

Universidade de Brasília
Bacharelado em Ciências Econômicas

MATHEUS MARÃO RAPOSO
Matrícula: 14/0155490



UnB

O poder de previsão do CBOE Brazil ETF Volatility Index (VXEWZ)
sobre a volatilidade futura do Índice Bovespa

Brasília, 09 de dezembro de 2019

MATHEUS MARÃO RAPOSO

O poder de previsão do CBOE Brazil ETF Volatility Index (VXEWZ)
sobre a volatilidade futura do Índice Bovespa

Trabalho de monografia para conclusão do curso
de bacharelado em Ciências Econômicas da
Universidade de Brasília.

Orientador: Professor Doutor José Guilherme de
Lara Resende.

Brasília, 09 de dezembro de 2019

SUMÁRIO

Introdução	1
Dados	2
IBOVESPA.....	2
VXEWZ.....	3
Metodologia.....	4
Resultados	5
Conclusão	7
Referências	8

INTRODUÇÃO

A volatilidade implícita é, na maior parte dos casos, o único parâmetro a ser estimado dentro de um modelo de precificação de derivativos, como no modelo Black-Scholes (Black, 1973) para opções. Assim, tal parâmetro é o *input* que fará com que o *output* do modelo se iguale ao valor do produto financeiro que fora negociado no mercado no período analisado. Desta forma, quanto maior for a volatilidade implícita utilizada para trazer o *output* do modelo ao preço negociado, maior a expectativa do mercado para uma futura movimentação adversa (Canina, 1993).

Visando à importância e utilidade da volatilidade implícita a CBOE (*Chicago Board Options Exchange*) lançou em 1993 o primeiro índice de volatilidade, denominado VIX (*Volatility Index*). Assim, a metodologia do VIX usa um modelo proprietário de precificação de opções *at-the-money* (opções que possuam preço de exercício igual ao preço negociado no mercado) para ETF's (*Exchange Trade Funds*) do S&P100, utilizando, como base, opções com prazo de vencimento de 30 dias corridos. A CBOE buscou evoluir a família de índices VIX para outros mercados, fato que levou à criação do VXEWZ (*CBOE Brazil Volatility Index*) o primeiro índice que busca mensurar a volatilidade implícita utilizada na precificação de opções de ETF's do IBOVESPA (Índice Bovespa).

Desde a criação do primeiro índice VIX foram feitos diversos estudos, como o de Corrado e Miller (2005) e Fleming (1998), que investigaram a importância da família de índices sobre a volatilidade futura dos mercados contemplados. Os estudos de Corrado e Miller (2005) e de Fleming (1998) concluíram que a volatilidade implícita tem capacidade preditiva da volatilidade futura, entretanto com ressalvas sobre tal capacidade da variável, principalmente pelo fato da volatilidade implícita apresentar uma tendência de sobrevalorização sobre a volatilidade realizada. A inserção de novos índices pela CBOE à família VIX e a criação de novos índices de volatilidade implícita fora da alçada da CBOE, aumentaram o número de trabalhos que buscavam analisar o caráter preditivo de índices de volatilidade implícita para mercados emergentes (Yang e Liu (2012), sobre o TVIX (*Taiwan Volatility Index*), Han, Kutan e Ryu (2015), sobre o VKOSPI (*Volatility Index of Kospi 200*), e Bahadur e Kotharu (2016), sobre o Nifty VIX).

Apesar de já existirem alguns estudos que analisam o poder preditivo da volatilidade implícita dentro do contexto do mercado financeiro brasileiro, como o de Vicente e Guedes (2010), sobre as opções de Petrobrás, e o de Gabe e Portugal

(2004), sobre opções da Telebrás, ainda não existem estudos mais amplos que analisam o caráter preditivo do VXEWZ sobre a volatilidade futura do mercado como um todo, aqui personificado pelo IBOVESPA. Desta forma o presente trabalho se propõe a investigar a existência de poder preditivo da volatilidade implícita definida pelo VXEWZ para o contexto do mercado financeiro brasileiro como um todo utilizando as metodologias empregadas nos estudos já feitos anteriormente.

DADOS

A análise colheu e tratou os dados da volatilidade do IBOVESPA e do VXEWZ entre 01 de agosto de 2012 e 28 de junho de 2019, onde todas as informações foram coletadas do site Investing.com, no dia 05 de dezembro de 2019, pelos seguintes endereços: “<https://br.investing.com/indices/bovespa-historical-data>” e “<https://br.investing.com/indices/cboe-brazil-etf-volatility-historical-data>”.

