

Introdução do Bitcoin em um portfólio com ativos brasileiros

Introduction of Bitcoin into a portfolio with brazilian assets

Recebido: 08/03/2025 - Aprovado: 29/04/2025 - Publicado: 01/05/2025
Processo de Avaliação: Double Blind Review

Gustavo Mauro dos Santos Barbosa¹
Diogo de Prince Mendonça²
Emerson Gomes dos Santos³
Alcides Barrichello⁴

RESUMO

O objetivo é analisar o impacto da inclusão do bitcoin em uma carteira composta por ativos financeiros brasileiros. Ao gerenciar uma carteira de investimentos requer encontrar a estratégia que corresponda ao nível de risco desejado, garantindo que os retornos atendam às expectativas. No entanto, essa tarefa é complexa devido à ampla variedade de ativos, inúmeras combinações possíveis e à imprevisibilidade do desempenho futuro dos ativos. Nesse cenário, foi aplicado a teoria de portfólio de Markowitz e o índice de Sharpe para avaliar a melhor relação risco-retorno. Os resultados da incorporação do bitcoin em uma carteira com ativos tradicionais brasileiros nem sempre resultaram em ganhos para o investidor em termos de rentabilidade e risco, nos períodos e níveis de rentabilidade esperada analisados, exceto no período do advento do *halving*. O artigo contribui com evidências quantificáveis dos prós e contras da estratégia de incluir o bitcoin em carteiras de ativos tradicionais, ressaltando a importância de considerar outros fatores, incluindo eventos econômicos e o contexto do mercado de criptomoedas.

Palavras-chave: Bitcoin, Diversificação, Teoria Moderna do Portfólio de Markowitz, Índice de Sharpe, Ativos financeiros

ABSTRACT

The objective is to analyze the impact of including bitcoin in a portfolio composed of Brazilian financial assets. Managing an investment portfolio requires finding the strategy that matches the desired level of risk, ensuring that returns meet expectations. However, this task is complex due to the wide variety of assets, countless possible combinations, and the unpredictability of future asset performance. In this scenario, Markowitz's portfolio theory and the Sharpe ratio were applied to assess the best risk-return ratio. The results of incorporating bitcoin into a portfolio with traditional Brazilian assets did not always result in gains for the investor in terms of profitability and risk, in the periods and levels of expected profitability analyzed, except in the period of the advent of the halving. The article contributes with quantifiable evidence of the pros and cons of the strategy of including bitcoin in portfolios of traditional assets, highlighting the importance of considering other factors, including economic events and the context of the cryptocurrency market.

Keywords: Bitcoin, Diversification, Modern Portfolio Theory Markowitz, Sharpe Ratio, Financial assets

¹ Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de São Paulo. Brasil. Email: gustavomauro532@gmail.com

² Doutor em Economia pela Fundação Getúlio Vargas. Brasil. Email: dioted@gmail.com

³ Pós-doutorando em Economia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Brasil. Email: emerson.gomes@unifesp.br

⁴ Doutor em Administração pela Universidade de São Paulo. Brasil. Email: alcidesbarrichel@uol.com.br

1. INTRODUÇÃO

A revolução digital trouxe oportunidades significativas para a indústria financeira, com destaque para o surgimento da tecnologia *blockchain* que possibilitou o desenvolvimento de uma nova classe de ativos, produtos e serviços representando novos desafios para os indivíduos e instituições. Tais ativos se constituem nos chamados ativos alternativos, ativos financeiros que não se enquadram nas categorias convencionais de ações, renda fixa ou qualquer outro instrumento de liquidez.

A evolução tecnológica contribui para o aumento da diversidade de ativos financeiros disponíveis para investimento, sendo o bitcoin (BTC) um produto desse contexto. O BTC rapidamente se destacou nos mercados financeiros, posto que os investidores buscam otimizar a relação risco-retorno de seus portfólios. Neste artigo utiliza-se a teoria de carteira de Markowitz, também conhecida como Teoria Moderna de Portfólio (TMP), uma abordagem fundamental na gestão de investimentos, que busca otimizar o retorno esperado de um portfólio de ativos financeiros, considerando-se o nível de risco mínimo.

