns ajustes, a fim de refletir as características particulares do mercado de opções brasileiro (Astorino et al., 2017). Os detalhes do cálculo do IVol-BR encontram-se no *website* do NEFIN (<http://www.nefin.com.br>).

A Cboe publica um índice de volatilidade implícita para o mercado brasileiro, o Cboe Brazil ETF Volatility Index (VXEZ). Esse índice é calculado a partir das opções sobre o IShares MSCI Brazil ETF (EWZ), fundo em dólar que replica o Ibovespa. Todavia, o VXEZ reflete tanto a volatilidade do mercado acionário brasileiro como a volatilidade cambial, visto que o EWZ é cotado em dólar. O IVol-BR, portanto, representa melhor a volatilidade implícita do mercado acionário brasileiro, pois é calculado a partir das opções sobre o Ibovespa (Astorino et al., 2017).

A literatura sobre índices de volatilidade implícita é ampla, principalmente nos Estados Unidos da América, uma vez que a Cboe foi a primeira a introduzir um índice de volatilidade implícita, o VIX. Estudos sobre o índice brasileiro IVol-BR até esse momento são escassos devido ao seu recente estabelecimento e por não ser um índice oficial. Pretende-se, com este estudo, estender o trabalho de Astorino et al. (2017), ampliando o conhecimento sobre o IVol-BR e sua relação com os retornos futuros do Ibovespa. Dessa forma, esta pesquisa colabora para a divulgação do IVol-BR a fim de que se torne mais difundido na academia e no mercado financeiro brasileiro. O aumento de pesquisas relacionadas ao IVol-BR ou outros índices de volatilidade implícita para o mercado brasileiro pode incentivar a publicação de um índice de volatilidade implícita oficial pela B3 e, futuramente, o lançamento de derivativos, por exemplo, futuros e opções do índice de volatilidade implícita.

Esta pesquisa investiga, por meio de regressões, (i) a relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa em diferentes períodos do mercado brasileiro, (ii) a relação entre várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa e (iii) os efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa. Este estudo procura averiguar se o IVol-BR auxilia na previsão dos retornos futuros do Ibovespa. Adota-se a mesma suposição das pesquisas de Giot (2005) e Rubbaniy et al. (2014) de que existe alguma previsibilidade nos movimentos dos preços das ações, sugerindo que o mercado não seja perfeitamente eficiente.

Segundo Rubbaniy et al. (2014), a capacidade de prever retornos futuros e volatilidade do mercado permite que investidores possam alcançar uma “performance superior no mercado (ineficiente) por meio da antecipação dos seus riscos (volatilidade) e de retornos mais altos obtidos pela antecipação do momento certo de entrar e sair do mercado” (Rubbaniy et al., 2014, p. 1). Comprovada a relação entre o IVol-BR e os retornos futuros, os investidores poderão antecipar instabilidades do mercado brasileiro, estruturando estratégias para proteger suas carteiras de investimentos, bem como identificar oportunidades de entrada e saída do mercado.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que o IVol-BR pode auxiliar na previsão dos retornos futuros do Ibovespa, principalmente para retornos futuros de 20, 60, 120 e 250 dias.

Este estudo, a partir deste ponto, está organizado da seguinte forma. A seção 2 contempla a revisão de literatura, a seção 3 descreve a metodologia de pesquisa adotada, a seção 4 mostra os resultados da relação entre

o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa, a seção 5 expõe os resultados do teste de robustez e, por fim, a

seção 6 apresenta as conclusões do estudo e sugestões para pesquisas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Whaley (2000) estudou a relação contemporânea entre o VIX e o índice americano S&P 100 (até 2003, o VIX media a volatilidade esperada do S&P 100) no período de 1995 a 1999 e observou que a relação era negativa. Segundo o autor, em momentos de grande incerteza (alta volatilidade), os investidores elevam as taxas de desconto dos seus investimentos acionários, acarretando redução no valor presente dos fluxos de caixa (dividendos) e, por consequência, queda no valor das ações. Outra constatação foi a assimetria. A relação entre o VIX e o S&P 100 era mais forte em momentos de pessimismo do mercado acionário do que em momentos de euforia. Por isso, esse índice é nomeado *investor fear gauge*, o índice do medo (Whaley, 2000).

Em linha com a pesquisa de Whaley (2000), Giot (2005) examinou a relação contemporânea entre o VIX e o S&P 100 e o VXN e o Nasdaq-100 para o período de 1997 a 2003, obtendo o resultado de que a relação entre as variáveis era negativa. A relação entre o VIX e o S&P 100 também se revelou assimétrica, enquanto a relação entre o VXN e o Nasdaq-100 não se mostrou assimétrica. O estudo de Giot (2005), portanto, corrobora a definição do VIX como um medidor de medo dos investidores.

Posteriormente, em uma segunda etapa do seu estudo, o autor examinou a capacidade do VIX (VXN) prever os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do S&P 100 (Nasdaq-100). A ideia de analisar o índice de volatilidade implícita como indicador antecedente provém do pensamento dos operadores de mercado de que níveis altos de volatilidade implícita indicam um mercado sobrevalorado e, portanto, podem ser vistos como um sinal para entrarem em posições compradas (Giot, 2005). A metodologia adotada pelo autor foi: dado um instante t , classifica-se o VIX (VXN) em um dos 20 percentis, ordenados segundo uma janela móvel de dois anos dos dados históricos observados do VIX (VXN), e retêm-se os retornos futuros. Em seguida, verifica-se a média dos retornos futuros para cada nível da volatilidade. O estudo revelou que níveis muito altos (baixos) do VIX e VXN estão associados a retornos futuros positivos (negativos) dos mercados. Os índices de volatilidade implícita, portanto, segundo os resultados da pesquisa, têm capacidade preditiva.

Diferentemente de Giot (2005) e Whaley (2000), que analisaram somente a relação entre os índices de volatilidade implícita e os mercados acionários americanos, Smales (2016) analisou a relação entre o VIX e os diversos

mercados financeiros dos Estados Unidos da América, Austrália e Nova Zelândia no período de 2001 a 2015. O autor considerou os índices de ações S&P 500, ASX 200, NZX 50, os índices de moedas (valor médio ponderado da moeda local em relação às moedas dos parceiros comerciais do país) e os juros dos títulos de 10 anos do governo de cada país. As regressões demonstraram uma relação contemporânea negativa entre o VIX e os ativos. Apenas a relação entre o VIX e o dólar (USD) foi positiva, ou seja, à medida que o VIX aumenta (diminui), há valorização (depreciação) do dólar.

O autor também investigou se, em períodos subsequentes a níveis altos (baixos) do VIX, ocorrem retornos altos (baixos) dos mercados acionários e de juros, a valorização (depreciação) do dólar australiano (AUD) e neozelandês (NZD) e a depreciação (valorização) do USD. Smales (2016) observou a média dos retornos de 5, 20, 60 e 120 dias desses mercados posteriores a níveis extremamente altos e baixos do VIX. O estudo concluiu que o VIX tem, em geral, capacidade preditiva dos retornos futuros dos diversos mercados e que seria possível formar estratégias lucrativas como comprar ações, AUD e NZD ou vender USD quando o VIX está em níveis altos, e o contrário, quando o VIX está em níveis baixos.

Corrado e Miller (2006) avaliaram a capacidade da volatilidade implícita e histórica de prever os retornos esperados do índice S&P 500 no período de 1994 a 2003. Para tal, os autores estimaram a razão prêmio-risco de Merton (1980), utilizando volatilidade histórica e o VIX. Em seguida, para cada razão prêmio-risco, calcularam os retornos esperados que foram comparados aos retornos realizados. Os resultados demonstraram que quando o risco foi baseado na volatilidade histórica, não houve relação significativa entre os retornos esperados e realizados em nenhum período analisado; entretanto, quando o risco foi baseado na volatilidade implícita, a relação foi positiva e significativa para o período de 1994 a 1998.