IBOVESPA

Os cálculos referentes à rentabilidade diária do IBOVESPA foram feitos levando em conta a variação percentual entre cotações de fechamento do índice e, assim como na metodologia utilizada no VXEWZ, o cálculo da volatilidade partiu primeiramente do cálculo da volatilidade diária realizada pelo IBOVESPA para o período de 21 dias (30 dias corridos). Depois a volatilidade diária no período de 21 dias é anualizada para, assim como feito por Yang e Liu (2012). A análise utilizou o período de 252 dias corridos, visando a incorporar a convenção utilizada pelo mercado financeiro brasileiro, ao invés de 250 dias para representar 1 ano como feito por Yang e Liu (2012), que utilizam uma convenção mais próxima da realidade do mercado financeiro internacional para a contabilização de dias úteis.

Abaixo seguem as equações utilizadas para calcular a volatilidade anualizada do Ibovespa, onde C_i é a cotação de fechamento do IBOVESPA na observação i (dia da observação), r_i é o retorno do índice na observação i , σ_{21} é o desvio padrão amostral diário medido no período de 21 dias do IBOVESPA e σ_{252} é o desvio padrão amostral diário medido no período de 21 dias do IBOVESPA anualizados para 252 dias.

$$r_i = C_i/C_{i-1} - 1 \quad (1)$$

$$\sigma_{21} = \sqrt{\frac{\sum [r_i - \bar{r}]^2}{N - 1}} \quad (2)$$

$$\sigma_i^{IBOVESPA} = \sigma_{252} = \sigma_{21} * \sqrt{252} \quad (3)$$

VXEWZ

O índice de volatilidade VXEWZ já é representado de modo anualizado e segue fórmula de cálculo abaixo, onde T é o tempo restante para expiração da opção, F é o valor futuro do índice calculado com base no valor do preço das opções de *call* e *put* do Ibovespa, K_i é o *strike price* da i^{th} opção *out-of-the-money* mais próxima de do *strike price* K_0 , K_0 é o primeiro *strike price* abaixo do valor futuro calculado para o Ibovespa (F), R é a taxa livre de risco e $Q(K_i)$ é o *bid-ask spread* da opção K_i .

$$VXEWZ = \sigma_i = \sqrt{\frac{2}{T} * \sum \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left[\frac{F}{K_0} - 1 \right]^2} \quad (4)$$

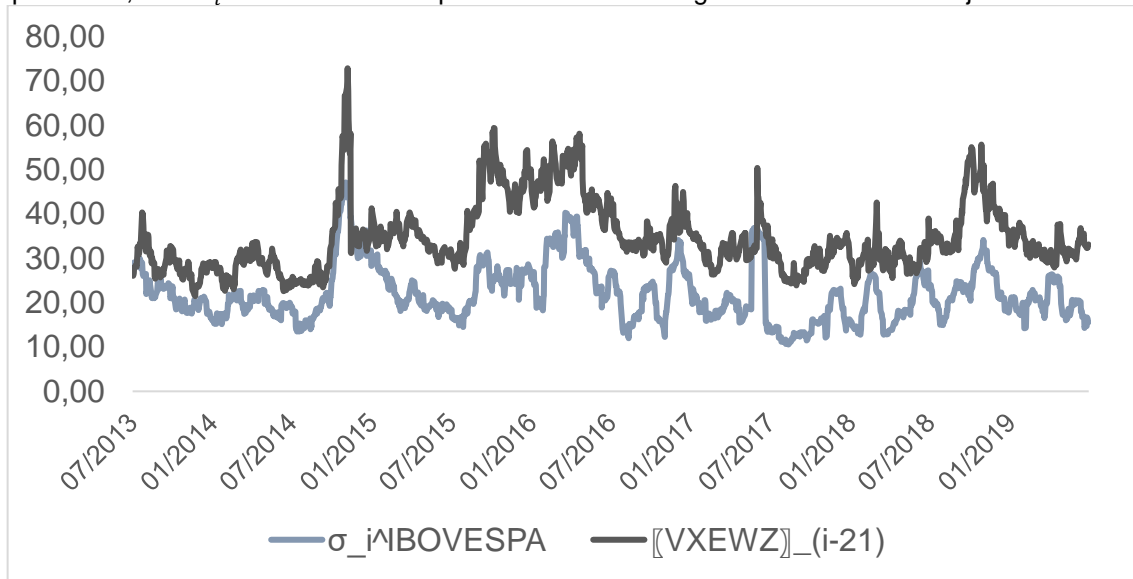
$$\Delta K_i = (K_{i+1} - K_{i-1})/2 \quad (5)$$

