

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

DANIEL ZILIOLI BORGES

**ANÁLISE EXPLORATÓRIA SOBRE A TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN*: UMA
COMPARAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE CRIPTOMOEDAS E MOEDAS
TRADICIONAIS PARA O PERÍODO DA COVID-19**

Sorocaba
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

DANIEL ZILIOLI BORGES

**ANÁLISE EXPLORATÓRIA SOBRE A TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN*: UMA
COMPARAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE CRIPTOMOEDAS E MOEDAS
TRADICIONAIS PARA O PERÍODO DA COVID-19**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia
da Universidade Federal de São Carlos, *campus*
Sorocaba, para obtenção do título/grau de
bacharel em Ciências Econômicas.

Orientação: Prof. Dr. Aniela Fagundes Carrara

Sorocaba
2023

AGRADECIMENTO

Primeiramente, minha mais sincera gratidão à minha orientadora, a Professora Doutora Aniela Fagundes. Seu apoio, orientação e insights foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua expertise e dedicação foram um farol que iluminou o caminho, orientando-me em cada etapa do processo. Suas valiosas sugestões enriqueceram este estudo de maneiras que vão além das palavras.

Gostaria também de agradecer calorosamente aos meus amigos e familiares, cujo apoio inabalável e encorajamento constante foram essenciais para minha jornada acadêmica. Suas palavras de estímulo nos momentos desafiadores foram um lembrete constante de que não estava sozinho nessa empreitada.

Minha gratidão se estende à instituição de ensino, a Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, que proporcionou o ambiente propício para a realização deste trabalho. Agradeço aos professores e funcionários que contribuíram para a minha formação, bem como às oportunidades de aprendizado que me foram proporcionadas.

Cada um desses elementos se combinou para formar um suporte sólido que possibilitou a conclusão desta monografia. Este trabalho é o resultado do esforço conjunto de muitas mãos, e expresso minha sincera gratidão a todos que estiveram envolvidos.

RESUMO

ZILIOLI, Daniel. *Análise exploratória sobre a tecnologia blockchain: uma comparação do comportamento de criptomoedas e moedas tradicionais para o período da covid-19*. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2023.

Considerando a crescente popularidade das criptomoedas e a relevância da blockchain como base tecnológica para tais ativos digitais, o presente estudo tem como objetivo analisar a tecnologia *blockchain* por meio da comparação da volatilidade das criptomoedas, *bitcoin* e *ethereum* com a das moedas de circulação internacional tradicionais, Dólar e Euro, para o período do auge da pandemia da Covid-19, com vistas a verificar se moedas negociadas via tecnologia *blockchain* apresentam maior volatilidade, considerando um momento de elevada incerteza. Como forma de contemplar o objetivo proposto foi realizada uma análise descritiva das séries de preço das moedas acima citadas, bem como a decomposição de tais séries e testes de estacionariedade. Como principal resultado, tem-se que, para o período analisado, as criptomoedas apresentaram alta volatilidade quando comparadas com as moedas tradicionais.

Palavras-chave: Criptomoedas. Moedas. *Blockchain*. Sistema financeiro.

ABSTRACT

Considering the increasing popularity of cryptocurrencies and the relevance of blockchain as the technological foundation for such digital assets, the present study aims to analyze blockchain technology by comparing the volatility of cryptocurrencies, bitcoin, and ethereum, with that of traditional internationally circulated currencies, the US Dollar and the Euro, during the peak period of the Covid-19 pandemic. The purpose is to verify if currencies traded via blockchain technology exhibit greater stability, given a moment of heightened uncertainty. In order to address the stated objective, a descriptive analysis of the price series of the aforementioned currencies was conducted, along with the decomposition of these series and tests of stationarity. As the main result, it was found that, for the analyzed period, cryptocurrencies exhibited volatility levels as high as those of traditional currencies.

Keywords: Cryptocurrencies. Currencies. *Blockchain*. Financial system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Como funciona a <i>blockchain</i>	14
Figura 2 – Redução da chance de fraude na <i>blockchain</i> do <i>bitcoin</i>	16
Figura 3 - Decomposição da série do Índice DXY	33
Figura 4 - Decomposição da série do euro.....	34
Figura 5 - Decomposição da série do <i>bitcoin</i>	35
Figura 6 - Decomposição da série do <i>ethereum</i>	36
Figura 7 - FAC Índice DXY	37
Figura 8 - FAC euro	37
Figura 9 - FAC <i>bitcoin</i>	38
Figura 10 - FAC <i>ethereum</i>	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desempenho do índice DXY entre 2020 e 2021.....	26
Gráfico 2 - Desempenho do euro entre 2020 e 2021	27
Gráfico 3 - Desempenho do <i>bitcoin</i> entre 2020 e 2021	29
Gráfico 4 - Desempenho do <i>ethereum</i> entre 2020 e 2021	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Variáveis utilizadas.....	24
--------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatísticas descritivas das séries analisadas	32
Tabela 2 - Teste de Estacionariedade	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 TECNOLOGIA <i>BLOCKCHAIN</i> E A SUA INSERÇÃO NO SISTEMA FINANCEIRO INTERNACIONAL	13
2.1 A tecnologia <i>blockchain</i>	13
2.2 - O Sistema Financeiro Internacional e a tecnologia <i>blockchain</i>	17
2.3 - Crises financeiras Internacionais e a presença da tecnologia <i>blockchain</i>	19
3 METODOLOGIA E DADOS UTILIZADOS	22
3.1 Metodologia aplicada.....	22
3.2 Dados utilizados	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 Análise descritiva.....	26
4.2 Análise da decomposição das séries	32
4.3 Análise da estacionariedade das séries.....	36
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

A origem do Sistema Financeiro Globalizado Contemporâneo se deu ao fim do Acordo de Breton Woods. Neste Sistema baseado no dólar como moeda de referência, conforme ressalta Serrano (2002), os Estados Unidos cumprem um papel de grande relevância.

Com o passar do tempo, o sistema financeiro global foi se desenvolvendo com grande proeminência, tornando-se cada vez mais efetivo no combate às crises financeiras. Porém estas ainda assim, ocorrem de tempos em tempos, a exemplo da crise do *sub prime* em 2008 (HUANG, 2019).

A tecnologia *blockchain* traz uma nova possibilidade de inclusão à países com menor poder de geração de riquezas, executando manobras financeiras refinadas com maior facilidade, de acordo com Swan (2015). Com o suporte da confiança oferecida por esta tecnologia, às margens do Sistema Financeiro, nascem as organizações descentralizadas, conforme cita Lyra (2019), as quais não fazem distinção entre os agentes econômicos. Assim, tem-se que a tecnologia *blockchain*, bem como a negociação de criptomoedas são temas cuja relevância tem aumentado no período pós crise financeira de 2008, porém, a quantidade de trabalhos na literatura sobre o tema é bastante reduzida, assim, tem-se que a presente proposta visa contribuir para uma discussão ainda bastante incipiente.

Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar a tecnologia *blockchain* por meio da comparação da volatilidade das criptomoedas, *bitcoin* e *ethereum* com a das moedas de circulação internacional tradicionais, dólar e euro, para o período do auge da pandemia da Covid-19, ou seja, entre 2020 e 2021, como vistas a verificar se moedas negociadas via tecnologia *blockchain* tem uma maior estabilidade, considerando um momento de elevada incerteza. A pergunta que norteia do trabalho é se em momentos de alta incerteza, como foi o período ao auge da Covid-19, as criptomoedas desempenhariam trajetórias mais estáveis se comparadas a moedas tradicionais, como o dólar e o euro. Já a hipótese inicial é de que apesar das características distintas, as criptomoedas apresentam maior oscilação ao serem comparadas com as demais moedas, principalmente em momentos de instabilidade.

Visando atingir o objetivo definido, foi realizada uma análise descritiva das séries usadas, além da decomposição das mesmas e da aplicação de testes de estacionariedade. É importante ressaltar que a proposta do trabalho é exploratória, no sentido de buscar indicativos sobre um tema ainda pouco estudado, como base em um curto período, que por enquanto, foi o primeiro momento de grande instabilidade pelo qual as criptomoedas passaram desde a sua consolidação. Assim, busca-se levantar indícios que subsidiem investigações futuras.

Logo, de modo a executar a pesquisa, o presente trabalho está dividido em mais quatro capítulos além desta introdução. O capítulo de número 2 apresenta a tecnologia *blockchain* bem como suas implicações, o terceiro capítulo expõe a metodologia utilizada, o capítulo de número quatro trata dos resultados e discussões e o último apresenta as considerações finais.

2 TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN* E A SUA INSERÇÃO NO SISTEMA FINANCEIRO INTERNACIONAL

Desde o início dos anos 2000, a tecnologia *blockchain* vem ganhando destaque como uma inovação pioneira com potencial de transformar diversos setores da economia. Seu impacto no sistema financeiro internacional é particularmente relevante, visto que essa tecnologia oferece uma série de benefícios que podem modificar a forma como as transações e registros financeiros são realizados (VIEIRA 2018).

Neste contexto, o presente capítulo se propõe a explorar a intersecção entre a tecnologia *blockchain* e o sistema financeiro internacional, discutindo como essa tecnologia pode contribuir para a eficiência, transparência e segurança das operações financeiras. Além disso, também será abordada a relação entre as crises financeiras internacionais e a presença da tecnologia *blockchain*, destacando o potencial dessa tecnologia em mitigar os efeitos de tais crises. Ao longo do texto, serão apresentados os conceitos fundamentais da tecnologia *blockchain*, as possíveis aplicações no sistema financeiro internacional e os desafios e oportunidades associados à sua adoção.

2.1 A tecnologia *blockchain*

Não é possível tratar adequadamente da tecnologia *blockchain* sem antes ao menos citar criptomoedas, mais especificamente o *bitcoin*, dado que o surgimento da tecnologia se deu através desta criptomoeda. O *bitcoin* pode ser considerado como uma moeda digital independente de qualquer instituição centralizadora, banco ou governo, a qual utiliza-se de criptografia para realizar pagamentos dentro de um sistema (SWAN, 2015).

