

## Da cobiça à infâmia: uma exploração das implicações da dubiedade no mercado de criptomoedas<sup>a</sup>

*From Greed to Infamy: An Exploration of the Implications of Dubiousness in the Cryptocurrency Market*

João Victor Moreira Goldoni<sup>b</sup> 

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Ciências Econômicas, Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil

Felipe Santos Tostes<sup>c</sup> 

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Ciências Econômicas, Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil

---

**Resumo:** O advento das criptomoedas fez emergir debates quanto à eficiência de sua utilização como moeda. Nesse contexto, torna-se relevante delimitar as imperfeições do idealismo em torno de seu uso, com base na teoria Keynesiana. Analisou-se, então, a influência da insegurança no preço dos criptoativos e na adesão dos agentes econômicos ao mercado de criptomoedas. Para isso, foi desenvolvido um modelo VECM, a fim de registrar a progressividade recíproca entre as múltiplas séries temporais e as implicações dos choques exógenos arbitrários nas variáveis que compõem o sistema de equações. Os resultados demonstraram que a inserção de inovações exógenas influenciou as flutuações no Bitcoin tanto positiva quanto negativamente.

**Palavras-chave:** Criptomoeda. Bitcoin. Regulamentação. Adesão. Incerteza.

**Abstract:** The advent of cryptocurrencies has given rise to debates regarding the efficiency of their use as currency. It is pertinent to delimit imperfections in the idealism of cryptocurrencies, using Keynesian theories. The influence of insecurity on the price of cryptocurrencies and on the adherence of economic agents to the cryptocurrency

---

Editor responsável: Ivan Colangelo Salomão

<sup>a</sup> Submissão: 28/02/2024 | Aprovação: 07/12/2024 | DOI: 10.5380/re.v45i87.94700

<sup>b</sup> jgoldoni@id.uff.br

<sup>c</sup> felipesantostostes@id.uff.br

Ambos os autores foram responsáveis pela concepção, pesquisa de dados e/ou documentos, análise dos dados e/ou documentos, participação ativa na discussão dos resultados e revisão e aprovação da versão final.



Esta publicação está licenciada sob os termos de Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

market was analyzed. A VECM model was carried out to register the reciprocal progressivity between the multiple time series and the implications of arbitrary exogenous shocks to the variables that make up the system of equations. The results showed that the insertion of exogenous innovations influenced fluctuations in Bitcoin both positively and negatively.

**Keywords:** Cryptocurrency. Bitcoin. Regulation. Accession. Uncertainty.

**JEL:** E11. E12. E42. E51.

---

## 1. Introdução

O advento das criptomoedas, estabelecido por intermédio da criação do “Bitcoin”, a primeira moeda digital descentralizada do mundo, fez emergir debates quanto à eficiência de sua utilização como moeda. Com o passar do tempo e a disseminação de conteúdos relacionados à temática, tornou-se pertinente a contraposição dessas indagações empregando as teorias keynesiana e pós-keynesiana, de modo a desvendar a inevitabilidade de delimitar imperfeições no idealismo circunscrito na moeda originária de um mercado que atravessou profunda expansão na última década.

Criptomoedas, a exemplo do Bitcoin, enfrentam desafios significativos em cumprir as três funções básicas da moeda segundo a teoria keynesiana, sendo elas: meio de pagamento, unidade de conta e reserva de valor. Nesse sentido, alguns trabalhos como os de Bjerg (2016), Meira, Costal e Luz (2019) e Mattos, Abouchedid e Silva (2020) já analisaram se as criptomoedas atendem a essas três funções. Elas não são meios de pagamento, porque ainda não são aceitas universalmente, não possuem a função de unidade de conta, pois não são regulamentadas por nenhum governo e atendem fracamente a função de reserva de valor, uma vez que apresentam alta volatilidade do seu preço.

Por conseguinte, torna-se imprescindível destacar como os agentes econômicos demandam moeda, ativos e criptomoedas. Para Keynes (1992), a moeda é demanda por três motivos: motivo transação (saldos em moeda mantidos para a realização de gastos rotineiros), motivo precaução (saldos em moeda mantidos para fazer frente a necessidades imprevistas) e motivo especulação (saldos em moeda para compra de títulos no futuro). Ademais, Keynes (1992) ressalta a importância da relação da preferência pela liquidez (PPL) com a incerteza sobre o futuro. Para ele, quanto maior a incerteza em relação aos acontecimentos futuros, maior será a retenção de moeda pelos agentes. Em síntese, os motivos que governam a demanda por moeda e a demanda pelos demais ativos estão relacionados aos fatores que determinam a preferência pela liquidez (PPL) e a incerteza em relação aos acontecimentos futuros.

As criptomoedas não podem ser demandas pelo motivo transação, pois não possuem a função de meio de troca e não podem ser demandas pelo motivo precaução, pois apresentam alta volatilidade nos seus preços. Resta às criptomoedas serem demandas, com restrições, pelo motivo especulação,

igualando-se aos demais ativos menos líquidos. Isso porque, mesmo no motivo especulação, Keynes (1992) afirma que a existência de mercados de títulos organizados, com taxas de juros que podem ser inferidas com certa razoabilidade, e a existência de bancos que facilitam o acesso à moeda por meio do crédito diminuem de forma significativa a necessidade de retenção de moeda e elevam a demanda por títulos.

Por isso, nos últimos anos é perceptível constatar um movimento por parte dos países ao redor do mundo em prol da regulação das criptomoedas, a exemplo dos Estados Unidos e do Reino Unido, onde, de imediato, foi possível identificar grande hesitação proveniente dos agentes que adotaram o “Bitcoin” como instrumento de troca, em virtude do vestígio idealista de não intervenção estatal. Em vista disso, com o propósito de particularizar e prognosticar o comportamento das criptomoedas, foram elaborados índices como: Cryptocurrency Uncertainty Index (UCRY); Nasdaq Crypto Index (NCI); o Cryptocurrency Index (CRIX) e o Volatility Index for Cryptocurrency (VCRIX).

Considerando que a incerteza é relativamente decisiva à volatilidade dos preços de criptomoedas e dos retornos financeiros, além de ter em mente que distintas categorias de incerteza sejam capazes de prover níveis de discriminação preditiva que possuem impactos divergentes sob o mercado, os autores Lucey *et al.* (2021) formularam o Índice de Incerteza das Criptomoedas, o qual é segmentado entre o Índice de Incerteza de Preços de Criptomoedas (UCRY Preços) e o Índice de Incerteza Política das Criptomoedas (UCRY Político).

A incorporação dos dados referentes ao intervalo de tempo estabelecido propiciou o registro da progressividade recíproca entre múltiplas séries temporais e as implicações de choques exógenos arbitrários às variáveis que integram o sistema de equações, empregando modelos lineares multivariados de averiguação estrutural de séries econômicas (Lütkepohl, 2006). Dispondo dos resultados provenientes da Função Impulso-Resposta (IRF) e da Decomposição da Variância de Erros de Previsão (FEVD), os quais refletem o comportamento de uma variável ao impulso de outra e estimam a variância do erro de previsão de uma variável endógena em função de choques ortogonais, respectivamente, é plausível argumentar quanto aos impactos subjacentes à vulnerabilidade do mercado.

Tendo em vista o que foi dito anteriormente, a hipótese em questão sobrevém da incerteza no mercado de criptomoedas, medida pelo Índice de

Incerteza de Criptomoedas (UCRY), o que pode afetar significativamente o preço do Bitcoin e a adesão dos agentes econômicos ao mercado de criptomoedas, influenciando as flutuações de preços e o comportamento dos investidores, particularmente no curto prazo.

O objetivo geral deste trabalho é investigar a influência do sentimento de incerteza no mercado de criptomoedas, utilizando fundamentos keynesianos e o Índice de Incerteza de Criptomoedas (UCRY), auferindo seu impacto no preço dos criptoativos e a adesão dos agentes econômicos ao mercado de criptomoedas, evidenciado através de seu ativo proeminente, o Bitcoin.

Como objetivos específicos: (i) analisar a associação entre a demanda por moeda e outros ativos monetários, explorando a teoria keynesiana sobre a preferência pela liquidez e sua relevância no contexto das criptomoedas, de forma a destacar como a liquidez e a incerteza influenciam a demanda; (ii) avaliar a vulnerabilidade do mercado de criptomoedas, utilizando o Índice de Incerteza de Criptomoedas (UCRY) para verificar as implicações da incerteza no preço do Bitcoin, demonstrando a volatilidade do mercado frente às adversidades e às inovações exógenas.

## **2. Demanda por moeda e demais ativos monetários**

Uma questão importante para responder a hipótese deste trabalho é a explicação da relação da demanda por moeda e a demanda pelos demais ativos monetários ou, como aponta Keynes (1992), de que forma um indivíduo manterá a sua renda e o seu estoque de riqueza, na forma líquida por excelência, o dinheiro, ou na forma de títulos que rendam juros?

Para Keynes e os pós-keynesianos, a liquidez refere-se à capacidade que só a moeda possui de liquidar transações e obrigações. Nesse sentido, todos os demais ativos devem ser convertidos em moeda para atingir tais objetivos. Por um lado, o grau de liquidez de um ativo refere-se à facilidade e à rapidez de conversão de um ativo em moeda. Por outro lado, a liquidez se refere à capacidade de manutenção de valor do ativo em termos de moeda. Ou seja, o prêmio de liquidez de um ativo é mais alto quanto maior for a velocidade de sua conversão em moeda e menor for a sua variação do seu preço (de Carvalho, 1991).

Ademais, Keynes (1992) traz um conceito muito importante em sua teoria: o conceito da incerteza. Esse conceito define que os agentes nem sempre tomam as suas decisões com base nas melhores informações, o que leva a resultados abaixo do esperado e a perdas irreduzíveis. Por isso, em face dessa incerteza em relação à Eficiência Marginal do Capital dos investimentos e ao complexo das taxas de juros dos títulos, os agentes procuram manter parte da sua renda na forma mais líquida possível, a moeda (de Carvalho, 1991).

Dessa forma, a moeda exerce um papel bem mais complexo do que simplesmente facilitar a circulação de produtos e o pagamento por serviços. Em *Um Tratado sobre a Moeda* (1930), Keynes circunscreve três premissas desempenhadas pela moeda, sendo a primeira: convir como unidade de conta, em outras palavras, ser uma forma de mensuração de valor para bens e serviços; em segundo lugar, reter a aplicabilidade como meio de pagamento, consistindo a representação factual da moeda; em terceiro lugar, o encargo como reserva de valor, visto que o bem carece de resguardar o poder de compra e a convicção quanto à consumação de seus contratos. A moeda é, então, demandada por quatro motivos: o motivo transação (motivo renda e motivo negócio), o motivo precaução e o motivo especulação.

O motivo transação, anteriormente definido pelos teóricos clássicos, refere-se aos saldos em moeda mantidos pelas famílias para a realização dos seus gastos rotineiros, bem como os saldos em moeda mantidos pelas empresas para o pagamento dos seus gastos corriqueiros para a realização da produção ou da oferta de serviços (de Carvalho, 1991).