Copeland e Copeland (1999) demonstraram que alternar as estratégias de alocação de ativos conforme os sinais dados pelo VIX produzia retornos futuros positivos. Os autores oscilaram (i) entre carteiras compostas por ações de valor e ações de crescimento, representadas, respectivamente, pelos índices S&P/Barra Value e S&P/Barra Growth e (ii) entre carteiras compostas por ações *large* e *small caps*, representadas, respectivamente, pelos contratos futuros dos índices S&P 500 e *Value Line*.

Quando o VIX aumentava em relação à sua média móvel de 75 dias, nos dias subsequentes, as carteiras formadas por ações de valor e por ações *large caps* tinham desempenho superior às carteiras formadas por ações de crescimento e por ações *small caps*, e, quando o VIX diminuía, o contrário ocorria.

Kozyra e Lento (2011) calcularam indicadores, como o cruzamento de média móvel, utilizando dados do VIX para gerar sinais de entrada e saída dos mercados acionários S&P 500, Nasdaq-100 e DJIA. Como a análise técnica e o VIX são considerados *forward looking*, juntos deveriam, segundo os autores, gerar sinais *forward looking* mais robustos. Os resultados revelaram que a análise técnica baseada nos dados do VIX produz lucros, sendo superiores aos da análise técnica baseada nos preços das ações.

Banerjee et al. (2007) analisaram a capacidade preditiva do VIX por outro ângulo. Os autores examinaram, por meio de regressões, a relação entre o VIX e os retornos futuros de 30 e 60 dias das carteiras de ações estruturadas segundo beta, tamanho (valor de mercado) e *book-to-market* (razão entre o valor patrimonial e o valor de mercado da firma) e a relação entre o VIX e os retornos futuros dessas mesmas carteiras de ações na presença dos fatores de Carhart (1997) e Fama e French (1993). A pesquisa demonstrou que o VIX tem capacidade preditiva em relação aos retornos futuros para a maioria das carteiras analisadas, e a relação entre o VIX e os retornos futuros é mais forte para as carteiras com beta alto.

O estudo de Banerjee et al. (2007) ficou limitado ao período de 1986 a 2005, desconsiderando a crise financeira que ocorreu principalmente em 2008. Rubbaniy et al. (2014) ampliaram o período analisado para 2009, englobando a crise financeira, e realizaram pesquisa similar ao feito por Banerjee et al. (2007). Ademais, os autores analisaram outros índices de volatilidade implícita, o VXN e o VDAX, e a relação entre os índices de volatilidade implícita e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias dos mercados acionários e das carteiras de ações estruturadas segundo o setor econômico. A pesquisa indicou que os índices de volatilidade implícita têm em geral capacidade preditiva em relação aos retornos futuros de 20 e 60 dias, porém insignificante para períodos menores (1 e 5 dias).

É importante ressaltar que Copeland e Copeland (1999), Giot (2005) e Whaley (2000) analisaram o VIX “antigo”, atualmente denominado VXO, enquanto os demais pesquisadores analisaram o “novo” VIX. A mudança do VIX, realizada pela Cboe, ocorreu em 2003. Os principais pontos de diferença entre o VIX novo e o VIX antigo são (i) as fontes de volatilidade e (ii) as metodologias de cálculo (Carr & Wu, 2006). O VIX antigo é baseado nos preços das opções sobre o S&P 100 (OEX) e adota somente os preços de oito opções no dinheiro,

enquanto o VIX novo é baseado nos preços de diversas opções sobre o S&P 500 (SPX) (Carr & Wu, 2006; Whaley, 2009). Essa alteração se deve ao aumento das operações no mercado de opções SPX ao longo dos anos, tornando-se mais ativo e relevante que o mercado de opções OEX, e ao aumento de opções de venda de SPX no dinheiro e fora do dinheiro (Whaley, 2009).

Grande parte da literatura sobre índice de volatilidade implícita tem como objeto de pesquisa o VIX. Entretanto, com o lançamento, recentemente, de índices de volatilidade implícita nos mercados emergentes, alguns estudos investigaram a capacidade de previsão de retornos futuros desses índices.

Bagchi (2012) examinou a relação entre o índice de volatilidade implícita indiano (India VIX) e os retornos futuros de 30 e 45 dias das carteiras de ações estruturadas segundo beta, tamanho e *book-to-market* para o período de 2007 a 2009. Os resultados das regressões revelaram relação positiva e significativa entre as variáveis.

Chandra e Thenmozhi (2015) e Lee e Ryu (2014) analisaram, respectivamente, o India VIX e o índice de volatilidade implícita coreano VKOSPI, realizando pesquisas similares à de Copeland e Copeland (1999). Chandra e Thenmozhi (2015) evidenciaram que oscilar entre carteiras compostas por ações *large* e *mid caps*, conforme os sinais dados pelo India VIX, produzia retornos futuros positivos. Lee e Ryu (2014) observaram os movimentos do VKOSPI para alternar entre carteiras compostas por ações de valor e de crescimento e entre carteiras compostas por ações *large* e *small caps*. Essas estratégias também geraram retornos futuros positivos.

Astorino et al. (2017) propuseram um índice de volatilidade implícita para o mercado brasileiro, o IVol-BR. A metodologia de cálculo do IVol-BR se baseia na do VIX, porém com alguns ajustes, a fim de refletir a baixa liquidez do mercado de opções brasileiro e o número reduzido de exercícios das opções.

Os autores realizaram diversos testes empíricos a fim de validar o IVol-BR. Primeiro, revelaram, por meio de regressões, que o IVol-BR contém informação sobre a volatilidade futura do retorno do Ibovespa. Em seguida, decompueram o quadrado do IVol-BR em (i) variância esperada do retorno e (ii) prêmio de variância (diferença entre o quadrado do IVol-BR e variância esperada) e, a partir do prêmio de variância, elaboraram uma medida de aversão ao risco variável no tempo para investidores brasileiros. A pesquisa também mostrou, por meio de regressões, que o prêmio de variância e a medida de aversão ao risco têm capacidade de prever retornos futuros do Ibovespa. O IVol-BR revelou pouca capacidade preditiva para retornos do Ibovespa quatro semanas à frente.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Seguindo, principalmente, a linha de estudo de Rubbaniy et al. (2014), este estudo foca no IVol-BR. Dessa forma, esta pesquisa pretende estender o trabalho de Astorino et al. (2017) por meio do exame (i) da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa em diferentes períodos do mercado brasileiro, (ii) da relação entre várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa e (iii) dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa. Este estudo procura averiguar a capacidade preditiva do IVol-BR, todavia de forma distinta da realizada por Astorino et al. (2017). Esses autores averiguaram somente a capacidade preditiva do IVol-BR em relação aos retornos futuros de 30 dias, sem levar em conta o impacto de momentos distintos do mercado acionário brasileiro, as diferentes intensidades do IVol-BR e os diversos níveis de retornos futuros do Ibovespa.

Os dados utilizados neste estudo são as séries diárias do IVol-BR e do Ibovespa. O período de análise selecionado é o de agosto de 2011 a de setembro 2018, que corresponde exatamente aos dados disponíveis do IVol-BR no *website* do NEFIN no dia 31 de outubro de 2018. A série diária do Ibovespa foi extraída do programa Economatica®.

O IVol-BR é calculado diariamente; entretanto, nos dias úteis em que não há negociações suficientes de opções sobre o Ibovespa, o IVol-BR não é lançado (Astorino et al., 2017). Para realização desta pesquisa, há necessidade de se solucionar essa ausência de dados. Adota-se, portanto, o método de imputação por interpolação linear (Moritz & Bartz-Beielstein, 2017; Moritz et al., 2015; Rantou et al., 2017). Todas as análises deste estudo utilizam a série tratada do IVol-BR.

