

AS MOEDAS VIRTUAIS: UMA APLICAÇÃO DOS MODELOS GARCH PARA O BITCOIN NO MERCADO MONETÁRIO

José Alex de Castro Barral - barraldistribuidora@gmail.com

Brena do Nascimento Carvalho - brenanc16@gmail.com

Tarcísio da Costa Lobato - tarcisiolobato@yahoo.com.br

* Submissão em: 30/05/2020 | Aceito em: 22/10/2021

RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar a volatilidade do retorno dos preços do Bitcoin ocorrido no período de 2017 a 2018, em função da possível ocorrência de uma bolha especulativa. Para tal análise será utilizado os modelos ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH, os modelos serão aplicados em três períodos buscando analisar e comparar a volatilidade. Analisando separadamente o ano 2017 a média dos retornos apresentou simetria no modelo, diferentemente ao analisar o ano 2018 foi identificado assimetria no modelo. Com base nos resultados, foi possível perceber que o Bitcoin como ativo financeiro pode ser uma fonte de ganhos, mas como moeda ainda poderá levar um tempo para se consolidar.

Palavras-chave: Bitcoin. Mercado Monetário. Volatilidade. GARCH.

VIRTUAL CURRENCIES: AN APPLICATION OF GARCH MODELS FOR BITCOIN IN THE MONEY MARKET

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the volatility of Bitcoin price returns that occurred in the period from 2017 to 2018, due to the possible occurrence of a speculative bubble. For such analysis, the ARCH, GARCH, EGARCH and TGARCH models will be used, the models will be applied in three periods seeking to analyze and compare volatility. Analyzing the year 2017 separately, the average returns showed symmetry in the model, differently when analyzing the year 2018, asymmetry was identified in the model. Based on the results, it was possible to realize that Bitcoin as a financial asset can be a source of earnings, but as a currency it may still take a while to consolidate.

Keywords: Bitcoin. Money Market. Volatility. GARCH.

1 INTRODUÇÃO

A moeda está presente em todos os fluxos dos quais as atividades de produção, consumo e acumulação (ou formação de capital) se apresentam e se realizam. As moedas surgiram de forma espontânea, por meio de evoluções nas formas de relacionamento entre as pessoas. Sendo que tradicionalmente sua administração é papel de uma autoridade monetária central.

No entanto, com a globalização e maior informatização surgiram as moedas virtuais que de certa maneira descentralizaram a administração da moeda que até então era atribuída ao Banco Central. Conforme Oliveira (2018) a criação das moedas digitais faz todo sentido quando se leva em conta que uma das principais características da sociedade contemporânea decorre da evolução da internet. Nesse contexto, cabe destacar o surgimento da moeda virtual Bitcoin, que no Brasil apresentou grande valorização, ela circula em vários países, contestando o monopólio do sistema monetário sem ser regulada por qualquer banco central, e, após seu sucesso, muitas outras surgiram com maior ou menor grau de sucesso.

No Brasil, a alta valorização dessa moeda gera dúvidas quanto a sua instabilidade, diversos especialistas questionam se não se trata de uma bolha especulativa. Portanto, as discussões vêm ganhando força e dúvida quanto à possibilidade de ser um investimento sólido ou apenas uma “moda passageira” que resultará em grandes prejuízos para os investidores desse ativo.

Portanto, considerando o exposto, este estudo busca analisar para o período de 2017 a 2018 a volatilidade da série de preços dos retornos da Bitcoin. Para isso será utilizado modelos de séries temporais, especificamente as variações dos modelos de heterocedasticidade condicional autorregressiva (ARCH), sendo eles: i) modelo de heterocedasticidade condicional autorregressivo generalizado – GARCH; ii) modelo de heterocedasticidade condicional autorregressivo generalizado exponencial – EGARCH e; iii) modelo de heterocedasticidade condicional autorregressivo generalizado com limiar – TGARCH. Os resultados podem contribuir para as discussões, no sentido de verificar se esse ativo é uma fonte de ganhos e uma moeda que poderá se tornar moeda forte, de modo que seus investidores não percam suas rendas aplicadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A evolução da moeda

Conforme Lopes e Rossetti (2013), o início das transações comerciais fizeram surgir a primeira ideia de moeda, o chamado escambo, onde para que um determinado grupo primitivo pudesse obter alguma mercadoria era necessário trocar por outra mercadoria (alimento) com outro grupo. No entanto, com o passar do tempo o escambo deixou de ser suficiente para a realização das trocas, dando lugar a um sistema de pagamento indireto em que a moeda se originava quando produtos começavam a ser aceitos como meio de pagamento nas transações,

ou seja, apenas determinados produtos tinham aceitabilidade e valor de uso e troca (MARTINS, 2016).

Ademais, a moeda surgiu como uma forma mais eficiente para a realização das trocas, contribuindo para que as relações sociais e econômicas fossem menos complexas, uma vez que o escambo tinha a dificuldade de encontrar indivíduos que desejassem fazer as trocas duplamente coincidentes, então pedaços de metal por serem duráveis e divisíveis em pedaços menores, facilitando sua manipulação, substituíram o escambo (Martins, 2016).

Nesse contexto, Lago (2004) salienta que na medida em que certos povos desenvolveram sistemas de pesos de ampla aceitação, difundiu-se a utilização de metais como unidade de referência e meio de pagamento. Porém essa nova fase apresentou algumas dificuldades como: a questão do transporte desses metais, pois na fase do mercantilismo as viagens para a realização dos negócios eram longas, com isso o risco de roubos e perdas precisava ser reduzido. Desse modo, iniciou-se a nova fase da moeda, chamada moeda-papel, em que com as dificuldades em transportar grandes volumes de metais, os comerciantes recorreram a instituições que começaram a guardar sob garantia, esses metais e outros valores. Assim as casas de custódia surgem, fornecendo aos comerciantes certificados de depósito, que passam a circular nas interações comerciais (LOPES; ROSSETTI, 2013).

No decorrer do uso dos certificados, foi-se verificando que não era necessário a conversibilidade de 100%, pois dificilmente todos os detentores da moeda-papel iriam fazer valer o direito adquirido e também era cada vez maior a entrada de metais sob sua guarda, assim se iniciou a nova evolução do sistema, na qual de forma ainda cautelosa e progressiva as casas de custódia começaram a emitir certificados não lastreados e esse processo significou a passagem da moeda-papel (moeda representativa) para o papel moeda (moeda fiduciária). (LOPES; ROSSETTI, 2013)

Durante essa fase do processo evolutivo da moeda, essas emissões acima do lastro metálico de garantia foram determinantes para a ruína do sistema, fazendo com que o Estado assumisse o controle do mecanismo das emissões e, por conseguinte seu monopólio até os dias atuais e desde então “...é moeda aquilo que o governo disser que é” (ULRICH, 2014).