O motivo precaução, também explicado anteriormente pela teoria clássica, foi mais bem elaborado por Keynes. A teoria clássica define essa demanda como saldos em moeda mantidos para fazer frente às necessidades não previstas. Para Keynes (1992), esses saldos em moedas são mantidos pelos agentes com o objetivo de atravessar, com relativa segurança, um período conturbado da economia até que as perspectivas econômicas fiquem melhores. Isso porque, diferentemente da teoria clássica, em que os períodos são repetitivos e os agentes podem rever suas posições, corrigindo erros do passado, na teoria keynesiana essas correções só são possíveis em decisões de produção e de consumo no curto-prazo, não sendo possíveis em decisões de investimento no longo-prazo, nas quais prevalece o *animal spirits* do empresário (de Carvalho, 1991).

O motivo especulação ocorre quando os agentes possuem expectativas bem definidas em relação à taxa de juros e ao preço dos títulos. Quando um agente é capaz de inferir as taxas de juros que irão prevalecer no futuro, ele poderá calcular com exatidão o rendimento dos títulos, sendo vantajoso renunciar à liquidez em favor de um ganho futuro em termos dessas taxas de juros (Keynes, 1992).

Keynes (1992) sintetiza os motivos de demanda por moeda por meio da seguinte equação:

$$M = M_1 + M_2 = L_1(Y) + L_2(r) \quad (1)$$

Onde  $M_1$  é o montante de recursos mantidos em moeda para atender os motivos transação e precaução que dependem do nível de renda  $Y$ , e  $M_2$  é o montante para satisfazer o motivo especulação que depende da taxa de juros “ $r$ ”. Nesse último caso, o que importa não é o valor de “ $r$ ”, mas o seu grau de divergência em relação a um nível razoável de “ $r$ ”. Ou seja, quanto maior for a incerteza em relação à taxa de juros futura, maior será a retenção de moeda pelo motivo  $M_2$ . Nesse caso, um indivíduo voltará a demandar um volume maior de títulos quando for capaz de inferir com maior precisão a taxa de juros futura.

A demanda de moeda para especulação está, portanto, embasada na proporcionalidade inversa da expectativa quanto à variabilidade da taxa de juros futura, ratificando a coerência em manter “ativos monetários ociosos” no anseio de que seus preços flutuem e, assim, se obtenha lucro procedente a um prognóstico, tal qual é contemplado no mercado financeiro, em que os agentes econômicos tendem a manusear seu excedente de renda apossando-se de títulos na ocasião dos preços estarem baixos enquanto as taxas de juros estivessem altas, reservando-os até a inversão do cenário (Lopes e Rossetti, 1998, p. 72). Na iminência de ponderar as expectativas relativas à taxa de juros, associada aos dividendos em títulos de valor nominal, é evidenciada a seguinte função:

$$PT = VA = \frac{RT}{r} \quad (2)$$

Em que  $PT$  é o valor do título que o agente está propenso a gastar;  $VA$  é o valor atual de sucessão dos rendimentos concedido pelo título;  $RT$  é o rendimento fixo por unidade de tempo e “ $r$ ” é a taxa de juros. Como preliminarmente transparecido, a contrariedade entre o preço do título e a taxa de juros determina que a elevação de um deles determinará a redução do outro. Sob esse ponto de vista, Keynes fez a suposição da “taxa normal de juros”, a qual, ao equivaler a uma média das taxas passadas, propicia aos agentes econômicos um suporte para implementarem suas estimações, servindo-se do acercamento ou do apartamento da taxa corrente: “quando a taxa de juros de mercado estivesse abaixo da taxa admitida como normal; nesse caso, as expectativas seriam no sentido de uma alta na taxa de juros, equivalente a uma queda no preço dos títulos” (Lopes e Rossetti, 1998, p. 74).

Segundo Keynes (1992), o retorno esperado de qualquer ativo medido em termos monetários pode ser visto pela equação (3):

$$re = q - c + l + a \quad (3)$$

Onde “ $q$ ” é o ganho esperado do ativo; “ $c$ ” são custos de manutenção do ativo; “ $l$ ” é a liquidez do ativo (facilidade de transformar em dinheiro); e “ $a$ ” é a valorização esperada do preço do ativo. Dessa forma, como explica Wray (2006), a diminuição da incerteza em relação ao futuro leva a um aumento em “ $q$ ” e uma redução em “ $l$ ”.

Em síntese, os motivos que governam a demanda por moeda e a demanda pelos demais ativos estão relacionados aos fatores que determinam a preferência pela liquidez (PPL) e a incerteza com relação aos acontecimentos futuros. A PPL será maior quanto maior for a incerteza, quanto maior for a dificuldade de obtenção de moeda e quanto menor for o prêmio por abrir mão dessa liquidez, a taxa de juros. Assim, Keynes (1992) pontua que a existência de mercados de títulos organizados, com taxas de juros que podem ser inferidas com certa razoabilidade, e a existência de bancos que facilitam o acesso à moeda por meio do crédito diminuem de forma significativa a necessidade de retenção de moeda e elevam a demanda por títulos.

Além disso, para Keynes (1921) só é possível fazer o cálculo do risco de uma determinada escolha e inferir adequadamente uma taxa de juros, por exemplo,

quando o agente possui todas as informações necessárias e quando o agente possui o conhecimento necessário para formular uma relação de probabilidade estatística. Em todos os outros casos, em que nem a informação e nem o conhecimento estão presentes, trata-se de incerteza. Para fazer frente à incerteza em relação ao futuro, os agentes tomam outra decisão para além da retenção de moeda. Eles elaboram contratos e criam instituições a fim de diminuir os possíveis prejuízos causados pela falta de informação e pela falta de capacidade de prospectar os resultados futuros (Pereira; Urpia, 2011). Diante dessa análise, Keynes (1921) conclui que os agentes tomam suas decisões com base em convenções e não com base em cálculos probabilísticos.

### 3. Introdução à Criptografia

O desejo de criação da primeira criptomoeda era o de eliminar a necessidade de utilização das instituições bancárias, permitindo o compartilhamento da moeda, em sua forma digital, diretamente entre os agentes. Porém, essa ideia só iria para frente caso fosse criado um sistema seguro (Meira; Costal; Luz, 2019). De forma semelhante às moedas fiduciárias, em que organizações financeiras como os bancos centrais controlam a oferta monetária e instituem ferramentas com o intuito de obstaculizar a falsificação, as criptomoedas possuem medidas de segurança puramente tecnológicas, que previnem fraudes através do uso da criptografia. Podendo ser usada para precaver adulterações e declarações inconsistentes em conformidade a um sistema de criptomoeda, a criptografia também fornece um mecanismo para codificar de maneira segura as regras de criação de novas unidades da moeda em um protocolo matemático. Isto posto, para compreender adequadamente as criptomoedas, precisamos explorar as bases criptográficas nas quais elas se apoiam (Narayanan *et al.*, 2016).

#### 3.1 Função *Hash* Criptográfica

Com o propósito de asseverar a preservação da segurança do sistema, as construções criptográficas são programadas abrangendo funções, protocolos e estruturas que, em sua totalidade, possuem incumbência inerente à segurança, como a proteção de dados e comunicações. Dentre inúmeras construções criptográficas, emerge a função “*Hash* Criptográfica”, a qual transforma dados em um valor de comprimento fixo e é utilizada para garantir a integridade e a

autenticidade, como em assinaturas digitais e verificações de integridade. Essa função possui três propriedades fundamentais: entrada de qualquer tamanho, saída de tamanho fixo e computação eficiente (Narayanan *et al.*, 2016).

Para que uma função *hash* seja criptograficamente segura, ela deve possuir adicionalmente as seguintes três propriedades: resistência a colisões, ocultação e resistência a quebra-cabeças:

- I. Resistência a Colisões: uma função *hash* ( $H$ ) é dita resistente a colisões se for inviável encontrar dois valores distintos, ( $x$ ) e ( $y$ ), tais que ( $x \neq y$ ) e ( $H(x) = H(y)$ ). Uma colisão ocorre quando duas entradas distintas produzem a mesma saída. Assim, uma função *hash*  $H(\cdot)$  é resistente a colisões se ninguém conseguir encontrar uma colisão.
- II. Ocultação: uma função *hash* ( $H$ ) é considerada oculta se um valor secreto ( $r$ ) é escolhido a partir de uma distribuição de probabilidade com alta entropia mínima, se for inviável encontrar ( $x$ ) dado ( $H(r | x)$ ). A propriedade de ocultação afirma que, se nos for dada a saída da função *hash* ( $y = H(x)$ ), não há uma maneira viável de descobrir qual era a entrada ( $x$ ).
- III. Resistência a Quebra-Cabeças: uma função *hash* ( $H$ ) é dita resistente a quebra-cabeças se, para cada valor de saída possível de ( $n$ ) bits ( $y$ ), ( $k$ ) for escolhido de uma distribuição com alta entropia mínima, for inviável encontrar ( $x$ ) tal que ( $H(k | x) = y$ ) em um tempo significativamente menor que ( $2^n$ ).

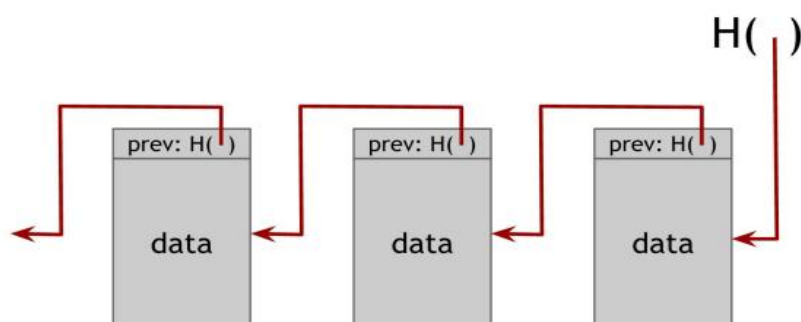
### 3.2 Estruturação de dados e Ponteiros de *Hash*

Imprescindível em estruturas de dados, a aplicação de um ponteiro de *hash* fundamenta-se na averiguação da imutabilidade das informações, isto é, distintivamente a um ponteiro regular, que oportuniza um processo de reintegração de dados, juntamente com um *hash* criptográfico do valor desses dados em um momento fixo no tempo, em que o ponteiro de *hash* expressa o local de armazenamento (Narayanan *et al.*, 2016).

**Figura 1 – Ponteiro de hash**

Fonte: Narayanan *et al.* (2016).

A conjugação de uma estrutura de dados empregando ponteiros de *hash* é denominada de *blockchain*. Diferentemente de uma lista encadeada regular, na qual a série de blocos é estruturada com cada bloco possuindo dados e um ponteiro para o bloco anterior na lista, em uma *blockchain* o ponteiro para o bloco anterior será substituído por um ponteiro de *hash*. Por conseguinte, cada bloco informa onde está o valor do bloco anterior, além de conter um resumo desse valor, permitindo a verificação de sua inalterabilidade (Narayanan *et al.*, 2016).