O VXEWZ é um índice corrente, ou seja, o nível do índice varia ao longo do dia dada negociação de opções do Ibovespa. Assim, decidimos adotar o nível médio do índice calculado da maneira abaixo, onde $VXEWZ_i$ é o valor médio do VXEWZ no período i (dia da observação), $VXEWZ_{max}$ é o valor máximo do índice no período i e $VXEWZ_{min}$ é o valor mínimo do índice no período i

:

$$VXEWZ_i = (VXEWZ_{max} - VXEWZ_{min})/2 \quad (6)$$

Gráfico 1 - Amostras do $VXEZW_{i-21}$, o valor médio do índice VXEZW no período de 21 dias passados, e do $\sigma_i^{IBOVESPA}$ durante o período entre 01 de agosto de 2012 e 28 de junho de 2019



Fonte: Investing.com/Elaboração: Matheus Marão Raposo

METODOLOGIA

A análise adotará a metodologia de MQO (Mínimos Quadrados Ordinários), visto que, como indica Corrado e Miller (2005), métodos ARCH, GARCH e de variáveis instrumentais não apresentaram maior poder explanatório que modelos que utilizaram MQO padrão simples.

Desta forma o estudo adotará primeiramente os seguintes modelos MQO padrão, também utilizados na análise de Corrado e Miller (2005). De modo que, $\sigma_i^{IBOVESPA}$ é a volatilidade diária anualizada do Ibovespa, a qual foi medida no período de 21 dias anteriores a observação i (sendo está a variável dependente do modelo), α é o intercepto da regressão, $VXEZW_{i-21}$ é o valor do VXEZW para 21 dias anteriores ao período i (sendo esta a variável independente do modelo), $\sigma_{i-21}^{IBOVESPA}$ é a volatilidade diária anualizada do Ibovespa, a qual foi medida no período de 21 dias anteriores a observação $i - 21$ e ε_i é o termo de erro da regressão. As equações 7, 8 e 9 abaixo representarão os Modelos 1, 2 e 3, respectivamente.

$$\sigma_i^{IBOVESPA} = \alpha + \sigma_{i-21}^{IBOVESPA} + VXEZW_{i-21} + \varepsilon_i \quad (7)$$

$$\sigma_i^{IBOVESPA} = \alpha + \sigma_{i-21}^{IBOVESPA} + \varepsilon_i \quad (8)$$

$$\sigma_i^{IBOVESPA} = \alpha + VXEWZ_{i-21} + \varepsilon_i \quad (9)$$

Por fim serão analisadas 2 janelas de tempo para se compreender o poder preditivo do VXEWZ sobre o índice IBOVESPA, sendo estes de 2 anos e 4 anos.