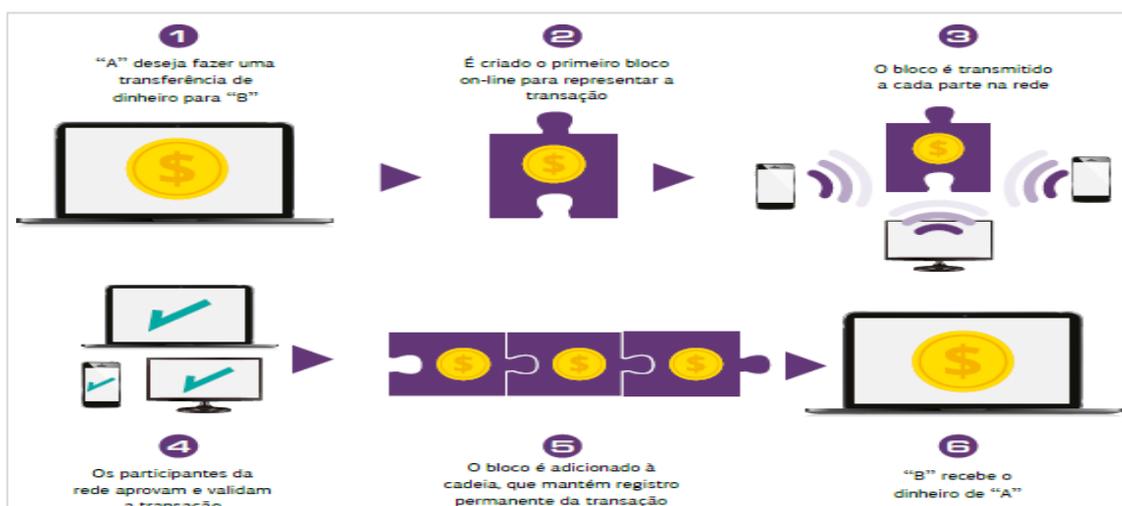
Conforme cita Ulrich (2014), um dos principais objetivos da criação do *bitcoin* era eliminar a necessidade de um intermediador para efetivar as transações *online*, dado que no Sistema Financeiro tradicional, visando evitar fraudes em transações financeiras, utiliza-se bancos, operadoras de cartão de crédito etc., como intermediários garantidores da operação.

Com a *blockchain* o que se espera é que não exista preocupação com fraudes, uma vez que através de um controle mútuo realizado por todos os usuários do sistema, mitigaria-se o risco de fraude, já que este funcionaria como um “ente central” para intermediar e validar as transações (VIEIRA 2018). Fobe (2016, p. 24) reforça que “*a diferença é que esse ‘ente central’ não passa de um algoritmo, um programa constantemente checado e revalidado por cada usuário que confere os dados ali disponibilizados*”. E ainda:

Ao efetuar uma transação, o código do usuário muda automaticamente na blockchain. Assim, se o usuário 45njf vende o *bitcoin* 45njfx09dx para o usuário 908jlf, este *bitcoin* passa a ser identificado como 908jlfx09dx. Ele sai, portanto, da esfera de utilização do usuário 45njf, que não tem mais acesso a este *bitcoin* específico. Nesse momento, os usuários conectados a blockchain conferem se essa transação é válida, ou seja, se a propriedade do *bitcoin* x09dx era, de fato, de 45njf, e se o usuário não está vendendo esse mesmo *bitcoin* pela segunda vez. A transparência é a lógica que possibilita o grau de segurança necessário ao funcionamento do sistema (FOBE, 2016, p. 24).

A *blockchain* funciona como uma espécie de fonte da confiabilidade e transparência dos criptoativos, como o *bitcoin*. Em uma *blockchain*, as transações são organizadas em grupos (blocos), que são concatenados de maneira sequencial. Cada bloco contém uma referência ao bloco anterior, formando uma cadeia contínua de informações. Essa estrutura é o que confere segurança e integridade aos dados registrados, conforme salienta Swan (2015). Uma das principais características da *blockchain* é sua imutabilidade. Uma vez que um bloco é adicionado à cadeia, suas informações não podem ser alteradas retroativamente sem o consenso da rede. Isso ocorre porque cada bloco contém um *hash*¹ criptográfico único, gerado a partir do conteúdo do bloco anterior e das novas transações. Qualquer alteração em um bloco exigiria a modificação de todos os blocos subsequentes, o que torna praticamente impossível manipular os dados sem ser detectado (ULRICH, 2014). Na Figura 1 é possível entender o funcionamento da *blockchain*:

Figura 1 - Como funciona a *blockchain*



Fonte: Diniz (2017).

¹ *Hash* criptográfico ou criptografia *Hash* é um método de criptografia que faz uso de algoritmos matemáticos para modificar dados ou informações de modo que estes se tornem únicos e de difícil reversão, para mais informações consultar Donato e Neto (2017).

Como pode ser observado por meio da Figura 1, no momento em que uma transação é realizada, ela é agrupada em um bloco e transmitida para a rede. A confiabilidade da *blockchain* é estabelecida por meio de um processo chamado de consenso, no qual os participantes da rede concordam em validar e registrar as transações. Diferentes protocolos de consenso podem ser utilizados, como o *Proof of Work (PoW)* e o *Proof of Stake (PoS)*, os quais apresentam-se como validação computacional, utilizando algoritmos e processos automatizados para verificar e confirmar as transações e registros na rede, assim garantem que as transações sejam verificadas por vários participantes antes de serem adicionadas à *blockchain* (VIEIRA 2018).

Tal sistemática impede que transações falsas ou inválidas sejam incluídas na cadeia, garantindo a confiabilidade dos registros. A transparência é também um ponto relevante e que merece destaque na tecnologia *blockchain*. Todas as transações registradas em uma *blockchain* são visíveis para todos os participantes da rede, formando uma espécie de um livro-razão distribuído. Essa transparência permite que qualquer pessoa verifique e audite as transações, promovendo a confiança entre os participantes. Além disso, a transparência da tecnologia aqui em questão facilita a detecção de atividades suspeitas ou fraudes, uma vez que todas as transações são visíveis e rastreáveis (LONGHI, 2020).

Desse modo, entende-se que, uma vez adicionado à *blockchain*, um bloco é imutável e não pode ser alterado retroativamente sem a aprovação da maioria dos participantes da própria rede. De acordo com Vieira (2018), isso garante a segurança das transações, pois qualquer tentativa de alterar um bloco exigiria uma quantidade significativa de poder computacional, tornando a *blockchain* altamente resistente a fraudes e ataques.

Além disso, a *blockchain* também oferece a capacidade de criar contratos chamados de inteligentes. Esses contratos são acordos digitais que são automaticamente executados quando as condições predefinidas são atendidas, logo, fazem com que não seja necessária a presença de intermediários nas transações financeira, o que pode, por exemplo, reduzir os custos (LONGHI, 2020).

Neste tema, muito se discute acerca da segurança do sistema, segundo Carvalho et al. (2017), uma das principais características da *blockchain* é que, a cada alteração em um bloco, todos os blocos que se seguem também são alterados, de forma que, após gravado, não há possibilidade de alteração, conforme já citado. Corroborando, Antonopoulos (2017) diz que:

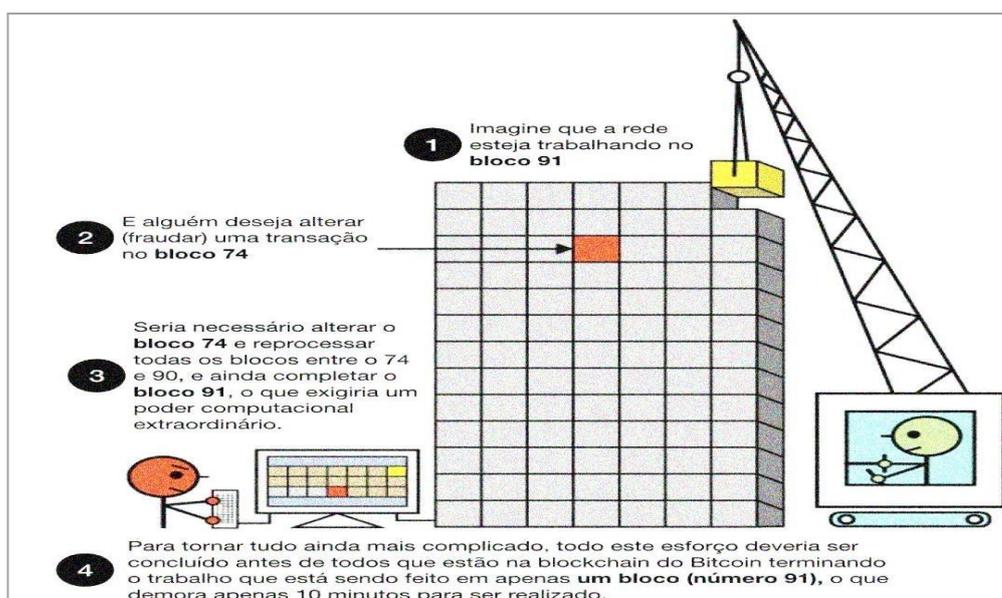
O campo "hash do bloco anterior" está dentro do cabeçalho do bloco e, portanto, afetao hash do bloco atual. A identidade de um filho muda se a identidade de seu pai mudar. Quando o pai é modificado de qualquer maneira, o hash do pai muda. O hash modificado do pai exige uma mudança no apontador "hash do bloco anterior" do filho. Isso por sua vez faz com que o hash do filho mude, o

que requer uma mudança no apontador do neto, o que por sua vez muda o (*hash do*) neto, e assim por diante. Esse efeito dominó garante que assim que um bloco tenha muitas gerações o sucedendo, ele não pode ser modificado sem que haja um novo cálculo forçado de todos os blocos subsequentes. Como um novo cálculo exigiria um processamento computacional enorme, a existência de uma longa corrente de blocos faz com que a história profunda da blockchain seja imutável, o que é uma característica chave para a segurança do bitcoin. (ANTONOPOULOS, 2017, p. 196, tradução: VIEIRA, 2018).

Assim, a integração dessa tecnologia no Sistema Financeiro, demonstra-se como uma possibilidade real, visando maior proteção e transparência. Ainda no que diz a respeito de risco de fraude, faz-se importante usar a *blockchain* da criptomoeda *bitcoin* como exemplo, na Figura 2 ilustra-se a baixa probabilidade de fraude neste Sistema, por meio da imutabilidade, uma vez que uma transação é registrada em um bloco e adicionada à cadeia, logo, é extremamente difícil alterar ou excluir essa informação. Cada bloco contém um *hash* criptográfico único que é baseado nos dados do bloco anterior, conforme já explicado, tornando qualquer modificação retroativa na cadeia de blocos facilmente detectável (MENDANHA, 2017).

Outro ponto relevante é que a *blockchain* é transparente, pois todos os nós têm acesso ao histórico completo de transações. Isso permite que qualquer pessoa verifique e audite as transações realizadas na rede. A transparência reduz a probabilidade de fraude, uma vez que as transações podem ser rastreadas e verificadas de forma independente (LONGHI, 2020).

Figura 2 – Redução da chance de fraude na *blockchain* do *bitcoin*



Fonte: Peck (2015)

Em linhas gerais, considerando o que é exposto pela literatura, a tecnologia *blockchain* apresenta-se como segura e eficiente, entretanto é de suma importância citar suas fragilidades.

Para Krawiec et al. (2016), a tecnologia *blockchain* não atingiu sua maturidade completa para que seja amplamente adotada, o sistema ainda sofre com problemas técnicos e organizacionais. Ainda conforme Krawiec et al. (2016), entende-se que a tecnologia em questão apresenta dificuldades quanto à escalabilidade, haja vista o aumento do poder computacional em detrimento da queda no volume de transações.