Lopes e Rossetti (2013) destacam que tendo a moeda monopolista do estado se estabelecido, inicia-se uma nova fase da moeda que além de não possuir lastro, ela ainda conta com a necessidade de intermediários, a chamada moeda bancária ou moeda escritural, isto é, aquela que não possui existência física e corresponde apenas a lançamentos a débitos e a créditos registrados nas contas correntes dos bancos. Segundo os autores, as duas formas

convencionais de moeda que são utilizadas hoje (moeda fiduciária e moeda bancária) consistem fundamentalmente em um valor de troca, prestando apenas os serviços inerentes à sua liquidez.

Destaca-se que com desenvolvimento tecnológico e a popularização do uso da internet o sistema bancário apresenta novas funcionalidades. Diante do crescente avanço tecnológico o uso de moedas nas transações diárias das pessoas está na base do mercado econômico e social e é a partir da análise do uso de uma nova modalidade de moeda que se pretende verificar como se modifica e evoluem essas transações.

Jacob, Mantel e Wells (2013) elucidam que o avanço tecnológico tem transformado cada vez mais rapidamente os sistemas de pagamentos e, o aumento da utilização de dispositivos móveis e computadores tem contribuído para o crescimento da indústria dos sistemas de pagamentos, principalmente por ter possibilitado a inserção de uma população que até então tinha acesso restrito ao sistema bancário e financeiro.

Essas inovações são muito promissoras, a tecnologia, por exemplo, pode promover a inclusão financeira, por meio da expansão dos serviços para uma grande parcela de ávidos tecnológicos. Pode fornecer também mais controle e melhores ferramentas para seus usuários internos e externos. Essas tecnologias buscam ajudar empresas e instituições nas operações de forma eficiente para competir entre as instituições do mercado, e buscando cada vez mais fazer transações de negócio mais rápido e seguro.

2.2 Bitcoin

Com o avanço tecnológico e a popularização da internet um grupo chamado de cypherpunks começou a discorrer sobre a possibilidade de criação de moedas virtuais, tal grupo era formado basicamente por matemáticos, criptógrafos e hackers, David Chaum que integrava esse grupo foi criador da primeira moeda virtual conhecida, o DigiCash, que foi vendida e utilizada para transações bancárias específicas. Outras moedas surgiram, porém sem êxito, como exemplo a Hascash, E-gold e Bitgold (TRESS, 2017 p.6).

Para Ulrich (2014), os motivos fundamentais que impulsionaram a criação do Bitcoin foram um sistema financeiro instável, um elevado nível de intervenção estatal e a crescente perda de privacidade financeira, motivos que durante séculos persistiram na sociedade e que em meio à maior crise financeira desde a Grande Depressão de 1930, em 31 de outubro de 2008, Satoshi Nakamoto publicava seu artigo em que apresentava a ideia de um dinheiro eletrônico totalmente descentralizado e peer-to-peer, sem a necessidade de um terceiro fiduciário, portanto por definição o Bitcoin é uma moeda ponto a ponto ou par a par, de código aberto que não necessita de uma autoridade central.

Até esse momento as transações mesmo ocorrendo por meio eletrônicos necessitavam de um terceiro para intermediar, afim de se evitar o que em Ciência da Computação se chama de “gasto duplo” que basicamente é enviar por meio eletrônico a mesma remessa de arquivo para mais de um destinatário, com o advento do Bitcoin, pela primeira vez tal problema pode ser resolvido sem a presença de um terceiro nas operações, pois o registro das operações são distribuídos a todos os usuários do sistema via rede peer-to-peer. Todas essas transações são registradas no blockchain que serve como um livro-razão público.

As transações ocorrem de forma pública, sendo possível a qualquer pessoa ver e analisar todas as transações que já aconteceram. No entanto, a privacidade se dá pelo fato das transações não serem vinculadas a nenhuma informação de identidade do usuário que a realizou, isso ocorre também no sistema de bolsa de valores, onde a quantidade e hora da operação são divulgadas, porém a identidade dos negociadores não é revelada. Desse modo, pode-se dizer o protocolo Bitcoin é relevante em relação à sua utilização para negociações já que a rapidez e baixo custo em comparação aos outros sistemas de pagamento convencionais, coloca o Bitcoin como uma alternativa em potencial para a realização de atividades financeiras, abrindo novas possibilidades de uso que pode afetar a soberania monetária de um país através da competição gerada pelo formato de moeda virtual e quanto a eficiência dos sistemas de pagamentos atualmente estabelecidos (ALMEIDA, 2016).

Para enfrentar um mercado em constante evolução e com alta competitividade, as empresas precisam de informações úteis para diversos níveis gerenciais. Neste aspecto, os dados gerados pela contabilidade de custos, por meio dos métodos de custeio, podem servir como auxílio a essas empresas, gerando o seu diferencial neste ambiente competitivo. De acordo com Leone e Leone (2010), a correta utilização dos métodos de custeio, fornecem aos gestores informações que permitam atuar no controle e redução dos custos, verificar desequilíbrios e desperdícios.

O controle efetivo da empresa e o processo decisório dependem essencialmente do conhecimento dos custos de produção. Quanto maior a intensidade da concorrência a que uma organização estiver submetida, maior será a importância da disposição de um método de custeio que lhe permita conhecer seus custos e com isso, encontrar uma posição vantajosa diante de seus concorrentes (SIMÕES; MOURA; ROCHA, 2006; ABBAS; GONÇALVES; LEONCINE, 2012).

A constituição de novas empresas tende a provocar um aumento na concorrência e como consequência disso, pode gerar competitividade, surgindo à necessidade dos gestores estarem

bem apoiados para tomar decisões mais adequadas à realidade do negócio. Conforme Bleil et al. (2011), esse apoio pode ser através da utilização dos métodos de custeio, pois sem isso os empresários acabam usando técnicas de apuração de custos sem critérios e ineficazes, podendo levar a tomada de decisão de forma errada. Diante disso, a pesquisa foi motivada pelo risco que as organizações podem correr em virtude de não optarem por um método de apuração adequado que forneça informações que auxiliem na gestão. Assim, o estudo buscou conhecer através de empresas instaladas em dois municípios da Paraíba, qual a metodologia de custeio utilizada para gerir seu negócio.

