**Título e subtítulo (se houver): devem estar na página de abertura do artigo separados por dois pontos e centralizado**

**Nomes dos autores**

**Nomes dos autores**

**Nomes dos autores**

**Vitor Scheffer Sabbi**

**Resumo**

Texto, com uma quantidade predeterminada de palavras, onde se expõe o objetivo do artigo, a metodologia utilizada para solucionar o problema e os resultados alcançados. não deve ultrapassar 250 palavras, constituído de uma sequência de frases concisas e objetivas.

**Palavras-chave:** ARCH, GARCH, Value at risk, Heterocedasticidade condicional

**Abstract**

Uma tradução ao Inglês do resumo feito acima.

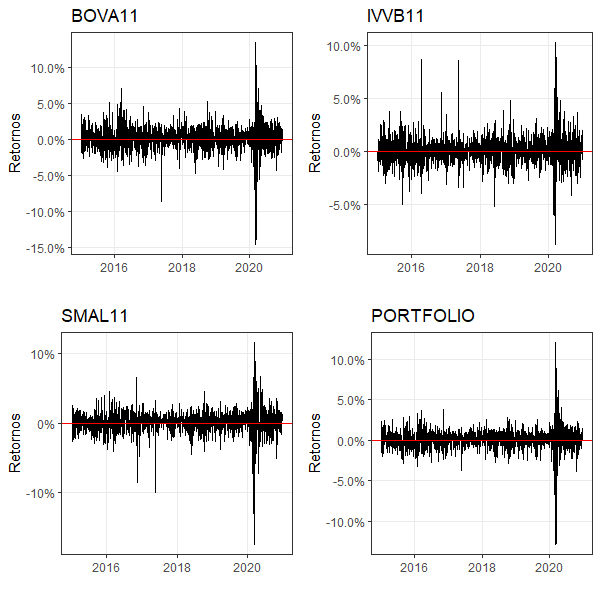
**Keywords:** Tradução das palavras-chave.

**Introdução**

O risco se tornou uma parte importante da análise financeira, tanto para o gerenciamento de risco quanto para fins regulatórios. A volatilidade não é o mesmo que risco, embora possa ser percebida como uma medida de risco. Em finanças, volatilidade é a variação de um ativo financeiro durante um certo período de tempo medido pelo desvio padrão dos retornos. É o risco de mudança no valor de um ativo. Como resultado do impacto da volatilidade dos ativos financeiros na economia, muitos estudos têm sido conduzidos. A capacidade de prever a volatilidade do mercado financeiro é importante para a seleção de carteiras e gestão de ativos, assim como para a precificação de ativos primários e derivativos (ENGLE; NG, 1993).

Mesmo um olhar rápido sobre os dados financeiros sugere que alguns períodos de tempo são mais arriscados que outros; ou seja, o valor esperado da magnitude dos termos de erro às vezes é maior do que em outros. Além disso, esses períodos de risco não estão dispersos aleatoriamente por dados trimestrais ou anuais. Em vez disso, há um grau de autocorrelação no grau de risco dos retornos financeiros (ENGLE, 2001). Analistas financeiros, observando gráficos de retornos diários como na Figura 1, notam que a amplitude dos retornos varia ao longo do tempo e descrevem isto como "agrupamento de volatilidade". Isto está relacionado a um conhecido fato estilizado dos retornos de ativos: há uma dependência positiva entre retornos absolutos em dias próximos e, portanto, para retornos quadráticos (TAYLOR, 2005).

Figura 1 – Retornos diários para uma carteira teórica com três ativos



Elaboração dos autores

Se a variância dos erros não for constante, isto é conhecido como heterocedasticidade. Espera-se que a variância dos erros não seja constante ao longo do tempo, portanto um modelo que não presuma que a variância seja constante é mais apropriado. Os modelos ARCH e GARCH, que significam heteroscedasticidade condicional autorregressiva e heteroscedasticidade condicional generalizada, são projetados para lidar exatamente com este conjunto de questões. Eles se tornaram ferramentas bem difundidas para lidar com os modelos heteroscedasticidade de séries temporais. O objetivo de tais modelos é fornecer uma medida de volatilidade (como um desvio padrão) que pode ser usada em decisões financeiras relativas à análise de risco, seleção de carteira e preços de derivativos.

Nesse sentido, este artigo apresenta um exemplo prático de mensuração de risco utilizando modelos de heterocedasticidade condicional, o que pode servir de insumo para uma variedade de decisões econômicas.