De qualquer forma, apesar das fragilidades existentes, estudos acerca da aplicabilidade da *blockchain* para além das criptomoedas vem se tornando cada vez mais comum. De acordo com Andrade (2021), é possível aumentar a eficácia do sistema financeiro em diversas frentes com o uso da tecnologia *blockchain* na otimização de processos. O autor em questão argumenta que foi possível “*compreender como a blockchain pode reduzir custos de transação, contribuindo para a melhoria de processos de compras nas organizações públicas brasileiras*” (ANDRADE, 2021, p. 58).

Assim, pode-se dizer que a tecnologia *blockchain* vai além das criptomoedas, podendo oferecer segurança, transparência, eficiência e novas possibilidades de negócios em diversos setores da economia. Sua capacidade de criar registros confiáveis e descentralizados tem o potencial de transformar a maneira como é feita a interação e condução das negociações em várias áreas da sociedade. Na área da cadeia de suprimentos, por exemplo, a *blockchain* permite rastrear a origem e autenticidade de produtos. No setor de saúde, garante o compartilhamento seguro de registros médicos. Em votações eletrônicas, proporciona transparência e segurança. Na gestão de direitos autorais, possibilita o registro e controle de propriedade intelectual, conforme salienta Chicarino (2017). Além disso, a *blockchain* facilita transações financeiras internacionais, eliminando intermediários e aumentando a eficiência. Sua confiabilidade e transparência podem tornar uma tecnologia promissora para melhorar processos e promover confiança em diversas áreas, porém é sempre importante frisar que trata-se de algo que ainda está em desenvolvimento, logo, ainda se desconhece a completude de seus pontos positivos e negativos. Ademais, como citado acima, é uma tecnologia que exige um nível de processamento computacional alto, o que pode ser uma fator que dificulte o acesso por parte de todos os países ou agentes econômicos.

2.2 - O Sistema Financeiro Internacional e a tecnologia *blockchain*

O Sistema Financeiro Internacional (SFI), de acordo com Mishkin e Eakins (2015), é composto por uma rede complexa de instituições financeiras, mercados e instrumentos que facilitam o fluxo de capital entre países. Esses autores enfatizam a importância dos mercados

financeiros internacionais, tais como o mercado de câmbio, o mercado de ações e o mercado de títulos, na alocação eficiente de recursos e na promoção do crescimento econômico, tais mercados são compreendidos pelo processo pós Segunda Guerra Mundial, quando o sistema financeiro internacional, tal qual como é hoje, ganhou força com o Acordo de Bretton Woods em 1944.

Tal acordo estabeleceu instituições-chave, como o Fundo Monetário Internacional - FMI e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento - BIRD, com o objetivo de promover estabilidade monetária e facilitar o comércio internacional. Na época, o dólar americano foi designado como a principal moeda de reserva, fixada em relação ao ouro. No entanto, o colapso do acordo em 1971 resultou em transformações no sistema financeiro. Moedas flutuantes e o mercado de câmbio expandiram-se, enquanto a globalização e a tecnologia impulsionaram transações financeiras globais mais rápidas e complexas. Embora o Acordo de Bretton Woods tenha sido descontinuado, suas bases moldaram o sistema financeiro internacional atual, que continua a se adaptar às mudanças econômicas e às demandas globais em constante evolução (SERRANO, 2002).

No que diz respeito às instituições financeiras internacionais, Stiglitz (2002) destaca o papel do Fundo Monetário Internacional (FMI) e do Banco Mundial como principais atores na governança e supervisão do sistema financeiro internacional. O autor argumenta que essas instituições desempenham um papel crucial na estabilização financeira e no apoio aos países em desenvolvimento.

No entanto, o sistema financeiro internacional também enfrenta uma série de desafios. Kindleberger e Aliber (2011) analisam as crises financeiras e a volatilidade nos mercados internacionais ao longo da história. Tais autores afirmam que a interconexão dos mercados financeiros pode levar a uma rápida disseminação de crises e ressaltam a importância da coordenação internacional na prevenção e gestão das mesmas.

Além disso, a regulação e a supervisão financeira internacional são temas cruciais. A implementação de padrões regulatórios e de supervisão adequados é fundamental para a estabilidade do sistema financeiro internacional (YERMACK, 2017).

Na busca por maior estabilidade e confiabilidade das operações, a tecnologia blockchain tem ganhado cada vez mais destaque, como uma potencial ferramenta de otimização do sistema financeiro internacional. Autores como Tapscott e Tapscott (2016) argumentam que a *blockchain*, por meio de sua natureza descentralizada, imutabilidade e segurança, tem o potencial de revolucionar as transações financeiras internacionais, eliminando intermediários e reduzindo custos de transação.

No contexto das instituições financeiras internacionais, Swan (2015) destaca como a tecnologia *blockchain* pode melhorar a eficiência e a transparência na prestação de serviços financeiros, possibilitando a redução de riscos e aprimorando a integridade dos dados. O autor sugere que o uso de contratos inteligentes baseados em *blockchain* pode automatizar processos complexos, agilizar a liquidação de transações e fornecer maior segurança na execução de contratos financeiros.

No entanto, é importante ressaltar que a implementação e adoção em larga escala da tecnologia *blockchain* no sistema financeiro internacional ainda enfrentam desafios significativos. Tapscott e Tapscott (2016) apontam questões regulatórias, interoperabilidade entre diferentes *blockchains* e questões de governança como desafios a serem superados para que o potencial completo da tecnologia seja alcançado.

Evidencia-se, portanto, que o Sistema Financeiro Internacional apresenta características que podem ser otimizadas através da implementação da tecnologia *blockchain*, para soluções específicas, como a estabilidade de transações e confiabilidade das operações. Sendo assim, em períodos de crises financeiras ou choques globais, como a pandemia, ter uma maior fluidez e segurança no sistema financeiro pode impactar positivamente nas movimentações econômicas. Desse modo, o contínuo estudo acerca do tema e testes de implementações se apresentam como de grande relevância.

2.3 - Crises financeiras Internacionais e a presença da tecnologia *blockchain*

As crises financeiras internacionais são uma realidade recorrente na economia global, causando instabilidade e impactando negativamente os sistemas financeiros. No entanto, com o avanço da tecnologia, a presença da *blockchain* tem despertado interesse como uma possível solução para lidar com os desafios enfrentados durante tais períodos turbulentos (TAPSCOTT e TAPSCOTT, 2016).

As crises financeiras internacionais têm origens complexas e multifacetadas, envolvendo fatores econômicos, políticos, regulatórios, dentre outros. Reinhart e Rogoff (2009) argumentam que essas crises são geralmente desencadeadas por uma combinação de fatores, como bolhas especulativas, excesso de endividamento, falhas na supervisão regulatória e interconectividade dos mercados financeiros globais. As consequências das crises financeiras incluem recessão econômica, desvalorização cambial, aumento do desemprego e colapso de instituições financeiras.

A *blockchain*, uma tecnologia de registro distribuído e descentralizado, conforme discutido nas seções anteriores, tem recebido atenção como uma potencial solução para melhorar a resiliência e a eficiência do sistema financeiro internacional, conforme Böhme et al. (2015). Swan (2015) destaca que a *blockchain* oferece vantagens, como segurança, transparência, imutabilidade e redução de custos de transação. Essas características podem ajudar a mitigar os riscos e aumentar a confiança durante períodos de crises financeiras.

Durante crises financeiras internacionais, a presença da *blockchain* pode desempenhar um papel significativo em várias áreas. Por exemplo, no contexto da gestão de riscos, a *blockchain* pode proporcionar maior transparência e rastreabilidade nas transações financeiras, reduzindo assim a possibilidade de fraudes e atividades ilícitas, de acordo com Böhme et al. (2015). Além disso, a tecnologia *blockchain* pode facilitar a liquidação e compensação eficiente de transações, ajudando a minimizar a volatilidade e o risco sistêmico durante períodos de crise (YERMACK, 2017).

No entanto, a implementação da *blockchain* no sistema financeiro internacional enfrenta desafios significativos. A escalabilidade e a interoperabilidade entre diferentes *blockchains* são questões a serem abordadas para garantir o pleno aproveitamento dos benefícios da tecnologia, dado que diferentes redes apresentam dificuldades em se comunicar, este fato se deve a algumas razões, como a existência de diferentes protocolos, arquiteturas distintas, diferentes objetivos (TAPSCOTT e TAPSCOTT, 2016).

Embora a interoperabilidade entre *blockchains* ainda seja um desafio, muitos projetos e pesquisadores tem trabalhado em soluções para facilitar a comunicação e a transferência de valores entre diferentes redes *blockchain*. Essas soluções podem envolver tecnologias de ponta, contratos inteligentes ou outras abordagens que permitam a colaboração entre *blockchains* de maneira segura e confiável, conforme Böhme et al. (2015). No futuro, é possível que possam ser implementadas melhorias nesse sentido, para aumentar a conectividade entre as diversas redes *blockchain*.

Ademais, é importante frisar que a regulação e a conformidade legal são aspectos cruciais que precisam ser considerados para promover a adoção generalizada da *blockchain* no sistema financeiro internacional, conforme ressalta Swan (2015), só assim será possível analisar o impacto real dessa tecnologia.

A questão da regulação da *blockchain* é um ponto que gera muitas discussões, diversos autores argumentam que não deve haver regulamentação, como Osório e Dias (2018), dado que a ideia inicial da *blockchain* é a descentralização. Países como Alemanha, Japão, Singapura e Coreia do Sul adotaram uma postura favorável as criptomoedas, ao trazerem o assunto sem citar

políticas de proibições e até incentivando o uso de tal tecnologia. O Japão foi um dos pioneiros a tratar o assunto, em 2017 o país legalizou o *bitcoin* como meio de pagamento e implementou regulamentações para as *exchanges* de criptomoedas, buscando equilibrar inovação e proteção do consumidor.

Sendo assim, com base em tudo o que foi exposto no capítulo, demonstra-se de suma importância incentivar pesquisas acerca da aplicabilidade da *blockchain* no sistema financeiro, bem como dos possíveis benefícios que pode gerar, sem perder de vista os pontos negativos, dado que esta apresenta diversas características que podem diminuir os efeitos das crises financeiras, como comentado por Tapscott e Tapscott (2016).

3 METODOLOGIA E DADOS UTILIZADOS

Neste capítulo, será apresentada a metodologia adotada para contemplar o objetivo proposto de analisar a tecnologia *blockchain* por meio da comparação da volatilidade das criptomoedas, *bitcoin* e *ethereum* com a das moedas de circulação internacional tradicionais, dólar e euro, para o período do auge da pandemia da Covid-19. Também serão apresentadas as séries de informações utilizadas com suas respectivas fontes.

3.1 Metodologia aplicada

Como forma de conhecer melhor o comportamento das séries de tempo utilizadas, aplicou-se os cálculos de medidas de posição e dispersão, bem como foi feito o uso de gráficos de linha de facilitam a visualização das séries ao longo do tempo.