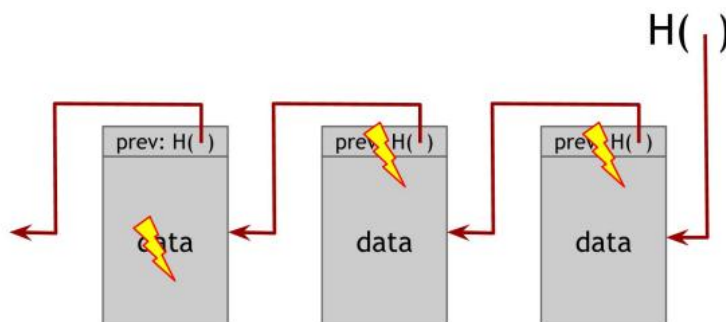
**Figura 2 – Lista encadeada usando ponteiros de *hash* (*Blockchain*)**

Fonte: Narayanan *et al.* (2016).

Com o propósito de construir uma estrutura de dados de log que consinta o armazenamento e a anexação ao final, mas que seja capaz de detectar alterações em seu primórdio, sobrevém o log à prova de adulteração. Sob a hipótese de modificação de dados no princípio da *blockchain*, a consequência será de um ponteiro de *hash* errôneo no bloco seguinte. Em vista disso, mesmo que todos os ponteiros sejam alterados para serem consistentes com os dados substituídos, a detecção da adulteração ocorrerá mediante o armazenamento do cabeçalho da lista.

Portanto, a conservação de um único ponteiro de *hash* assegura que o agrupamento seja à prova de adulteração, a despeito do número de blocos, contanto que regresse a um bloco especial no princípio, chamado de bloco “gênesis” (Narayanan *et al.*, 2016).

**Figura 3 – Log à prova de adulteração**



Fonte: Narayanan *et al.* (2016).

### 3.3 Assinaturas digitais

Proporcional à assinatura manuscrita, em âmbito virtual, a assinatura digital estabelece vínculo correspondente ao documento específico, não podendo ser usada por terceiros e, a despeito da autenticação ser pública, a assinatura é de utilização exclusiva do detentor. Um esquema de assinatura digital consiste de três algoritmos:

- I. O método “*generateKeys*” estabelece um par de chaves
  - A. A chave secreta é mantida privadamente e usada para assinar mensagens.
  - B. A chave de verificação pública é a de compartilhamento
- II. O método “*sign*” recebe uma mensagem e uma chave secreta como entrada e produz uma assinatura para a mensagem sob a chave secreta.
- III. O método “*verify*” recebe uma mensagem, uma assinatura e uma chave pública como entrada.
  - A. Retornando o valor “*isValid*”, que será verdadeiro em caso de uma assinatura válida para a mensagem sob a chave pública, e falso se não for válida.

Com o propósito de atestar a veracidade do processo, duas propriedades precisam ser sustentadas: as assinaturas válidas devem verificar; e as assinaturas devem ser existencialmente infalsificáveis (Narayanan *et al.*, 2016).

### 3.4 Identidades virtuais

Descendente da representação de identidade pessoal das chaves de verificação pública, intrínsecas ao sistema de assinaturas digitais, o Gerenciamento Descentralizado de Identidade floresce estabelecendo perturbações à ordenação vigente de uma autoridade central de registro de novos usuários a um sistema. Antecedido por um movimento com o intuito de gerar maior privacidade aos usuários, essa inovação permite que cada indivíduo faça o seu cadastro ao mesmo tempo em que limita a necessidade de compartilhamento de dados pessoais com outros agentes e proporciona a criação de inúmeras chaves públicas, acrescentando graus de discricção às atividades do usuário, garantindo maior segurança e proteção contra o uso indevido de dados pessoais. (Narayanan *et al.*, 2016).

## 4. Bitcoin: alternativa ao sistema financeiro tradicional

Formulada por Satoshi Nakamoto em “*Bitcoin: a peer to peer electronic cash system*” (2008), a criptomoeda é discernida como primogênita no mercado e se evidenciou a ponto de transcender o obstáculo da incredulidade inerente ao âmbito, sendo assentida não apenas entre os adeptos aos movimentos pró-criptografia, mas também em meio aos agentes do mercado financeiro, à vista de sua ordenação global de pagamentos descentralizados e do volume em oferta ser cerceado a 21 milhões de unidades, instigando o sentimento de escassez ao usuário (Mattos, Abouchedid e Silva, 2020). A eclosão do Bitcoin está concatenada à impugnação do arranjo financeiro vigente, posto que propicia uma alternativa transitável aos agentes que estão descontentes com a sistematização bancária tradicional, em um procedimento regido pelos próprios usuários e sem dispêndios, na qual a disseminação decorre da seguridade e dos graus de confiança que foram consignados à estrutura (Silva, 2017).

Os Bitcoins podem ser obtidos de três formas: (i) por meio de sua compra; (ii) por meio da oferta de bens e serviços; (iii) por meio da chamada mineração.

Para tanto, cada usuário deverá ter instalado em seu computador pessoal uma carteira digital. Ele receberá duas chaves, uma pública e outra privada. A chave pública funciona como uma localização para que a pessoa transfira Bitcoins, enquanto a chave privada é uma espécie de senha de autorização de saída de Bitcoins da carteira (Meira; Costal; Luz, 2019).

O *Blockchain* nada mais é do que um livro de registro das transações realizadas entre os usuários desde a criação do Bitcoin. Esses registros são feitos em blocos de transações, onde cada bloco contém um conjunto de transações criptografadas. Nesse sistema, os chamados mineradores de Bitcoins são pessoas que competem entre si para registrar, no menor tempo possível, o maior número de Bitcoins. Assim, a pessoa que conseguir o procedimento no menor tempo será recompensada com Bitcoins (Meira; Costal; Luz, 2019). Ou seja, para a mineração de Bitcoins, as chances de vitória serão maiores quanto melhor for o computador utilizado.

Entretanto, para manter a descentralização das transações, impedindo que uma pessoa ou uma grande empresa monopolize o processo, todos os usuários, mesmo aqueles que possuem computadores menos potentes, recebem uma premiação em Bitcoins. Obviamente, os usuários de computadores mais potentes receberão uma premiação maior. De qualquer forma, a obtenção de Bitcoins por meio da mineração exige um custo cada vez mais elevado com Hardware, consumo de energia elétrica e com a contratação de um bom provedor de internet (Meira; Costal; Luz, 2019).

O lado positivo é que o Bitcoin não está sob o controle de nenhum Banco Central, não podendo sofrer processos inflacionários ou deflacionários sob o desejo do Estado. Porém, o lado negativo é que os Bancos Centrais não podem garantir o poder de compra dessa criptomoeda. Por isso, o Bitcoin, ao longo do tempo, apresenta fortes oscilações em relação ao Dólar. Outro ponto negativo do Bitcoin é a sua utilização no mercado negro de drogas, armas e para a sonegação e a evasão fiscal, além da lavagem de dinheiro (Meira; Costal; Luz, 2019).

Pelo lado fiscal, indivíduos e empresas devem se atentar ao fato de que impostos e taxações públicas ainda não são recebíveis em Bitcoins. Assim, as transações com Bitcoins ainda mantêm uma relação com os sistemas financeiros nacionais. Ou seja, em algum momento, indivíduos e empresas terão que converter os seus Bitcoins em moedas nacionais oficiais para realizar o pagamento de

impostos. Somado a isso, a alta volatilidade da cotação do Bitcoin em relação a qualquer moeda fiduciária, haverá um grande empecilho para a utilização dessa criptomoeda como moeda, já que os impostos possuem data e prazos para pagamentos, não se importando com as oscilações na cotação do Bitcoin (Meira; Costal; Luz, 2019).

Para que o Bitcoin possa ser considerado moeda, é necessário que ele atenda as três funções básicas da moeda: meio de troca, reserva de valor e unidade de conta. O Bitcoin ainda não é utilizado como unidade de conta, pois mesmo nas lojas onde já é aceito, ainda há a necessidade de conversão para alguma moeda oficial. O Bitcoin, apesar de sua valorização ao longo do tempo, também não possui a função de reservas de valor. Isso porque essa valorização ainda não pode ser considerada uma garantia de manutenção de poder de compra, uma vez que depende do câmbio em relação às moedas oficiais. Por fim, a função que possui algum avanço, mas que ainda não está plenamente satisfeita, é a de meio de troca. Apesar de haver um avanço na aceitação dos Bitcoins como forma de pagamento, isso ainda é feito por poucas lojas (Meira; Costal; Luz, 2019).

#### 4.1 Primeiros anos

Em 3 de janeiro de 2009, Satoshi Nakamoto minerou o bloco gênese da *blockchain* do Bitcoin, o qual incluía uma mensagem codificada que satirizava uma manchete de jornal: "*The Times 03/Jan/2009 Chancellor on brink of second bailout for banks.*" Assimilada como uma crítica ao sistema financeiro tradicional, a mensagem dispôs de propósito a documentação de um sistema financeira alternativo e descentralizado (Narayanan *et al.*, 2016).

Um dos marcos históricos inaugurais da criptomoeda abrange a primeira transação comercial significativa, ocorrida em 22 de maio de 2010, quando Laszlo Hanyecz pagou 10.000 BTCs por duas pizzas e se tornou reconhecido como "*Bitcoin Pizza Day*", evidenciando a possibilidade de uso para transações reais, mesmo que o valor unitário da criptomoeda estivesse excepcionalmente relativamente inferior a seus máximos históricos nos anos subsequentes (Antonopoulos, 2014).

Outro fator preponderante no amadurecimento do mercado contempla a criação da primeira *exchange* de Bitcoin, a Mt. Gox que, em 2010, facilitou a

compra e a venda de Bitcoin com moedas fiduciárias. Não obstante, em 2014, quando a *exchange* foi hackeada, houve uma perda de aproximadamente 850 mil BTCs, suscitando prejuízos significativos aos investidores (Narayanan *et al.*, 2016).

A partir de 2011, iniciou-se um período de reconhecimento do Bitcoin, em consequência de uma junção de fatores como a valorização do ativo e a admissão de novos investidores e especuladores. Em 2013, o preço do Bitcoin ultrapassou a marca de \$1.000 pela primeira vez. Durante esse período, surgiram diversas novas *exchanges* e serviços relacionados ao Bitcoin, facilitando sua compra, venda e uso, concomitante com o alvorecer da aceitação como forma de pagamento por determinadas empresas, e startups, focadas em serviços financeiros baseados em Bitcoin, começaram a sobrevir no mercado (Antonopoulos, 2014).

## 4.2 Desafios e críticas

A despeito do potencial de promover a inclusão financeira, especialmente em regiões com sistemas bancários subdesenvolvidos ou inacessíveis por intermédio do acesso à internet, de modo a possibilitar que qualquer pessoa possa criar uma carteira de Bitcoin e participar da economia global, realizando transações de forma segura e eficiente, é imprescindível denotar imperfeições que suprimem a convicção no mercado (Antonopoulos, 2014). Determinados empecilhos carecem de atenção, com o propósito de maximizar a operação de comercialização, como:

### I. Extrema Volatilidade do Preço

- A. Uma vez que grandes flutuações de preço podem desincentivar o uso do Bitcoin para transações cotidianas e aumentar o risco de investimentos especulativos.

### II. Associação ao Uso Ilícito

- A. Em função de seu caráter pseudônimo, as transações são difíceis de rastrear, favorecendo a lavagem de dinheiro e o financiamento de atividades ilegais.

### III. Escalabilidade da Rede

- A. Em função da capacidade limitada da *blockchain* para processar transações, pode levar a atrasos e a altas taxas de transação durante períodos de alta demanda.