Estudos anteriores já avaliaram se a inclusão do BTC em um portfólio convencional produz os efeitos de diversificação desejados e concluíram que a inclusão do *token* bitcoin em uma carteira de investimentos pode oferecer benefícios de diversificação e potencial de retorno, embora também traga riscos significativos (Donatelli Neto & Colombo, 2021; Ferreira, 2021; Moutinho & Penha, 2019; Silveira, 2015). A decisão lógica de investimento em um determinado conjunto de ativos financeiros envolve o objetivo principal de aumentar as taxas de retorno financeiro, desde que um nível específico de risco seja considerado aceitável pelo investidor. Portanto, é crucial encontrar a estratégia apropriada que corresponda ao nível de risco desejado, garantindo que os retornos não caiam abaixo das expectativas. A existência de uma ampla gama de ativos para investir, inúmeras combinações possíveis e a impossibilidade de prever com precisão o desempenho futuro desses ativos dificultam a tarefa de gerenciar carteiras de investimento.

A relação entre rentabilidade e risco varia dependendo da estratégia de alocação de ativos, ou seja, cada ativo dentro de um portfólio cumpre um papel e possui um peso. Esse peso é a variável de decisão da estratégia de investimento, cujo investidor analisa com grande regularidade.

O objetivo deste artigo é analisar o impacto da inclusão do *token* bitcoin em uma carteira composta por ativos brasileiros tradicionais. A expectativa é poder avaliar o bitcoin como um ativo de investimento que leve o investidor a ter uma melhora na relação risco-retorno.

Justifica-se a pesquisa porque o bitcoin representa uma inovação financeira significativa, sendo a primeira criptomoeda descentralizada do mundo. Sua introdução nos mercados financeiros globais têm desafiado as estruturas tradicionais de investimento e as teorias econômicas convencionais (Ulrich, 2014). Isso torna a pesquisa de como o bitcoin se integra com ativos tradicionais relevantes para compreender a evolução do sistema financeiro e possivelmente trazer *insights* sobre como o bitcoin afeta a relação risco-retorno.

Os bens de investimentos consistem basicamente em ativos financeiros, como ações e títulos de dívidas. Nessa lógica, os investidores estão sempre buscando rentabilizar seu capital, mas o aumento de retorno também implica, em determinada proporção, o aumento do risco, que os investidores desejam evitar. Portanto, a diversificação é uma forma de lidar com essa dicotomia, contribuindo para o aumento da rentabilidade e controle do risco (Marques et al., 2013).

Em resumo, o bitcoin é uma moeda tecnológica inovadora, fora do escopo da economia tradicional, o que faz com que ele seja afetado por fatores de risco distintos de ativos financeiros, como ações e títulos de dívidas (Liu & Tsyvinski, 2020). Essa característica torna esse ativo ideal para aumentar a diversificação de um portfólio de investimentos. Portanto, esse estudo combina inovação financeira, gestão de portfólio e considerações específicas do mercado financeiro brasileiro, contribuindo para o avanço do conhecimento na ciência econômica e com implicações práticas para os tomadores de decisão no campo financeiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica apresenta a Teoria Moderna de Portfólio de Markowitz, e como essa teoria define e quantifica a diversificação eficiente para reduzir o risco e aumentar o retorno, sendo um divisor de águas na história de alocação de ativos financeiros. Além disso, explica-se a criação do índice de Sharpe, seu conceito e como pode-se usá-lo na análise de portfólios de investimento. Por fim, é explicado o que é o bitcoin, como ele surgiu e porque é uma tecnologia inovadora, assim como o que é *blockchain* e qual a sua importância para o bitcoin.