A média e a mediana são medidas de posição que auxiliam na compreensão do posicionamento médio dos valores de cada série analisada. Sobre a média, há diferentes formas de obtê-la, a mais comum é a média aritmética (SARTORIS, 2017).

Já a mediana é o valor que divide a série de valores ao meio, conforme Hoffmann (2006) e também é uma medida de posição, que conforme o autor acima, tem uma vantagem em relação a média, que é não sofrer com a influência de valores extremos, tanto para mais, quanto para menos. Assim, mediante a presença de valores extremos, a análise da mediana em conjunto com a média, é de grande importância.

Em relação às medidas de dispersão, que mostram o quanto os valores e uma série destoam para mais ou para menos do valor médio, indicando o grau de variabilidade dos valores, foi utilizado o desvio padrão, este para ser calculado necessita da variância, no sentido que esta mostra o desvio de cada valor em relação a média das séries (HOFFMANN, 2006).

Ademais, dadas as diferenças de escalas da séries analisadas, demonstrou-se necessário apresentar o coeficiente de variação (CV), o qual é denominado como uma medida estatística que quantifica a variabilidade relativa de um conjunto de dados em relação à sua média. Ele é usado para comparar a dispersão de diferentes conjuntos de dados, mesmo quando eles têm médias muito diferentes (HOFFMANN, 2006).

Além das medidas de dispersão e posição, como forma de entender melhor as séries estudadas, foi feita a decomposição das mesmas. Tal decomposição compreende basicamente evidenciar a tendência, a sazonalidade e a parte aleatória da série. Segundo Cowpertwait e Metcalfe (2009), a tendência é caracterizada como um movimento constante de longo prazo, capaz de gerar uma ampla gama de padrões. Por outro lado, a sazonalidade corresponde à

manifestação de padrões cíclicos de flutuação, que ocorrem em um ritmo relativamente uniforme, em conjunto com o elemento de tendência. Enquanto que a aleatoriedade refere-se à ausência de padrões previsíveis ou ordenados em um conjunto de dados ou eventos.

Por fim, de modo a aprofundar as análises realizadas a respeito das séries de tempo, será obtida a Função de autocorrelação (FAC) de cada série, para uma primeira inspeção visual com o objetivo de indentificar a presença de estacionariedade. A estacionariedade é uma característica importante para séries de tempo, uma determinada série é entendida como estacionária quando sua média e variância permanecem constantes ao longo dos períodos, tecnicamente entende-se esta característica como estacionariedade fraca, que é o mais comum, conforme Bueno (2011).

Quando não se observa a estacionariedade, a série é entendida como não estacionaria, logo, há o indicativo de que sua média e variância não sejam constantes por terem sido impactadas por algum choque e então carregarem seus efeitos (GUJARATI, 2011).

Assim, verificar a estacionariedade mediante o objetivo proposto pelo presente estudo, pode ser um bom caminho para observar o quanto as séries analisadas são influenciáveis por choques e se carregam os efeitos destes choques ao longo dos períodos.

A FAC com defasagem k , denotada por ρ_k , é definida pela equação 1, conforme Gujarati (2011):

$$\begin{aligned}\rho_k &= \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \\ &= \frac{\text{covariância com defasagem } k}{\text{variância}}\end{aligned}\tag{1}$$

Porém, conforme a literatura, apenas a observação da FAC pode ter fragilidades, logo, como maneira de comprovar a estacionariedade ou não das séries, foi realizado o teste Dickey-Fuller (DF-GLS), de acordo com Gujarati (2011), uma série não estacionária tem uma raiz unitária, assim, o teste em questão avalia a hipótese nula de que a série temporal possui raiz unitária (ou seja, é não estacionária) versus a hipótese alternativa de que a série é estacionária.

3.2 Dados utilizados

Os dados utilizados seguem a periodicidade diária e vão de janeiro de 2020 a dezembro de 2021. As séries foram escolhidas, de maneira que possa ser comparado as duas criptomoedas com maior relevância - *bitcoin* e *ethereum* - com as moedas tradicionais de maior importância a nível mundial. Desse modo, pode-se entender o comportamento e se, de fato, as criptomoedas, que são negociadas via tecnologia *blockchain*, apresentaram comportamento menos instável ou

pelo menos diferente das moedas tradicionais, para o período da análise. O Quadro 1 apresenta as variáveis utilizadas, bem como a descrição de cada uma.

Quadro 1 - Variáveis utilizadas

VARIÁVEIS	REPRES.	DESCRIÇÃO	FONTE
US Dollar Index	<i>DXY</i>	O índice DXY é um indicador que mede o desempenho do dólar dos EUA em relação a uma cesta ponderada de moedas internacionais fortes. O indicador foi desenvolvido pelo Federal Reserve em 1973. O índice DXY é composto por uma cesta ponderada de seis moedas principais: euro (0,576), iene japonês (0,136), libra esterlina (0,119), dólar canadense (0,091), coroa sueca (0,042) e franco suíço (0,036).	FMI (2023), Board of Governors of the Federal Reserve System (US).
Cotação do euro em relação ao dólar	<i>Euro</i>	Representa a quantidade necessária de euros para adquirir um dólar.	FMI (2023)
Cotação do <i>bitcoin</i> em relação ao dólar	<i>BTC</i>	Representa a quantidade necessária de <i>bitcoins</i> para adquirir um dólar. Segundo Nakamoto (2008), esta criptomoeda foi criada para ser um dinheiro digital. Sua <i>blockchain</i> possui capacidades de <i>scripting</i> ² limitadas.	Yahoo Finance (2023)
Cotação do <i>ethereum</i> em relação ao dólar	<i>ETH</i>	Representa a quantidade necessária de <i>ethereum</i> para adquirir um dólar. De acordo com Lyra (2019), o <i>ETH</i> , o qual possui alta capacidade de <i>scripting</i> , é mais focada em construir um ecossistema financeiro descentralizado, diferente do <i>BTC</i> .	Yahoo Finance (2023)

Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser verificado no quadro 1, foram escolhidas para análise as duas criptomoedas de maior circulação, pelo menos dentro do período de análise, sendo que ambas utilizam a tecnologia *blockchain* em suas negociações. Já no que diz respeito as moedas tradicionais, foi escolhido o índice DXY que é um indicador de desempenho do dólar em relação as demais moedas, bem como o euro que também tem uma representatividade grande nas movimentações financeiras a nível mundial.

Por fim, é importante ressaltar algumas diferenças entre a *blockchain* das duas criptomoedas que serão analisadas. Em relação a *blockchain* do *bitcoin*, Nakamoto (2008) explica que esta foi projetada principalmente como um sistema de dinheiro eletrônico ponto a ponto, focando em facilitar transações seguras e descentralizadas. No entanto, ela possui capacidades de *scripting* limitadas em comparação com outras plataformas de *blockchain*, o

² O conceito de *scripting* no contexto das criptomoedas alude à linguagem de programação usada para estipular condições específicas nas transações e contratos inteligentes, possibilitando maior flexibilidade e funcionalidade nas operações realizadas nas *blockchains* (Clara, 2015).

que dificulta seu suporte a contratos inteligentes complexos e aplicativos descentralizados (dApps) nativamente, diferentemente da *blockchain* do *ethereum*, que permite, como colocado acima, os contratos inteligentes e o uso amplo das finanças descentralizadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo deste capítulo serão analisados os dados descritos no Quadro 1. Serão feitas as análises descritivas, bem como as decomposições das séries nos componentes de tendência, sazonalidade e aleatoriedade, com o objetivo de entender o comportamento dessas durante o período de análise, bem como será aplicado o teste de estacionaridade para cada uma.

4.1 Análise descritiva

Nessa seção será estruturada uma análise descritiva dos dados, visando proporcionar um melhor entendimento das séries de tempo.

O Gráfico 1 apresenta a trajetória do dólar para o período de análise, como pode ser observado, no início de 2020, o preço do dólar americano estava em um nível relativamente estável. No entanto, à medida que a pandemia de COVID-19 se espalhou pelo mundo e os impactos econômicos começaram a ser sentidos, tal moeda passou a apresentar indícios de valorização. No Gráfico 1 pode-se verificar que ao fim do primeiro trimestre de 2020 o dólar se fortaleceu consideravelmente em relação as demais moedas, impulsionando o índice DXY para cima. Isso ocorreu porque os investidores buscaram refúgio no dólar, que é considerado uma moeda de reserva segura em tempos de incerteza e volatilidade nos mercados financeiros.

Gráfico 1 - Desempenho do índice DXY entre 2020 e 2021



Fonte: Elaboração própria, com base em FMI (2023).

No segundo trimestre de 2020, o dólar atingiu níveis altos em relação a várias moedas importantes, como o euro, o iene japonês e o dólar canadense. Esse fortalecimento do dólar foi

impulsionado pela demanda por ativos seguros, resultando em uma taxa de câmbio favorável para o dólar em relação a essas moedas. No entanto, à medida que os governos e bancos centrais de diversos países implementaram medidas de estímulo econômico e os mercados se estabilizaram, o dólar começou a se enfraquecer novamente em relação a muitas moedas. Esse enfraquecimento foi especialmente evidente no segundo semestre de 2020 e durante 2021, quando o dólar perdeu parte de seu valor em relação a várias moedas importantes, conforme pode ser visto no Gráfico 1.

Diversos fatores contribuíram para esse enfraquecimento do dólar. As políticas monetárias acomodáticas adotadas pelo Federal Reserve (FED), o Banco Central dos Estados Unidos, com o objetivo de estimular a economia durante a pandemia, influenciaram a demanda e a oferta da moeda. A retomada gradual da confiança nos mercados financeiros globais também causou um impacto negativo, levando a uma redução da demanda por ativos considerados seguros, como o dólar.

No que diz respeito a taxa de câmbio do euro em relação ao dólar, cuja trajetória é exposta no Gráfico 2, tem-se que no início de 2020 tal taxa estava em torno de 1,12 dólares por euro.

Gráfico 2 - Desempenho do euro entre 2020 e 2021



Fonte: Elaboração própria, com base em FMI (2023).

Durante o primeiro trimestre do ano, conforme já comentado, houve uma volatilidade crescente nos mercados financeiros devido à pandemia de COVID-19. Essa turbulência levou a uma desvalorização do euro em relação ao dólar, com a taxa de câmbio caindo para cerca de 1,08 dólares por euro em março de 2020, como pode ser observado no Gráfico 2. Essa queda

no valor do euro refletiu a incerteza e o medo que permearam os mercados globais em meio à crise de saúde pública, sendo que esta atingiu em 2020 primeiro os países europeus e posteriormente, os países do continente americano.