Após o tratamento do IVol-BR, calculam-se as séries de retornos futuros de 1, 5, 20, 60, 120 e 250 dias (úteis) do Ibovespa, seguindo a metodologia encontrada no estudo de Giot (2005). A equação 1 exemplifica o cálculo para os retornos futuros do Ibovespa:

$$R_{t+n} = \ln(Ibov_{t+n}) - \ln(Ibov_t) \quad \boxed{1}$$

em que $Ibov_{t+n}$ é o valor do Ibovespa no instante $t + n$, $Ibov_t$ é o valor do Ibovespa no instante t e $n = 1$ para retornos futuros de 1 dia útil, $n = 5$ para retornos futuros de 5 dias úteis, $n = 20$ para retornos futuros de 20 dias úteis, $n = 60$ para retornos futuros de 60 dias úteis, $n = 120$ para retornos futuros de 120 dias úteis e $n = 250$ para retornos futuros de 250 dias úteis.

A primeira relação a ser examinada neste estudo, tomando como base a pesquisa de Rubbaniy et al. (2014), é entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20, 60, 120 e 250 dias durante toda a série histórica e em dois momentos distintos do mercado acionário brasileiro, nomeados Período de Baixa e Período de Alta.

A série histórica do mercado brasileiro, exposta na Figura 1, compreende o período de agosto de 2011 a setembro de 2018, que corresponde exatamente aos dados disponíveis do IVol-BR no dia 31 de outubro de 2018. O momento de baixa do mercado brasileiro (Período de Baixa) compreende o período de agosto de 2011 a janeiro de 2016, e o momento de alta do mercado brasileiro (Período de Alta) compreende o período de fevereiro de 2016 a setembro de 2018. A Figura 1 aponta janeiro de 2016 como o ponto divisor entre o momento de baixa e alta do mercado brasileiro.



Figura 1 Série histórica do índice Bovespa (Ibovespa) de 1 de agosto de 2011 a 28 de setembro de 2018

Fonte: Elaborada pelos autores.

O teste de Chow (1960) é implementado a fim de se verificar se janeiro 2016 (29/1/2016) pode ser considerado um ponto de mudança estrutural. Esse teste permite examinar a estabilidade dos parâmetros de um modelo de regressão por meio do teste F. A hipótese nula (H_0) do teste afirma que não existe uma quebra estrutural (parâmetros são constantes em toda amostra) e a hipótese alternativa (H_1) afirma que existe uma quebra estrutural. A relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa durante toda a série histórica e em distintos momentos do mercado acionário brasileiro é analisada pelo método de regressão por mínimos quadrados, utilizando a equação 2:

$$R_{t+n} = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t \quad 2$$

em que R_{t+n} é o retorno futuro de $t + n$ dias do Ibovespa, α é o intercepto, $IVol_t$ é o IVol-BR no instante t , β é o parâmetro que capta o impacto do IVol-BR no retorno futuro do Ibovespa e ε_t é o termo de erro no instante t .

Em seguida, investiga-se a relação entre várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20, 60, 120 e 250 dias do Ibovespa pelo método de regressão por mínimos quadrados. Para isso, classifica-se o IVol-BR em percentis, focando somente nos extremos. Os percentis 90, 95 e 99% representam os períodos de alta volatilidade, enquanto os percentis 1, 5 e 10% representam os períodos de baixa volatilidade. Para cada percentil dos períodos de alta e baixa volatilidade, observam-se e retêm-se os retornos futuros de 1, 5, 20, 60, 120 e 250 dias do Ibovespa correspondentes. Posteriormente, são realizadas as regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20, 60, 120 e 250 dias do Ibovespa para cada percentil dos períodos de alta volatilidade (90, 95 e 99%) e baixa volatilidade (1, 5 e 10%) conforme a equação 2.

A análise da relação em diferentes intensidades do IVol-BR tem o intuito de averiguar, assim como Rubbiani et al. (2014) em seu estudo, se os altos (baixos) níveis de volatilidade implícita indicam retornos futuros positivos (negativos), sendo, portanto, sinal para investidores entrarem no mercado (Giot, 2005).

Posteriormente, exploram-se os efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros de 1, 5, 20, 60, 120 e 250 dias do Ibovespa, calculando a equação 2 pelo método de regressão quantílica (Koenker & Bassett, 1978).

4. RESULTADOS

Antes de discorrer sobre os resultados das regressões, as estatísticas descritivas do IVol-BR e os resultados do teste de Chow (1960) são mostrados nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Esse método permite examinar o impacto do IVol-BR nos diversos pontos da distribuição condicional dos retornos futuros do Ibovespa, enquanto a regressão por mínimos quadrados estima apenas o efeito médio do IVol-BR na distribuição condicional dos retornos futuros do Ibovespa.

Este estudo analisa o efeito do IVol-BR nos níveis altos e baixos de retornos futuros do Ibovespa, isto é, o efeito do IVol-BR nos percentis 90, 95 e 99% e nos percentis 1, 5 e 10% dos retornos futuros do Ibovespa, respectivamente. A finalidade dessa análise é investigar se o IVol-BR impacta mais ou menos os diversos níveis de retornos futuros do Ibovespa.

Em seguida, realiza-se um teste de robustez dos resultados obtidos com as essas regressões, alterando as especificações da equação 2.

O primeiro passo é verificar a presença de autocorrelação nas séries de retornos futuros por meio do modelo autorregressivo de primeira ordem, conhecido como modelo ou processo AR(1). O processo AR(1) se dá quando o valor de uma variável y no instante t depende do seu valor no instante imediatamente anterior ($t-1$) e de um termo de erro (u_t), conforme expresso na equação 3:

$$y_t = \alpha + \phi y_{t-1} + u_t \quad 3$$

O modelo AR(1) para as séries de retornos futuros (R_{t+n}) do Ibovespa é modelado por meio da equação 4:

$$R_{t+n} = \alpha + \phi R_{(t+n)-1} + u_{t+n} \quad 4$$

Caso os resultados dos modelos AR(1) das séries de retornos futuros do Ibovespa sejam significativos, as séries apresentam correlação na primeira defasagem, ou seja, mostram autocorrelação serial.

O passo seguinte é modificar a equação 2, somando as séries dos resíduos gerados no processo AR(1), u_{t+n} , se as séries de retornos futuros apresentarem autocorrelação. Dessa forma, corrige-se a autocorrelação serial no resíduo conforme exposto na equação 5.

$$R_{t+n} = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t + u_{t+n} \quad 5$$

A equação 5 é utilizada para testar a robustez dos resultados mostrados na próxima seção.

A média e mediana do IVol-BR durante o momento de baixa do mercado brasileiro (Período de Baixa) se mostrou levemente acima da média e mediana do momento de alta do mercado brasileiro (Período de Alta), como era de

se esperar, dado que os índices de volatilidade implícita geralmente aumentam durante períodos mais turbulentos. A assimetria também foi superior no Período de Baixa em comparação com o Período de Alta.

As séries do IVol-BR não têm distribuição normal, pois rejeitou-se a hipótese nula de normalidade no teste Jarque-Bera (Jarque & Bera 1987). Além disso, as séries têm distribuição leptocúrtica e assimetria à direita.

Tabela 1

Estatística descritiva do IVol-BR em distintos períodos do mercado brasileiro

	Período de Baixa	Período de Alta	Série completa
Média	23,789	23,227	23,567
Mediana	22,928	22,320	22,702
Máximo	47,053	40,004	47,053
Mínimo	13,878	13,109	13,109
Desvio padrão	4,498	4,650	4,566
Assimetria	1,410	0,925	1,195
Curtose	6,038	3,766	5,101
Jarque-Bera	768,302	117,098	748,596
Probabilidade	0,000	0,000	0,000

Nota: Dados tratados no programa EViews. Período de Baixa: de agosto de 2011 a janeiro de 2016; Período de Alta: de fevereiro de 2016 a setembro de 2018; série completa: de agosto de 2011 a setembro de 2018.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados do teste de Chow (1960), apresentados na Tabela 2, evidenciam quebra estrutural na data 29 de janeiro de 2016 para as regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 5, 20, 60, 120 e 250 dias do Ibovespa. Essa data de quebra, portanto, pode ser considerada o ponto divisor entre o momento de baixa e alta do mercado brasileiro.