### 4.3 Prognóstico do processo de regulação

As criptomoedas apresentam dilemas éticos e legais relacionados à privacidade e à transparência, isto é, na medida em que a tecnologia *blockchain* é capaz de aumentar a transparência e a rastreabilidade das transações, também levanta preocupações sobre a privacidade dos usuários (de Filippi; Wright, 2018). Destarte, a regulamentação de criptomoedas envolve encontrar um equilíbrio entre fomentar a inovação e garantir a segurança, visto que regulamentações excessivamente restritivas podem sufocar os avanços tecnológicos e limitar os potenciais benefícios das criptomoedas, enquanto regulamentações insuficientes podem levar a riscos como fraudes e instabilidade financeira (Catalini; Gans, 2020).

Portanto, encontrar o ponto de equilíbrio é um desafio central para os formuladores de políticas públicas, como forma de garantir a proteção de investidores e usuários no mercado de criptomoedas, além de prevenir fraudes e manipulações de mercado, proporcionando um ambiente mais seguro para os participantes. Regulamentações a exemplo da AML (*Anti-Money Laundering*) e KYC (*Know Your Customer*) são componentes críticos do quadro legal para criptomoedas, as quais visam prevenir atividades ilícitas, como lavagem de dinheiro e financiamento ao terrorismo, exigindo que *exchanges* e outras empresas relacionadas a criptomoedas verifiquem as identidades de seus usuários e relatem atividades suspeitas (de Filippi; Wright, 2018).

### 4.4 Regulamentação de criptomoedas em diferentes países

Os países adotaram diferentes abordagens para a regulamentação de criptomoedas, variando de proibições totais a regulamentações parciais e aceitação total. A China adotou uma postura notavelmente restritiva, proibindo as ofertas iniciais de moedas (ICOs) e fechando as *exchanges* de criptomoedas domésticas. No entanto, o país tem mostrado interesse em desenvolver sua própria moeda digital, o Yuan Digital (de Filippi; Wright, 2018, p. 103-105). Por outro lado, o

Japão abraçou as criptomoedas, tornando-se o primeiro país a reconhecer o Bitcoin como moeda legal e implementando um quadro regulatório que apoia a inovação enquanto garante a proteção ao consumidor (Zohar, 2015).

Nos Estados Unidos, a regulamentação é um mosaico de leis federais e estaduais, com agências como a *Securities and Exchange Commission* (SEC) e a *Commodity Futures Trading Commission* (CFTC) desempenhando papéis importantes (de Filippi e Wright, 2018). Na União Europeia, a abordagem regulatória tem se concentrado em criar um quadro harmonizado, com a Quinta Diretiva Anti-Lavagem de Dinheiro (5AMLD), marcando um passo significativo em direção a uma regulamentação abrangente (Parlamento Europeu, 2018). No Brasil, a regulamentação está em evolução, com o banco central e a Comissão de Valores Mobiliários (CVM) monitorando ativamente o mercado e trabalhando em diretrizes regulatórias mais claras (Catalini; Gans, 2020).

## 5. Dados e metodologia

### 5.1 Índice de Incerteza das Criptomoedas (UCRY)

Constituído pelo Índice de Incerteza Política de Criptomoedas (UCRY Política) e o Índice de Incerteza de Preços de Criptomoedas (UCRY Preços), o Índice de Incerteza das Criptomoedas (UCRY) afece a ocorrência de influências relativas aos preços de ativos financeiros do Bitcoin (BTC) e indicadores de sentimento do mercado financeiro. Partindo do axioma de que a incerteza é determinante para a volatilidade dos preços e retornos financeiros das criptomoedas, os autores desenvolveram o índice com base na análise de 726,9 milhões de notícias de jornais de destaque global. Utilizando o LexisNexis Business, um dos maiores bancos de dados do mundo, foram identificadas palavras-chave relacionadas a: “Bitcoin”, “Ethereum”, “Ripple”, “Litecoin”, “Thether”, com palavras como “regulador”, “banco central” ou “governo”, “incerto”, “incerteza” e “preços das criptomoedas” (Ribeiro, 2022).

#### 5.1.1 Incerteza Política de Criptomoedas (UCRY Política)

$$UCRY Policy_t = \left( \frac{N_{1t} - \mu_1}{\sigma_1} \right) + 100 \quad (4)$$

Em que UCRY Político constitui o valor do Índice de Incerteza Política de Criptomoedas na semana (t); ( $X_{1t}$ ) configura a cotação semanal de notícias inéditas alusivas à incerteza política de criptomoedas observadas na base de dados “LexisNexis Business”; ( $\mu_1$ ) representa a média das notícias de incerteza política verificadas na semana (t); por último, ( $\sigma_1$ ) descreve o desvio padrão da incerteza política das notícias (Ribeiro, 2022).

### 5.1.2 Incerteza de Preços de Criptomoedas (UCRY Preços)

$$UCRY Price_t = \left( \frac{N_{2t} - \mu_2}{\sigma_2} \right) + 100 \quad (5)$$

Em que UCRY Preços constitui o valor do Índice de Incerteza de Preços em Criptomoedas na semana (t); ( $X_{2t}$ ) configura a cotação semanal de notícias inéditas associadas à incerteza de preços de criptomoedas averiguada na base de dados “LexisNexis Business”; ( $\mu_2$ ) representa a média das notícias de incerteza de preços aferidas na semana (t); por último, ( $\sigma_2$ ) descreve o desvio padrão da incerteza de preços das notícias (Ribeiro, 2022).

## 5.2 Variáveis endógenas à equação

À vista disso, foram estabelecidas variáveis endógenas ao sistema de equação, as quais refletem os índices determinantes e os ativos do mercado financeiro, sendo eles: o Índice de Volatilidade Implícita de Risco Financeiro (*Volatility Index* – VIX CBOE) demonstra a volatilidade implícita de preços durante um intervalo de 30 dias, atentando-se ao mercado de opções; o Índice de Stress do Mercado Financeiro (*St. Louis Fared Financial Stress Index* – ST. Fed Stress) comensura a intensidade de estresse do mercado financeiro no decurso de 18 semanas; o Índice Política de Incerteza Econômica (*Economic Policy Uncertainty* – US EPU) elucubra a periodicidade de publicações relativas à incerteza econômica relacionada e à política em 10 jornais norte-americanos; além de séries temporais com os preços da criptomoeda Bitcoin e da *commodity* ouro (Ribeiro, 2022).

**Tabela 1 – Descrição das variáveis endógenas do modelo e fonte de pesquisa**

Índices/Ativos	Descrição da Série Temporal	Fonte de Busca
Ouro	Preços do ouro	<a href="https://www.gold.org/">https://www.gold.org/</a>
Bitcoin	Preços do Bitcoin	<a href="https://www.investing.com/">https://www.investing.com/</a>
ST. Fed Stress	Índice de Estresse do Mercado Financeiro	<a href="https://fred.stlouisfed.org/">https://fred.stlouisfed.org/</a>
UCRY Político	Índice de Incerteza Política	<a href="https://sites.google.com/view/cryptocurrency-indices">https://sites.google.com/view/cryptocurrency-indices</a>
UCRY Preços	Índice de Incerteza de Preços	<a href="https://sites.google.com/view/cryptocurrency-indices">https://sites.google.com/view/cryptocurrency-indices</a>
US EPU	Índice Política de Incerteza Econômica	<a href="https://fred.stlouisfed.org/">https://fred.stlouisfed.org/</a>
VIX	Volatilidade Implícita de Risco Financeiro	<a href="https://www.investing.com/">https://www.investing.com/</a>

Fonte: elaborado pelos autores.

### 5.3 Hiato de Exploração

Com o desígnio de ponderar o impacto do Índice de Incerteza de Criptomoedas quanto ao preço do Bitcoin e de outros indicadores financeiros, transcorreu a demarcação de variáveis endógenas e seus valores entre o período de 30 de dezembro de 2013 e 30 de dezembro de 2022. Nesse sentido, as informações assimiladas exprimem os preços de fechamento semanais, às sextas-feiras, todavia, em episódios de dados ausentes, em função da ocorrência de datas sazonais e feriados, houve a necessidade de evocar o preço de fechamento de mercado do dia anterior à data procurada, às quintas-feiras (Ribeiro, 2022).

### 5.4 Modelo Vetorial de Correção de Erros (VECM)

Com o intuito de examinar a associação entre o Índice de Incerteza de Criptomoedas, os ativos financeiros e o Bitcoin, ponderou-se utilizar o modelo de Vetor Autorregressivo (VAR). Não obstante, durante as análises dos testes de estacionariedade Augment Dickey-Fuller (ADF) e de cointegração Engle-Granger (1986) e Johansen (1988), necessários à sua especificação, transcorreu-se a presença de variáveis não estacionárias e cointegradas, justificando-se, então, o uso do modelo Vetorial de Correção de Erros (VECM).

A aplicabilidade do VECM advém de as séries temporais serem integradas da mesma ordem e cointegradas, acarretando que, a despeito de não serem

estacionárias individualmente, sucedem combinações lineares dessas séries que são estacionárias, indicando uma relação de longo prazo. Condescendendo a modelagem simultânea de relações de curto e longo prazo, como forma de prever e analisar a dinâmica de ajustamento das variáveis ao equilíbrio, o modelo requer a correta especificação de cointegração das variáveis para obtenção do resultado adequado (Johansen, 1995).

O desenvolvimento do VECM requer a determinação de  $(r)$ , que representa o número de vetores de cointegração ou relações de equilíbrio. Posteriormente, procede-se à estimativa do modelo, considerando essas relações de longo e curto prazo. Importa destacar que as raízes da equação característica do sistema estimado devem estar localizadas dentro ou sobre o círculo de raio unitário, assegurando a estabilidade do modelo (Ribeiro, 2022).

Dessa forma, o modelo para  $n$  variáveis é expresso como:

$$\begin{aligned} \tau_0 \Delta Y_t = \alpha \beta^T \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ D_{t-1}^{CO} \end{bmatrix} \\ + \sum_{i=1}^{p-1} \tau_i \Delta y_{t-i} + \sum_{j=0}^q B_j x_{t-j} + CD + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (6)$$

Em que  $(p)$  é a ordem do modelo VAR;  $(\Delta)$  é o operador de diferença;  $(y_t)$  simboliza um vetor  $(n \times 1)$  de variáveis endógenas;  $(x_t)$  é um vetor  $(m \times 1)$  de variáveis exógenas ou não modeladas;  $(\beta)$  descreve a matriz  $((n + K_1) \times r)$  de  $(r)$  vetores de cointegração normalizados e  $(K_1)$  termos determinísticos;  $(\tau_i)$  reflete uma matriz  $(n \times n)$  e assinala as influências de curto prazo entre as variáveis em  $n$  equações para  $i$ -ésimo defasamento;  $(B_j)$  caracteriza as matrizes  $(n \times m)$  de coeficientes relativos aos impactos do  $j$ -ésimo defasamento das variáveis exógenas;  $(D_t)$  representa o vetor  $(K_2 \times 1)$  abrangendo os termos determinísticos restantes;  $(C)$  concerne a matriz  $(n \times K_2)$  de coeficientes relativos aos termos determinísticos associados a  $(D_t)$ ;  $(\varepsilon_t)$  retrata um vetor  $(n \times 1)$  de perturbações aleatórias; por último,  $(\tau_0)$  descreve a matriz identidade em sua forma reduzida  $(In)$  (Ribeiro, 2022).