No entanto, à medida que os governos e bancos centrais implementaram medidas de estímulo econômico, como os pacotes de estímulos fiscais lançados para aumentar os gastos públicos e incentivar a demanda agregada, a adoção de uma política monetária expansionista por parte do Banco Central Europeu, reduzindo juros e implementando programas de compra de ativos, programas de proteção ao emprego foram necessárias, dentre outras medidas, devido às regras de distanciamento social impostas, os mercados aos poucos se estabilizaram e a taxa de câmbio do euro começou a se recuperar gradualmente, conforme mostra o Gráfico 2. No segundo semestre de 2020, o euro se fortaleceu em relação ao dólar, atingindo uma taxa de câmbio de cerca de 1,20 dólares por euro no final do ano. Esse fortalecimento pode ser atribuído à melhora da perspectiva de uma recuperação econômica mais rápida, que trouxe de volta a confiança dos investidores.

Em 2021, a cotação do euro em relação ao dólar continuou mostrando certa volatilidade, como ainda pode ser visualizado por meio do Gráfico 2, influenciada por vários fatores econômicos e eventos globais no âmbito econômico. Durante o primeiro semestre de tal ano o euro se manteve em níveis relativamente estáveis em relação ao dólar, com flutuações moderadas em torno de 1,20 dólares por euro. Essa estabilidade pode ser resultado da contínua recuperação econômica e do controle gradual da pandemia.

No entanto, no segundo semestre de 2021, a taxa de câmbio do euro começou a enfrentar pressões descendentes. Várias questões determinam essas pressões, como a divergência nas políticas monetárias entre os Estados Unidos e a Europa, principalmente no que tange a decisões de taxas de juros: nos Estados Unidos, o Federal Reserve sinalizou uma abordagem mais agressiva em relação à elevação das taxas de juros para conter a inflação, que estava aumentando, enquanto que o Banco Central Europeu (BCE) manteve uma postura mais acomodatória, e as preocupações sobre o crescimento econômico global contribuíram para a desvalorização do euro em relação ao dólar. Essas preocupações econômicas e geopolíticas levaram a uma queda na taxa de câmbio do euro para cerca de 1,13 dólares por euro no final de dezembro de 2021.

Agora, falando das criptomoedas aqui em análise, como pode ser visualizado por meio do Gráfico 3, durante o período de 1º de janeiro de 2020 a 31 de dezembro de 2021, a cotação do *bitcoin* em relação ao dólar americano apresentou uma volatilidade significativa ao se comparar com o Euro e com o índice DXY. Em janeiro de 2020, o preço do *bitcoin* estava em

torno de US\$ 7.200, valor baixo ao ser comparado com sua média de US\$ 29.961,3 no período. Durante os primeiros meses do ano, o preço do *bitcoin* permaneceu relativamente estável, com pequenas flutuações.

Gráfico 3 - Desempenho do *bitcoin* entre 2020 e 2021



Fonte: Elaboração própria, com base em Yahoo Finance (2023).

No entanto, é importante pontuar que em março de 2020 houve uma queda acentuada nos mercados financeiros globais devido aos impactos econômicos da pandemia de COVID-19. Essa queda também afetou o preço do *bitcoin*, que chegou a cair para cerca de US\$ 5.000. Tal redução abrupta refletiu a natureza altamente volátil do mercado de criptomoedas e a rápida reação dos investidores diante de eventos macroeconômicos significativos. Apesar de ser uma criptomoeda negociada via *blockchain*, neste momento de choque o comportamento foi semelhante as moedas tradicionais.

Após tal declínio, o *bitcoin* iniciou um período de recuperação gradual, como pode ser verificado no Gráfico 3. No segundo semestre de 2020 e ao longo de 2021, o preço do *bitcoin* experimentou um aumento significativo. Vários fatores contribuíram para esse crescimento, incluindo o interesse crescente de investidores: de acordo com a principal empresa de criptomoedas, a *Crypto.com*, em janeiro de 2021, havia, no mundo, 106 milhões de pessoas fazendo negócios em criptomoedas. Em dezembro do mesmo ano, esse número havia chegado a 295 milhões, um crescimento de quase 180%. Ademais, investidores institucionais e empresas

começaram a olhar para este setor, passando a considerar o *bitcoin* como uma reserva de valor alternativa.

No final de 2020, o *bitcoin* atingiu seu recorde histórico, ultrapassando a marca de US\$ 29.000. Esse marco representou um momento histórico para a criptomoeda, impulsionando ainda mais a atenção do público e dos investidores. Em 2021, o preço do *bitcoin* continuou a subir rapidamente, atingindo um novo pico acima de US\$ 64.000 em abril. Esse movimento ascendente foi alimentado por uma combinação de aumento da demanda e especulação no mercado de criptomoedas.

No entanto, após essa alta, o preço do *bitcoin* sofreu uma correção significativa, com várias quedas e recuperações, ao longo do restante de 2021. Essa volatilidade é uma característica intrínseca do mercado de criptomoedas, conforme ressalta Ulrich (2014), onde os preços podem experimentar movimentos bruscos em curtos períodos, influenciados por fatores como notícias, eventos regulatórios e expectativas do mercado.

Ao final de dezembro de 2021, o preço do *bitcoin* estava em torno de US\$ 46.000. A cotação do *bitcoin* em relação ao dólar durante esse período foi marcada por uma série de eventos significativos, mostrando como o mercado de criptomoedas pode ser volátil e sujeito a mudanças rápidas e imprevisíveis. Ao comparar o desvio padrão do *bitcoin* com o do índice DXY e com o do euro, confirma-se essa tendência de volatilidade dessa classe de ativos.

Por fim, o Gráfico 4 apresenta a movimentação do preço do *ethereum*, como já salientado no capítulo anterior, a segunda mais importante criptomoeda, para o período de análise. Como pode ser observado, em janeiro de 2020, o preço do *ethereum* estava em torno de US\$ 130, valor baixo ao ser comparado com sua média do período analisado: US\$1565,15. Durante os primeiros meses do ano, o preço do *ETH* permaneceu relativamente estável, com algumas oscilações moderadas. No entanto, a partir de março de 2020, ocorreu um período de grande volatilidade nos mercados financeiros globais devido aos impactos da pandemia de COVID-19. O preço do *ethereum* não ficou imune a essas flutuações e chegou a US\$ 90.

Gráfico 4 - Desempenho do *ethereum* entre 2020 e 2021



Fonte: Elaboração própria, com base em Yahoo Finance (2023).

Após a queda evidenciada pelo Gráfico 4, no primeiro semestre de 2020, o *ethereum* iniciou um período de recuperação significativo. No segundo semestre de 2020 e ao longo de 2021, o preço de tal moeda experimentou um aumento de mais de 400%. Vários fatores contribuíram para esse crescimento, incluindo o aumento da adoção da tecnologia *blockchain* e dos contratos inteligentes, além do interesse crescente em aplicativos descentralizados (*dApps*), aplicativos diversos que funcionam em redes descentralizadas, como as *blockchains* e finanças descentralizadas (*DeFi*), um ecossistema financeiro construindo no ambiente da *blockchain* (LYRA, 2019).

Ainda observando o Gráfico 4, após a forte alta, o preço do *ethereum* sofreu uma correção significativa, com várias quedas e recuperações ao longo do restante do ano. Essa volatilidade é uma característica comum do mercado de criptomoedas, onde os preços podem experimentar movimentos bruscos em curtos períodos, como já comentado.

Ao final de dezembro de 2021, o preço do *ETH* estava em torno de US\$ 3.800. É importante ressaltar que o mercado de criptomoedas é conhecido por sua volatilidade e que o preço do *ethereum* pode ser influenciado por diversos fatores, incluindo notícias, desenvolvimentos tecnológicos, eventos regulatórios e as expectativas do mercado, ao se comparar com os outros ativos, assemelha-se ao *bitcoin*, porém os efeitos causados nessa moeda por eventos imprevistos apresentam ser distintos do dólar e do euro, de forma que estas últimas moedas são mais estáveis e previsíveis.

Como maneira de complementar a análise descritiva, a Tabela 1 apresenta as medidas de posição e dispersão das séries analisadas. Observando os valores apresentados, tem-se que ao comparar o coeficiente de variação das moedas tradicionais com o das criptomoedas, percebe-se que o *BTC* e *ETH* apresentam valores muito mais altos, tal fato explica-se pela elevada volatilidade das moedas digitais, que até este momento da avaliação, não apresentaram qualquer indício de estabilidade ou comportamento minimamente distinto, comparado as moedas tradicionais, para o período em questão.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas das séries analisadas

Estatística/Moeda	<i>BTC</i>	<i>ETH</i>	dólar DXY	euro
Média	29961,3	1565,154	99,20234	1,23328
Mediana	30357,17	1431,823	97,02119	1,233142
Desvio padrão	19616,4	776,5909	4,982272	0,046881
Coeficiente de Variação	65,47%	49,62%	5,02%	3,73%
Valor Mínimo	5369,179	120,2748	92,17944	1,141736
Valor Máximo	67566,83	4812,087	111,0607	1,322192

Fonte: Elaboração própria

Ademais, ao analisar os valores mínimos e máximos, também apresentados na Tabela 1, confirma-se a diferença de escala das movimentações das moedas analisadas, mostrando que, ainda, as moedas tradicionais parecem ter uma amplitude menor durante o período avaliado.

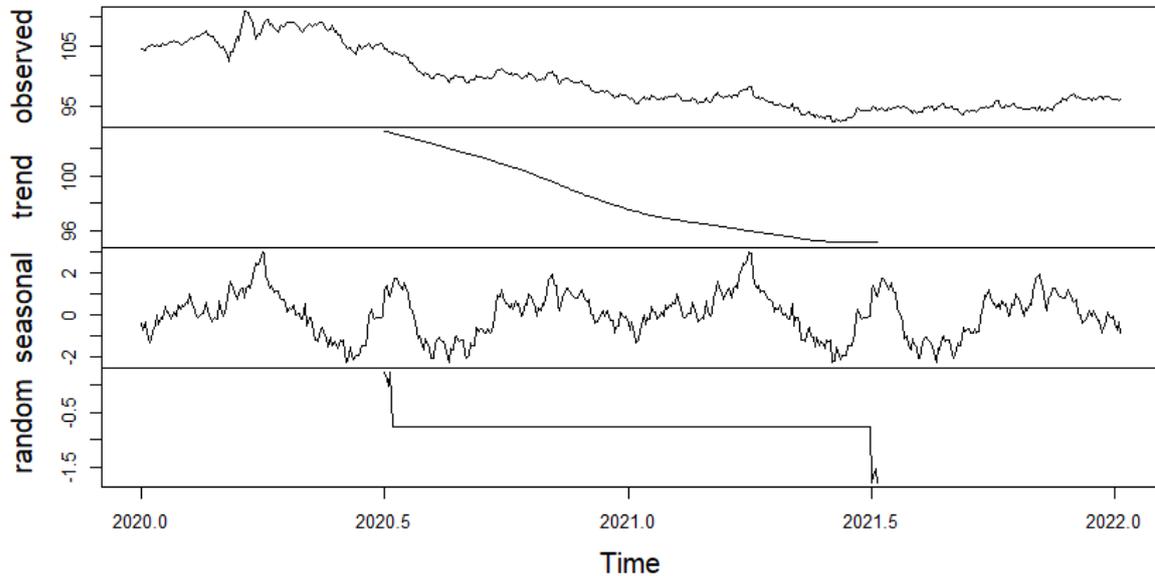
4.2 Análise da decomposição das séries

Nas Figuras expostas a seguir são representadas as séries temporais decompostas em tendência, sazonalidade e aleatoriedade, como forma de aprofundar a avaliação inicialmente realizada.