2.1 Revisão da Teoria Moderna do Portfólio

Antes da introdução da Teoria Moderna de Portfólio (TMP) de Markowitz, as estratégias de investimento eram em grande parte baseadas em abordagens intuitivas e menos fundamentadas em análises quantitativas de risco e retorno. A diversificação de investimentos

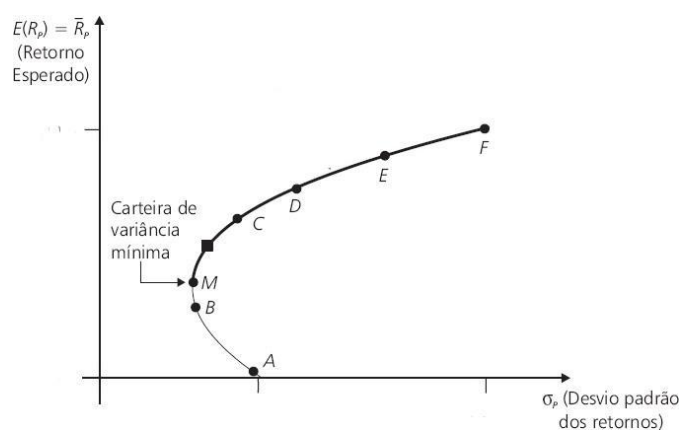
era menos enfatizada. Os investidores muitas vezes mantinham carteiras de ativos com base em intuições pessoais, sem considerar cuidadosamente a combinação de ativos que poderiam otimizar o equilíbrio entre risco e retorno.

A Teoria de Markowitz (1952) introduziu métricas quantitativas, como a relação risco-retorno e a fronteira eficiente, que permitiram aos investidores avaliarem de forma mais precisa o desempenho de uma carteira em termos de eficiência. Portanto, antes da Teoria Moderna de Portfólio, as estratégias de investimento eram menos embasadas em princípios quantitativos e mais dependentes de abordagens intuitivas e menos científicas. O trabalho de Markowitz é um marco, pois estabelece uma base sólida para a teoria financeira moderna (Silveira, 2015).

A TMP de Markowitz mudou a forma como os investidores abordam a construção de carteiras de investimento. O princípio central da TMP é que os investidores desejam maximizar o retorno esperado de seus investimentos para um nível de risco dado ou minimizar o risco para um nível de retorno desejado. Portanto, o objetivo é encontrar a combinação ideal de ativos em uma carteira que otimize esse equilíbrio entre risco e retorno (Assaf Neto, 2021).

Markowitz (1952) enfatizou a importância da diversificação eficiente. Ele argumentou que, ao combinar ativos que não estão perfeitamente correlacionados (ou seja, cujos retornos não se movem juntos na mesma direção o tempo todo), um investidor pode reduzir o risco específico da carteira sem sacrificar o retorno. Isso é conhecido como o benefício da diversificação. A Teoria de Markowitz introduziu a ideia de uma "fronteira eficiente" (Figura 1), que representa todas as combinações possíveis de ativos em uma carteira que oferecem o máximo retorno esperado com o mínimo risco possível, risco representado pela variância da carteira. A fronteira eficiente é uma curva que ilustra as opções ótimas de portfólio disponíveis para um investidor dado os ativos selecionados.

Figura 1: Fronteira eficiente



Fonte: Assaf Neto (2021)

Logo, as carteiras mais atraentes para um investidor racional com as composições de ativos com risco e livre de risco que otimizam a relação risco-retorno, ficam restrita às combinações disponíveis no trecho da linha do ponto M até o ponto F, com o ponto M representando a composição de carteira com menor risco dentre todos os pontos da fronteira eficiente, denominada de carteira de mínima variância. A construção dessa lógica é embasada em mais princípios fundamentais, destacados abaixo, assumidos pelo autor para a constituição da base da Teoria de Portfólios:

- I) os investidores avaliariam as carteiras apenas com base no retorno esperado e na variância dos retornos sobre o horizonte de tempo de um período;
- II) os investidores seriam avessos ao risco e, se instados a escolher entre duas carteiras de mesmo retorno, sempre escolheriam a de menor risco;
- III) os investidores estariam sempre insatisfeitos em termos de retorno e, quando incitados a escolher entre duas carteiras de mesmo risco, sempre escolheriam a de maior retorno;
- IV) seria possível dividir continuamente os ativos, ou seja, ao investidor seria permitido comprar mesmo frações de ações;
- V) existiria uma taxa livre de risco, à qual o investidor tanto poderia emprestar quanto tomar emprestado (premissa adotada no presente trabalho, que trabalhou com a taxa livre de risco da economia brasileira, porém, não permitindo vendas a descoberto);
- VI) todos os impostos e custos de transação seriam considerados irrelevantes;
- VII) todos os investidores estariam de acordo em relação à distribuição de probabilidades das taxas de retorno dos ativos, o que significa que somente existiria um único conjunto de carteiras eficientes.