### 5.5 Teste de Estacionariedade Augment Dickey-Fuller (ADF)

Empregado para validação de séries estacionárias, com o teste de estacionariedade Augment Dickey-Fuller, perquiri o pressuposto de que a série possui raiz unitária, em sua hipótese nula, ao assentir que os erros são independentes e a variância é constante, tornando-a não estacionária (Ribeiro, 2022).

$$\Delta y_t = \beta' D_t + \pi y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \varphi_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Onde ( $\Delta y_{t-j}$ ) é aplicado de modo a minimizar os erros de estrutura dos modelos autorregressivos de média móvel (*Autoregressive Moving Average – ARMA*); ( $\beta'$ ), ( $\pi$ ), e ( $\varphi_j$ ) são os coeficientes concernentes às variáveis (em caso de  $\pi = \mathbf{0}$  aceita-se a hipótese nula); ( $D_t$ ) corresponde ao vetor dos termos determinísticos; ( $p$ ) simboliza o termo que exprime o número de defasagens, no qual seu valor definido para que o erro ( $\varepsilon_t$ ) seja serialmente não correlacionado e, por conseguinte, homocedástico (Ribeiro, 2022).

### 5.6 Teste de Cointegração de Engle-Granger e Johansen

Indagada mediante os testes Engle-Granger (1986) e Johansen (1998), a incidência de cointegração entre as variáveis de séries procedentes do mercado financeiro está condicionada à presença de causalidade em ao menos uma direção, sendo expressa quando ( $X_t$ ) e ( $Y_t$ ) são iguais a “1”. Por outro lado, se porventura os preços ( $X_t$ ) e ( $Y_t$ ) derivam do mercado especulativo, a presunção de “mercado eficiente” inibe a eventualidade de cointegração, uma vez que, a hipótese sendo verdadeira, potencializariam a arbitrariedade ao auxiliar o prognóstico de preços reciprocamente (Ribeiro, 2022).

Fundamentado na estimação por verossimilhança, o teste de cointegração Johansen (1988) apresenta dois testes:

O primeiro teste é intitulado como estatística do traço.

$$H_0(r): r = r_0 \text{ vs } H_1(r_0): r > r_0 \quad (8)$$

$$LR_{traço}(r_0) = -T \sum_{i=r_0}^n \ln(1 - \gamma_i)$$

Principiando do assentamento de  $(Y_i)$  como os autovalores da matriz, temos que na circunstância do posto matricial ser igual a  $(r_0)$ , a estatística do teste tende a ser sucinta, visto que os autovalores tendem a estar próximos de zero; por outro lado, em caso de ser maior que  $(r_0)$ , a estatística tende a um valor elevado, em decorrência dos autovalores serem diferentes de zero (Ribeiro, 2022).

O segundo teste é designado como teste do máximo autovalor.

$$\begin{aligned} H_0(r_0) : r = r_0 \text{ vs } H_1(r_0) : r_0 = r_0 + 1 \\ LR_{máximo}(r_0) = -T \ln(1 - \gamma_{r_0+1}) \end{aligned} \quad (9)$$

Na hipótese de não rejeição da hipótese nula no primeiro teste, em que  $H_0(r_0) = 0$  contra  $H_1(r_0 > 0)$ , infere-se que a ausência do vetor de cointegração entre as variáveis da variável dependente  $(Y_t)$ , do contrário, aufere-se a existência de ao menos um vetor de cointegração (Ribeiro, 2022).

### 5.7 Teste *Lag Length Criteria* de Apuração da Ordem de Defasagens

A elementaridade da especificação do comprimento do *lag* aflora da assimilação de que a estimação do VAR cujo *lag length* esteja impreciso, descenderá equívocos quanto à veracidade dos impulsos-resposta e da decomposição da variância (Braun; Mitnik, 1993).

Nessa perspectiva, foram antepostos os critérios: *Akaike's Information Criterion* (AIC); *Hannan and Quinn Information Criterion* (HQIC); *Schwarz's Bayesian Information Criterion* (SBIC); no desígnio de auferir as ordens de defasagens das variáveis endógenas ao modelo, atentando-se que, em caso de seleção de uma ordem maior que a apropriada, acentuaria a probabilidade de inconsistência do Erro Quadrático Médio (EQM) na estimação do VAR, enquanto a eventualidade de seleção de uma ordem menor que a apropriada, habitualmente concebe erros de autocorrelação (Lütkepohl, 2006).

## 5.8 Teste *Lagrange Multiplier* de Autocorrelação dos Resíduos (LM)

A modelagem de séries temporais infere, entre outras coisas, constância e não autocorrelação entre elas. Isto posto, a constatação de que a flutuação do preço de um ativo é associada a seus valores defasados, impõe-se a intermissão dessas presunções. Destarte, com o intuito de averiguar as propriedades de autocorrelação dos resíduos, foram empregados: o teste Lagrange Multiplier (LM) de Breusch-Godfrey (1978) e o teste de Portmanteau (1970) (Ribeiro, 2022).

Em primeiro lugar, o teste LM de Breusch-Godfrey investiga baixa ordem de autocorrelação residual em valores reduzidos de “h”. Por outro lado, o teste de Portmanteau é mais compatível com valores maiores de “h”. Desse modo, decorre a auditoria das propriedades de autocorrelação residual no modelo, em que, sob circunstância de autocorrelação, há a imprescindibilidade de aumento do número de *lags* até a ocorrência de não autocorrelação dos resíduos, perante um nível de significância de 10% (Ribeiro, 2022).

## 5.9 Teste de Estabilidade Estrutural do Modelo

Transversalmente ao teste de estabilidade do modelo, verifica-se a peculiaridade das raízes inversas do polinômio, as quais podem apresentar comportamento explosivo ou não: em caso de todas terem módulo menor que 1, o sistema é estável; se uma das raízes for maior que 1, o sistema é instável; e se for igual a 1, o sistema é não-estacionário. À vista disso, as funções impulso-resposta e a decomposição de variância dos erros de previsão serão examinadas unicamente sob hipótese de estabilidade (Ribeiro, 2022).

## 5.10 Função Impulso-Resposta

A Função Impulso-Resposta (Impulse Response Function - IRF) é aplicada para descrever o comportamento de uma variável a um impulso de outra, em que: transcorrendo uma reação a este impulso, torna-se factível induzir que ocorra determinada forma de causalidade entre as variáveis do modelo, sejam elas provenientes de um efeito de choque, seja de uma inovação exógena (Ribeiro, 2022).

Amparando a compreensão consoante aos efeitos de um choque inicial se propagar através do sistema, ao longo do tempo, os gráficos de IRF assinalam a

resposta das variáveis a um choque padrão em uma unidade, oportunizando a constatação de interdependências dinâmicas entre as variáveis. Assim, sucede a visualização nítida da estabilidade do sistema e a persistência dos choques. Todavia, a interpretação apropriada provém da especificação do modelo subjacente, podendo propiciar imperfeições em sistemas com um número elevado de variáveis (Lütkepohl, 2006).

### **5.11 Decomposição da Variância do Termo de Erro**

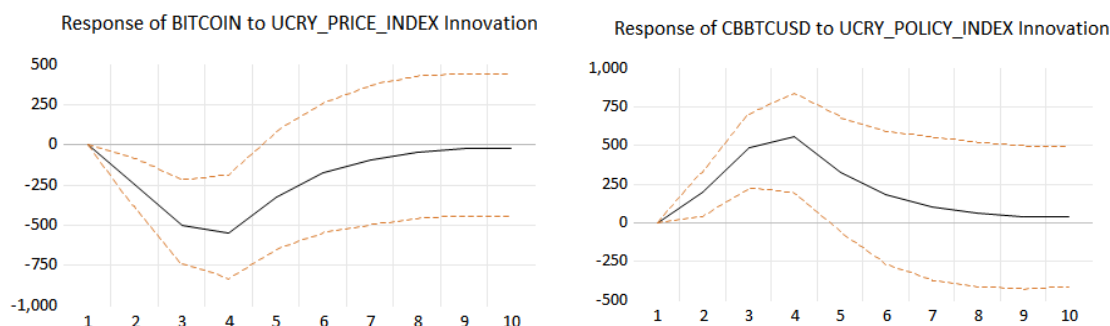
Empregada para mensurar a variância do erro de previsão de uma variável endógena, sendo imputada em função dos choques ortogonais a ela mesma ou a outra variável endógena, a Decomposição da Variância dos Erros de Previsão (*Forecast Error Variance Decomposition* - FEVD) também está relacionada às inovações estruturais, sejam elas permanentes, sejam transitórias, concernentes às variáveis do modelo, propiciando a compreensão da magnitude dos choques. Em outros termos, viabiliza a ponderação da quantidade percentual da variância do erro cometido na prognose do UCRY Político e do UCRY Preços, em função de choques nas variáveis do sistema (Ribeiro, 2022).

## **6. Resultados**

### **6.1 Testes de Impulso-Resposta e Decomposição da Variância do Termo de Erro**

O teste de Impulso-Resposta expressou que, em consequência das inovações exógenas provenientes de outras variáveis endógenas ao modelo, sobrevêm oscilações da variável “Bitcoin”. Perante intervalos de confiança de 95% na construção do gráfico, temos que: a introdução de uma inovação nas variáveis UCRY Preços e UCRY Político sucedem choques de curto prazo, atingindo seus respectivos ápices no tempo 4 (quatro), mas com tendências ao equilíbrio e 0 (zero) no longo prazo. Sob o prisma da variável UCRY Preços, a tendência inicial é negativa, chegando a aproximadamente menos quinhentos (-500) e se dissipando com o passar do tempo. Por outro lado, na variável UCRY Político, a tendência inicial é positiva, chegando a aproximadamente quinhentos (500) e se dissipando com o passar do tempo. Em ambos os casos, é possível denotar que a maior incidência ocorre no curto prazo, não gerando efetivas contrariedades em longo prazo.

