

Bitcoins, Mercado Fraco

Octávio Valente Campos, Mestre em Controladoria e Contabilidade - UFMG

Professor do Departamento de Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Minas Gerais
– UFMG
octaviovc@yahoo.com.br

Rafael Morais de Souza, Doutor em Engenharia Elétrica - PUC-Rio

Professor do Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade pela
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
rafael.morais.souza@gmail.com

Joice Garcia de Oliveira

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade pela
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
joicegarciacco@gmail.com

Resumo:

O objetivo deste trabalho é verificar o comportamento da série de retornos do Bitcoin na ótica da hipótese fraca de eficiência de mercado, conforme Fama (1970). Tanto Urquhart (2016) quanto Nadarajah e Chu (2017) fizeram suas análises até o final no ano de 2016. No entanto, observa-se que durante o ano de 2017 o valor do Bitcoin teve um crescimento exponencial, com relevantes oscilações intermediárias. Por isso, foram realizados novos testes tanto para a série completa, como também para uma subamostra composta exclusivamente por dados do ano de 2017 (retornos diários e mensais). Por meio dos testes de raiz unitária de Dickey-Fuller aumentado (ADF) e Phillips-Perron (PP), foi identificado, na série completa, que tanto os retornos diários quanto os mensais apresentam um comportamento estacionário, do qual se conclui que o mercado de Bitcoins não apresenta eficiência fraca, confirmando os achados de Urquhart (2016). Por outro lado, ao verificar apenas a série no ano de 2017 – dado seu comportamento distinto de expressiva valorização – foi observado por meio dos retornos mensais que o mercado de Bitcoins se comporta como um passeio aleatório, sendo classificado neste caso como um mercado eficiente, o que vai ao encontro dos resultados de Nadarajah e Chu (2017). Assim, pode-se concluir que os retornos diários deste mercado possuem um comportamento estacionário e, portanto, possível de previsão. Já os retornos com maiores prazos de realização, após 2016, indicam a presença de comportamentos aleatórios, se enquadrando como um mercado eficiente, na forma fraca, conforme Fama (1970).

Palavras-Chave: Bitcoin; Hipótese de eficiência de mercado; Passeio Aleatório.

1. Introdução

A teoria evolucionária da moeda de Menger (1892) versa sobre o surgimento das moedas como o principal fator do salto de desenvolvimento econômico da situação de escambo para a origem do mercado, decorrendo factualmente e concomitantemente, nas especializações profissionais. Sua origem se deu pelo livre mercado com as moedas mercadorias (sal, trigo, gado, e *tutti quanti*), evoluindo para as moedas metálicas (ouro, prata e cobre), motivado pela escassez e maior facilidade de transporte.

Posteriormente, por meio dos depósitos em custódia das moedas metálicas surgiu o papel moeda. Devido à facilidade de multiplicação explicada pela experiência da reconversão da moeda-papel em metais preciosos não ser solicitada por todos os detentores ao mesmo tempo, decorreu o surgimento do papel moeda fiduciário com lastro parcial, para depois, por intervenção governamental, perder qualquer lastro que lhe proporcione valor, permanecendo apenas a crença de valor já existente na sociedade, sendo este o tipo de moeda utilizada nas economias mundiais atualmente. (SOTO, 2009)

Dada a era tecnológica e motivado pela crise mundial de 2008, Nakamoto (2008) desenvolveu a mais relevante moeda digital da história, o Bitcoin. Para Ulrich (2014) o Bitcoin é a maior inovação tecnológica desde a internet, com o potencial de mudar o mundo de uma forma jamais vista, justificado pelo avanço da liberdade individual. Assim, essa moeda digital tem a futura possibilidade de ser a base para o mais importante valor do sistema econômico: o preço do dinheiro.

Além da facilidade de pagamento e transações internacionais, em termos tecnológicos, a inovação do Bitcoin se deve à rede *peer-to-peer* e ao *blockchain*, complementados pela alta segurança criptográfica e auditoria constante dos próprios usuários do sistema. O *peer-to-peer* é uma rede distribuída de banco de dados na qual não há um regulador ou servidor centralizado. Todos os usuários do sistema contribuem para a capacidade de armazenamento de dados por meio da capacidade de seu próprio computador, no qual o usuário é simultaneamente um cliente e servidor, gerando assim, esta força computacional distribuída. Por sua vez, o *blockchain* se comporta como uma espécie de livro razão compartilhado que contém o histórico de todas as transações realizadas, sendo, portanto, um grande banco de dados público com fácil acesso de verificação por qualquer usuário (BRITO; CASTILLO, 2013).