A análise da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1 dia do Ibovespa durante o momento de baixa e alta do mercado brasileiro não é realizada, pois 29 de janeiro de 2016 não se mostrou como um ponto de quebra estrutural no teste de Chow (1960).

Tabela 2

Resultados do teste de Chow (1960)

Retornos futuros	Estatística	p-valor
1 dia	1,997	0,136
5 dias	11,258***	0,000
20 dias	46,195***	0,000
60 dias	87,353***	0,000
120 dias	243,182***	0,000
250 dias	540,327***	0,000

Nota: Dados tratados no programa EViews. Hipótese nula (H_0): não existe uma quebra estrutural; hipótese alternativa (H_1): existe uma quebra estrutural.

*, **, *** = significância a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Tabela 3 apresenta os resultados das regressões da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa em períodos distintos do mercado acionário brasileiro.

Os resultados das regressões indicam relação positiva e significativa entre os retornos futuros de 20, 60, 120 e 250 dias e o IVol-BR em todos os períodos analisados.

A relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1 e 5 dias não é significativa.

As regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 20, 60, 120 e 250 dias durante o momento de baixa do mercado brasileiro (Período de Baixa) e o momento de alta (Período de Alta) apresentam valores distintos. Os

resultados para 20 dias revelam influência mais forte do IVol-BR nos retornos futuros durante o Período de Alta do que no Período de Baixa do mercado, enquanto os resultados para 60, 120 e 250 dias demonstram influência mais forte do IVol-BR durante o momento de baixa do que de alta do mercado.

De maneira geral, os resultados das regressões da Tabela 3 revelam que existe relação entre os retornos futuros de 20, 60, 120 e 250 dias do Ibovespa e o IVol-BR em todos os períodos analisados, ou seja, os coeficientes foram significativos.

Tabela 3

Resultados das regressões entre os retornos futuros do índice Bovespa (Ibovespa) e o IVol-BR em períodos distintos do mercado brasileiro

		Período de Baixa	Período de Alta	Série completa
1 dia	β	-	-	0,001
	σ	-	-	0,009
	p-valor	-	-	0,941
	R ²	-	-	0,000
5 dias	β	0,054	0,062	0,048
	σ	0,049	0,051	0,037
	p-valor	0,265	0,225	0,188
	R ²	0,006	0,009	0,005
20 dias	β	0,199**	0,345***	0,218***
	σ	0,093	0,121	0,082
	p-valor	0,033	0,005	0,008
	R ²	0,022	0,060	0,025
60 dias	β	0,647***	0,498**	0,491***
	σ	0,202	0,206	0,161
	p-valor	0,001	0,016	0,002
	R ²	0,071	0,059	0,043
120 dias	β	1,145***	0,850***	0,870***
	σ	0,198	0,216	0,182
	p-valor	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,161	0,132	0,089
250 dias	β	1,214***	0,816***	0,962***
	σ	0,288	0,218	0,271
	p-valor	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,131	0,200	0,066

Nota: Dados tratados no programa EViews. Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação $R_{t+n} = \alpha + \beta \text{IVol}_t + \varepsilon_t$. Período de Baixa: de agosto de 2011 a janeiro de 2016; Período de Alta: de fevereiro de 2016 a setembro de 2018; série completa: de agosto de 2011 a setembro de 2018. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação.

*, **, *** = significância a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Tabela 4 apresenta os resultados das regressões da relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa.

Os resultados das regressões revelam que a relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa, em geral, não é significativa.

Diante desses resultados, o IVol-BR não mostrou capacidade preditiva em relação aos retornos futuros do Ibovespa quando em níveis extremamente altos e baixos de volatilidade. Portanto, não se pode afirmar que altos (baixos) níveis de volatilidade sejam um sinal para investidores entrarem no mercado e obterem retornos futuros positivos (negativos).

Tabela 4

Resultados das regressões entre as diferentes intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do índice Bovespa (Ibovespa)

		Percentil (IVol-BR)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
1 dia	β	-0,141	-0,115	-0,061	-0,029	-0,011	-0,256
	σ	0,264	0,091	0,074	0,049	0,084	0,254
	p-valor	0,599	0,207	0,409	0,552	0,895	0,328
	R ²	0,015	0,012	0,004	0,002	0,000	0,081
5 dias	β	0,701	0,413**	0,139	-0,037	0,000	0,208
	σ	0,507	0,201	0,138	0,090	0,149	0,543
	p-valor	0,183	0,043	0,313	0,677	0,999	0,706
	R ²	0,059	0,037	0,005	0,001	0,000	0,010
20 dias	β	1,375	0,778	0,106	0,235	0,215	0,692
	σ	1,922	0,573	0,436	0,152	0,197	0,573
	p-valor	0,484	0,178	0,809	0,125	0,278	0,244
	R ²	0,037	0,022	0,000	0,013	0,012	0,060
60 dias	β	3,982	1,429*	-0,113	-0,704**	-0,289	0,938
	σ	2,381	0,827	0,781	0,275	0,349	1,030
	p-valor	0,112	0,088	0,885	0,012	0,411	0,376
	R ²	0,124	0,027	0,000	0,049	0,010	0,051
120 dias	β	4,963	1,880	-0,782	0,136	0,025	1,004
	σ	3,530	1,185	1,030	0,283	0,345	0,948
	p-valor	0,182	0,116	0,449	0,632	0,943	0,305
	R ²	0,091	0,019	0,003	0,002	0,000	0,046
250 dias	β	1,547	-0,759	-3,717***	-1,147***	-1,665***	0,122
	σ	8,417	1,741	1,212	0,388	0,525	1,434
	p-valor	0,858	0,664	0,003	0,004	0,002	0,933
	R ²	0,003	0,002	0,058	0,051	0,096	0,000

Nota: Dados tratados no programa EViews. Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação $R_{t+n} = \alpha + \beta 1Vol_t + \varepsilon_t$. Percentis 90, 95 e 99%: períodos de alta volatilidade; percentis 1, 5 e 10%: períodos de baixa volatilidade. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação.

*, **, *** = significância a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Tabela 5 apresenta os resultados das regressões dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa. Os percentis 90, 95 e 99% representam os níveis altos de retornos futuros do Ibovespa. Os percentis 1, 5 e 10% representam os níveis baixos de retornos futuros do Ibovespa, compostos por retornos futuros negativos.

Os resultados das regressões apontam para a relação significativa e positiva entre o IVol-BR e os níveis altos de retornos futuros do Ibovespa. Nota-se, no percentil 99%, a maior influência do IVol-BR nos retornos futuros de 5, 20, 60 e 250 dias em comparação aos outros percentis, sendo que o aumento de 1 ponto percentual no IVol-BR está associado ao aumento de 0,343% nos retornos futuros

de 5 dias, de 0,767% nos retornos futuros de 20 dias, de 1,234% nos retornos futuros de 60 dias e de 2,034% nos retornos futuros de 250 dias.

Em níveis baixos de retornos futuros, os resultados das regressões são mistos. Dos 18 coeficientes obtidos, cinco revelam que não há relação significativa entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa. Em contrapartida, cinco coeficientes indicam relação significativa e negativa (um aumento no IVol-BR aumenta os retornos futuros negativos) e oito coeficientes apontam para a relação significativa e positiva (um aumento no IVol-BR diminui os retornos futuros negativos). Nota-se, no percentil 1%, a maior influência do IVol-BR nos retornos futuros de

1 e 120 dias em comparação aos outros percentis, sendo que o aumento de 1 ponto percentual no IVol-BR está associado ao aumento de 0,139% nos retornos futuros negativos de 1 dia e diminuição de 1,168% nos retornos futuros negativos de 120 dias.