Considerando a importância para as empresas de terem conhecimento sobre seus custos e de escolherem um método de custeio para auxiliar na gestão empresarial, o estudo leva ao seguinte questionamento: **Quais são os métodos de custeio utilizados pelas indústrias localizadas nos municípios de Bayeux e Santa Rita/PB?** Para isso, buscou-se identificar quais são os métodos de custeio utilizados pelas empresas pesquisadas; evidenciar as contribuições proporcionadas pela utilização dos métodos de custeio nas empresas pesquisadas e; relacionar os fatores que motivaram ou limitaram a aplicação dos métodos de custeio.

Nessa perspectiva o estudo busca contribuir com pesquisas relacionadas ao tema, como aponta o estudo de Calazans et al. (2004), os autores afirmam que, no ambiente dinâmico de hoje, as organizações necessitam se modernizar utilizando sistemas de custeio. Corroborando, Olesiak et al. (2016) apontaram que gestão da indústria calçadista, assim como dos demais setores, precisa estar preparada para enfrentar as frequentes mudanças na sua esfera de atuação. Ainda segundo os autores, a contabilidade de gestão, e mais especificamente a contabilidade de custos, tem sido reconhecida como importante geradora de informações para a tomada de decisão, alinhado com a afirmação de Abbas, Gonçalves e Leoncine (2012) de que os métodos de custeio são ferramentas importantes para a geração de informações relevantes para a tomada de decisões.

2.3.3. Bolhas especulativas

A especulação no mercado financeiro pode ser resumidamente definida como uma aposta na valorização de um ativo com o objetivo de obter lucros muito acima da média do mercado em um curto espaço de tempo. Keiserman (2009), apresenta a hipótese dos mercados eficientes, a base da teoria neoclássica, para ele o preço de um ativo financeiro reflete todas as informações de caráter público que de uma forma ou outra influência no seu valor e com isso evita que ocorra divergência entre preço e valor justo e, consequentemente anula a possibilidade de bolhas especulativas.

Para Martin et al (2004), existe uma bolha quando uma alta persistente nos preços de um ativo é seguida por um colapso, pois no equilíbrio o valor presente de um ativo deve ser igual ao valor esperado pelo fluxo de benefícios líquidos que este ativo gera para seus detentores, no caso das moedas virtuais é possível que com o excesso de liquidez e com uma tecnologia atraente, pode-se ter criado uma supervalorização desse ativo, sendo necessária uma correção com fuga daqueles investidores avessos ao alto risco. Portanto, pode-se dizer que as bolhas estão relacionadas ao que no dia a dia do mercado financeiro é chamado de “efeito manada”, no qual as pessoas apenas repetem os atos de outra pessoa, simplesmente pelo fato de outras pessoas estarem fazendo.

Esse efeito faz com que pela lei da oferta e demanda o ativo se valorize, essa valorização faz com mais pessoas vejam no ativo uma oportunidade de investimento e assim cada vez mais pessoas se interessam pelo ativo e com isso há uma alta expressiva, chegando ao ponto onde as pessoas percebem que o real valor do ativo é abaixo do valor negociado e normalmente nesse momento os grandes players do mercado fazem suas retiradas, obtendo grandes lucros e dando start para o “efeito manada” na ponta vendedora.

Nesse contexto, Tress (2017) afirma que existe bolha especulativa no preço do Bitcoin, mas acredita que por algum tempo ainda será usada como investimento até que ocorra a regulamentação do governo, quando o Bitcoin e as demais criptomoedas perderão abruptamente seu valor, sendo ela mantida apenas como ativo financeiro e investimento, até que grande parte de seus investidores perceba a limitação de sua funcionalidade em oposição à grande abrangência de sua natureza proposta inicialmente.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Dados e Fontes

Os dados utilizados nesse estudo foram às cotações histórica de fechamento da Bitcoin, a frequência dos dados é diária e abrange o período de 01/01/2017 a 31/12/2018, tratando-se de uma série de dois anos com 730 observações. As cotações foram obtidas no site investing.com. Ressalta-se que a escolha desse período se justifica pelo fato do ano de 2017 ter apresentado grandes aumentos nos preços desse ativo e o ano de 2018 ter quedas sucessivas.

Sendo assim, será utilizada a série de retornos dos preços da *Bitcoin* para a modelagem econométrica, visto que conforme Tsay (2002) utilizar essa variável se tem duas vantagens, sendo elas: a) o retorno de um ativo é um resumo completo e independente da escala da oportunidade de investimento; b) as séries de retorno apresentam uma facilidade maior de se

manipular do que as séries de preços, devido ao fato de terem propriedades estatísticas mais tratáveis. Desse modo, a análise será feita para três períodos no tempo: i) Período de 2017-2018; ii) Período de 2017 e; iii) Período de 2018, com intuito de analisar separadamente a volatilidade dos retornos dos preços da *Bitcoin*.

Portanto, os preços da *Bitcoin* foram logaritmizados e, posteriormente, diferenciaram-se os mesmos para obter a taxas de retornos dos preços, como segue:

$$r_t = \Delta \log P_t = \log(P_t) - \log(P_{t-1}) \quad (1)$$

Em que: r_t = retorno no tempo t ; $\Delta \log$ = diferença logarítmica; P_t = preço no tempo t , e; P_{t-1} = preço no tempo $t-1$. Para a modelagem dos dados, utilizou-se o *software Grelt*.

3.3. Testes de Raiz Unitária

Após transformar a série de preços da *Bitcoin* em série de retornos foram feitos os testes de raiz unitária para verificar se a série em questão é estacionária. Salienta-se que, geralmente, quando se diferencia séries financeiras em uma vez ela já se torna estacionária (ENDERS, 2003). No entanto, para comprovar a estacionariedade da série é necessário realizar alguns testes. Sendo assim, utilizou-se o teste estatístico Dickey-Fuller – Elliot-Rothemberg-Stock (DF - GLS) e o teste de Kiwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS).

3.3.1. Teste de DF-GLS

Elliot, Rothemberg e Stock (1996) identificaram que o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) apresentava duas dificuldades: a) o teste perde poder ao se incluir termos determinísticos; b) o teste perde poder, pois o ε não é um ruído branco.