A Figura 3 apresenta a decomposição da série do dólar, como pode ser observado durante o período em questão, tem-se a presença de uma tendência de baixa do índice DXY a partir do segundo semestre de 2020, a qual é finalizada no segundo semestre de 2021. A motivação de tal tendência se deve ao fato dos bancos centrais de outras regiões começarem a agir com medidas de estímulos monetários frente aos efeitos das medidas de distanciamento social motivadas pela Covid-19, portanto, à medida que a economia global se recuperava gradualmente da pandemia, as perspectivas para outros países e regiões melhoraram, conforme já comentado na seção anterior, levando a um aumento da confiança nos ativos denominados em moedas estrangeiras, e pressionando o dólar para baixo. Além disso, como também

comentado anteriormente, as próprias políticas internas do FED influenciaram para o enfraquecimento do dólar, devido a abundância da moeda na economia.

Figura 3 - Decomposição da série do Índice DXY

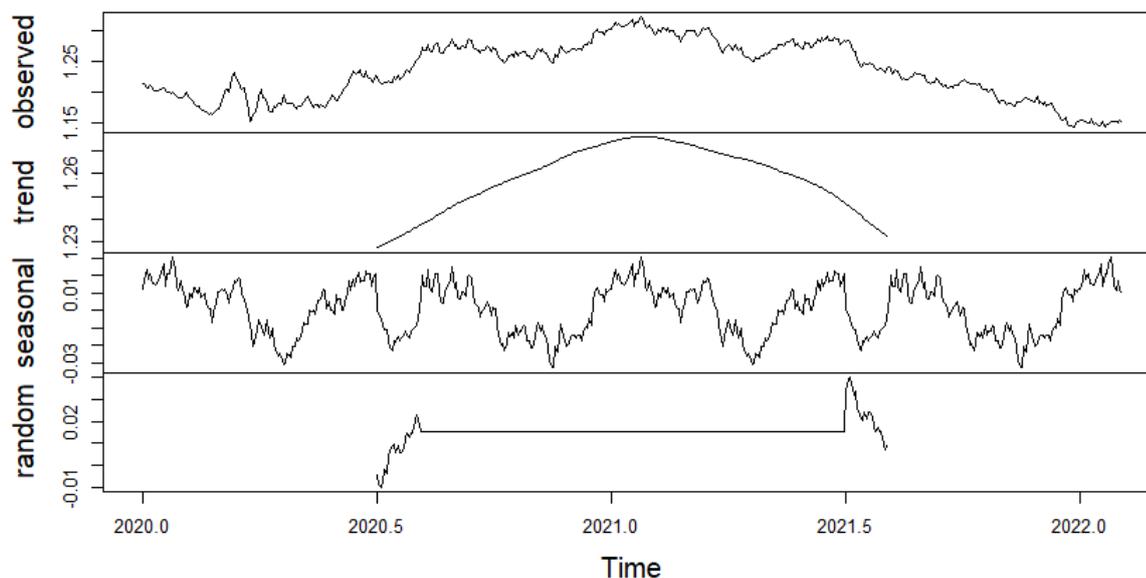


Fonte: Elaboração própria, com base em FMI (2023).

Sobre a parte aleatória da série, também exposta pela Figura 3, tem-se que esta mostra as flutuações imprevisíveis e não sistemáticas que ocorrem na série ao longo do tempo, logo é nela que o efeito dos eventos imprevisíveis é refletido diretamente. No caso do índice DXY, as flutuações são baixas enquanto há uma tendência definida, logo apresenta-se como uma boa reserva de valor durante eventos imprevisíveis. Ademais, acerca da sazonalidade apresentada, observa-se que existe um padrão que se repete anualmente, sendo este com o primeiro semestre demarcado por uma alta seguida por uma forte queda, e no segundo semestre uma forte recuperação seguida de uma lateralização, ou seja, o ativo se movimenta mas mantém no mesmo patamar durante o período.

A Figura 4 apresenta a decomposição para a série do euro e, assim como na análise anterior, no caso do euro também é possível investigar os principais padrões temporais e comportamentos dessa moeda.

Figura 4 - Decomposição da série do euro



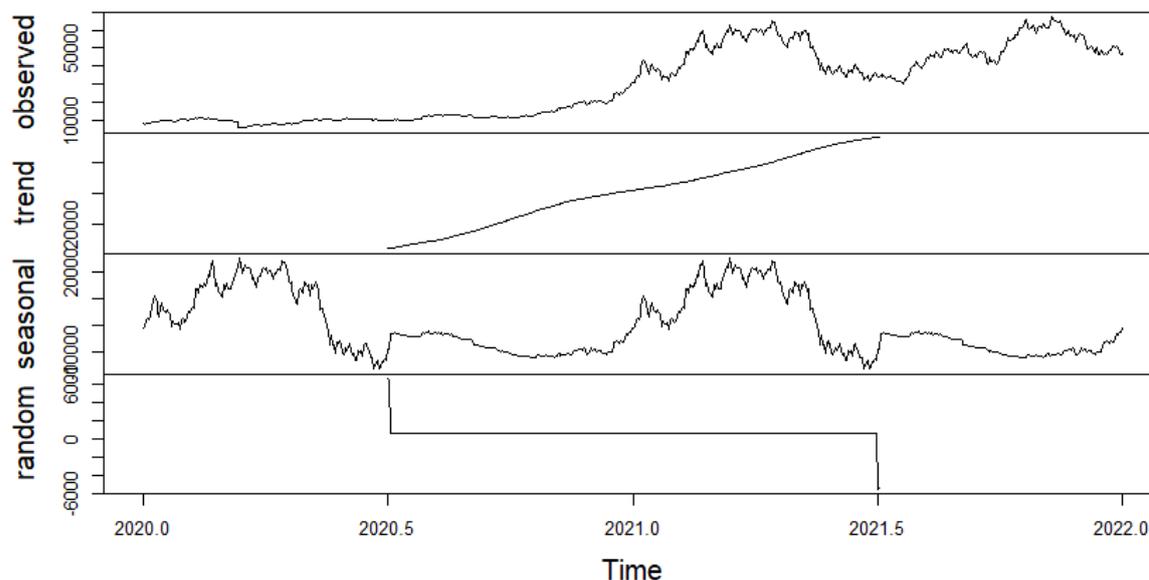
Fonte: Elaboração própria, com base em FMI (2023).

Conforme a figura 4, durante o período analisado, pode-se observar um início de tendência de alta a partir do segundo semestre devido a medidas econômicas domésticas de incentivo nas economias em questão. Entretanto, a partir de 2021 essa tendência é revertida devido a várias questões, como a divergência nas políticas monetárias entre os Estados Unidos e a Europa, bem como a inflação crescente no ambiente europeu.

No que diz respeito a parte aleatória, o euro apresenta-se com uma maior oscilação durante períodos de choque se comparado ao dólar. Sendo assim, entende-se que o euro sofre mais com eventos imprevistos. A sazonalidade encontrada no Euro assemelha-se a do dólar.

Já a Figura 5 expõe a decomposição da série do *bitcoin* de 2020 a 2021, mostrando que no decorrer dos anos analisados o *bitcoin* se destacou em relação ao dólar, sendo o período marcado pela tendência de alta, exatamente no mesmo momento em que o dólar sofreu um declínio. Este movimento é explicado por diversos fatores, como a preocupação com as políticas monetárias expansionistas por parte do FED, em linha com os investidores buscarem nas criptomoedas uma fonte de reserva de valor alternativa à medida que as expectativas dos agentes econômicos se estabilizavam, no que diz respeito aos efeitos da pandemia, no começo de 2021.

Figura 5 - Decomposição da série do *bitcoin*



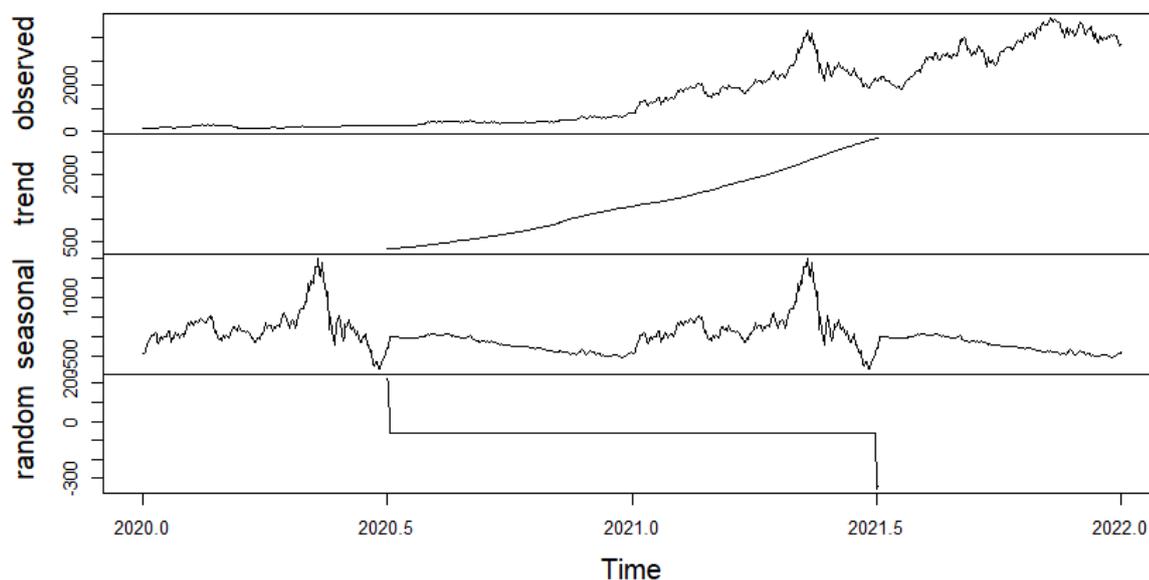
Fonte: Elaboração própria, com base em Yahoo Finance (2023).

Já a presença de sazonalidade do *bitcoin* é marcada pela confiança do mercado no começo do ano de 2020, seguido de uma forte queda, por conta do início da pandemia e por fim uma lateralização, repetindo o ciclo em 2021, uma vez que em tal ano a pandemia voltou a preocupar até as vacinas para Covid-19 serem de fato distribuídas e aplicadas nos países.