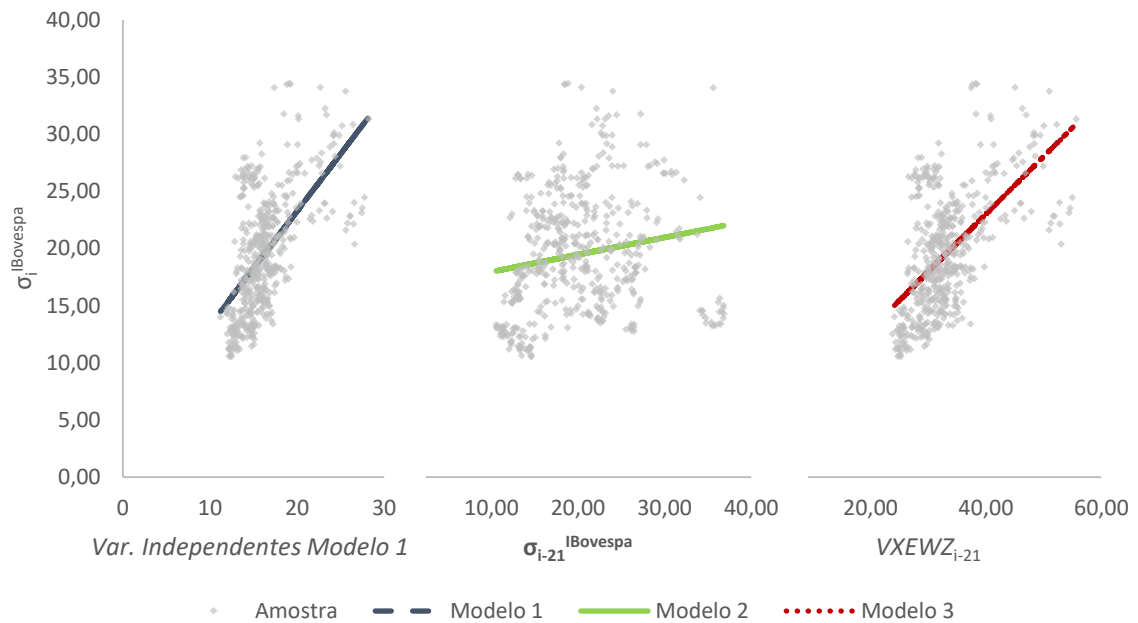
RESULTADOS

Os dados utilizados foram coletados no site Investing.com. Os dados foram analisados utilizando o software R. Seguem abaixo as tabelas e gráficos com os resultados das regressões:

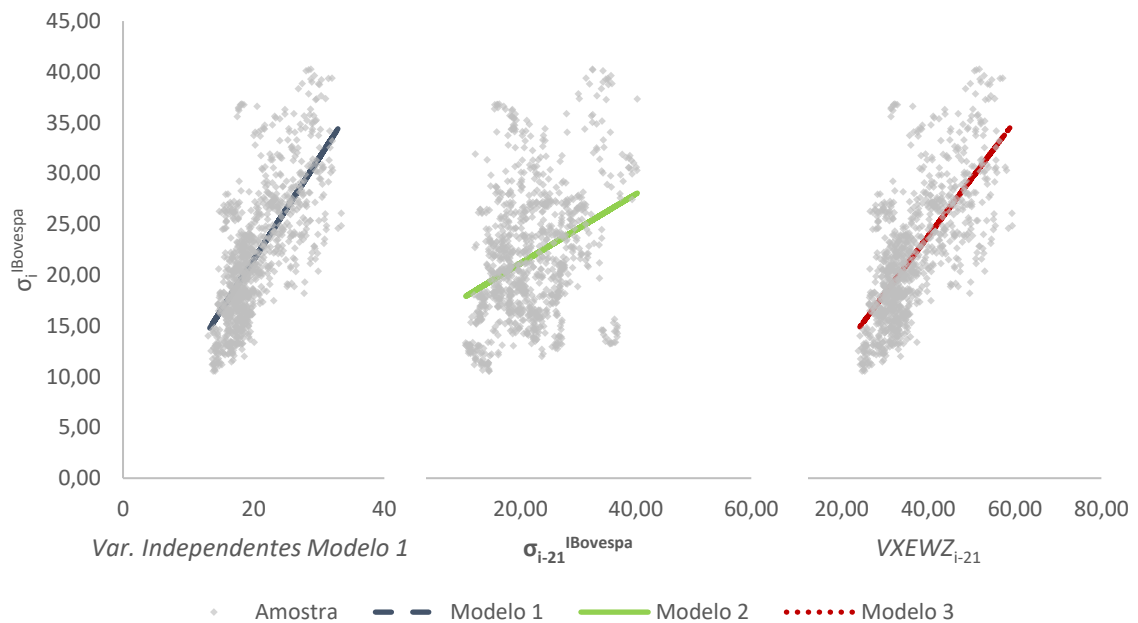
Tabela 1 - Resultados da Análise

	α	$\sigma_{i-21}^{IBOVESPA}$	$VXEWZ_{i-21}$	R^2	$R^2_{Ajustado}$	BIC
Modelo 1 - 2 Anos						
Coeficientes	3,274	-0,079	0,539	0,342	0,339	2.899,77
Teste t-Student	3,028	-2,268	15,409			
	**	*	***			
Modelo 2 - 2 Anos						
Coeficientes	16,459	0,151		0,030	0,028	3.089,07
Teste t-Student	20,527	3,938				
	***	***				
Modelo 3 - 2 Anos						
Coeficientes	2,804		0,505	0,335	0,334	2.898,69
Teste t-Student	2,631		15,907			
	**		***			
Modelo 1 - 4 Anos						
Coeficientes	1,506	-0,050	0,587	0,494	0,493	5.915,76
Teste t-Student	2,174	-1,890	27,373			
	*	.	***			
Modelo 2 - 4 Anos						
Coeficientes	14,306	0,342		0,116	0,115	6.470,37
Teste t-Student	21,230	11,490				
	***	***				
Modelo 3 - 4 Anos						
Coeficientes	1,198		0,566	0,492	0,491	5.912,42
Teste t-Student	1,778		31,201			