O IVol-BR atua, em geral, como indicador antecedente dos retornos futuros do Ibovespa de forma mais significativa em níveis altos de retornos futuros do que em níveis baixos de retornos futuros do Ibovespa. Nos

altos níveis de retornos futuros do Ibovespa, o IVol-BR apresentou efeito significativo e positivo. Ademais, os coeficientes das regressões nos níveis altos de retornos futuros apresentaram valores absolutos superiores aos dos coeficientes das regressões nos níveis baixos de retornos futuros, exceto para retornos futuros de 1 e 120 dias. Nos baixos níveis de retornos futuros do Ibovespa, o IVol-BR apresentou efeito variado e, em alguns casos, não apresentou influência.

Tabela 5

Resultados das regressões quantílicas entre o IVol-BR e os retornos futuros do índice Bovespa (Ibovespa)

		Percentil (retornos futuros)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
1 dia	β	-0,139**	-0,078***	-0,082***	0,062***	0,098***	0,112***
	σ	0,056	0,015	0,013	0,014	0,015	0,019
	p-valor	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,031	0,037	0,029	0,025	0,047	0,069
5 dias	β	-0,002	-0,116***	-0,098***	0,156***	0,256***	0,343***
	σ	0,031	0,024	0,024	0,029	0,030	0,043
	p-valor	0,957	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,000	0,017	0,013	0,037	0,077	0,140
20 dias	β	0,081	0,073	0,137***	0,357***	0,364***	0,767***
	σ	0,126	0,070	0,050	0,069	0,104	0,075
	p-valor	0,522	0,299	0,007	0,000	0,001	0,000
	R ²	0,004	0,001	0,004	0,029	0,041	0,176
60 dias	β	0,014	0,123*	0,312***	0,564***	0,557***	1,234***
	σ	0,091	0,073	0,117	0,109	0,143	0,119
	p-valor	0,878	0,091	0,008	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,000	0,002	0,007	0,028	0,031	0,183
120 dias	β	1,168***	0,763***	0,778***	0,482***	0,785***	1,114***
	σ	0,066	0,090	0,069	0,091	0,200	0,086
	p-valor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,069	0,042	0,043	0,026	0,040	0,154
250 dias	β	0,161**	0,146	0,195**	0,818***	1,678***	2,034***
	σ	0,080	0,091	0,097	0,204	0,255	0,116
	p-valor	0,045	0,109	0,044	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,007	0,002	0,004	0,029	0,078	0,201

Nota: Dados tratados no programa EViews. Resultados das regressões quantílicas conforme equação $R_{t+n} = \alpha + \beta \text{IVol}_t + \varepsilon_t$. Percentis 90, 95 e 99%: níveis altos de retornos futuros; percentis 1, 5 e 10%: níveis baixos de retornos futuros. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação.

*, **, *** = significância a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

5. TESTE DE ROBUSTEZ

Com a finalidade de averiguar a robustez dos resultados encontrados anteriormente, as especificações dos modelos de regressões são modificadas. Corrige-se a autocorrelação serial no resíduo e se reavaliam os resultados das regressões.

A Tabela 6 apresenta os resultados para os modelos AR(1), cujos resíduos serão utilizados para a reanálise

(i) da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa em distintos momentos do mercado brasileiro e (ii) dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa. Os coeficientes da Tabela 6 demonstram que existe autocorrelação serial para os retornos futuros de 5, 20, 60, 120 e 250 dias do Ibovespa.

Tabela 6

Resultados dos modelos autorregressivos de primeira ordem AR(1) para as séries de retornos futuros do índice Bovespa (Ibovespa)

Série de retornos futuros	1 dia	5 dias	20 dias	60 dias	120 dias	250 dias
φ	-0,012	0,801***	0,948***	0,981***	0,987***	0,992***
σ	0,021	0,010	0,007	0,005	0,004	0,003
p-valor	0,565	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R ²	0,000	0,630	0,897	0,963	0,975	0,986

Nota: Equação utilizada $R_{t+n} = \alpha + \phi R_{(t+n)-1} + u_{t+n}$.

*, **, *** = significância a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os correlogramas das séries de retornos futuros do Ibovespa, expostos nas figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7, também evidenciam a presença de autocorrelação serial na primeira defasagem para os retornos futuros de 5, 20, 60, 120 e 250 dias. A estatística Q do teste Ljung-Box (Ljung

& Box, 1978), exposto na penúltima coluna das figuras, rejeita a hipótese nula de inexistência de autocorrelação serial no nível de 1% de significância para as séries de retornos futuros de 5, 20, 60, 120 e 250 dias e não rejeita a hipótese nula para a série de retornos futuros de 1 dia.

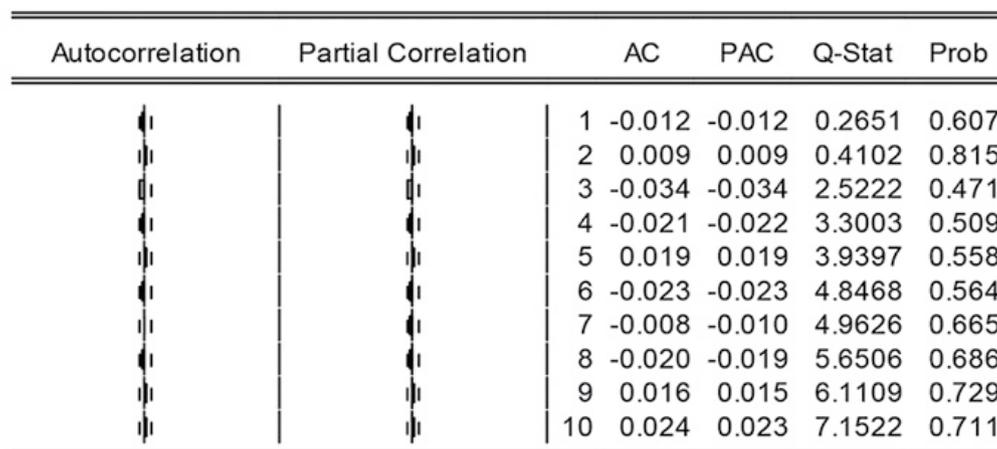


Figura 2 Correlograma da série de retornos futuros de 1 dia do índice Bovespa (Ibovespa)

Fonte: EViews.

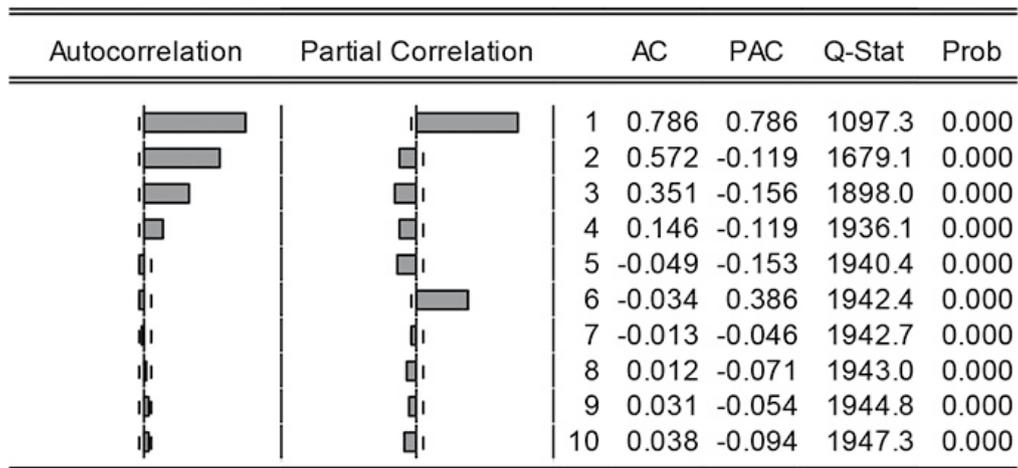


Figura 3 Correlograma da série de retornos futuros de 5 dias do índice Bovespa (Ibovespa)

Fonte: EViews.