**Modelos ARCH/GARCH**

Como este trabalho se concentrará em aplicações financeiras, utilizaremos notação financeira. Que a variável dependente seja identificada por , que pode ser o retorno sobre um ativo ou carteira. O valor médio e a variância serão definidos em relação a um conjunto de informações passadas. Então, o retorno r no presente será igual ao valor médio de (ou seja, o valor esperado de baseado em informações passadas) mais o desvio padrão de (ou seja, a raiz quadrada da variância) vezes o termo de erro para o período presente. Matematicamente

onde é uma sequência de N(0,1) i.d.d. variáveis aleatórias. O termo residual no tempo t, , pode ser definido como

A dificuldade econométrica envolvida é especificar como as informações são usadas para prever a média e a variação do retorno, dependendo das informações passadas. Embora muitas especificações tenham sido consideradas para o retorno médio e tenham sido usadas nos esforços para prever retornos futuros, praticamente nenhum método estava disponível para a variância antes da introdução dos modelos ARCH. A principal ferramenta descritiva foi por muito tempo o desvio padrão de *rolling window*. Este é o desvio padrão calculado usando um número fixo das observações mais recentes. Por exemplo, ele poderia ser calculado todos os dias usando o mês mais recente (22 dias úteis) de dados. É conveniente pensar nesta formulação como o primeiro modelo ARCH; ela assume que a variação do retorno de amanhã é uma média igualmente ponderada dos resíduos quadráticos dos últimos 22 dias (ENGLE, 2001).

A suposição de pesos iguais é pouco atraente, pois se pensaria que os eventos mais recentes seriam mais relevantes e, portanto, deveriam ter pesos mais altos. Além disso, a suposição de pesos zero para observações com mais de um mês também não é interessante. O modelo ARCH proposto por Engle (1982) permite que estes pesos sejam parâmetros a serem estimados. Assim, o modelo permitiu que os dados determinassem os melhores pesos a serem usados na previsão da variância. No modelo ARCH(1),

Uma generalização útil deste modelo é a parametrização GARCH introduzida por Bollerslev (1986). Neste último, conceitua-se que a variância condicional do processo de erro está associada não só com os quadrados dos valores passados da série, mas também com as próprias variâncias condicionais passadas. Os modelos GARCH tendem a superar os modelos de heteroscedasticidade condicional autorregressiva (AKGIRAY, 1989) devido ao fato de que eles são menos propensos a romper as restrições de negatividade. Os modelos GARCH também tendem a ser mais parcimoniosos, o que significa que realizam uma melhor previsão com menos variáveis, evitando sobreajuste (BROOKS, 2014). Em um GARCH(1,1)

Para estimar uma equação como a GARCH(1,1) é usada a máxima verossimilhança. O método busca aqueles valores para os parâmetros de maneira a maximizar a probabilidade de encontrar-se os dados amostrais considerando o modelo assumido (por exemplo, uma distribuição normal). Dado qualquer conjunto de parâmetros , , e uma estimativa inicial da variância da primeira observação, que muitas vezes é tomada como sendo a variância observada dos resíduos, é fácil calcular a previsão da variância para a segunda observação. A fórmula atualizável do GARCH toma a média ponderada da variância incondicional, o resíduo ao quadrado para a primeira observação e a variância inicial e estima a variância da segunda observação. Isto é introduzido na previsão da terceira variância, e assim por diante. Eventualmente, é construída uma série temporal inteira de previsões de variância. Em um cenário ideal, esta série é grande quando os resíduos são grandes e pequenos quando são pequenos. A função de verossimilhança fornece uma maneira sistemática de ajustar os parâmetros , , para obter o melhor ajuste (ENGLE, 2001).

**Exemplo com Value at Risk**

As instituições financeiras, principalmente depois da crise de 2008, têm aplicado diversas medidas para diminuir o risco de suas operações, seja por critérios modificados de avaliação de risco ou regulações do mercado financeiro. A métrica mais difundida para se avaliar o risco de um ativo ou uma carteira é a do Value at Risk ou Valor em Risco (VaR), por ser geralmente base de regulações econômicas, já que se traduz diretamente em um valor de capital obrigatório que as instituições financeiras são obrigadas a manter além de outros requisitos mínimos de capital. Alexander (2008, p.13) a define como: “...uma perda da qual se tem razoável certeza de que não será excedida caso mantiver-se o portfólio por certo período de tempo”.