Desse modo, partindo dessas dificuldades os autores criaram uma equação que transforma o modelo antes de estimar. O método de aplicação consiste em estimar os termos determinísticos antes e aplicar o teste de Dickey-Fuller sobre o resíduo da variável dependente, evidenciando que esse teste apresenta um poder de teste maior com a presença de termos determinísticos (ELLIOT; ROTHEMBERG; STOCK 1996). Dessa forma, dois modelos podem ser estimados, um com tendência e intercepto e outro apenas com o intercepto:

$$y_t = \beta_0 + u_t \quad (2)$$

$$y_t = (\beta_0 + \beta_t) + u_t \quad (3)$$

A forma operacional é dada pela equação:

$$\Delta y_t^d = \gamma \Delta y_{t-1}^d + \sum_{i=1}^e \gamma_i \Delta y_{t-i}^d + \varepsilon_t \quad (4)$$

Onde: $y_t^d = y_t - \beta_0$ no modelo com intercepto e $y_t^d = y_t - (\beta_0 + \beta_t)$ no modelo com intercepto e tendência. A regra de decisão é: $H_0: \gamma=0$ apresenta raiz unitária, série não estacionária; $H_1: \gamma<0$ não apresenta raiz unitária, série estacionaria.

3.3.2. Teste KPSS

O Teste KPSS tem por finalidade determinar a estacionariedade em uma série temporal, sendo que suas hipóteses são o inverso do teste ADF, isto é, a hipótese nula (H_0) assume a estacionariedade da série e a alternativa assume não estacionariedade da série. O teste pode ser descrito da seguinte forma:

$$y_t = r_t + \beta_1 + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$r_t = r_{t-1} + u_t \quad (6)$$

Onde: $u_t \sim \text{i.i.d.}(0, \sigma^2_u)$ e ε_t é um processo estacionário

Salienta-se que há duas possibilidades nesse teste, a primeira é que há estacionariedade em torno da constante e a segunda é que há em torno da tendência. A regra de decisão é: $H_0: \gamma < 0$ não apresenta raiz unitária, série é estacionária; $H_1: \gamma = 0$ apresenta raiz unitária, série não estacionária (KWIATKOWSKI; PHILLIPS; SCHMIDT; SHIN, 1992).

3.4. Modelo Econométrico

Para analisar a volatilidade dos retornos dos preços da Bitcoin, serão utilizadas três variações do modelo de heterocedasticidade condicional autorregressiva (ARCH), sendo eles: i) modelo de heterocedasticidade condicional autorregressivo generalizado -GARCH; ii) modelo de heterocedasticidade condicional autorregressivo generalizado exponencial -EGARCH e; iii) modelo de heterocedasticidade condicional autorregressivo generalizado com limiar -TGARCH.

Para Bueno (2011) o principal motivo para o surgimento desses modelos, refere-se ao fato de que os modelos econométricos consideravam apenas o primeiro momento condicional, desse modo, não era possível captar a presença de aglomerações de volatilidade na série, que estavam presentes nas dependências temporais de ordens superiores.

3.4.1 Modelo ARCH

Morettin (2011) elucida que os modelos ARCH foram inseridos por Engle (1982), para o ele o retorno de um ativo não é correlacionado serialmente, contudo a variância condicional (volatilidade) depende dos retornos passados por meio de uma função quadrática, assim o modelo ARCH de ordem q (onde q expressa a ordem do modelo) pode ser escrito da seguinte forma:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \quad (7)$$

Em que: σ_t^2 é a volatilidade no tempo t ; ω é a constante; α é o coeficiente de resposta da volatilidade; e o ε_{t-i}^2 é o termo do erro heteroscedástico defasado em i período.

Salienta-se que é necessário impor certas restrições ao modelo para assegurar a estacionaridade e a positividade da volatilidade. Segundo Bueno (2011) o $\sum_{i=1}^q \alpha_i < 1$ é condição necessária para que a série seja estacionária e $\omega > 0$ e $\alpha_i \geq 0, \forall i, i=1,2,\dots, q$ é uma condição suficiente para que a variância condicional sempre seja positiva.

3.4.2. Modelo GARCH

O modelo GARCH foi introduzido por Bollerslev (1986), trata-se de uma generalização do modelo ARCH de Engle (1982), entretanto apresenta um menor número de parâmetros, podendo ser descrito da seguinte maneira:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (8)$$

Onde: σ_t^2 é a volatilidade no tempo t ; ω é a constante; α_i é o coeficiente de resposta; ε_{t-i}^2 é o termo do erro heteroscedástico defasado de um período, e; β_j é o coeficiente de persistência da volatilidade, e; σ_{t-j}^2 é a volatilidade defasada de um período.

Ressalta-se que caso todos os β_j sejam iguais à zero, o modelo GARCH (p, q) é equivalente ao modelo ARCH (q). Ademais também é necessário impor restrições sobre os coeficientes dos modelos GARCH para que a variância seja positiva e fracamente estacionária, sendo elas:

$$\omega \text{ e } \alpha_1 \geq 0; \quad 0 \leq \beta_1 < 1; \quad \beta_1 + \alpha_1 < 1 \quad (9)$$

A soma dos coeficientes α_i e β_j mensuram a duração dos choques sobre a volatilidade. Se o somatório for um valor baixo, isso significa que um choque inicial sobre a volatilidade causará efeitos rápidos sob o comportamento das variáveis em estudo, no entanto, caso o valor seja alto, próximo de um, o choque sobre a volatilidade levará um maior tempo para se dissipar (MATTOS; CASSUCE; MULLER, 2006).

Apesar do modelo ARCH e GARCH assimilarem corretamente as diversas características observadas nas séries de finanças, Morettin (2011) elucida que há desvantagens na utilização desses modelos, pois tratam os retornos positivos e negativos de forma similar, de modo que se entende que a volatilidade reage de maneira simétrica a esses retornos, uma vez que os quadrados dos retornos entram na fórmula da volatilidade. Contudo, não é o que se observa na prática, pois choques no retorno de ativos em geral são assimétricos, uma vez que os negativos são seguidos por maiores aumentos na volatilidade do que os positivos (MORETTIN; TOLOI, 2006; BUENO, 2011).

Assim, foram propostos os modelos EGARCH e TARCH que possuem a capacidade de captar a assimetria dos choques. Além disso, esta assimetria permite que a volatilidade responda mais rapidamente a retornos negativos do que a positivos, fato este conhecido como “efeito alavancagem”.

3.4.3. Modelo TGARCH

O modelo TGARCH foi proposto por Zakoian em 1994 com intuito de captar as diferenças dos efeitos de choques positivos e negativos sobre a volatilidade no mercado financeiro, além de verificar o efeito alavancagem. Este modelo pode ser representado da seguinte maneira:

$$\sigma_t^\alpha = \omega + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^\alpha + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^\alpha + \sum_{k=1}^r \gamma_k d_{(\varepsilon_{t-k} \leq 0) | \varepsilon_{t-k} |^\alpha} \quad (10)$$

Onde $d_{(\cdot)}$ é a variável *dummy* que assume valor igual a 1 (notícias ruins) se o erro satisfaz a condição imposta entre parênteses, e 0 (notícias boas), caso contrário, e; o γ é o efeito assimetria.