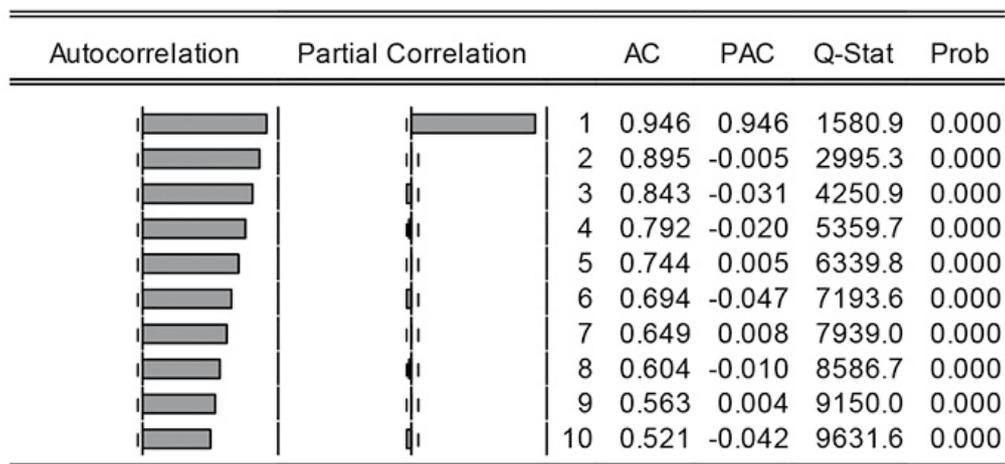


Figura 4 Correlograma da série de retornos futuros de 20 dias do índice Bovespa (Ibovespa)

Fonte: EViews.

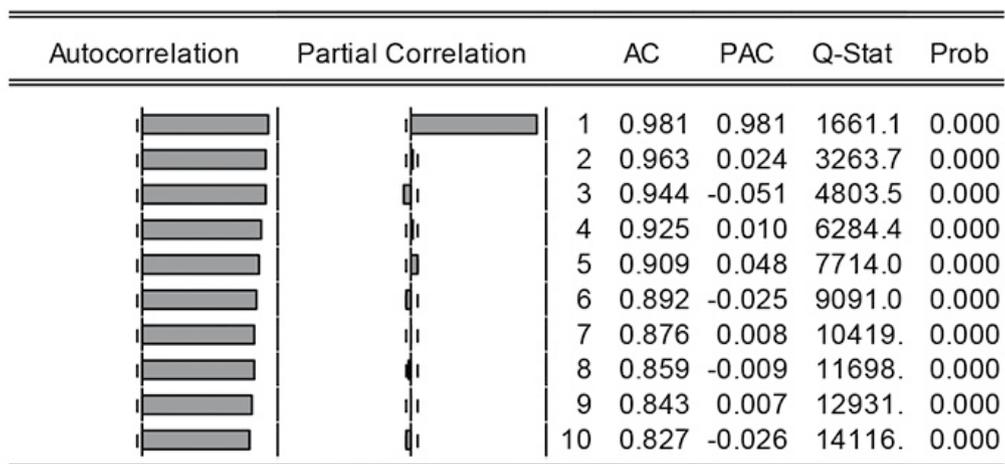


Figura 5 Correlograma da série de retornos futuros de 60 dias do índice Bovespa (Ibovespa)

Fonte: EViews.

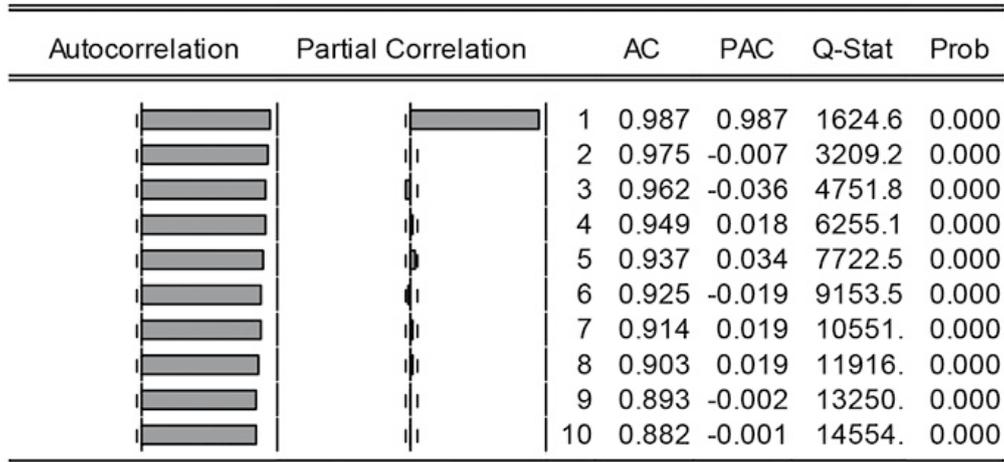


Figura 6 Correlograma da série de retornos futuros de 120 dias do índice Bovespa (Ibovespa)

Fonte: EViews.

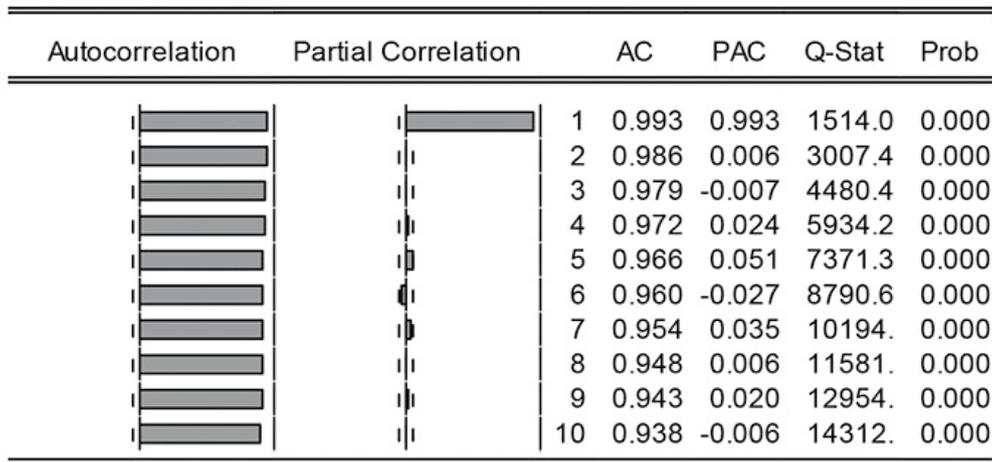


Figura 7 Correlograma da série de retornos futuros de 250 dias do índice Bovespa (Ibovespa)

Fonte: EViews.

A Tabela 7 mostra os resultados para os modelos AR(1), cujos resíduos serão utilizados para o reexame da relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa. Para cada percentil de volatilidade,

calculam-se os processos AR(1). Os coeficientes da Tabela 7 apontam para a autocorrelação serial para os retornos futuros de 1 dia do Ibovespa no percentil 99% e retornos futuros de 5 e 250 dias do Ibovespa no percentil 90%.

Tabela 7

Resultados dos modelos autorregressivos de primeira ordem AR(1) para as séries de retornos futuros do índice Bovespa (Ibovespa) para cada percentil do IVol-BR

Série de retornos futuros	Percentil (IVol-BR)						
	1%	5%	10%	90%	95%	99%	
1 dia	ϕ	0,261	-0,130	-0,046	-0,081	-0,039	0,528**
	σ	0,234	0,092	0,064	0,082	0,112	0,214
	p-valor	0,279	0,159	0,467	0,326	0,727	0,026
	R ²	0,073	0,017	0,002	0,007	0,002	0,283

Tabela 7

Cont.