Outra característica importante que é garantida pela matemática e criptografia do Bitcoin é a sua escassez. Conforme Nakamoto (2008) a quantidade máxima emitida (minerados, na linguagem do sistema) da moeda é de 21 milhões, a ser totalmente ofertadas, por estimativas, em 2140. Atualmente existem um pouco mais 14,6 milhões de Bitcoins. A mineração ocorre de forma paulatina a uma taxa decrescente até alcançar este limite máximo.

O fato de ser uma moeda privada é visto nos dias atuais de forma peculiar. No entanto, Hayek (1976) já defendia o uso de moedas privadas emitidas por bancos concorrentes, visando maior qualidade às moedas em circulação. E em uma análise histórica das moedas, verifica-se também que o total monopólio da emissão de moeda pelos Estados ocorreu na maior parte dos casos no início do século XX. Durante a idade média, a monarquia detinha o poder apenas de certificar a qualidade do ouro transacionado, não o poder exclusivo de oferta da moeda metálica. Isto posto, ser estatizada não é característica necessária para a existência de uma moeda de uso comum.

Como o Bitcoin é uma tecnologia recente, ainda não é considerada pelo mercado como uma moeda de uso comum e muito menos como denominador comum de valores, se assemelhando mais a uma *commodity* digital com exponencial crescimento. Esse crescimento faz com que esse mercado receba atenção pelo o comportamento atípico que possui.

Na busca de entender este mercado, Urquhart (2016) avaliou a hipótese de mercado eficiente – pela forma fraca, conforme Fama (1970) – do mercado de Bitcoins por meio de testes estatísticos para observar se os retornos da moeda se comportam como um passeio aleatório, utilizando dados de fechamento diário entre agosto de 2010 e julho de 2016. Os resultados revelaram que os retornos não apresentavam comportamento de passeio aleatório em relação à amostra total, mas quando examinados em dois períodos de subamostras, alguns testes indicaram que o Bitcoin apresenta eficiência fraca no último período. Por isso, o autor concluiu

que o Bitcoin é um mercado ineficiente, mas pode estar no processo de avançar para um mercado eficiente.

Contrapondo o trabalho de Urquhart (2016), Nadarajah e Chu (2017) defendem que os retornos dos Bitcoins satisfazem a hipótese fraca de mercados eficientes. Para isso, propuseram como mudança metodológica o cálculo do retorno de R_t para R_t^m , onde m é igual a 17. Observa-se, portanto, que as pesquisas sobre o tema têm divergido sobre os resultados e, em ambos os trabalhos, os dados são coletados até 2016 e apenas em cotações diárias. No entanto, o valor de cada unidade de Bitcoin passou de US\$1.000, em janeiro de 2017, para US\$19.000 em dezembro do mesmo ano, em um crescimento exponencial, motivando novos estudos. Isso posto, tem-se o seguinte problema de pesquisa: **os retornos do mercado de Bitcoin são semelhantes a um *random walk*?** Desta forma, o objetivo desta pesquisa é verificar o comportamento da série de retornos do Bitcoin na ótica da hipótese fraca de eficiência de mercado, conforme Fama (1970).

Uma das principais justificativas para o interesse crescente do mercado pelo uso do Bitcoin se deve à facilidade de pagamento ou transações. É possível enviar e receber qualquer quantia de dinheiro instantaneamente em qualquer lugar do mundo a qualquer momento, pois não há limites impostos, sem fronteiras ou feriados. A criptomoeda (termo concedido às moedas digitais criptografadas) permite que seus usuários estejam em pleno controle de seu dinheiro, usando quando e como quiserem (BRITO; CASTILLO, 2013).

O Bitcoin oferece menos riscos para os vendedores já que as transações são seguras e irreversíveis, os protegendo assim, de perdas causadas por estornos fraudulentos. Isso também facilita a expansão para novos mercados, onde as taxas de seguro contra fraudes são inaceitavelmente elevadas e os cartões de crédito não estão disponíveis. E a vantagem para os compradores se dá pela impossibilidade de os comerciantes forçarem cobranças indesejadas ou não notificadas. E, como não há terceiros intermediários, as transações são substancialmente mais baratas e rápidas do que as feitas por redes de pagamentos tradicionais. (ULRICH, 2014)

Outra vantagem apreciada pelo mercado se refere à neutralidade e à transparência do sistema. Toda informação em relação à própria moeda está facilmente disponível no *blockchain* a qualquer usuário em tempo real. Nenhum indivíduo ou organização pode controlar ou manipular o protocolo, dado sua robusta criptografia, projetada para evitar uma grande variedade de crimes financeiros, tornando impossível falsificar um Bitcoin. (BRITO; CASTILLO, 2013).