Quanto a parte aleatória, ainda conforme a Figura 5, o *bitcoin* apresenta um nível de oscilação muito próximo ao dólar. Entretanto, com apenas um curto período de incerteza sob análise, não há como afirmar que esse ativo tem o mesmo poder que o dólar, de fonte de reserva, no decorrer de períodos choques. Fatores externos como o aumento da demanda e especulação no mercado de criptomoedas podem ter influenciado o desempenho do *bitcoin* neste período.

Por fim, a análise de decomposição da série do *ethereum* é exposta pela Figura 6. É importante destacar que este ativo também é negociado via *blockchain*, porém diferentemente do *bitcoin*, o *ethereum* tem utilidade prática mais presente, não sendo visto, até o momento, pelos agentes econômicos, como reserva de valor.

Figura 6 - Decomposição da série do *ethereum*



Fonte: Elaboração própria, com base em Yahoo Finance (2023).

O comportamento do *ethereum*, durante o período analisado, assemelha-se ao do *bitcoin* em relação ao dólar em toda os componentes da série, conforme Figura 6. Enquanto há uma tendência existente, esta é de alta, pelos mesmos fatores da outra criptomoeda analisada.

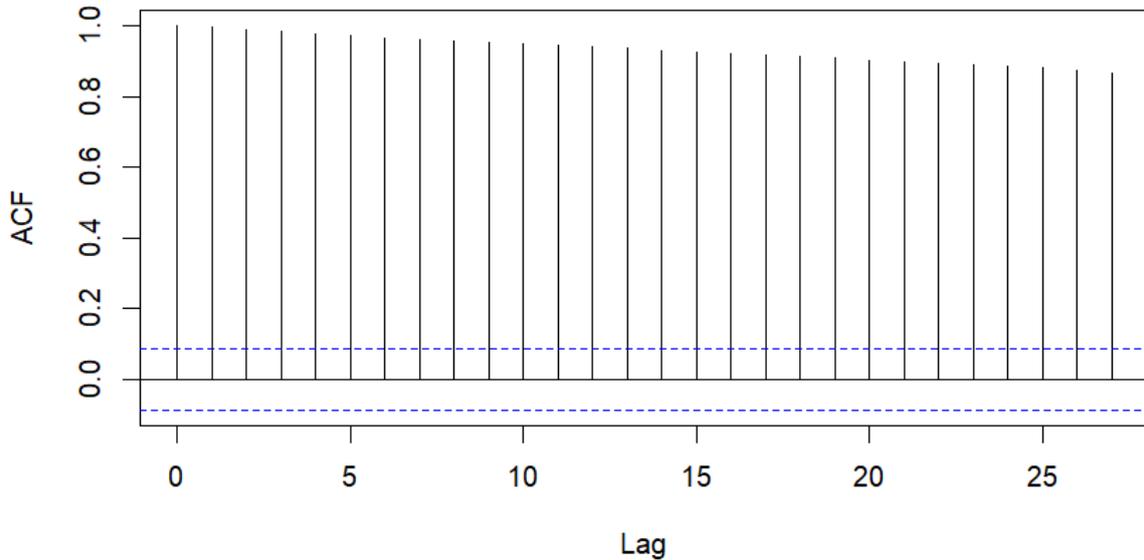
Ainda conforme a Figura 6, apesar da parte aleatória da série do *ETH* se assemelhar a do dólar, não há como afirmar que este se comportará da mesma forma em novos choques futuros.

4.3 Análise da estacionariedade das séries

Como forma de complementar a análise a respeito das séries analisadas, foram calculadas as funções de autocorrelação (FAC), as quais fornecem uma ideia visual da estacionariedade de uma série, ou seja, se uma série carrega consigo o efeito de algum choque, de modo a desestabilizar sua média e variância. Também foi realizado um teste DF-GLS, que possibilita a comprovação ou não da estacionariedade das séries analisadas. Ao analisar as Figuras 7, 8, 9 e 10, que apresentam as FAC's percebe-se que as quatro seguem um mesmo padrão. Todas as séries apontam, pelo menos visualmente, para a não estacionariedade. Portanto, entende-se que essas moedas, ao sofrerem um choque, carregam os efeitos no decorrer dos períodos, modificando sua média e variância. O que é um indicativo de que em momentos de grandes instabilidades, todas as moedas analisadas sofram algum tipo de influência, logo,

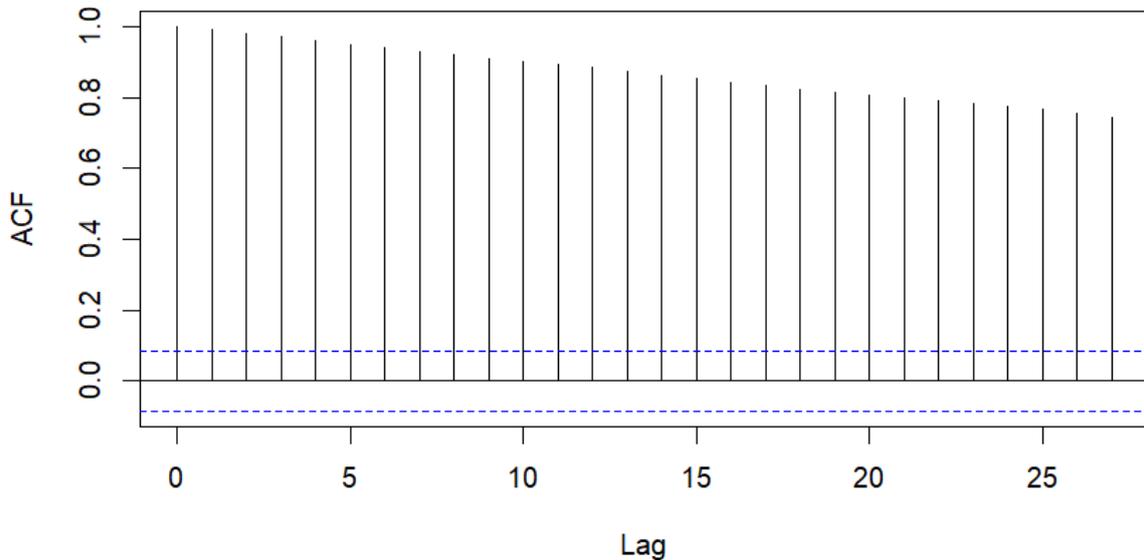
mesmo o *BTC* e o *ETH*, que tem características bastante distintas do dólar e do euro, apresentam para o período avaliado, um comportamento semelhante, logo, as criptomoedas parecem ser tão sensíveis, quanto as moedas tradicionais em momentos de crise, ou pelo menos, no momento de crise aqui considerado.

Figura 7 - FAC Índice DXY

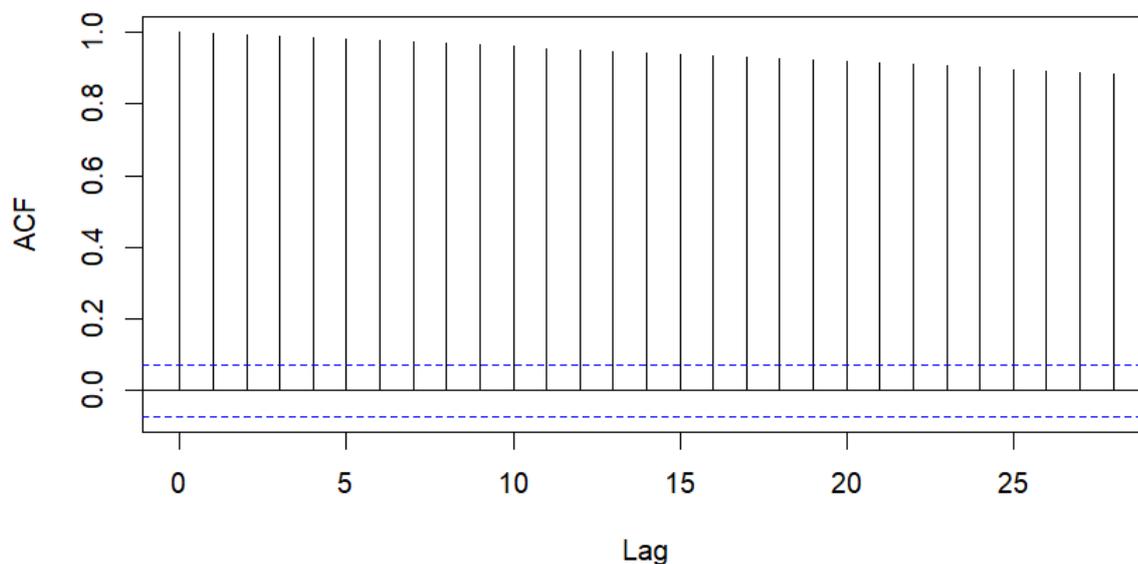


Fonte: Elaboração própria, com base em FMI (2023).

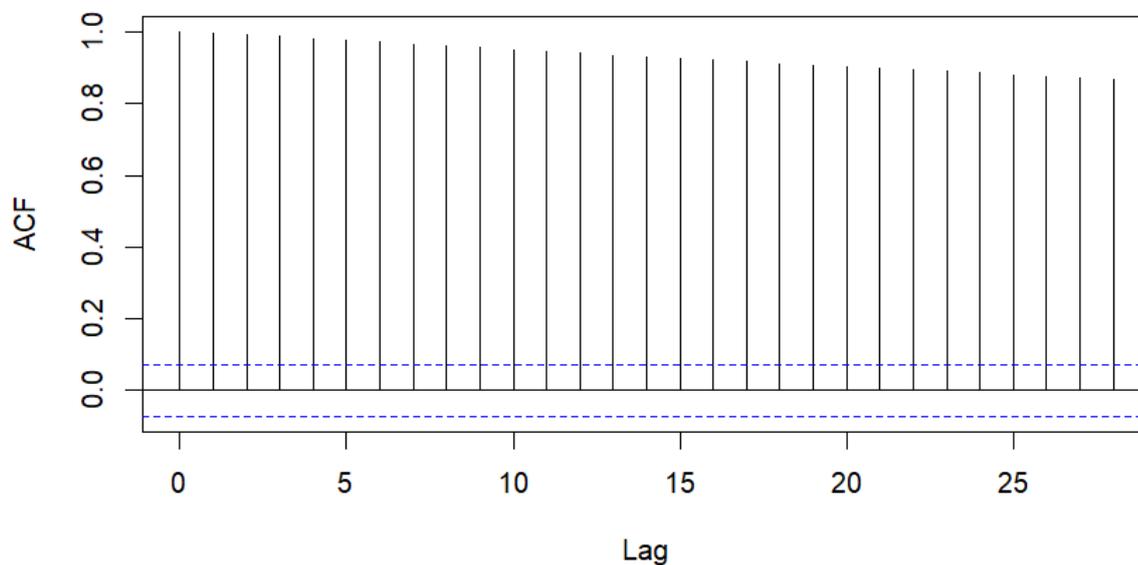
Figura 8 - FAC euro



Fonte: Elaboração própria, com base em FMI (2023).