Fonte: Investing.com/Elaboração: Matheus Marão Raposo

Gráfico 2 – Regressões sobre $\sigma_i^{IBOVESPA}$ para o período de 2 anos

Fonte: Investing.com/Elaboração: Matheus Marão Raposo

Gráfico 3 – Regressões sobre $\sigma_i^{IBOVESPA}$ para o período de 4 anos

Fonte: Investing.com/Elaboração: Matheus Marão Raposo

Primeiramente, o Modelo 3, que utiliza somente a variável $VXEZW_{i-21}$ como variável independente, apresentou o menor BIC para as duas janelas de tempo analisadas, demonstrando ser o modelo de melhor ajuste. Os resultados de R^2 e $R^2_{Ajustado}$ calculados para o Modelo 3 representaram, pelo menos, 97% das

mesmas estatísticas do Modelo 1, que possui mais variáveis, enquanto o Modelo 2 apresentou baixos valores de R^2 e $R^2_{Ajustado}$. Estes fatores demonstram que o índice VXEZ apresenta maior poder explicativo em relação a volatilidade futura do Ibovespa, quando comparada à volatilidade defasada do Ibovespa $\sigma_{i-21}^{IBOVESPA}$. Assim, de maneira similar ao estudo de Corrado e Miller (2005), o modelo de regressão linear simples que utiliza somente a variável independente $VXEZ_{i-21}$ foi o mais adequado para analisar a volatilidade futura do Ibovespa. A variável independente $VXEZ_{i-21}$ apresentou alta significância estatística, quando medido pelo teste t-Student, tanto para o Modelo 1 quanto para o Modelo 3, nas duas janelas de tempo analisadas. Assim, a alta significância estatística da variável $VXEZ_{i-21}$, somado aos elevados valores de R^2 e $R^2_{Ajustado}$ para o Modelo 3, permite a análise afirmar que existe poder preditivo entre o índice VXEZ e a volatilidade do Ibovespa.

CONCLUSÃO

Os resultados da análise dos modelos apresentados, onde o índice VXEZ apresentou coeficientes estatisticamente relevantes, onde o Modelo 3 apresentou valores elevados de R^2 e $R^2_{Ajustado}$, permite a análise concluir que existe poder preditivo do índice VXEZ sobre a volatilidade futura do Ibovespa.

REFERÊNCIAS

- Charles J. Corrado e Thomas W. Miller, J. (2005). **The Forecast Quality of CBOE Implied Volatility Indexes.** *The Journal of Futures Markets, Vol 25, No 4*, 339-373.
- Figlewski, L. C. (1993). **The Informational Content of Implied Volatility.** *The Review of Financial Studies, Vol 6, No 3*, 659-681.
- Fleming, J. (1998). **The quality of market volatility forecasts implied by S&P 100 index option prices.** *Journal of Empirical Finance 5*, 317-345.
- Guedes, J. V. (2010). **A Volatilidade implícita contém informações sobre a volatilidade futura? Evidências do mercado de opções de ações da Petrobras.** *Brazilian Business Review*, 48-65.
- Heejon Han, A. M. (2015). **Modeling and Predicting the Market Volatility Index: The Case of VKOSPI.** *Economics Discussion Paper*.
- Hourvoulides, A. P. (2019). **VIX Futures as a Market Timing Indicator.** *Journal of Risk and Financial Management*.
- Investing.com. (2019). **Investing.com.** Fonte: Investing.com: <https://br.investing.com>
- Liu, M. J.-Y. (2011). **The Forecasting Power of the Volatility Index in Emerging Markets: Evidence from the Taiwan Stock Market.** *International Journal of Economics and Finance*.
- Pereira, L. F. (2015). **Testando o poder preditivo do VIX: uma aplicação do modelo de erro multiplicativo.** *Revista Brasileira de Finanças, V13, No 4*, 544-570.
- Portugal, J. G. (2003). **Volatilidade implícita versus volatilidade estatística : uma avaliação para o mercado brasileiro a partir dos dados de opções e ações da Telemar S.A.** *Tese de Dissertação*.
- Prabhala, B. C. (1998). **The relation between implied and realized volatility.** *Journal of Financial Economics 50*, 125-150.
- Scholes, F. B. (1973). **The Pricing of Options and Corporate Liabilities.** *The Journal of Political Economy, Vol 81, No 3*, 637-654.