A invenção do Bitcoin pode ser vista como uma continuação da própria internet, pois os protocolos de comunicação da *web* permitiram a criação do protocolo do Bitcoin. A comunicação em redes chegou a um nível avançado de evolução, saindo de redes centralizadas para descentralizadas e distribuídas. A tecnologia do Bitcoin alcançou o *status* de maior projeto de computação distribuída do planeta, com força computacional que supera em mais de 200 vezes a capacidade dos 500 supercomputadores mundiais somados. (ULRICH, 2014)

Atualmente, segundo os dados do sitio do *bitcoin charts*, dado a cotação média e o total de moedas mineradas, a rede totaliza 4,78 bilhões de dólares ou 18,16 bilhões de reais. O volume total diário de transações ultrapassa os 14 bilhões de dólares, o que representa aproximadamente 420 bilhões de dólares transacionados anualmente via a rede *peer-to-peer*.

Estes valores possuem uma tendência expressiva de crescimento, chamando a atenção da Bolsa de Valores de Nova York (NYSE), que lançou em maio de 2015 um índice (NYXBT) para converter Bitcoin em dólar. E o *CME Group*, importante mercado de derivativos mundial lançou contratos futuros desta criptomoeda ao final do ano de 2017, fortalecendo ainda mais o Bitcoin. Destarte, para uma invenção que mal possuía valor em 2010 – quando da primeira transação – estes valores demonstram como o mercado tem entendido e usado esta moeda. Isto

posto, evidencia-se a importância de pesquisas sobre as hipóteses de eficiência deste mercado promissor e disruptivo.

2. Referencial Teórico

2.1. Hipóteses de Eficiência de Mercado

Fama (1970) apresenta que a Hipótese de Eficiência de Mercado tem como princípio o fato de que em mercados eficientes o preço de um ativo reflete consistentemente todas as informações relevantes disponíveis, não havendo a possibilidade de se obter lucros anormais em qualquer uma das formas de mercados eficientes. Adentrando nas formas de EMH, Watts e Zimmerman (1986) argumentam que estas formas de eficiência são segregadas de acordo com o conjunto de informações usadas para testar a eficiência do mercado.

Na forma fraca assume-se que os preços das ações refletem apenas as informações que estão contidas no histórico passado de preços. Estes dados são prontamente avaliados pelas pessoas interessadas, portanto, não se espera uma sistemática de taxas anormais de retorno nesta hipótese (FAMA, 1970).

Haugen (2001), afirma que, se confirmada a forma fraca de eficiência de mercado, pode-se dizer que a análise técnica ou gráfica se torna inútil, pois toda informação constante no gráfico já foi analisada por vários técnicos em todo o mercado e retornos expressivos com esse tipo de análise não seriam possíveis. Logo, o preço do ativo financeiro já se consolidou em um nível que reflete toda a informação relevante introduzida nos valores históricos desses preços. Assim, por exemplo, a série temporal dos retornos dos Bitcoins se comportariam como um passeio aleatório.

Segundo Fama (1970), na forma semi-forte os preços dos ativos refletem todas as informações públicas e relevantes. Estes dados são prontamente avaliados pelas pessoas interessadas, portanto, não se espera uma sistemática de taxas anormais de retornos ao observar esta hipótese (FAMA, 1970). Neste sentido, Haugen (2001) menciona que toda a informação pública disponível está refletida nos preços dos ativos, incluindo as informações sobre as séries de preços dos ativos, das demonstrações financeiras e informações sobre a economia em geral ou qualquer outra informação pública que seja relevante para a avaliação.

E, na forma forte assume-se que os preços dos ativos refletem todas as informações disponíveis e não disponíveis publicamente no mercado. Isto é, toda a informação relevante está refletida no preço das ações, inclusive informações privadas, confidenciais ou internas à empresa, assim como informações públicas (FAMA, 1970).

Para Haugen (2001), aqueles que adquirem a informação agem baseados nela, logo suas ações terão reflexos nos preços e estes instantaneamente se ajustarão para refletir as informações privadas. Confirmada essa forma forte de eficiência de mercado, um investidor profissional não teria vantagem no mercado, pois nenhuma forma de procurar ou processar informações privadas produzirá consistentemente retornos anormais. Ou seja, se um mercado apresentar eficiência na forma forte, nem mesmo uma informação privilegiada concederá ao seu detentor a possibilidade de lucros anormais, pois ao estar em posse desta informação e usá-la no mercado, os demais participantes indiretamente intuirão sobre esta mesma informação, agindo na mesma direção do primeiro, o impossibilitando de obter os ganhos anormais por muito tempo.

No escopo desta presente pesquisa, apenas a forma fraca de eficiência foi analisada. Destarte, se a séries de retornos do Bitcoins se comportarem como um passeio aleatório, pode-se concluir sobre a presença da hipótese fraca de eficiência do mercado de Bitcoins, conforme a teoria de Fama (1970).