Partindo desses princípios, Markowitz (1952) determina as duas características fundamentais de um portfólio, o seu retorno esperado e a sua variância esperada, esta última representando o risco da carteira. A primeira característica da carteira, seu retorno esperado, é simplesmente a média ponderada dos retornos dos ativos individuais vezes o peso do ativo na carteira, conforme a seguir:

$$R_p = \sum_{i=1}^n R_i w_i \quad (1)$$

Onde:

R_p = Rentabilidade esperada do portfólio

R_i = Rentabilidade média histórica do ativo i

n = Número de ativos na carteira

w_i = Peso do ativo i na composição da carteira

A segunda característica fundamental de uma carteira é o seu risco, medido pela sua variância, que, por sua vez, é obtida a partir das variâncias dos ativos individuais e das covariâncias entre todos os ativos, calculadas dois a dois:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^m [w_i^2 \cdot \sigma_i^2] + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m w_i w_j \sigma_{ij} \quad (2)$$

Onde:

σ_p^2 = Variância do portfólio

σ_i^2 = Variância do ativo i

w_i^2 = Peso dos ativo i

m = Número total de ativos considerados na carteira

w_i = Peso do ativo i na carteira

w_j = Peso do ativo j na carteira

σ_{ij} = Covariância entre as taxas de retorno dos ativos i e j

Para construir uma carteira eficiente, Markowitz (1952) introduziu o conceito de correlação entre os retornos dos ativos. Isso ajuda a medir o grau em que os preços dos ativos se movem juntos ou em direções opostas. Ativos com baixa covariância ou correlação negativa são mais desejáveis em uma carteira diversificada.

A Teoria Moderna do Portfólio inclui métricas quantitativas para avaliar o risco e o retorno de uma carteira. Markowitz (1952) desenvolveu técnicas de otimização de portfólio para encontrar a combinação ideal de ativos que maximiza o retorno esperado para um determinado nível de risco ou minimiza o risco para um determinado retorno. Isso envolve a alocação de ativos de acordo com a fronteira eficiente. A Teoria Moderna de Portfólio de Markowitz é fundamental para a teoria financeira moderna. Ela fornece um arcabouço teórico

sólido para a construção de carteiras de investimento, destacando a importância da diversificação eficiente e da análise quantitativa de risco e retorno (Zanini & Figueiredo, 2005).

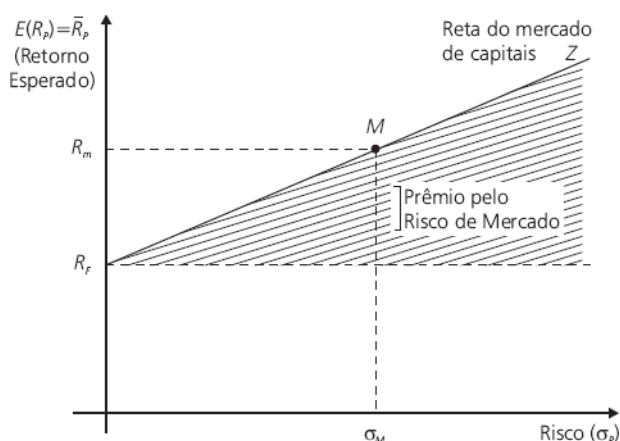
2.2 Índice de Sharpe

A Teoria do Equilíbrio de Mercado sob Condições de Risco, proposta por Sharpe (1964), é uma extensão da Teoria Moderna de Portfólio de Markowitz (1952) que ajuda a entender como os investidores podem tomar decisões de investimento em um mercado com ativos financeiros arriscados. Ela é fundamental para a compreensão de como os preços dos ativos financeiros são determinados em mercados eficientes. A teoria parte da hipótese de que os mercados financeiros são eficientes. Isso significa que todas as informações disponíveis estão refletidas nos preços dos ativos.