Desse modo, o efeito de choques positivos, $(\varepsilon_{t-k} > 0)$, sobre a volatilidade é dado por α_i , e de choques negativos, $(\varepsilon_{t-k} < 0)$ é dado por $\alpha_i + \gamma_k$, ou seja, se o coeficiente γ for significativo e diferente de zero, a volatilidade é assimétrica. Enquanto se ocorrer se $\gamma_k = 0$, não há assimetria. Assim, neste modelo, observa-se que a volatilidade tende a reagir mais rapidamente com choques negativos do que a positivos (MORETTIN; TOLOI, 2006; BUENO, 2011).

3.4.4. Modelo EGARCH

O modelo EGARCH foi proposto por Nelson (1991) e também buscou assimilar os impactos assimétricos do mercado, no entanto, diferentemente dos modelos anteriores, passou a considerar efeitos exponenciais dos choques na variância e não quadrático. Ademais, os parâmetros do modelo podem apresentar sinais negativos, visto que a forma logarítmica impede que a variância seja negativa. O modelo EGARCH (p, q) é dado por:

$$\ln \sigma_t^2 = \omega + \sum_{j=1}^p \beta_j \ln \sigma_{t-j}^2 + \sum_{i=1}^q \alpha_i [|u_{t-i}| - E(|u_{t-i}|)] + \sum_{k=1}^r \gamma_k u_{t-k} \quad (11)$$

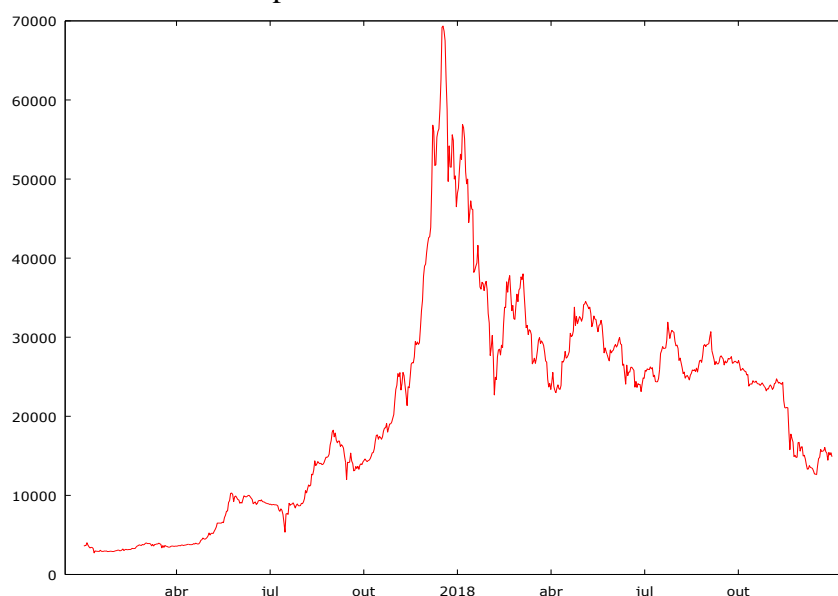
O coeficiente γ corresponde a assimetria do modelo. Se $\gamma_k = 0$, para todo k , não há efeito assimétrico, isto é, choques positivos e negativos têm os mesmos impactos sobre a volatilidade. Contudo, caso $\gamma_k \neq 0$, os impactos apresentam assimetria. Além disso, se $\gamma_k < 0$, há presença de efeito alavancagem, ou seja, retornos negativos tem maior impacto sobre a volatilidade do que positivos (MATTOS; CASSUCE; MULLER, 2006; SILVA, 2008; MORETTIN, 2011; BUENO, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

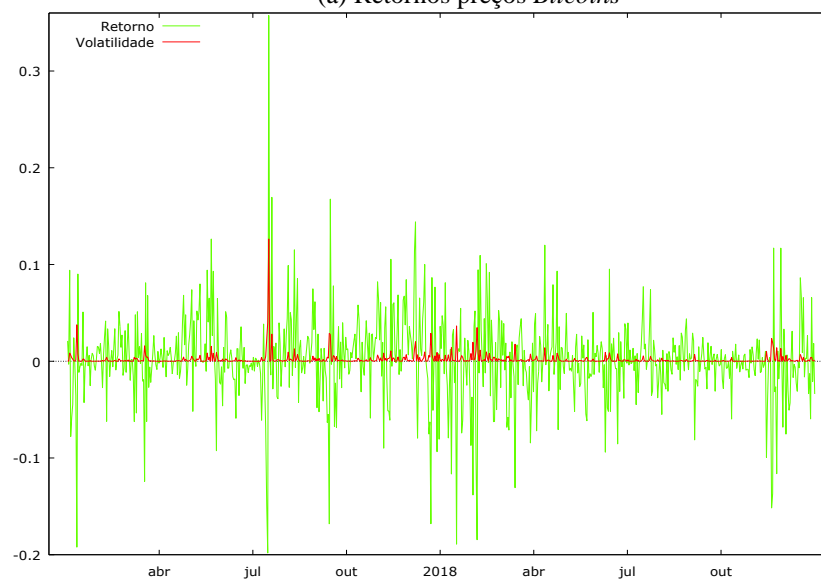
A Figura 1 apresenta o comportamento das séries de preços e retornos dos preços das *Bitcoins* para o período em análise.

Conforme se pode observar, a série de preços sugerem períodos de alta volatilidade do preço da *Bitcoin*, evidenciando a existência de *clusters* de volatilidade em períodos específicos. Verifica-se que o ano de 2017 é caracterizado pela elevação dos preços dessa criptomoeda, sendo que seu maior valor foi alcançado no final de 2017, chegando a aproximadamente 70.000 (mil reais). Enquanto, o ano de 2018, apresentou sucessivas quedas nos preços, perdendo cerca de 82% de seu valor (12.602,50), em relação a 2017. Além disso, ao se analisar o gráfico das séries de retornos, observa-se que estas possivelmente são estacionárias.

Figura 1 – Séries de preços, retornos e volatilidade diários das Bitcoins no período de 2017 a 2018.



(a) Retornos preços *Bitcoins*



(b) Volatilidade preços *Bitcoins*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa.