3. Metodologia

O mercado de Bitcoins é formado por muitas *exchanges* (sites nos quais os usuários compram e vendem Bitcoins), com várias cotações a depender do país ou formas de cadastro para operar. Para sanar estas diferenças, os dados foram coletados no sítio do BitcoinAverage, que é o primeiro índice agregado de preços de Bitcoin que reúne as taxas de todas as *exchanges* disponíveis em todo o mundo e fornece um preço médio ponderado em volume. Portanto, isso permite uma perspectiva mundial sobre o preço e, portanto, a eficiência deste mercado. Os dados consistem em preços de fechamento diários, em dólar, para a criptomoeda de 02 de fevereiro de 2012 à 12 de novembro de 2017. A Fig. 1 mostra os preços do Bitcoin e o volume de negociação durante esse período. Tanto Urquhart (2016) quanto Nadarajah e Chu (2017) fizeram suas análises até o final no ano de 2016, utilizando os retornos da equação 1. No entanto, observa-se que durante o ano de 2017 o valor do Bitcoin teve um crescimento exponencial, com relevantes oscilações intermediárias. Por isso, os testes foram feitos tanto na série completa, como também em uma subamostra composta exclusivamente pelo ano de 2017, tanto para retornos diários como para retornos mensais.

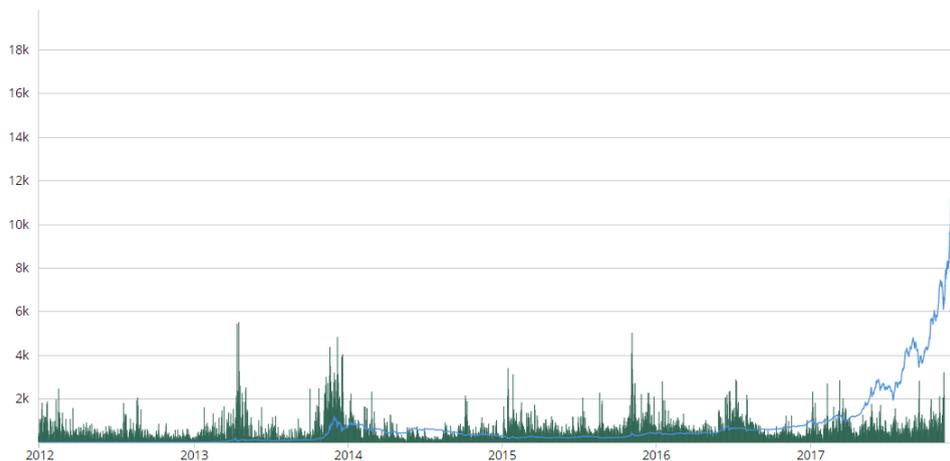


Figura 1. Série histórica do preço do Bitcoin, em dólares.

Fonte: <https://bitcoinaverage.com/en/bitcoin-price/btc-to-usd>

Os retornos do Bitcoin (ret_t) são calculados de acordo com as seguintes equações:

$$ret_t = Ln \left[\frac{(P_t)}{(P_{t-n})} \right] \times 100 \quad (1)$$

$$ret2_t = \left[\frac{(P_t - P_{t-n})}{(P_{t-n})} \right] \quad (2)$$

Em que P_t e P_{t-n} são os valores do Bitcoin nos tempos t e $t - n$, nos quais n é igual a 1 para os retornos diários e igual a 30 para os retornos mensais. Diferentemente de Urquhart (2016) e Nadarajah e Chu (2017), os testes foram realizados também para as séries de retornos da equação 2, buscando identificar comportamentos distintos. Na equação 1 o uso logaritmo busca suavizar a série, principalmente devido ao comportamento exponencial no ano de 2017.

A Figura 2 resume os testes realizados por Urquhart (2016) e Nadarajah e Chu (2017) na verificação do passeio aleatório de acordo com a hipótese de eficiência fraca do mercado de Bitcoins.

Urquhart (2016)	(LJUNG; BOX, 1978)	Autocorrelação dos retornos
	(WALD; WOLFOWITZ, 1940)	Independência dos retornos
	(BARTELS, 1982)	Independência dos retornos
	(LO; MACKINLAY, 1988)	Razão da variância
	(CHOI, 1999)	Teste de variância automática (AVR)
	(KIM, 2009)	Wild-bootstrapped AVR
	(BROCK et al., 1996)	Teste não paramétrico para dependência serial.
	(PATTERSON; ASHLEY, 2000)	Detectar dependência serial não linear.
Nadarajah e Chu (2017)	(LJUNG; BOX, 1978)	Auto correlação dos retornos
	(WALD; WOLFOWITZ, 1940)	Independência dos retornos
	(BARTELS, 1982)	Independência dos retornos
	(KIM, 2009)	Wild-bootstrapped AVR
	(CHOI, 1999)	Teste de variância automática (AVR)
	(BROCK et al., 1996)	Teste não paramétrico para dependência serial.
	(DURLAUF, 1991)	Teste de variância automática (AVR)
	(ESCANCIANO; VELASCO, 2006)	Diferença de martingale
(ESCANCIANO; LOBATO, 2009)	Correlação serial	

Figura 2. Objetivos dos testes realizados.