Na Teoria do Equilíbrio, Sharpe introduziu o conceito de "prêmio pelo risco" conforme demonstrado na Figura 2. Os investidores estão dispostos a assumir riscos ao investir em ativos financeiros arriscados, como ações, em vez de ativos "sem risco", como títulos do governo. Para atrair investidores para ativos arriscados, esses ativos devem oferecer um prêmio pelo risco, ou seja, um retorno adicional esperado em relação aos ativos sem risco. Na teoria de Sharpe, existe uma taxa de juros "livre de risco" (TJLR) que representa o retorno que um investidor pode obter sem assumir qualquer risco. Geralmente, essa taxa é associada a ativos sem risco, como títulos do governo (Sharpe, 1964).

Figura 2

Linha do mercado de capitais



Fonte: Assaf Neto (2021)

Por conseguinte, à medida que o investidor for aumentando a participação de ativos arriscados em sua carteira e reduzindo a participação em ativos livres de risco, é possível

identificar um aumento no retorno e no risco. Os pontos da composição dessa carteira com maior rentabilidade e risco são representados pela Reta do mercado de capitais, mais conhecida como Linha do mercado de capitais. A ausência de ativos livres de risco na carteira leva o investidor ao ponto M, sendo a carteira M conhecida como carteira de mercado, M é uma carteira diversificada que teoricamente contém todos os títulos na proporção que estão disponíveis no mercado. Na prática, a carteira de mercado é formada por alguma medida existente, como o Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (IBOVESPA) no Brasil (Assaf Neto, 2021).

Partindo da compreensão da linha de mercado de capitais, pode-se determinar o índice de Sharpe, a medida de análise para a relação risco-retorno. Sharpe (1964) desenvolveu o índice como uma métrica para avaliar a relação risco-retorno de uma carteira de investimentos. O índice é calculado partindo do retorno esperado de uma determinada carteira, subtraindo a taxa livre de risco e dividindo o resultado pelo risco da carteira calculado pela formulação de Markowitz apresentada no tópico anterior.

$$\text{Índice de Sharpe} = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p^2} \quad (3)$$

Onde:

R_f = Taxa livre de risco

R_p = Rentabilidade esperada do portfólio

σ_p^2 = Variância do portfólio

Pode-se supor três carteiras A, B e C, seus retornos e riscos estão representados na Tabela 1:

Tabela 1: Cálculo do índice de Sharpe para 3 carteiras

Carteira	A	B	C
Retorno	15,0%	17,0%	14,5%
Risco	5%	5%	2%
TLR	12%	12%	12%
Prêmio de Risco	3%	5%	3%
Is	0,60	1,00	1,25

Fonte: Elaborada pelos autores.

A carteira com melhor índice de Sharpe (iS) é a carteira C, que possui melhor relação risco-retorno, pois, para cada unidade de risco, a carteira C gera 1,25 de retorno, ou seja, a carteira C gera 0,25 a mais de retorno em relação ao risco que o investidor está exposto, ou 25% mais retorno do que risco. Ela é melhor do que a carteira B, que não gera retorno a mais do que risco, entretanto, mesmo assim, a B é preferível à A. A carteira A é a pior opção das três, tendo o menor iS , gerando mais risco do que retorno, já que o investidor teria menos retorno para cada unidade de risco a que ele está exposto.

Portanto, quanto maior o iS melhor para o investidor, embora o índice de Sharpe suficiente precise ser apenas maior do que 1 para gerar retorno excedente para cada unidade de risco que o investidor correr.

Em resumo, a Teoria do Equilíbrio de Mercado sob Condições de Risco, de Sharpe (1964), fornece uma estrutura para se entender como os investidores devem tomar decisões de investimento em mercados eficientes. Ela destaca a importância da relação risco-retorno e a necessidade de o investidor ser compensado pelo risco ao investir em ativos financeiros arriscados. Além disso, o iS se tornou uma métrica amplamente usada para avaliar o desempenho de carteiras de investimento (Bach et al., 2015).