Figura 9 - FAC *bitcoin*

Fonte: Elaboração própria, com base em Yahoo Finance (2023).

Figura 10 - FAC *ethereum*

Fonte: Elaboração própria, com base em Yahoo Finance (2023).

Por fim, como maneira de confirmar os indícios observados pelas funções de autocorrelação (FAC), expostas nas figuras apresentadas acima, demonstra-se necessário realizar o teste de estacionaridade das variáveis analisadas. Os resultados dos testes devidamente calculados estão expostos na tabela 2.

Tabela 2 - Teste de Estacionariedade

Variável		Teste DF-GLS	
		Valor do teste *	Resultado
BTC	Constant.	-0,0937	Não estacionária
	Constan.+ Tend.	-1,8298	Não estacionária
ETH	Constant.	0,2555	Não estacionária
	Constan.+ Tend.	-2,1359	Não estacionária
DXY	Constant.	-0,0781	Não estacionária
	Constan.+ Tend.	-1,503	Não estacionária
EURO	Constant.	-0,852	Não estacionária
	Constan.+ Tend.	-0,7695	Não estacionária

Fonte: Elaboração própria.

Conforme a Tabela 2, a não estacionariedade dos ativos estudados se confirma, considerando um nível de significância de 5%. Sendo assim, pode-se afirmar que o índice DXY, o euro, *bitcoin* e o *ethereum*, ao sofrerem um choque, como no caso do período analisado, que o choque é oriundo de toda a incerteza que permeou o período pandêmico, carregam os efeitos ao longo dos períodos.

Neste ponto é importante citar que existe na literatura um debate sobre se o *bitcoin* é ou não uma série estacionária, já que esta é a criptomoeda mais estudada até o momento, analistas financeiros e pesquisadores no campo das criptomoedas se dedicam a tal investigação. Almeida (2020) analisa a estacionariedade do *bitcoin* entre 2015 e 2020, sendo esta, segundo o autor, uma série não estacionária. Ademais, Quingui (2018) também argumenta a favor da não estacionariedade do *bitcoin*, para o período entre 2017 e 2018. Logo, os resultados encontrados pelo presente estudo a respeito da não estacionariedade da série do *bitcoin* esta em linha com os estudos consultados.

Em relação aos resultados apresentados, tem-se que a natureza em evolução do mercado de criptomoedas, significa que tais ativos continuarão a ser objeto de pesquisa e discussão entre os estudiosos da área. Novos estudos sobre futuros momentos de instabilidade podem trazer mais indícios acerca do tema.

Evidencia-se, portanto, que as criptomoedas em análise tiveram o comportamento semelhante as moedas tradicionais durante período de incerteza e instabilidade avaliado. Entretanto, devido ao período analisado ser curto, bem como a própria existência das criptomoedas ser recente, principalmente em comparação às moedas tradicionais, além da alta volatilidade inerente às moedas digitais, não há como afirmar que em um eventual novo período

de choque tais moedas terão este mesmo comportamento identificado pela análise exploratória do presente estudo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tomando como base a crescente popularidade das criptomoedas e a relevância da *blockchain*, como arcabouço tecnológico para tais ativos digitais, o presente estudo teve como objetivo analisar a tecnologia *blockchain* por meio da comparação da volatilidade das criptomoedas, *bitcoin* e *ethereum*, com a das moedas de circulação internacional tradicionais, dólar e euro, para o período do auge da pandemia da Covid-19, com vistas a verificar se moedas negociadas via tecnologia *blockchain* apresentam maior volatilidade, considerando um momento de elevada incerteza.

Como forma de contemplar o objetivo proposto, foi realizada uma análise descritiva dos dados, com o uso de gráficos e medidas de posição e dispersão. Além de ser feita a decomposição das séries e também testes de estacionariedade.

Através das análises estatísticas, tendo como destaque o desvio-padrão, pôde-se entender que as criptomoedas apresentam uma alta oscilação ao serem comparadas com as moedas tradicionais. Tal fato pode ser entendido por diversos fatores, desde ser um mercado menos líquido, logo um volume operado pode afetar diretamente a cotação, até pelo fato de serem negociadas via *blockchain*. Embora a *blockchain* ofereça vantagens significativas, como transparência e segurança, também pode ampliar a volatilidade devido à natureza descentralizada, fragmentada e global das criptomoedas.

Ademais, no decorrer da pesquisa demonstrou-se necessário entender o quanto as criptomoedas e as moedas de circulação internacional absorvem os efeitos de um evento imprevisto. Para isso, utilizou-se da verificação da estacionariedade das séries. O resultado do teste foi de não estacionariedade para todos os ativos analisados, portanto, tem-se que tanto as criptomoedas, quanto as moedas tradicionais carregam os efeitos de um choque após sofrê-lo.

Evidencia-se, portanto, que o *bitcoin* e *ethereum* apresentaram uma variabilidade mais elevada, na conjuntura avaliada, ao se comparar com o dólar e euro, como se pressupunha na hipótese inicial do trabalho, o que fornece indícios de que mesmo com o uso da *blockchain* na negociação destas, a alta oscilação se mantém, não sendo possível identificar ganhos em estabilidade. Entretanto, vale ressaltar que a pesquisa realizada é exploratória, pautada em um curto período de tempo, que foi o primeiro período de alta instabilidade internacional enfrentado pelas criptomoedas estudadas e por consequência pela tecnologia *blockchain*.

Desta forma, tem-se como indicativo para pesquisas acadêmicas futuras a necessidade de aprofundar o entendimento sobre a viabilidade da inserção da tecnologia *blockchain* no

sistema financeiro internacional, bem como a realização de análise comparativa entre reservas de valor, como o ouro e o *bitcoin*, por exemplo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. A. M. D. Análise da relação entre a Bitcoin e o Mercado Acionista: estudo de preços, rendibilidades e transferência de volatilidade. Dissertação. (Mestrado em Gestão) Universidade de Évora, Portugal. 2020.
- ANDRADE, G. P. Governo eletrônico: oportunidades de aplicação da tecnologia blockchain em processos da administração pública do Brasil. 2021.
- BÖHME, R. ; CHRISTIN, N.; EDELMAN, B.; MOORE, T. Bitcoin: Economics, technology, and governance. **Journal of economic Perspectives**, v. 29, n. 2, p. 213-238, 2015.
- BUENO, R. L. S. Econometria de séries temporais. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- CHICARINO, V. R., JESUS, E. F., DE ALBUQUERQUE, C. V.;ROCHA, A. A. D. A. Uso de blockchain para privacidade e segurança em internet das coisas. **Sociedade Brasileira de Computação**. 2017.
- COWPERTWAIT, P. S. P.; METCALFE, A. V. Introductory time series with R. Springer Science & Business Media, 2009. 253p.
- DONATO, L. P.; NETO, B. B. Criptomoeda virtual: o impacto do bitcoin no mundo. **Revista Interface Tecnológica**. v. 14, n. 2, p. 19–30, 2017. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/194>>. Acesso em: 29 jun. 2023.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. Econometria básica . Amgh Editora, 2011. 920 p.
- HOFFMANN, R. Estatística para economistas. 1 ed: Cengage Learning, 2006. 446 p.
- HUANG, R. BCs usam blockchain para estabilizar sistema financeiro global. 2019. Disponível em: <<https://forbes.com.br/negocios/2019/06/bancos-centrais-usam-o-blockchain-para-estabilizar-o-sistema-financeiro-global/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- LONGHI, M. I.C. S.; COIMBRA, F. M. Contratos Inteligentes e as transformações digitais nos registros Imobiliários. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós Graduação em Direito de Cotnratos) INSPER, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://repositorio.insper.edu.br/bitstream/11224/4690/1/Fernanda%20Maia%20Coimbra%20%20Trabalho.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2023.
- LYRA, J. G. Blockchain e organizações descentralizadas. 1 ed: Brasport, 2019. 128p.
- MENDANHA, G. O . Assegurando a propriedade e imutabilidade de documentos digitais: uma prova de conceito utilizando blockchain. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Software), Universidade Federal do Ceará, Quixadá, 2017.
- NAKAMOTO, S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Decentralized business review, 2008. Disponível em:< <https://www.ussc.gov/sites/default/files/pdf/training/annual->

[national-training-seminar/2018/Emerging_Tech_Bitcoin_Crypto.pdf](#)>. Acesso em: 15 jul. 2023.

PECK, M. The future of the web looks a lot like bitcoin. Spectrum IEEE. 2015. Disponível em:<<http://spectrum.ieee.org/computing/networks/the-future-of-the-web-looks-a-lot-like-bitcoin>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

QUINGURI, A. F. (2018). Um estudo sobre a arbitragem de Bitcoins Brasil-Estados Unidos no período 2017-2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Econômicas) - Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma.

REINHART, C. M.; ROGOFF, Kenneth S. This time is different. In: This Time Is Different. princeton university press, 2009. Disponível em:<<https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691152646/this-time-is-different>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SARTORIS, A. Estatística e introdução à econometria. Saraiva Educação SA, 2017. 628p.

SERRANO, F. Do ouro imóvel ao dólar flexível. **Economia e sociedade**, v. 11, n. 2, p. 237-253, 2002.

SIMEÃO, A. O. V.; VARELLA, M. D. A impossibilidade de regulação jurídica nacional da blockchain: rumo a um direito criptográfico? Revista Direitos Culturais, Santo Ângelo v. 13, n. 31, p. 43-70, 2018. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/329550007_A_IMPOSSIBILIDADE_DE_REGULACAO_JURIDICA_NACIONAL_DO_BLOCKCHAIN_RUMO_A_UM_DIREITO_CRIPTOGRAFICO>. Acesso em: 05 jul. 2023.

SWAN, M. Blockchain: Blueprint for a New Economy. O'Reilly Media. 2015. 149p.

TAPSCOTT, D.; TAPSCOTT, A.. Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world. Penguin, 2016. 368p.

TORRES FILHO, E. T.. A crise do sistema financeiro globalizado contemporâneo. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 34, p. 433-450, 2014. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rep/a/GdfhKN8wg96K6BjKhPdTGQr/?format=pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2023.

ULRICH, F. Bitcoin: a moeda na era digital. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises, 2014. 123p.

VIEIRA, J. A representação social do blockchain no Brasil. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro .2018. Disponível em:<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/28078/A%20REPRESENTA%20c3%87%c3%83O%20SOCIAL%20DE%20BLOCKCHAIN%20NO%20BRASIL_Final.docx.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 maio. 2023.

WALSH, C. ; REILLY, P. O.; GLEASURE, R.; FELLER, J.; LI, S.; CRISTOFORO, J. New kid on the block: a strategic archetypes approach to understanding the Blockchain. Thirty Seventh International Conference on Information Systems, Dublin 2016.

YERMACK, D. Corporate governance and blockchains. Review of finance, v. 21, n. 1, p. 7-31, 2017.