Fonte: elaboração própria.

Neste sentido, para acrescentar aos trabalhos de Urquhart (2016) e Nadarajah e Chu (2017) foram realizados os testes de raiz unitária denominados Dickey-Fuller aumentado (ADF) e Phillips-Perron (PP). O teste da raiz unitária Dickey-Fuller aumentado (ADF) é especificado conforme as equações 3 e 4:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \varphi y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \Delta y_{t-i+1} + \epsilon_t \quad (3)$$

Sendo:

$$\Delta y_{t-1} = y_{t-1} - y_{t-2}; \quad \Delta y_{t-2} = y_{t-2} - y_{t-3}; \quad \Delta y_{t-i} = y_{t-1} - y_{t-i-1} \quad (4)$$

Para tornar o termo de erro não-correlacionado serialmente é inserido determinado número de mudanças defasadas no teste ADF (como mostrado anteriormente). As hipóteses nula e alternativa do teste são, respectivamente: $H_0: \varphi = 1$ e $H_1: \varphi < 1$. A hipótese da série ser estacionária é rejeitada caso o valor da estatística ADF seja maior que o valor crítico (ENDERS, 2003).

Já o teste derivado do trabalho de Phillips e Perron (1988) – teste de Phillips-Perron (PP) – é especificado independentemente das ordens p e q do modelo, em que se faz uma correção não paramétrica ao teste de Dickey e Fuller, permitindo que o teste seja consistente mesmo que haja variáveis defasadas dependentes e correlação serial nos erros.

Com isso, Lamounier (2001) propõe a realização do teste PP a fim de confirmar, ou não, os resultados do teste ADF, pois este teste baseia-se no pressuposto de que os erros são não correlacionados e apresentam variância uniforme, ou seja, pressupõe que $\epsilon_r \sim N(0, \sigma^2)$. Portanto, pelo fato do ADF nem sempre ser o mais indicado para verificar a presença de raízes unitárias, foi implementado também neste artigo o teste de raiz unitária de Phillips-Perron, confirmando ou não, os resultados obtidos no teste de Dickey-Fuller Expandido.

Desse modo, de acordo com De Losso (2011), após o cálculo da estatística de Dickey e Fuller, deve-se estimar a variância de longo prazo dos resíduos, como segue:

$$\hat{\nu}^2 = \hat{\sigma}^2 + \frac{2}{T} \sum_{j=1}^M \omega \left(\frac{j}{M+1} \right) \sum_{t=j+1}^T \hat{u}_t \hat{u}_{t-j} \quad (5)$$

E, posteriormente, calcular a estatística de Phillips-Perron, como segue:

$$\hat{z}_{t,u} = \hat{t}_u \left(\frac{\hat{\sigma}}{\hat{\nu}} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{\hat{\nu}^2 - \hat{\sigma}^2}{\hat{\nu} \sqrt{T^{-2} \sum_{t=1}^T \nu_{t-1}^2}} \right) \quad (6)$$

Em que, $\hat{\nu}^2$ representa a variância de longo prazo dos resíduos, estando incluídas todas as autocorrelações do processo u_t . Assim, para De Losso (2011, p. 107):

Seria ideal calcular $\sum_{j=-\infty}^{\infty} \gamma_j$. Ocorre que não existem infinitas observações, logo é preciso truncar j em algum ponto. É claro que se podia ir de $-T$ a T autocovariâncias, porém quanto mais distante a autocovariância, menos informações ela produz em troca de muito mais ruído, por isso, é necessário calcular $\sum_{j=-M}^M \gamma_j$, em que $\lim_{M,T \rightarrow \infty} \frac{M}{T} \rightarrow 0$, isto é, a banda de truncagem cresce a uma taxa menor que o número de observações.

Portanto, para verificar a presença de um passeio aleatório nas séries de retorno do Bitcoin, foram estimados os testes de raiz unitária de Dickey-Fuller aumentado (ADF) e Phillips-Perron (PP), sendo possível inferir sobre a eficiência deste mercado na forma fraca.

4. Resultados

Verificando a Tabela 1 é possível observar a diferença existente entre a média dos retornos da série completa e da subamostra de 2017, em que, neste ano específico, houve um aumento nas rentabilidades. Outra diferença se dá nas médias dos retornos mensais e diários, sendo estes últimos superiores.