2.3 As Tecnologias de Registro Distribuídos

As Tecnologias de Registro Distribuído (*Distributed Ledger Technologies - DLTs*) são sistemas de registro e gerenciamento de dados que se baseiam em uma rede descentralizada de computadores. Elas são frequentemente associadas à tecnologia *blockchain* (cadeia de blocos), embora o termo *DLT* seja mais amplo e engloba uma variedade de abordagens. Uma característica central das *DLTs* é a ausência de uma autoridade central. Em vez disso, os dados são compartilhados e registrados em uma rede de computadores chamada "nós". Cada nó na rede mantém uma cópia do registro, o que torna os dados mais resilientes e menos vulneráveis a falhas únicas. Uma vez que os dados são registrados em um livro-razão distribuído, eles geralmente não podem ser alterados. Isso é conseguido por meio de criptografia e algoritmos de consenso, tornando o registro seguro e confiável (Revoredo, 2019).

Os registros distribuídos são públicos ou, pelo menos, compartilhados com uma rede de participantes (nós). Isso permite uma transparência radical, uma vez que qualquer pessoa pode verificar e auditar as transações que não precisam ser apenas financeiras. Isso torna as *DLTs* seguras contra adulteração e fraudes. Para adicionar um novo bloco de dados ao registro distribuído, os nós (participantes) na rede devem chegar a um acordo sobre a validade da

transação. Diferentes *DLTs* usam diferentes algoritmos de consenso, como Prova de Trabalho (*proof-of-work*), Prova de Participação (*proof-of-stake*), Prova de Autoridade (*proof-of-authority*) e outros (Revoredo, 2019). Existem várias aplicações para *DLTs*, incluindo:

- 1) Criptomoedas: O *token bitcoin* é o exemplo mais famoso, mas muitas outras criptomoedas são construídas com base em tecnologias de registro distribuído.
- 2) Setor Financeiro: As *DLTs* são usadas para simplificar e automatizar transações financeiras, bem como para criar produtos financeiros.
- 3) Cadeia de Suprimentos: Permitem o rastreamento de produtos da origem ao destino, aumentando a transparência e reduzindo fraudes.
- 4) Contratos e Propriedade: Permitem a digitalização de contratos legais e registros de propriedade.

As *DLTs* têm um potencial significativo para transformar muitos setores, tornando as transações mais eficientes, seguras e transparentes. No entanto, elas também enfrentam desafios tais como aceitabilidade, escalabilidade, questões regulatórias e governança. A tecnologia continua a evoluir e a ser explorada em novas aplicações à medida que o interesse e a compreensão crescem.

2.4 Bitcoin, a Primeira Criptomoeda

A proposta e explicação do primeiro sistema de pagamento descentralizado foi apresentada por Nakamoto (2008). No artigo, foi criado um sistema de pagamento eletrônico ponto a ponto, no qual as transações financeiras podem ser realizadas diretamente entre as partes envolvidas, sem a necessidade de intermediários, como bancos ou instituições financeiras. A função principal do bitcoin é permitir transações online seguras e pseudoanônimas, sem depender de uma autoridade central para verificar e aprovar as transações.

Nakamoto (2008) descreve o funcionamento do bitcoin, apresentando os principais conceitos e componentes que o sustentam. Um dos elementos centrais do bitcoin é a "*blockchain*", uma *DLT* que contém todas as transações já realizadas na rede. A *blockchain* é mantida pelos "mineradores" (nós), que são computadores participantes da rede que realizam os cálculos para validarem as transações e as registram em blocos que são adicionados à cadeia. A história do bitcoin é repleta de desenvolvimentos, atualizações e debates dentro da

comunidade cripto sobre seu papel no sistema financeiro global e seus desafios de escalabilidade, regulamentação e segurança.

Embora isso, hoje existem diversas *blockchains* com a finalidade de transação financeira, a *Blockchain* Bitcoin continua sendo preferível em detrimento das outras, além de ser única com características irreplicáveis, e ter como destaque sua provação no tempo e resiliência em diversos cenários de instabilidade na rede. Por ser totalmente digital, a *Blockchain* Bitcoin está sempre sofrendo ataques de hackers, não só a rede como os usuários e participantes da rede estão sempre sofrendo tentativas de ataques virtuais. Por isso, a sobrevivência da rede depende totalmente da sua capacidade de resistir a cibercriminosos ao longo do tempo. Apesar de esse ser um dos principais riscos da tecnologia, também é um dos pontos fortes já que, quanto mais tempo a rede resistir, mais robusta ela ficará sendo que essa dinâmica é possível graças ao mecanismo de prova de trabalho e a forma como a criptografia das transações é estruturada (Antonopoulos, 2014).