### Gráfico 1 – Funções Impulso-Resposta de Bitcoin (CBBTCUSD)

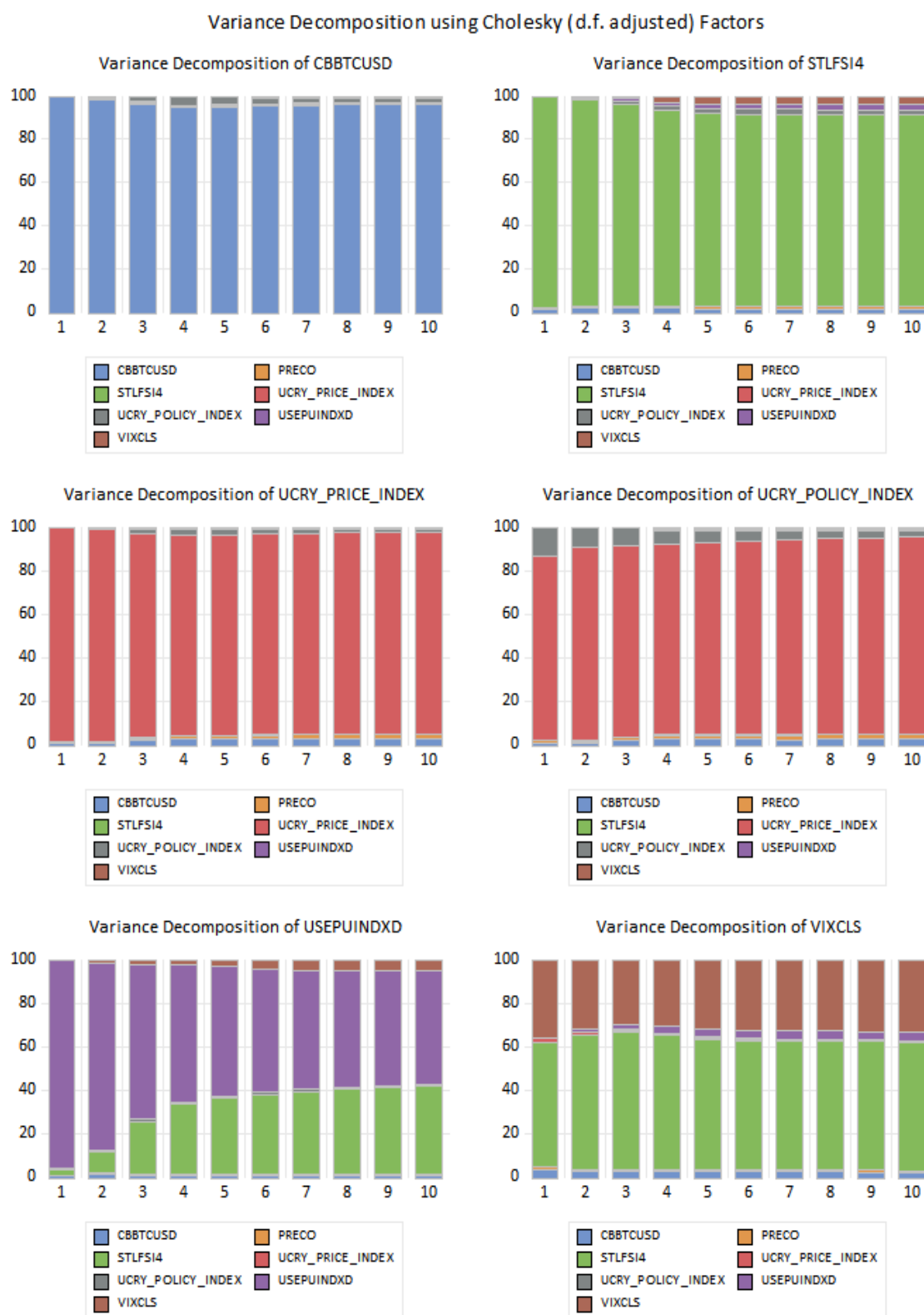


Fonte: elaborado pelos autores.

O teste de decomposição da variância do termo de erro, utilizado na mensuração da significância dos choques das variáveis do sistema, expôs que, dentre as variáveis, temos que: na decomposição da variável “Bitcoin”, há maior representatividade da variável UCRY Político no período de tempo três (3), todavia ela entra em decréscimo até o último período (10); na decomposição da variável “ST. Fed Stress”, transcorre uma tendência de crescimento das variáveis VIX, US EPU e UCRY Político, a partir do período de tempo dois (2), ao mesmo tempo em que ocorre um crescimento da representatividade da variável Bitcoin dos períodos um (1) ao quatro (4), retraindo logo após e se estagnando junto a variável Ouro; na decomposição da variável “UCRY Preços”, é perceptível que no período de tempo quatro (4), a variável UCRY Preços apresenta maior representatividade, intercorrendo um decréscimo até o período final (10); por outro lado, as variáveis Ouro e Bitcoin demonstram uma tendência de crescimento desde o período um (1); na decomposição da variável “UCRY Político”, há um choque inicial (1) com grande representatividade da própria variável, que se dispersa até o período final (10). De outro modo, temos uma tendência de crescimento das variáveis Ouro e Bitcoin; na decomposição da variável “US EPU”, transcorre uma tendência de crescimento das variáveis VIX e ST. Fed Stress desde o período de tempo um (1), com ênfase na última, a qual chega a representar 40% no período final (10); na decomposição da variável “VIX”, o choque inicial (1) da variável Bitcoin se dispersa com o tempo, apresentando uma tendência de decréscimo. Enquanto isso, há uma tendência de crescimento da variável US EPU e também decorre uma flutuação da variável ST. Fed Stress, que, no período de tempo um (1),

já apresenta grande parcela na decomposição de variância, crescendo até o período três (3) e estagnando posteriormente.

**Gráfico 2 – Resultados do Teste de Decomposição da Variância do Termo de Erro**



Fonte: elaborado pelos autores.

## 7. Conclusão

O trabalho em questão possuiu, por desígnio, perscrutar a defluência da insegurança no preço dos criptoativos e na adesão dos agentes econômicos ao mercado de criptomoedas, empregando: alicerces teóricos Keynesianos em proveito de minudenciar a associação entre a demanda por moeda e a demanda por outros ativos monetários, na qual a liquidez emerge como um conceito central, destacando a capacidade única da moeda de liquidar transações e obrigações de maneira imediata, concomitante com a preferência pela liquidez (PPL) dos agentes econômicos como resposta à incerteza sobre o futuro; e o Índice de Incerteza de Criptomoedas (UCRY), com a finalidade de averiguar suas implicações relativas à criptomoeda preeminente do setor, o Bitcoin (BTC), exteriorizando a vulnerabilidade do mercado frente a adversidades.

Em contextos de incerteza, a demanda por moeda aumenta, evidenciando a função da liquidez como um prêmio pela manutenção do valor e pela facilidade de conversão em moeda. Isto posto, a teoria keynesiana aborda a demanda por moeda através de três motivos principais: transação, precaução e especulação. Esses motivos explicam como os agentes econômicos equilibram suas necessidades de liquidez frente às oportunidades de investimento, baseando-se em expectativas sobre taxas de juros e sobre a eficiência marginal do capital.

Evidenciado na introdução das criptomoedas como uma alternativa ao sistema financeiro tradicional e no papel da criptografia na segurança das transações, assim como na criação de um sistema monetário descentralizado, o Bitcoin, em particular, exemplifica a busca por um meio de troca que prescindir de instituições financeiras intermediárias, proporcionando uma nova perspectiva sobre a função do dinheiro em um contexto digital. Expondo peculiaridades de ativos especulativos, com proeminente volubilidade e suscetibilidade à defluência de eventualidades exógenas, o mercado de criptomoedas e seu preponderante símbolo, o Bitcoin, expõem uma circunstância de fragmentação relativamente à incumbência Keynesiana das três funções desempenhadas pela moeda, sendo a primeira: reter a aplicabilidade como meio de pagamento; em segundo lugar, convir como unidade de conta e, em terceiro lugar, o encargo como reserva de valor; contrastando o anseio de seguidores mais entusiasmados com a factibilidade da aquiescência dos ativos como moedas, visto que falha na compreensão dos últimos dois princípios.

A ponderação do histórico de preços das séries temporais entre o período de 30 de dezembro de 2013 a 30 de dezembro de 2022 advém com o intuito de constatar tendências, a manifestação de presumíveis processos cointegrados e conjuntamente, estacionariedade. Com o auxílio dos testes de Estacionariedade Augment Dickey-Fuller (ADF) e de Cointegração de Engle-Granger e Johansen, tornou-se plausível inferir a ocorrência de estacionariedade nas séries temporais, delineando a substancialidade do manuseamento do modelo de Vetor de Correção de Erros (VECM), similarmente às análises estruturais dos Impulsos-Resposta (IRF) das variáveis endógenas ao sistema e da Decomposição da Variância do Termo de Erro (FEVD).

Os resultados auferidos nos modelos VECM e IRF enunciaram que, em decorrência da inserção de inovações exógenas procedentes das variáveis Incerteza Política de Criptomoedas e Incerteza de Preços de Criptomoedas, as quais denotam indicadores representativos ao mercado, influíram flutuações no Bitcoin positivamente e negativamente, respectivamente, com maior potência no curto prazo. Nada obstante, há uma propensão no conjunto de variáveis citadas precedentemente, que suceda uma adaptação do mercado à inovação, dissipando-a no longo prazo.

Nesse seguimento, os resultados verificados na FEVD evidenciaram que a variável Bitcoin é a que dispõe de maior representatividade entre as variáveis mensuradas, consoantes aos choques ortogonais das variáveis endógenas UCRY Político e UCRY Preços. Ulteriormente, em segundo lugar, a variável Ouro exterioriza representatividade linear significativa, com indícios de perpetuação a longo prazo. Por outro prisma, a variável Índice de Stress do Mercado Financeiro (ST. Fed Stress) é a que dispõe de maior representatividade entre as variáveis mensuradas, consoantes aos choques ortogonais das variáveis endógenas US EPU e VIX, externando um movimento de crescimento e constância, respectivamente.

Em síntese, os choques gerados pela Incerteza de Preços e Política no preço Bitcoin decorrem da alta sensibilidade do ativo a fatores exógenos e ao comportamento especulativo predominante entre os investidores. A volatilidade é intensificada por expectativas e reações rápidas a notícias e eventos macroeconômicos, evidenciando a vulnerabilidade do mercado a variações abruptas em fatores políticos e econômicos. A Incerteza Política, advinda de mudanças regulatórias ou instabilidade governamental, contribui para um ambiente

de instabilidade que amplifica a volatilidade, enquanto a Incerteza de Preços, impulsionada por especulações ou variações na oferta e demanda, exacerba as oscilações dos valores. Esses choques impactam não apenas a dinâmica de curto prazo do mercado, mas também moldam a percepção de risco e as estratégias de investimento dos participantes, que ajustam suas ações rapidamente para proteger ou maximizar retornos, acentuando, assim, as flutuações do mercado.

A análise econométrica, mediante os modelos VECM e IRF, corrobora a inferência de que, embora o mercado tenda a absorver tais choques no longo prazo, as oscilações de curto prazo desempenham um papel crucial na formação de estratégias de investimento e na orientação de políticas regulatórias. Portanto, a despeito da alta volatilidade permitir que investidores especulativos capitalizem sobre as oscilações, promovendo estratégias de compra e venda visando o lucro, além de aumentar a atratividade do mercado e estimular o interesse de novos investidores, os choques de curto prazo acarretam riscos substanciais, gerando incerteza perante o mercado e seus investidores.

Como sugestão para estudos futuros, tem-se a investigação das relações entre o Índice de Incerteza da Criptomoedas e a política monetária dos EUA, estabelecendo uma correlação dos movimentos de alta e baixa do mercado com a taxa de juros do país. Ademais, destaca-se que a busca por variáveis ou ativos financeiros não foi exaurida, havendo, por conseguinte, a possibilidade de existência de determinado componente que seja capaz de elucidar superiormente o comportamento frente às incertezas.

## Referências

ANTONOPOULOS, A. M. *Mastering Bitcoin: unlocking digital cryptocurrencies*. “O’Reilly Media, Inc.”, 2014.

BJERG, O. How is Bitcoin money? *Theory, culture & society*, v. 33, n. 1, p. 53-72, 2016.