Ademais, conforme pode ser observado na Tabela 1, com base nas estatísticas descritivas, é possível verificar que, em média, os retornos de 2017 são muito maiores do que os retornos de 2018, que foram negativos, indicando que os investidores do ano de 2017 obtiveram retornos satisfatórios, enquanto que os investidores de 2018 obtiveram prejuízos com as *Bitcoins*.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos retornos dos preços das *Bitcoins* 2017 e 2018

Estatísticas	Retornos Preços Bitcoin	Retornos 2017	Retornos 2018
Média	0,0020	0,0071	-0,0033
Mediana	0,0021	0,0040	-0,0009
Mínimo	-0,1982	-0,1982	-0,1890
Máximo	0,3574	0,3574	0,1200
Desvio-Padrão	0,0400	0,0500	0,04
Curtose	8,0800	9,6300	3,58
Assimetria	0,1800	0,6	-0,7

(b) Volatilidade preços *Bitcoins*

Fonte: Resultados da pesquisa.

Destaca-se ainda a medida de curtose da série de retornos que apresentou um valor elevado ($8,08 > 3$), indicando que a série possui excesso de curtose e uma distribuição leptocúrtica, isto é, distribuição com caudas pesadas, sendo mais alta e concentrada do que a distribuição normal. Para Morettin (2011) isso era de se esperar, uma vez que, distribuição com caudas mais pesadas é uma característica dos retornos financeiros. Assim, as séries dos retornos dão indícios da presença de heterocedasticidade condicional.

Logo, considerando que a série de retornos dos preços das *Bitcoins* sugere ser estacionária, para que seja verificado de uma maneira mais rigorosa foram realizados os testes de raiz unitária, o de Dickey Fuller-GLS e o de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) que podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados Testes de Raiz Unitária

Teste de Raiz Unitária		DF - GLS	KPSS
Com constante	2017-2018	-6,4205*	0,5632
	2017	-2,1780*	0,2097
	2018	-1,5887*	0,6799
Com tendência	2017-2018	-	0,0820
	2017	-	0,0569
	2018	-	0,0683
Com constante e tendência	2017-2018	-8,7413*	-
	2017	-2,7313*	-
	2018	-3,1540*	-

*Significativo a 1%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Com base nos resultados dos testes, pode-se verificar que o teste Dickey Fuller-GLS indica que a série de retornos dos preços das *Bitcoins* não possui raiz unitária, ao nível de 1% de significância. O teste KPSS também indica que a série não possui raiz unitária, corroborando com os resultados do teste anterior. Sendo assim, a série de retorno pode ser considerada integrada de ordem zero ou estacionária.

Após evidenciar a estacionariedade da série, verificou-se a existência de volatilidade nos retornos, por meio do teste de efeito ARCH, do tipo multiplicador de Lagrange (Teste LM), a Tabela 3 apresenta o resultado do teste.

Tabela 3 – Resultados do teste ARCH – LM

Teste de Efeito ARCH	2017-2018	2017	2018
ARCH – LM	60,642*	36,685*	26,785*
P-Valor	$1,7 \times 10^{-8}$	$5,3 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-4}$

*Significativo a 1%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os resultados do teste ARCH-LM mostram que para a série de retornos completa, isto é, no período de 2017-2018 tem efeito ARCH, ao nível de 5% de significância, assim como, para a série de 2017 e 2018. Sendo assim, dado que as séries não possuem raiz unitária e apresentam efeito ARCH, podem-se estimar os modelos propostos, GARCH, EGARCH e TGARCH. Os modelos foram estimados até ordem (2,1) e para a escolha do mais adequado foram utilizados os critérios de informação de Akaike-AIC, Schwarz e Hannan-Quinn, além de considerar o princípio da parcimônia, ou seja, o princípio de que modelos com menos parâmetros são preferíveis a modelos com mais parâmetros. A Tabela 4 mostra as estatísticas dos critérios de informação para os três períodos da análise.

Tabela 4 - Estatística dos critérios Akaike-AIC, Bayesiano-BIC, Hannan-Quinn para escolha do modelo mais adequado

Modelos	Critérios	2017-2018	2017	2018
GARCH (1,1)	Akaike (AIC)	-2629,33	-1297,47	-1362,94
GARCH (1,2)	Akaike (AIC)	-2624,85	-1290,16	-1360,52
GARCH (2,1)	Akaike (AIC)	-2632,46*	-1299,06*	-1363,37*
GARCH (1,1)	Schwarz	-2606,37*	-1277,99*	-1343,44*
GARCH (1,2)	Schwarz	-2597,27	-1266,78	-1337,12
GARCH (2,1)	Schwarz	-2604,91	-1275,68	-1339,97
GARCH (1,1)	Hannan-Quinn	-2620,47	-1289,73	-1355,19*
GARCH (1,2)	Hannan-Quinn	-2614,19	-1280,87	-1351,22
GARCH (2,1)	Hannan-Quinn	-2621,83*	-1289,77*	-1354,07

*Menor valor

Fonte: Resultados da pesquisa.

Conforme se pode observar, o modelo GARCH (2,1) da série completa e da série de 2017 dos retornos dos preços das *Bitcoins* foi o que apresentou o menor critério em dois dos três analisados, entretanto, considerando o critério de Schwarz e a vantagem de modelos com menos parâmetros, optou-se pelo modelo GARCH (1,1) para a modelagem dos dois períodos. Quanto ao ano de 2018, o modelo GARCH (1,1) foi o que apresentou os menores critérios em dois dos três analisados, assim, foi o escolhido para a modelagem.

Os resultados dos modelos estimados GARCH, EGARCH e TGARCH para o período de 2017-2018 podem ser observados na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Resultados das estimativas do modelo 2017-2018

Modelos	Ω	α	β	γ
GARCH(1,1)	$1,2 \times 10^{-4}***$	0,229***	0,737**	-
TGARCH(1,1)	$1,7 \times 10^{-4}**$	0,226***	0,752**	0,166
EGARCH(1,1)	-0,935***	0,408***	0,899***	-0,054

*Significativo a 10%, **Significativo a 5%, ***Significativo a 1%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Conforme os resultados das estimativas dos parâmetros do modelo GARCH, estimados considerando os erros padrão robustos, foram todas significativas, sendo que o β foi a 5% de significância e o α e ω foram a 1%. Optou-se por esses valores de parâmetros estimados pelos erros-padrão robustos, com intuito de atenuar possíveis violações nos pressupostos dos resíduos dos modelos. Ademais, a soma dos parâmetros α e β , que medem a persistência dos choques na volatilidade, mostra que os efeitos de choques positivos ou negativos sobre a volatilidade irão se dissipar de forma mais lenta, uma vez que a soma desses parâmetros foi de 0,96, o que revela uma persistência elevada desses choques sobre a volatilidade dos retornos dos preços dessa criptomoeda.