Série de retornos futuros		Percentil (IVol-BR)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
5 dias	φ	-0,111	0,139	0,095	-0,128*	-0,069	0,124
	σ	0,269	0,116	0,080	0,076	0,116	0,270
	p-valor	0,685	0,235	0,238	0,092	0,552	0,651
	R ²	0,011	0,019	0,009	0,016	0,005	0,014
20 dias	φ	0,000	-0,069	-0,008	0,012	0,139	0,155
	σ	0,281	0,108	0,074	0,082	0,112	0,306
	p-valor	1,000	0,526	0,914	0,885	0,216	0,620
	R ²	0,000	0,005	0,000	0,000	0,019	0,021
60 dias	φ	0,120	-0,180	-0,102	-0,092	-0,036	0,225
	σ	0,269	0,109	0,074	0,086	0,130	0,329
	p-valor	0,661	0,103	0,172	0,284	0,785	0,503
	R ²	0,015	0,033	0,010	0,009	0,001	0,041
120 dias	φ	0,127	-0,213	-0,122	0,116	-0,025	0,117
	σ	0,268	0,132	0,081	0,094	0,136	0,283
	p-valor	0,643	0,110	0,132	0,217	0,853	0,685
	R ²	0,014	0,037	0,014	0,014	0,001	0,013
250 dias	φ	-0,165	-0,199	-0,096	0,144*	0,148	0,069
	σ	0,421	0,143	0,094	0,083	0,116	0,273
	p-valor	0,705	0,168	0,311	0,084	0,208	0,804
	R ²	0,029	0,041	0,009	0,021	0,024	0,005

Nota: Equação utilizada: $R_{t+n} = \alpha + \varphi R_{(t+n)-1} + u_{t+n}$. Percentis 90, 95 e 99%: períodos de alta volatilidade; percentis 1, 5 e 10%: períodos de baixa volatilidade.

*, **, *** = significância a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Utilizando a equação 5, descrita na seção 3, recalculam-se as regressões para as séries de retornos futuros do Ibovespa que apresentaram um processo AR(1), conforme visto nas Tabelas 6 e 7.

A Tabela 8 apresenta os resultados das regressões da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros em distintos

momentos do mercado brasileiro. De modo geral, não houve alterações na relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa. Verifica-se, apenas, que a maioria dos coeficientes (β) apresenta valor abaixo daqueles da Tabela 3.

Tabela 8

Resultados das regressões entre os retornos futuros do índice Bovespa (Ibovespa) e o IVol-BR em períodos distintos do mercado brasileiro

		Período de Baixa	Período de Alta	Série completa
5 dias	β	0,011	0,043	0,016
	σ	0,038	0,042	0,030
	p-valor	0,767	0,307	0,587
	R ²	0,355	0,364	0,356
20 dias	β	0,152*	0,294***	0,170**
	σ	0,090	0,112	0,078
	p-valor	0,092	0,009	0,030
	R ²	0,116	0,146	0,118

Tabela 8

Cont.

		Período de Baixa	Período de Alta	Série completa
60 dias	β	0,600***	0,481**	0,455***
	σ	0,197	0,202	0,159
	p-valor	0,002	0,018	0,004
	R ²	0,105	0,084	0,075
120 dias	β	1,105***	0,846***	0,841***
	σ	0,197	0,214	0,181
	p-valor	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,181	0,151	0,108
250 dias	β	1,175***	0,825***	0,938***
	σ	0,285	0,217	0,270
	p-valor	0,000	0,000	0,001
	R ²	0,146	0,217	0,077

Nota: Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação $R_{t+n} = \alpha + B1Vol_t + \varepsilon_t + u_{t+n}$. Período de Baixa: de agosto de 2011 a janeiro de 2016; Período de Alta: de fevereiro de 2016 a setembro de 2018; série completa: de agosto de 2011 a setembro de 2018. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação.

*, **, *** = significância a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados das regressões entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5 e 250 dias do Ibovespa, expostos na Tabela 9, não apresentam diferenças relevantes em relação aos resultados da Tabela 4. Nota-se,

apenas, que houve queda no valor absoluto do coeficiente (β) da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 250 dias em comparação ao da Tabela 4.

Tabela 9

Resultados das regressões entre as diferentes intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do índice Bovespa (Ibovespa)

		Percentil (IVol-BR)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
1 dia	β	-	-	-	-	-	-0,157
	σ	-	-	-	-	-	0,129
	p-valor	-	-	-	-	-	0,245
	R ²	-	-	-	-	-	0,750
5 dias	β	-	-	-	0,010	-	-
	σ	-	-	-	0,010	-	-
	p-valor	-	-	-	0,321	-	-
	R ²	-	-	-	0,984	-	-
250 dias	β	-	-	-	-0,167***	-	-
	σ	-	-	-	0,055	-	-
	p-valor	-	-	-	0,003	-	-
	R ²	-	-	-	0,983	-	-

Nota: Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação $R_{t+n} = \alpha + B1Vol_t + \varepsilon_t + u_{t+n}$. Percentis 90, 95 e 99%: períodos de alta volatilidade; percentis 1, 5 e 10%: períodos de baixa volatilidade. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação serial.

*, **, *** = significância a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados das regressões dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa são apresentados na Tabela 10. Houve queda no valor da maioria dos coeficientes (β) em relação aos da Tabela 5. Nota-se que a relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 5 dias no percentil 1% e os retornos futuros de 250 dias no percentil 5% agora é significativa, a relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 60 dias no percentil 10% já não é significativa e o IVol-BR tem a maior influência nos retornos futuros de 120 dias no percentil 99% e não mais

no percentil 1%. Ademais, os coeficientes das regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 5 dias em níveis altos de retornos futuros não apresentam, como antes, valores absolutos superiores aos coeficientes das regressões em níveis baixos de retornos futuros.

Apesar dessas alterações, a análise realizada na seção 4 permanece, ou seja, em altos níveis de retornos futuros, o IVol-BR, em geral, apresenta efeito significativo e positivo, e em baixos níveis de retornos futuros, o IVol-BR mostra efeito variado e, em alguns casos, não apresenta influência.

Tabela 10

Resultados das regressões quantílicas entre os retornos futuros do índice Bovespa (Ibovespa) e o IVol-BR

		Percentil (retornos futuros)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
5 dias	β	-0,144*	-0,106***	-0,111***	0,117***	0,211***	0,318***
	σ	0,087	0,018	0,019	0,020	0,022	0,066
	p-valor	0,099	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,195	0,217	0,214	0,224	0,256	0,304
20 dias	β	0,058	0,029	0,085**	0,318***	0,345***	0,689***
	σ	0,127	0,071	0,040	0,076	0,092	0,077
	p-valor	0,649	0,687	0,033	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,056	0,053	0,055	0,072	0,085	0,215
60 dias	β	0,044	0,105*	0,251	0,484***	0,427***	1,060***
	σ	0,084	0,061	0,159	0,110	0,125	0,115
	p-valor	0,600	0,084	0,114	0,000	0,001	0,000
	R ²	0,023	0,023	0,025	0,043	0,046	0,196
120 dias	β	0,994***	0,761***	0,714***	0,445***	0,622***	1,162***
	σ	0,097	0,076	0,069	0,094	0,169	0,077
	p-valor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,080	0,052	0,053	0,039	0,051	0,171
250 dias	β	0,161**	0,157*	0,163*	0,914***	1,729***	1,988***
	σ	0,074	0,082	0,094	0,232	0,234	0,111
	p-valor	0,028	0,055	0,082	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,016	0,011	0,012	0,036	0,088	0,208

Nota: Resultados das regressões quantílicas conforme a equação $R_{t+n} = \alpha + BIVol_t + \varepsilon_t + u_{t+n}$. Percentis 90, 95 e 99%: níveis altos de retornos futuros. Percentis 1, 5 e 10%: níveis baixos de retornos futuros. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação.

*, **, *** = significância a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em síntese, após o teste de robustez, os resultados da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa,

em geral, mantêm-se. As análises de robustez confirmam os resultados prévios descritos na seção 4.

6. CONCLUSÃO

Este estudo teve como propósito averiguar se o IVol-BR auxilia na previsão dos retornos futuros de 1, 5, 20, 60, 120 e 250 dias do Ibovespa. Por meio de regressões, analisou-se, inicialmente, (i) a relação do IVol-BR e os retornos futuros

do Ibovespa em diferentes períodos do mercado brasileiro, (ii) a relação entre várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa e (iii) os efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa.