BRAUN, P. A.; MITTNIK, S. Misspecifications in vector autoregressions and their effects on impulse responses and variance decompositions. *Journal of econometrics*, v. 59, n. 3, p. 319-341, 1993.

CATALINI, C.; GANS, J. S. Some simple economics of the blockchain. *Communications of the ACM*, v. 63, n. 7, p. 80-90, 2020.

COINGLASS. *Bitcoin Dominance*. Disponível em: <https://www.coinglass.com/pro/i/MarketCap>. Acesso em: 29 Jun. 2023.

DE CARVALHO, F. J. C. A não neutralidade da moeda em economias monetárias de produção: a moeda nos modelos pós-Keynesianos. *Estudos Econômicos*, v. 21, n. 1, p. 11-40, 1991.

DE FILIPPI, P.; WRIGHT, A. *Blockchain and the law: The rule of code*. Cambridge: Harvard University Press, 2018.

ENGLE, R. F.; GRANGER, C. WJ. Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, p. 251-276, 1987.

GLASSNODE STUDIO. *GLASSNODE.COM*, 2018. Disponível em: <https://glassnode.com/>. Acesso em: 07 Dez. 2022.

GLASSNODE STUDIO. *Bitcoin: Fear and Greed Index*. Disponível em: <https://studio.glassnode.com/metrics?a=BTC&category=Market%20Indicators&m=indicators.FearGreed&s=1517443200&u=1672541999&zoom=>. Acesso em: 29 Jun. 2023.

JOHANSEN, S. *Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models*. Oxford: Oxford University Press, 1995.

KEYNES, J. M. *A treatise on money*. London: Macmillan, 1930. v. I.

KEYNES, J. M. *A teoria geral do emprego, do juro e da moeda* [1936]. São Paulo: Atlas, 1992.

KEYNES, J. M. *A treatise on probability*. Courier Corporation, 1921.

LOPES, J. C.; ROSSETTI, J. P. *Economia Monetária*. São Paulo: Atlas, 1998.

LUCEY, B. M. *et al.* The cryptocurrency uncertainty index. *Finance Research Letters*, v. 45, 2022.

LÜTKEPOHL, H. Structural vector autoregressive analysis for cointegrated variables. *Allgemeines Statistisches Archiv*, v. 90, p. 75-88, 2006.

MATTOS, O. B.; ABOUCHEDID, S.; SILVA, L. A. As criptomoedas e os novos desafios ao sistema monetário: uma abordagem pós-keynesiana. *Economia e Sociedade*, v. 29, p. 761-778, 2020.

MEIRA, L. A.; COSTAL, G. Z.; LUZ, E. S. Criptomoedas: moedas, ativo financeiro ou uma nova tulipa? *Economic Analysis of Law Review*, v. 10, n. 3, p. 53-78, 2019.

NAKAMOTO, S. *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. 2008.

NARAYANAN, A. *et al. Bitcoin and cryptocurrency technologies*. 2016.

PARLAMENTO EUROPEU. *Regulation of cryptocurrencies and blockchain technologies in the EU*. 2018.

PEREIRA, E. J. de A. L.; DA CRUZ URPIA, A. G. B. Hipótese dos mercados eficientes vis-à-vis incerteza, convenção e especulação: por uma mudança de paradigma nos mercados financeiros. *Pesquisa & Debate*, v. 22, n. 1 (39), 2011.

RIBEIRO, A. F. C. *Análise do impacto do Índice de Incerteza de Criptomoedas sobre o preço do Bitcoin e de outros indicadores financeiros*. 2022. Dissertação (Economia). Escola de Economia da Fundação Getulio Vargas. São Paulo, 2022.

SILVA, L. G. D. *A regulação do uso de criptomoedas no Brasil*. 2017. Dissertação (Direito Político e Econômico). Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2017.

WRAY, L. R. A teoria do dinheiro de Keynes: uma avaliação após 70 anos. *Revista de Economia*, v. 32, n. 2, p. 43-62, 2006.

ZOHAR, A. Bitcoin: under the hood. *Communications of the ACM*, v. 58, n. 9, p. 104-113, 2015.

## Apêndice

**Tabela A1 – Estatística Descritiva das Variáveis**

Estadística	Bitcoin	Ouro	ST. Fed Stress	UCRY Político	UCRY Preços	US EPU	VIX
Número de Observações	470	470	470	470	470	470	470
Mínima	195,92	1057,4	-0,9922	99,0242	99,03057	36,88857	9,34
Máxima	64757,15	2031,15	5,303200	114,6519	113,1486	576,7257	74,618
Média	11870,12	1440,541	-0,251795	101,1032	101,1032	122,464	18,25084
Mediana	6451,338	1313,3	-0,351600	99,85126	99,87283	98,105	16,135
Desvio Padrão	15873,35	265,5747	0,618800	2,792947	2,785594	86,86082	7,445599
Assimetria	1,642541	0,609336	4,179482	2,123687	2,077287	2,868683	2,450335
Curtose	4,638308	1,836405	32,48103	7,060755	6,809113	1271604	14,25073

Fonte: elaborado pelos autores.

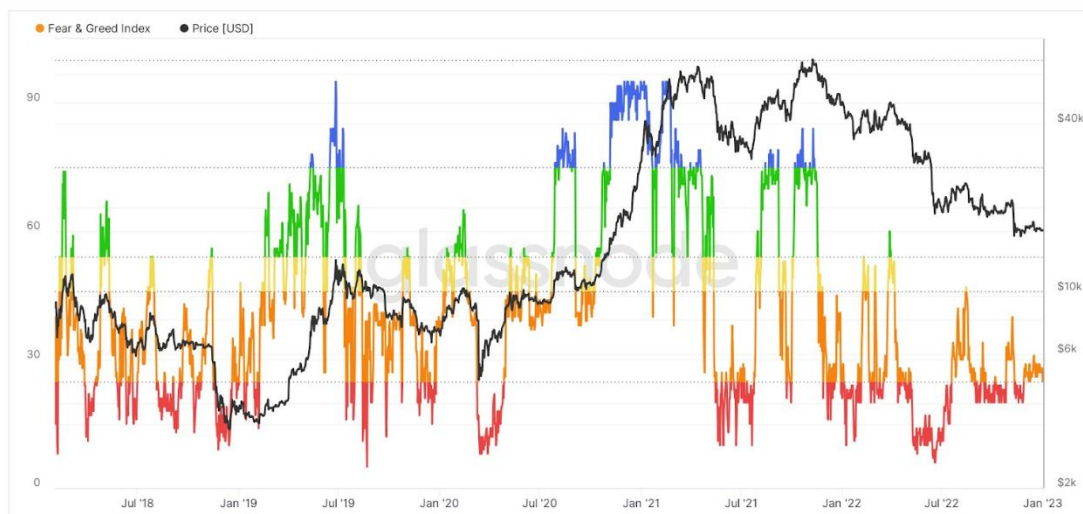
**Tabela A2 – Matriz de Correlação do Sistema de Variáveis**

Variáveis	Bitcoin	Ouro	ST. Fed Stress	UCRY Político	UCRY Preços	US EPU	VIX
Bitcoin	1						
Ouro	0,062589	1					
ST. Fed Stress	0,11672	0,006898	1				
UCRY Político	0,066445	0,060544	0,000191	1			
UCRY Preços	0,062352	0,057895	0,009066	0,933685	1		
US EPU	0,010967	0,081306	0,167905	0,057796	0,085002	1	
VIX	0,178725	0,094129	0,7641	0,143857	0,150562	0,123606	1

Fonte: elaborado pelos autores.

### Gráfico A1 – Índice de Medo e Ganância do Bitcoin

Bitcoin: Fear & Greed Index (alternative.me)

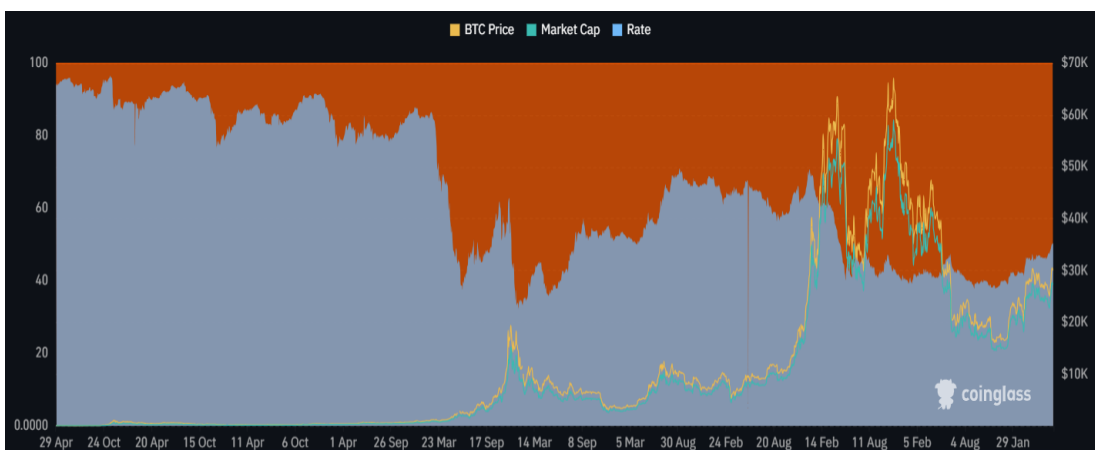


© 2023 Glassnode. All Rights Reserved.

glassnode

Fonte: Glassnode.

### Gráfico A2 – Dominância do Valor de Mercado do Bitcoin



Fonte: Coinglass.

**Tabela A3 – Resultados do Teste de Apuração das Ordens de Defasagem**

LAGS	AKAIKE	SCHWARZ	HANNAN-QUINN
0	57,85492	57,91758	57,87959
1	44,62561	<b>45,12689*</b>	<b>44,82297*</b>
2	44,47626	45,41616	44,84630
3	44,40890	45,78742	44,95163
4	<b>44,39201*</b>	46,20915	45,10743
5	44,41681	46,67258	45,30493
6	44,44154	47,13592	45,50234

Fonte: elaborado pelos autores.

Nota: o asterisco indica o número ótimo de defasagens para os critérios de informação utilizados.