Em virtude de o modelo GARCH considerar os retornos de maneira simétrica, foram ajustados os modelos EGARCH e TGARCH para verificar se a série de retornos dos preços das *Bitcoins* para os períodos em estudo apresentam assimetrias, isto é, se choques positivos e negativos possuem impactos distintos na volatilidade dos retornos.

Como visto na Tabela 5, para o modelo EGARCH (1,1) todos os parâmetros foram significativos a 1% de significância, com exceção do γ (coeficiente de assimetria) que não apresentou significância, isso assinala que choques positivos e negativos têm o mesmo impacto sobre a volatilidade.

No modelo TGARCH (1,1), verifica-se também a inexistência do efeito de assimetria na volatilidade dos retornos dos preços da *Bitcoin*, uma vez que todos os coeficientes foram estatisticamente significantes (5% nível de significância), exceto o parâmetro que capta o efeito de choques assimétricos.

Dessa forma, como os parâmetros que medem a assimetria dos choques não foram significativos nos modelos TGARCH e EGARCH o modelo GARCH se mostra preferível para representar a volatilidade dos retornos dos preços da *Bitcoin* no período de 2017-2018.

Assim, a Tabela 6 apresenta os resultados dos modelos estimados para o período de 2017 e 2018, de forma separada, para verificar as possíveis diferenças na volatilidade dos retornos da *Bitcoin* nesses períodos.

Tabela 6 – Resultado das estimativas dos modelos de 2017 e 2018

Modelos	2017				2018			
	ω	α	β	γ	ω	α	β	Γ
GARCH(1,1)	$2,7 \times 10^{-4}$	0,547**	0,452*	-	$3,8 \times 10^{-5}$	0,091**	0,888***	-
TGARCH(1,1)	$2,9 \times 10^{-4}$ *	0,428***	0,56***	0,06	$2,9 \times 10^{-4}$ *	0,428***	0,56***	0,06
EGARCH(1,1)	-1,45***	0,659***	0,848***	-0,035	-0,437	0,176*	0,952***	-0,077*

*Significativo a 10%, **Significativo a 5%, ***Significativo a 1%.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Com base nos resultados dos modelos estimados para os retornos dos preços da *Bitcoin* de 2017, pode-se observar que no modelo GARCH, com exceção do intercepto, todos os parâmetros foram estatisticamente significativos, o α a 5% de significância e o β a 10%. A soma dos parâmetros α e β desse modelo foi de 0,99, o que indica uma alta persistência dos choques sobre a volatilidade dos retornos dos preços no ano.

No modelo EGARCH (1,1), assim como no modelo EGARCH do período de 2017-2018 o γ não foi significativo e os demais parâmetros foram significativos a 1% significância. Desse modo, para esse modelo, choques positivos e negativos geram os mesmos efeitos sobre a volatilidade dos retornos para este ano. No modelo TGARCH também se observa a inexistência do efeito de assimetria na volatilidade dos retornos dos preços, uma vez que todos os coeficientes foram estatisticamente significantes (10% e 1% nível de significância), exceto o parâmetro que capta o efeito de choques assimétricos.

Dessa forma, assim como para o modelo da série completa, os parâmetros que medem a assimetria dos choques dos modelos do ano de 2017 não foram significativos. Portanto, o modelo GARCH se mostra preferível para representar a volatilidade dos retornos dos preços da *Bitcoin* nesse período.

“””””Em relação aos modelos estimados para o ano de 2018, no modelo GARCH os parâmetros α e β foram significativos a 1% e 5%, respectivamente, sendo que a soma deles foi de aproximadamente 0,98, o que indica uma alta persistência dos choques sobre a volatilidade dos retornos nesse ano. Quanto ao TGARCH, observa-se que da mesma forma que nos modelos estimados para 2017, o coeficiente de assimetria do modelo não foi significativo.

O modelo EGARCH, com exceção do intercepto teve todos seus parâmetros significativos, incluindo o γ (significativo a 10%), ademais este apresentou o sinal esperado, (-0,077). Ressalta-se que foi inviável interpretar os coeficientes α e β , pois sua soma ultrapassou o valor 1, indo contra a suposição do modelo. O coeficiente γ mostra que este mercado apresenta assimetria de choques, sendo que os negativos afetam com uma intensidade muito mais elevada os retornos do que os positivos, cerca de 7,7%. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que ano de 2017 os preços da *Bitcoin* se elevaram extremamente rápido, gerando retornos financeiros exacerbados para seus investidores. No entanto, muitos analistas apontaram que esse crescimento não tinha explicações racionais, de maneira que não passou de uma bolha especulativa, o que se confirmou com a agressiva correção de preços de 2018.

Cabe destacar que ao comparar o modelo GARCH de 2017 e 2018, observa-se uma discrepância elevada em seus parâmetros α e β . Em 2017 o α apresentou um valor de 0,547, enquanto que em 2018 foi de 0,091, como esse parâmetro mede a reação da volatilidade, isso indica que nesse ano a volatilidade responde mais aos choques, ou seja, dado que em 2017 estava ocorrendo grandes aumentos de preços a volatilidade respondia mais a esses aumentos, enquanto que em 2018 o β apresentou um valor muito mais alto, cerca de 0,888 em comparação a 2017 que foi de 0,452, visto que esse coeficiente mensura a persistência dos choques, pode-se inferir que no ano de 2018 a persistência dos choques sobre a volatilidade foi muito mais acentuada devido as bruscas quedas nos preços.

Dessa forma, no ano de 2018, os preços dessa criptomoeda se reduziram drasticamente, aliado a fatores negativos para o mercado desse ativo, como as divergências dentro da comunidade de desenvolvedores dessa moeda e a crescente pressão dos organismos reguladores. Logo, as incertezas em relação à capacidade da *Bitcoin* se tornar um meio de pagamento habitual geram efeitos negativos nos retornos podendo provocar também desestímulos quanto à criação de novas moedas.