Tabela 1. Estatística descritiva

	Varáveis	nº de obs.	Média	Des. Padrão	Min.	Max.
Rentabilidade diária	Ret	2.116	0,3753	4,5956	-37,2425	30,8564
	ret17	346	0,8311	4,8084	-17,3009	23,7220
	ret2	2.116	0,0048	0,04587	-0,3109	0,3615
	ret217	346	0,0095	0,0488	-0,1589	0,2677
Rentabilidade mensal	retm	2.087	10,9320	29,5387	-71,2463	173,9180
	retm17	317	22,7682	23,6368	-25,2054	107,9987
	ret2m	2.087	0,1695	0,4801	-0,5078	4,6035
	ret2m17	317	0,2836	0,3140	-0,2625	1,87766

Descrições: ret - retorno conforme equação 1 para os retornos diários de todo o período; ret17 – retorno conforme equação 1 para os retornos diários do ano de 2017; ret2 - retorno conforme equação 2 para os retornos diários de todo o período; ret217 – retorno conforme equação 2 para os retornos diários do ano de 2017; retm - retorno conforme equação 1 para os retornos mensais de todo o período; retm17 – retorno conforme equação 1 para os retornos mensais do ano de 2017; ret2m - retorno conforme equação 2 para os retornos mensais de todo o período; ret2m17 – retorno conforme equação 2 para os retornos mensais do ano de 2017.

Fonte: Dados da pesquisa.

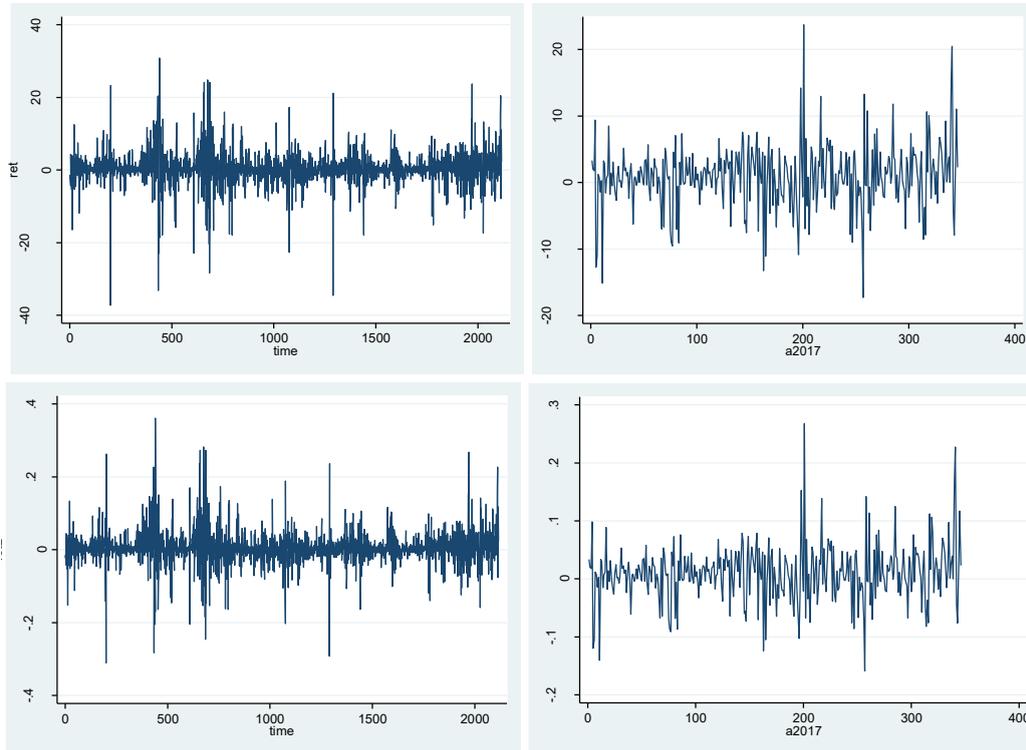


Figura 3. Série histórica dos retornos diários.
Fonte: Elaboração própria.