Uma maneira de classificar os modelos de VaR é distinguindo-os entre modelos não paramétricos e paramétricos. No caso não paramétrico, a distribuição de probabilidade dos retornos é adquirida empiricamente, não havendo especificação predeterminada. Os modelos categorizados como paramétricos precisam assumir uma distribuição para os dados e, através dessa suposição, efetuar a estimação dos parâmetros e, em seguida, estimar o VaR pelo α-quantil da distribuição estimada. Nesses casos, é bastante comum utilizar a distribuição normal e estimar seus parâmetros de média e variância. Os modelos ARCH e GARCH são paramétricos (REGIS, 2017).

Mais precisamente, pode-se ainda descrever o VaR como o percentil inferior da distribuição de retornos previstos dos fatores de risco de mercado para um horizonte de risco específico. O retorno () de uma carteira de ativos é definido como a variação do valor do ativo entre os momentos t e t −1

em que é o valor da carteira de ativos no instante t. A expressão no lado direito da equação (12) indica o log-retorno. O nível de significância do VaR especifica a probabilidade de dado nível de perda se concretizar. Logo, tendo em conta um VaR de 5%, espera-se que o valor seja excedido na proporção de um dia em cada 20 dias. É possível descrever que,

sendo o nível de significância do modelo VaR. Embora se possa pensar que o VaR mais favorável deve ter o número mínimo de violações, isto não é correto. Ou seja, o VaR (90%) deve retornar o limite do VaR com exatamente 10% de violações, não menos ou mais. Isto torna mais difícil o alcance das especificações do GARCH para calcular o VaR. De fato, o VaR pode ser intencionalmente fixado mais próximo de retornos extremos para que as violações sejam muito menores, mas isto não é desejado, uma vez que o investimento na carteira pode exigir mais capital.

Como o objetivo do artigo envolve desenvolver um exemplo prático, foi concebida uma possível carteira real. A carteira é composta de 50% BOVA11 (ativo que replica o Índice Bovespa), 30% IVVB11 (como forma de exposição ao dólar) e 20% SMAL11 (exposição a ativos de maior retorno, mas também maior risco). A média ponderada do log-retorno de ações individuais não é igual ao retorno da carteira. Na verdade, os log-retornos não são uma função linear dos pesos de ativos. Em comparação, se os retornos simples forem usados então o retorno da carteira é a média ponderada dos ativos nessa carteira. Por esse motivo, empregou-se o cálculo do retorno do portfolio através de retornos simples (CAMPBELL; LO; MACKINLAY, 2007).

O período de análise escolhido foi entre 01/01/2015 a 01/01/2021 (alteração?), fornecendo uma amostra suficientemente grande para estimação e englobando o momento de grande incerteza no mercado financeiro relacionado ao coronavírus, que particularmente interessa ao uso de VaR devido a alta volatilidade dos retornos, já que podem ocasionar perdas significativas para os agentes econômicos. Foi feito um corte na amostra utilizada para estimação em 01/01/2018 (alteração?), possibilitando simular a performance real de previsão dos modelos com uma janela rolante.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas do portfolio

**Considerações Finais**

Parte em que se apresenta as conclusões correspondentes aos objetivos e hipóteses propostos.

**Referências**

ALEXANDER, C. **Value-at-Risk Models**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.

AKGIRAY, V. Conditional heteroskedasticity in time series of stock returns: Evidence. **Journal of Business,** v. 62, n. 1, p. 55–80, 1993.

BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. **Journal of Econometrics**, v. 31, n. 3, p. 307-327, 1986.

BROOKS, C. **Introductory Econometrics for Finance**. 3rd edition. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

[CAMPBELL, J. Y.; LO, A. W.; MACKINLAY, A. C. **The econometrics of financial markets**. New Jersey: Princeton University Press](https://books.google.co.in/books?id=7Gkri6HWWkgC&dq=campbell+lo+mackinlay&lr=), 2007.

ENGLE, R, F. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of variance of U.K. inflation. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987-1007, 1982.

ENGLE, R. F.; NG, V. K. Measuring and testing the impact of news on volatility. **Journal of Finance**, v. 48, n. 5, p. 1749–1778, 1993.

ENGLE, R. F. GARCH 101: The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Econometrics. **Journal of Economic Perspectives**, v. 15, n. 4, p. 157-168, 2001.

REGIS, R. O. **Regressão Quantílica e VaR**: Uma Aplicação de Quantis Condicionais Extremos para os Retornos Relativos ao IBOVESPA e Petrobrás. 2017. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

TAYLOR, S. J. (2005). **Asset Price Dynamics, Volatility, and Prediction**. 1rst edition. New Jersey: Princeton University press, 2005.