Sendo assim, de acordo com Smaniotto e Balbinoto Neto (2018) o mercado brasileiro da *Bitcoin* possui um alto grau de especulação, uma vez que os investidores são levados a comprar e vender ativos, guiados pelas tendências do mercado, formando o movimento

especulativo de negociação, elevando os preços mais do que o necessário. Assim como afirma Tress (2017) dizendo que existe bolha especulativa no preço do Bitcoin e por mais um tempo ainda vai ser usada como investimento até que ocorra a regulação do governo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar a volatilidade da série dos retornos do Bitcoin e seus efeitos assimétricos nos períodos 2017 a 2018, somente em 2017 e somente o no ano 2018 cotados no Brasil. Nessa perspectiva, foi apresentado a evolução que a moeda sofreu desde as trocas primitivas até ao ponto em que a moeda passa ser inconversível e se torna dígitos eletrônicos criados pelo Banco Central. Com a internet, as transferências de dinheiro se tornaram tão simples e imediata quanto o envio de uma foto por WhatsApp, e essa facilidade trouxe uma grave ofensiva tecnológica contra os bancos tradicionais e à "soberania monetária". O Bitcoin pode ser considerado como uma oposição ao exercício do monopólio estatal sobre o dinheiro, a história milenar da moeda estatal é um relato deprimente de inflação, desvalorização, e perda contínua do poder de compra, sempre em benefício do governo e do banco central.

O Bitcoin passou de apenas informações sensacionalistas e associação a atividades ilícitas na internet para um reconhecimento de ser sim uma tecnologia que tem utilidade e diferenciais que precisam de um olhar com mais atenção. O fato de ainda ser pouco usada em transações comerciais e ainda não ser usada como unidade de conta, faz com que ela ainda não possa ser considerada moeda, todavia, já pode ser considerada como um ativo financeiro e em 2017 houve uma grande alta no seu preço com uma correção em 2018.

Dessa maneira, pode-se perceber que o Bitcoin como ativo financeiro pode ser uma fonte de ganhos, mas como moeda ainda poderá levar um tempo para se consolidar. Mas, assim como foi a internet comercial em 1995, onde ninguém imaginaria que seria hoje a coluna da economia e das relações mundial, poderá ou não ser o Bitcoin no futuro a maior evolução da moeda.

Diante do exposto sobre o real uso do Bitcoin como um ativo, sugere-se que novos trabalhos sejam realizados incorporando um período posterior ao estudado nesse trabalho e outros modelos, a fim de se verificar a situação da volatilidade, assimetria e possível previsão de situação para investimento. Outra sugestão é um estudo sobre a tecnologia do blockchain, que é a base por trás do Bitcoin e possui inúmeras aplicações que já se iniciaram e podem também ser uma evolução no mercado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Pedro Bueno de. **O futuro da competição monetária: O comportamento da moeda bitcoin e o seu impacto sobre políticas de bancos centrais**. 2016. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Econômicas, Centro Socioeconômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics* 31: 307-327.
- BUENO, R. L. S. **Econometria de séries temporais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 320p.
- BTC/BRL - Bitcoin Real Brasileiro. **Investing.com**, 2019. Disponível em: <https://br.investing.com/crypto/bitcoin/btc-brl-historical-data>. Acesso em: 10 fev. 2019.
- Elliott, G., Rothenberg, T. J. & Stock, J. H. (1996). Efficient tests for an autoregressive unit root. *Econometrica* 64: 813-836.
- ENDERS, W. **Applied econometric time series**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1995, 433p.
- ENGLE, R.F. Autorregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, v.50,n.4, p.987-1007,1982.
- JACOB, Katy; MANTEL, Brian J.; WELLS, Kirstin E.. Developing a roadmap to improve the U.S. payment system. Chicago Fed Letter. p. 4. fev. 2013.
- KEISERMAN, B. **Bolhas especulativas no mercado de ações: Uma abordagem das finanças comportamentais**. Porto Alegre. UFRGS, 2009.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P. & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of unit root, *Journal of Econometrics*, 54:159-178.
- LAGO, L.A.C. **A moeda metálica em perspectiva histórica**. Rio de Janeiro: PUC 2004
- LOPES E ROSSETTI. **Economia monetária**. São Paulo. Editora: Atlas, 2013
- MATTOS, L. B.; CASSUCE, F. C. C.; MÜLLER, C. A. S. Análise da volatilidade do retorno mensal de boi gordo: 1967-2005. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 8, n. 1, p.1-8, jun. 2006. Disponível em: <http://www.ruc.unimontes.br/index.php/unicientifica/article/view/292>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- MARTIN, D.M.L. et al. Identificando bolhas especulativas racionais no IBOVESPA (Pós plano Real), a partir de regimes Markovianos de conversão. **Economia, Selecta, Brasília (DF)**, v.5, n.3, p.219-252, dez. 2004.
- MARTINS, M.M.**Entendendo Moedas Virtuais à luz das teorias monetárias: O caso do bitcoin**. Brasília: UB, 2016.
- MORETTIN, P. A; TOLÓI, C. M. C. **Análise de séries temporais** (2ed.). São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- MORETTIN, Pedro A. **Econometria Financeira: Um curso em séries temporais financeiras**. São Paulo: Bucher, 2011.
- NELSON, D.B. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica*, v.59, p.347-370,1991.
- Oliveira, Leonardo Rodrigues de. **Uma análise jurídica da (des)necessidade da regulamentação das moedas digitais**. Trabalho de conclusão de Curso – Curso de Direito - Centro de Ciências Jurídicas da Universidade Federal de Santa Catarina, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/188016/TCC%20-%20Moedas%20Digitais-%20Vers%C3%A3o%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 15 mar. 2018
- SILVA, C. A. G. Análise da volatilidade do boi gordo no Estado de São Paulo: uma aplicação dos modelos GARCH. In: **XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia**,



Administração e Sociologia Rural – SOBER, 2008, Rio Branco, Acre. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/828.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2019.

SMANIOTTO, E.N; GIACOMO, B. N. Volatility Estimation for Bitcoin on Brazilian Market: Speculative Trading Approach and GARCH Models Comparison. In: **46º Encontro Nacional de Economia** - ANPEC, 2018, Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2018/submissao/files_I/i8567cc0dc7ba75806909f99888058cfc9.pdf. Acesso em: 18 mai. 2019.

TRESS, E.H.H. **Uma revisão da literatura sobre o comportamento dos preços do Bitcoin: Trata-se de uma bolha especulativa?** Rio de Janeiro. UFRJ, 2017.

TSAY, R. S. **Analysis of financial time series**. New York: J. Wiley. 2002. 451p.

ULRICH, Fernando. **Bitcoin: a moeda na era digital**. São Paulo. Editora: Instituto Ludwig Von Mises Brasil, 2014.

ZAKOIAN, J.M. Threshold Heteroskedasticity Models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v.18, p.931- 955.1994.