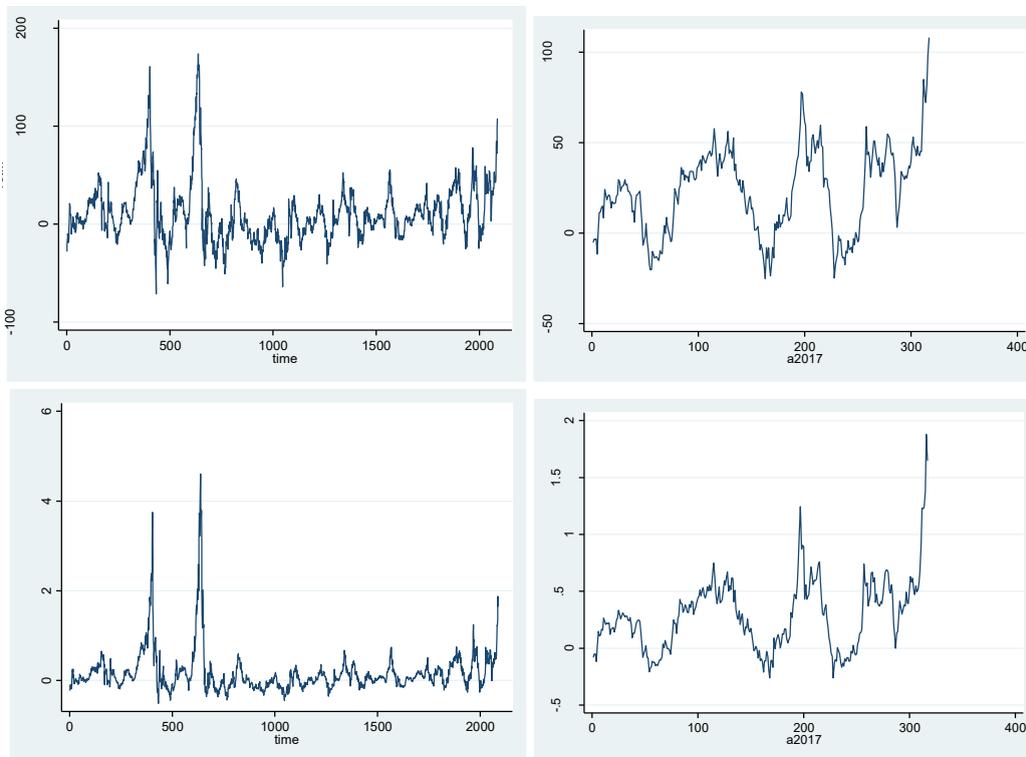


Figura 4. Série histórica dos retornos mensais.
Fonte: Elaboração própria.

Já as figuras 3 e 4 ilustram, no lado esquerdo, as séries temporais dos retornos conforme as equações 1 e 2 para a série completa – 02/02/2012 à 12/12/2017. E do lado direito é verificado o comportamento para a série apenas do ano de 2017 – 01/01/2017 à 12/12/2017, sendo a figura 3 para os retornos diários e a figura 4 para os retornos mensais.

Pela análise da figura 3 há uma indicação de um comportamento estacionário devido à média parecer constante ao passar do tempo, tanto para as séries completas como para a amostra de 2017. No entanto, há picos positivos e negativos que podem resultar em um comportamento aleatório.

Por outro lado, pela análise gráfica da Figura 4 dos retornos mensais, há indicação de um comportamento aleatório, principalmente para as séries de retorno do ano de 2017. Assim, para confirmar a existência do passeio aleatório nas séries é verificado os testes de Dickey-Fuller aumentado (ADF) e Phillips-Perron (PP), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados dos testes de raiz unitária.

	Variáveis	Dickey-Fuller (p-valor)	Pperron (p-valor)
Rentabilidade diária	ret	0,0000	0,0000
	ret17	0,0000	0,0000
	ret2	0,0000	0,0000
	ret217	0,0000	0,0000
Rentabilidade mensal	retm	0,0001	0,0000
	retm17	0,6191	0,5093
	ret2m	0,0003	0,0000
	ret2m17	0,6952	0,6056

Descrições: ret - retorno conforme equação 1 para os retornos diários de todo o período; ret17 – retorno conforme equação 1 para os retornos diários do ano de 2017; ret2 - retorno conforme equação 2 para os retornos diários de todo o período; ret217 – retorno conforme equação 2 para os retornos diários do ano de 2017; retm - retorno conforme equação 1 para os retornos mensais de todo o período; retm17 – retorno conforme equação 1 para os retornos mensais do ano de 2017; ret2m - retorno conforme equação 2 para os retornos mensais de todo o período; ret2m17 – retorno conforme equação 2 para os retornos mensais do ano de 2017.

Fonte: dados da pesquisa.

Conforme se observa na Tabela 2, ao nível de significância estatística de 1%, todas as séries de retornos diários são estacionárias em ambos os testes, mostrando que o mercado diário de Bitcoins não apresenta eficiência fraca conforme Fama (1970). Este resultado é semelhante ao apresentado por Urquhart (2016), mesmo com o crescimento exponencial de valor em 2017.

Por outro lado, ao observar os retornos mensais, verifica-se a presença de eficiência fraca dos retornos para o ano de 2017, constatando, por ambos os testes, a não rejeição da hipótese nula de presença de raiz unitária para as séries. Estes resultados se assemelham aos encontrados por Nadarajah e Chu (2017), indicando que a eficiência de mercado, em sua forma fraca, pode ser encontrada no mercado de Bitcoins para retornos com maiores prazos de realização.