**Tabela A4 – Resultados do Teste de Causalidade de Engle-Granger**

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
PRECO does not Granger Cause CBBTCUSD CBBTCUSD does not Granger Cause PRECO	464	2.59815 1.07560	0.0174 0.3761
STLFSI4 does not Granger Cause CBBTCUSD CBBTCUSD does not Granger Cause STLFSI4	464	0.66141 0.56448	0.6809 0.7587
UCRY_POLICY_INDEX does not Granger Cause CBBTCUSD CBBTCUSD does not Granger Cause UCRY_POLICY_INDEX	464	1.74542 4.07073	0.1088 0.0005
UCRY_PRICE_INDEX does not Granger Cause CBBTCUSD CBBTCUSD does not Granger Cause UCRY_PRICE_INDEX	464	1.82865 4.16078	0.0919 0.0004
USEPUINDXD does not Granger Cause CBBTCUSD CBBTCUSD does not Granger Cause USEPUINDXD	464	1.51822 1.24127	0.1703 0.2638
VIXCLS does not Granger Cause CBBTCUSD CBBTCUSD does not Granger Cause VIXCLS	464	1.47865 0.79003	0.1837 0.5781
STLFSI4 does not Granger Cause PRECO PRECO does not Granger Cause STLFSI4	464	1.74115 1.38790	0.1098 0.2178
UCRY_POLICY_INDEX does not Granger Cause PRECO PRECO does not Granger Cause UCRY_POLICY_INDEX	464	1.16269 1.74861	0.3252 0.1081
UCRY_PRICE_INDEX does not Granger Cause PRECO PRECO does not Granger Cause UCRY_PRICE_INDEX	464	0.99479 1.89574	0.4282 0.0800
USEPUINDXD does not Granger Cause PRECO PRECO does not Granger Cause USEPUINDXD	464	2.54221 1.37994	0.0197 0.2210
VIXCLS does not Granger Cause PRECO PRECO does not Granger Cause VIXCLS	464	1.85116 2.89321	0.0877 0.0089
UCRY_POLICY_INDEX does not Granger Cause STLFSI4 STLFSI4 does not Granger Cause UCRY_POLICY_INDEX	464	0.92724 1.65439	0.4750 0.1306
UCRY_PRICE_INDEX does not Granger Cause STLFSI4 STLFSI4 does not Granger Cause UCRY_PRICE_INDEX	464	0.97227 1.22170	0.4434 0.2937
USEPUINDXD does not Granger Cause STLFSI4 STLFSI4 does not Granger Cause USEPUINDXD	464	1.08516 22.2404	0.3703 6.E-23
VIXCLS does not Granger Cause STLFSI4 STLFSI4 does not Granger Cause VIXCLS	464	4.14089 2.41359	0.0005 0.0263
UCRY_PRICE_INDEX does not Granger Cause UCRY_POLICY_INDEX UCRY_POLICY_INDEX does not Granger Cause UCRY_PRICE_INDEX	464	13.2218 6.89323	8.E-14 5.E-07
USEPUINDXD does not Granger Cause UCRY_POLICY_INDEX UCRY_POLICY_INDEX does not Granger Cause USEPUINDXD	464	0.68596 1.45607	0.6611 0.1917
VIXCLS does not Granger Cause UCRY_POLICY_INDEX UCRY_POLICY_INDEX does not Granger Cause VIXCLS	464	1.78932 1.48664	0.0996 0.1809
USEPUINDXD does not Granger Cause UCRY_PRICE_INDEX UCRY_PRICE_INDEX does not Granger Cause USEPUINDXD	464	1.16001 0.84828	0.3267 0.5331
VIXCLS does not Granger Cause UCRY_PRICE_INDEX UCRY_PRICE_INDEX does not Granger Cause VIXCLS	464	0.75791 1.11855	0.6034 0.3503
VIXCLS does not Granger Cause USEPUINDXD USEPUINDXD does not Granger Cause VIXCLS	464	21.9139 1.63122	1.E-22 0.1367

Fonte: elaborado pelos autores.

Nota: a hipótese nula (H0) do Teste de Causalidade de Engle-Granger delimita que não há causalidade entre as variáveis. Os resultados consideram a quantidade de lags (lag = 6) como critério de seleção da ordem de defasagens do modelo.

**Tabela A5 – Resultados do Teste de Estacionariedade Augment Dickey-Fuller**

ADF	UCRY POLÍTICO	UCRY PREÇOS	VIX	ST. FED STRESS	US EPU	BITCOIN	OURO
P - Valor	0,0566	0,0566	0,0000	0,0000	0,0036	0,4808	0,7991
Valores Críticos	-2,817345	-2,817378	-5,222284	-5,798198	-3,760181	-1,601807	-0,864140
1%	-3,444098	-3,444098	-3,444098	-3,444098	-3,444098	-3,444098	-3,444098
5%	-2,867496	-2,867496	-2,867496	-2,867496	-2,867496	-2,867496	-2,867496
10%	-2,570005	-2,570005	-2,570005	-2,570005	2,570005	2,570005	2,570005

Fonte: elaborado pelos autores.

Nota: o teste ADF realizado nas sete séries temporais que compõem o modelo incluiu constante e tendência. O lag utilizado nos testes (lag = 1) foi determinado pelos critérios de informação de Schwarz 's Bayesian (SBIC) e Hannan and Quinn (HQIC).

**Tabela A6 – Resultados do Teste de Estacionariedade Augment Dickey-Fuller (Primeira Diferença)**

ADF	UCRY POLÍTICO	UCRY PREÇOS	BITCOIN	OURO
P - Valor	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Valores Críticos	-16,89964	-16,319530	-11,09555	-13,31774
1%	-3,444158	-3,444158	-3,444158	-3,444158
5%	-2,867522	-2,867522	-2,867522	-2,867522
10%	-2,570019	-2,570019	-2,570019	-2,570019

Fonte: elaborado pelos autores.

Nota: o teste ADF realizado nas sete séries temporais que compõem o modelo incluiu constante e tendência. O lag utilizado nos testes (lag = 2) foi determinado pelos critérios de informação de Schwarz 's Bayesian (SBIC) e Hannan and Quinn (HQIC).

**Tabela A7 – Resultados do Teste de Cointegração de Engle-Granger**

Variável Dependente	Estatística - tau (Akaike)	P - Valor (Akaike)	Estatística - tau (Schwarz)	P- Valor (Schwarz)	Estatística - tau (Hannan Quinn)	P - Valor (Hannan-Quinn)
UCRY Político	-11,59468	0,0001	-16,12234	0,0001	-11,59468	0,0001
UCRY Preços	-11,54848	0,0001	-15,84491	0,0001	-11,54848	0,0001
VIX	-7,606885	0,0000	-7,606895	0,0000	-7,606885	0,0000
ST. Fed Stress	-4,461100	0,2763	-6,018968	0,0055	-6,018968	0,0055
US EPU	-6,256737	0,0024	-8,646469	0,0000	-8,646469	0,0000
Bitcoin	-3,406224	0,7972	-3,406224	0,7972	-3,406224	0,7972
Ouro	-3,405032	0,7977	-4,323990	0,3396	-4,32990	0,3396

Fonte: elaborado pelos autores.

Nota: o teste de cointegração de Engle-Granger é realizado com três especificações diferentes, dadas pelas ordens de defasagem dos critérios de informação de Akaike, Schwarz e Hannan-Quinn. A hipótese nula (H0) do teste é de que não há cointegração. As colunas de P-valor reportam a significância estatística de cada teste de hipótese.

**Tabela A8 – Resultados do Teste de Autocorrelação dos Resíduos de Breusch-Godfrey**

Lags	Estatística F	P - Valor
1	1,804474	0,0006
2	2,073278	0,0000
3	1,389123	0,0392
4	1,842987	0,0004
5	2,252889	0,0000
6	1,805511	0,0006
7	1,403244	0,0347
8	1,938518	0,0000

Fonte: elaborado pelos autores.

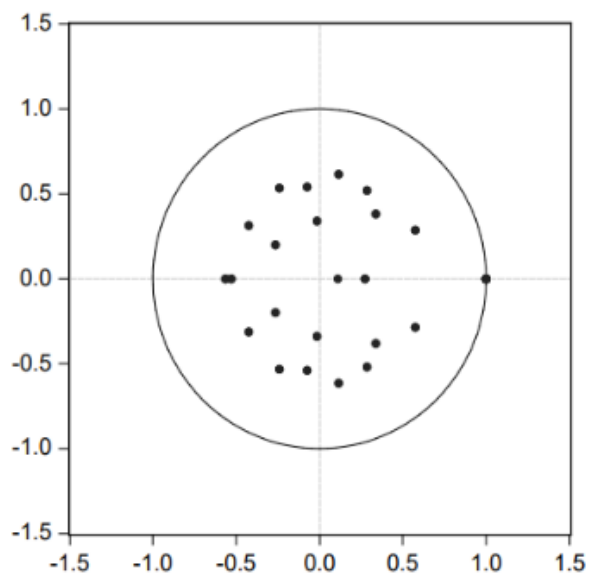
Nota: a hipótese nula (H0) do teste de autocorrelação dos resíduos Lagrange Multiplier de Breusch-Godfrey é de que não há autocorrelação nas *lags* de ordem de defasagens. Os resultados acima consideram a quantidade de *lags* (lag = 3) como critério de seleção da ordem de defasagens das variáveis endógenas.

**Tabela A9 – Resultados do Teste de Autocorrelação dos Resíduos de Portmanteau**

Lags	Estatística F	P - Valor
1	3,405559	—
2	9,933791	—
3	19,06320	—
4	88,44550	0,5563
5	189,2259	0,0035
6	270,5057418,9987	0,0001
7	333,5483	0,0000
8	418,9987	0,0000

Fonte: elaborado pelos autores.

Nota: a hipótese nula ( $H_0$ ) do teste de autocorrelação dos resíduos Portmanteau é de que não há autocorrelação nas *lags* de ordem de defasagens acima da ordem de *lags* selecionadas. Os resultados consideram a quantidade de *lags* ( $lag = 3$ ) como critério de seleção da ordem de defasagens do modelo.

**Gráfico A3 – Resultados do Teste de Estabilidade Estrutural do Modelo**

Fonte: elaborado pelos autores.

**Tabela A10 – Resultados do Teste de Cointegração de Johansen**

Hipóteses N.º de Cointegrações	Autovalor	Estatística do Traço	Valores Críticos	P - Valor
Nenhum*	0,214065	274,8074	125,6154	0,0000
Ao menos 1*	0,140083	162,5568	95,75366	0,0000
Ao menos 2*	0,093774	92,22831	69,81889	0,0003
Ao menos 3	0,046097	46,34301	47,85613	0,0689
Ao menos 4	0,033799	24,35105	29,79707	0,1860
Ao menos 5	0,015316	8,328557	15,49471	0,4309
Ao menos 6	0,002435	1,136038	3,841465	0,2865

Fonte: elaborado pelos autores.

Nota: a hipótese nula (H0) do teste do traço de Johansen é de que não há cointegração. O asterisco indica que se rejeita H0 a 5% de nível de confiança. Pela estatística do traço verifica-se a existência de 4 cointegrações. Estas análises consideraram tendência linear determinística nas variáveis.

**Tabela A11 – Resultados do Teste de Cointegração de Johansen (Máximo Autovalor)**

Hipóteses N.º de Cointegrações	Autovalor	Estatística do Traço	Valores Críticos	P - Valor
Nenhum*	0,214065	112,2506	46,23142	0,0000
Ao menos 1*	0,140083	70,32851	40,07757	0,0000
Ao menos 2*	0,093774	45,88530	33,87687	0,0012
Ao menos 3	0,046097	21,99196	27,58434	0,2208
Ao menos 4	0,033799	16,02249	21,13162	0,2235
Ao menos 5	0,015316	7,192520	14,26460	0,4666
Ao menos 6	0,002435	1,136038	3,841465	0,2865

Fonte: elaborado pelos autores.

Nota: a hipótese nula (H0) do teste de máximo autovalor de Johansen é de que não há cointegração. O asterisco indica que se rejeita H0 a 5% de nível de confiança. Pela estatística de máximo autovalor verifica-se a existência de 4 cointegrações. Estas análises consideraram tendência linear determinística nas variáveis.