Os resultados da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa em diferentes períodos do mercado brasileiro indicam que o IVol-BR tem capacidade preditiva para os retornos futuros de 20, 60, 120 e 250 dias. O IVol-BR não apresentou influência nos retornos futuros de 1 e 5 dias do Ibovespa.

A análise dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa demonstra que o IVol-BR atua, em geral, como indicador antecedente dos retornos futuros do Ibovespa em níveis altos de retornos futuros. Em níveis baixos de retornos futuros, o IVol-BR apresenta efeito misto e, em muitos casos, não apresentou influência nos retornos futuros do Ibovespa.

Os resultados da relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa revelam que o IVol-BR não mostrou capacidade preditiva em relação aos retornos futuros do Ibovespa quando em níveis altos e baixos de volatilidade.

Testou-se a robustez dos resultados aqui mencionados, alterando as especificações dos modelos de regressões. Corrigiu-se a autocorrelação serial no resíduo e reexaminaram-se os resultados das regressões. Os resultados da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros

do Ibovespa, em geral, mantiveram-se. O teste de robustez demonstrou que os resultados são robustos.

Este estudo demonstra que o IVol-BR pode auxiliar na previsão dos retornos futuros do Ibovespa, principalmente para retornos futuros de 20, 60, 120 e 250 dias, apesar do efeito variado do IVol-BR em níveis baixos de retornos futuros e do não efeito do IVol-BR nos retornos futuros quando em níveis altos e baixos de volatilidade.

Talvez seja necessário, como Rubbaniy et al. (2014) sugerem, considerar outros fatores na previsão dos retornos futuros do mercado acionário. Recomendam-se, para estudos futuros, a procura e a inclusão de outras variáveis que possam auxiliar o IVol-BR na previsibilidade dos retornos futuros do Ibovespa. Outra possível extensão deste estudo é a adoção de outros métodos econométricos mais sofisticados para análise dos efeitos do IVol-BR nos retornos futuros, como os modelos vetoriais autorregressivos (VAR), o teste de causalidade de Granger (1969) e os modelos com mudança de regime. Por fim, sugere-se a inclusão de um portfólio de investimentos mostrando os ganhos financeiros utilizando o IVol-BR como indicador de retornos futuros.

REFERÊNCIAS

- Astorino, E. S., Chague, F., Giovannetti, B., & Silva, M. E. D. (2017). Variance premium and implied volatility in a low-liquidity option market. *Revista Brasileira de Economia*, 71(1), 3-28. <https://doi.org/10.5935/0034-7140.20170001>
- Bagchi, D. (2012). Cross-sectional analysis of emerging market volatility index (India VIX) with portfolio returns. *International Journal of Emerging Markets*, 7(4), 383-396. <https://doi.org/10.1108/17468801211264306>
- Banerjee, P. S., Doran, J. S., & Peterson, D. R. (2007). Implied volatility and future portfolio returns. *Journal of Banking & Finance*, 31(10), 3183-3199. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2006.12.007>
- Brooks, C. (2014). *Introductory econometrics for finance* (3a ed.). Cambridge University Press.
- Carhart, M. M. (1997). On persistence in mutual fund performance. *The Journal of finance*, 52(1), 57-82. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1997.tb03808.x>
- Carr, P., & Wu, L. (2006). A tale of two indices. *The Journal of Derivatives*, 13(3), 13-29. <https://doi.org/10.3905/jod.2006.616865>
- Chandra, A., & Thenmozhi, M. (2015). On asymmetric relationship of India volatility index (India VIX) with stock market return and risk management. *Decision*, 42(1), 33-55. <https://doi.org/10.1007/s40622-014-0070-0>
- Chow, G. C. (1960). Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 28(3), 591-605. <https://doi.org/10.2307/1910133>
- Copeland, M. M., & Copeland, T. E. (1999). Market timing: Style and size rotation using the VIX. *Financial Analysts Journal*, 55(2), 73-81. <https://doi.org/10.2469/faj.v55.n2.2262>
- Corrado, C. J., & Miller Jr, T. W. (2006). Estimating expected excess returns using historical and option-implied volatility. *Journal of Financial Research*, 29(1), 95-112. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6803.2006.00168.x>
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366), 427-431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>
- Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of financial economics*, 33(1), 3-56. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(93\)90023-5](https://doi.org/10.1016/0304-405X(93)90023-5)
- Fernandes, M., Medeiros, M. C., & Scharth, M. (2014). Modeling and predicting the CBOE market volatility index. *Journal of Banking & Finance*, 40(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2013.11.004>
- Giot, P. (2005). Relationships between implied volatility indices and stock index returns. *Journal of Portfolio Management*, 31(3), 92-100. <https://doi.org/10.3905/jpm.2005.500363>
- Jarque, C. M., & Bera, A. K. (1987). A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*, 55(2), 163-172. <https://doi.org/10.2307/1403192>

- Koenker, R., & Bassett, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 46(1), 33–50. <https://doi.org/10.2307/1913643>
- Kozyra, J., & Lento, C. (2011). Using VIX data to enhance technical trading signals. *Applied Economics Letters*, 18(14), 1367–1370. <https://doi.org/10.1080/13504851.2010.537623>
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. *Journal of econometrics*, 54(1-3), 159–178. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)
- Lee, C., & Ryu, D. (2014). The volatility index and style rotation: Evidence from the Korean stock market and VKOSPI. *Investment Analysts Journal*, 43(79), 29–39. <https://doi.org/10.1080/10293523.2014.11082566>
- Ljung, G. M., & Box, G. E. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, 65(2), 297–303. <https://doi.org/10.1093/biomet/65.2.297>
- Merton, R. C. (1980). On estimating the expected return on the market: An exploratory investigation. *Journal of financial economics*, 8(4), 323–361. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(80\)90007-0](https://doi.org/10.1016/0304-405X(80)90007-0)
- Moritz, S., Sardá, A., Bartz-Beielstein, T., Zaefferer, M., & Stork, J. (2015). *Comparison of different Methods for Univariate Time Series Imputation in R*. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1510/1510.03924.pdf>
- Moritz, S., & Bartz-Beielstein, T. (2017). ImputeTS: time series missing value imputation in R. *The R Journal*, 9(1), 207–218. <https://doi.org/10.32614/RJ-2017-009>
- Newey, W. K., & West, K. D. (1987). A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, 55(3), 703–708. [https://doi.org/0012-9682\(198705\)55:3<703:ASPSHA>2.0.CO;2-F](https://doi.org/0012-9682(198705)55:3<703:ASPSHA>2.0.CO;2-F)
- Rantou, K. E., Karagrigoriou, A., & Vonta, I. (2017). On imputation methods in univariate time series. *Mathematics in Engineering, Science & Aerospace (MESA)*, 8(2), 239–251. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=c7e30d76-69eb-485a-8c36-191c0495c869%40pdc-v-sessmgr04>
- Rubbiani, G., Asmerom, R., Rizvi, S. K. A., & Naqvi, B. (2014). Do fear indices help predict stock returns? *Quantitative Finance*, 14(5), 831–847. <https://doi.org/10.1080/14697688.2014.884722>
- Smales, L. A. (2016). Risk-on/Risk-off: Financial market response to investor fear. *Finance Research Letters*, 17, 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.03.010>
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2004). *Econometrica* (M. Rosemberg, Trad.). Addison Wesley.
- Whaley, R. E. (1993). Derivatives on market volatility: Hedging tools long overdue. *The Journal of Derivatives*, 1(1), 71–84. <https://doi.org/10.3905/jod.1993.407868>
- Whaley, R. E. (2000). The Investor Fear Gauge. *The Journal of Portfolio Management*, 26(3), 12–17. <https://doi.org/10.3905/jpm.2000.319728>
- Whaley, R. E. (2009). Understanding the VIX. *The Journal of Portfolio Management*, 35(3), 98–105. <https://doi.org/10.3905/JPM.2009.35.3.098>