5. Considerações Finais

O objetivo desta pesquisa foi verificar o comportamento da série de retornos do Bitcoin na ótica da hipótese fraca de eficiência de mercado, conforme Fama (1970). Por meio dos testes de raiz unitária de Dickey-Fuller aumentado (ADF) e Phillips-Perron (PP), foi identificado, na série completa, que tanto os retornos diários quanto os mensais apresentam um comportamento

estacionário passível de previsão, do qual se conclui que o mercado de Bitcoins não apresenta eficiência fraca, confirmando os achados de Urquhart (2016).

Por outro lado, ao verificar apenas a série no ano de 2017 – dado seu comportamento distinto de expressiva valorização – foi observado por meio dos retornos mensais que o mercado de Bitcoins se comporta como um passeio aleatório, sendo classificado neste caso como um mercado eficiente, o que vai ao encontro dos resultados de Nadarajah e Chu (2017). Assim, pode-se concluir que os retornos diários deste mercado possuem um comportamento estacionário e, portanto, possível de previsão. Já os retornos com maiores prazos de realização, após 2016, indicam a presença de comportamentos aleatórios, se enquadrando como um mercado eficiente, na forma fraca, conforme Fama (1970).

Referências

BARTELS, R. The rank version of von Neumann's ratio test for randomness. **Journal of the American Statistical Association**, v. 77, n. 377, p. 40-46, 1982.

BRITO, J.; CASTILLO, A. **Bitcoin: A primer for policymakers**. Mercatus Center at George Mason University, 2013.

BROOCK, W. A. et al. A test for independence based on the correlation dimension. **Econometric reviews**, v. 15, n. 3, p. 197-235, 1996.

CHOI, In. Testing the random walk hypothesis for real exchange rates. **Journal of Applied Econometrics**, v. 14, n. 3, p. 293-308, 1999.

DE LOSSO, R. S. B.. **Econometria de séries temporais**. São Paulo: Cengage Learning, p. 363-386, 2011.

DURLAUF, S. N. Spectral based testing of the martingale hypothesis. **Journal of Econometrics**, v. 50, n. 3, p. 355-376, 1991.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. John Wiley & Sons, 2003.

ESCANCIANO, J. C.; LOBATO, I. N. An automatic portmanteau test for serial correlation. **Journal of Econometrics**, v. 151, n. 2, p. 140-149, 2009.

ESCANCIANO, J. C.; VELASCO, C. Generalized spectral tests for the martingale difference hypothesis. **Journal of Econometrics**, v. 134, n. 1, p. 151-185, 2006.

FAMA, E. F. Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. **The journal of Finance**, v. 25, n. 2, p. 383-417, 1970.

HAUGEN, R. A. Modern investment theory. 5a ed. Nova Jersey: Prentice-Hall, 2001.

HAYEK, F. A. **Denationalisation of money: the argument refined: an analysis of the theory and practice of concurrent currencies**. Institute of Economic Affairs, 1976.

- LAMOUNIER, W. M. Comportamento dos preços no mercado "spot" de café do Brasil: análise nos domínios do tempo e da frequência. **Tese de Doutorado** em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001.
- LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, v. 65, n. 2, p. 297-303, 1978.
- LO, A. W.; MACKINLAY, A. C. Stock market prices do not follow random walks: Evidence from a simple specification test. **The review of financial studies**, v. 1, n. 1, p. 41-66, 1988.
- KIM, J. H. Automatic variance ratio test under conditional heteroskedasticity. **Finance Research Letters**, v. 6, n. 3, p. 179-185, 2009.
- MENGER, K. On the origin of money. **The Economic Journal**, v. 2, n. 6, p. 239-255, 1892.
- NADARAJAH, S; CHU, J. On the inefficiency of Bitcoin. **Economics Letters**, v. 150, p. 6-9, 2017.
- NAKAMOTO, S. **Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system**. 2008.
- PATTERSON, D. M.; ASHLEY, R. A. **A nonlinear time series workshop: A toolkit for detecting and indentifying nonlinear serial dependence**. Springer Science & Business Media, 2000.
- PHILLIPS, P. C. B.; PERRON, P. Testing for a unit root in time series regression. **Biometrika**, v. 75, n. 2, p. 335-346, 1988.
- HUERTA, J. Dinero, crédito bancario y ciclos económicos. **España: Unión Editorial**, 2009.
- ULRICH, F. **Bitcoin: a moeda na era digital**. LVM Editora, 2014.
- URQUHART, A. The inefficiency of Bitcoin. **Economics Letters**, v. 148, p. 80-82, 2016.
- WALD, A.; WOLFOWITZ, J. On a test whether two samples are from the same population. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 11, n. 2, p. 147-162, 1940.
- WATTS, R. ZIMMERMAN, J. **Positive accounting theory**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall. 1986.