Logo, outro atributo essencial é a Prova de Trabalho (*Proof of Work - PoW*), um componente fundamental da rede Bitcoin que garante a segurança, imutabilidade e a ordem das transações na *blockchain*. A *PoW* é um processo computacional que os mineradores realizam para adicionar novos blocos (conjunto de transações) à *Blockchain* Bitcoin. É um desafio matemático complexo que consome uma quantidade significativa de poder computacional. Uma das formas de burlar o mecanismo de *PoW* é desfazendo todos os blocos da *blockchain* até o primeiro bloco, chamado de bloco gênese. Para isso ocorrer, é necessário ter um poder computacional maior que todos os participantes da rede juntos, o que demandaria um grande custo computacional e energético. Nesse cenário, é mais vantajoso para qualquer usuário de internet ou entidade externa fazer parte da rede do que tentar quebrar toda sua criptografia. Por isso, quanto mais tempo passa e mais usuários se juntam à rede do Bitcoin, mais robusta e segura ela se torna (Ciaian et al., 2021).

O principal objetivo da *PoW* é encontrar um valor chamado "*nonce*". Na terminologia *blockchain*, *nonce* é uma abreviatura de "número usado apenas uma vez". Quando o "*nonce*" é encontrado, ele é combinado com o *hash* do bloco anterior, formando um novo *hash*. Cada bloco possui um *hash*, que pode ser interpretado como uma impressão digital para cada bloco, produzindo um código que atenda a certos critérios. Vários mineradores competem para encontrar esse valor de *nonce*. Eles fazem isso resolvendo um problema criptográfico que envolve tentativa e erro, calculando *hashes* repetidamente até encontrar o *nonce* correto. Essa competição é intensa, pois o primeiro minerador a encontrar o *nonce* correto pode criar o

próximo bloco e receber uma recompensa em bitcoins, além das taxas de transação (Ferreira, 2021).

Dessa forma, o *token* da rede Bitcoin é colocada em circulação, através de “recompensas” concedidas aos mineradores. Um conceito importante que os analistas, acadêmicos e entusiastas não esclarecem é a diferença entre *token* e *blockchain*: quando se fala da plataforma, ou seja, da rede onde ocorre as transações e onde os mineradores prestam o serviço de registrar as operações, fala-se da *Blockchain* Bitcoin; já quando se trata de dinheiro, pagamentos e de investimentos em bitcoin, fala-se do *token* bitcoin. Portanto, dentro da *Blockchain* Bitcoin é transacionada o *token* bitcoin, sendo ele o que os investidores compram e vendem diariamente. Em paralelo, na *Blockchain* Ethereum essa distinção é mais clara, já que o *token* da rede é chamado de Ether, possuindo um nome distinto da *Blockchain*.

Esclarecendo-se essa separação entre rede e *token*, alguns acadêmicos como Rotta e Paraná (2022), definem o *token* bitcoin como uma *commodity* digital, já que graças a tecnologia *blockchain* é possível replicar o conceito de escassez, que é caráter dos recursos naturais como minérios e bens agrícolas, a *tokens* completamente digitais. Um *token*, nada mais é do que um conjunto de símbolos (*token*, em inglês, significa símbolo). Na área da tecnologia, o nome se refere a um dispositivo eletrônico gerador de senhas bastante utilizado por bancos. Na indústria das criptomoedas, no entanto, a palavra ganha outra definição. Sendo a representação digital criptografada de um ativo, como dinheiro, propriedade e investimento, gerado por uma *blockchain* (Voshmgir, 2021).

Outro fator que contribui para apreciação dos preços do *token* bitcoin, é o *halving*. O “*halving*” do bitcoin é um evento que ocorre aproximadamente a cada quatro anos, como parte do protocolo de emissão da criptomoeda. O *halving* envolve uma redução pela metade da recompensa dada aos mineradores de bitcoin por cada bloco de transações que eles adicionam à *blockchain*. Inicialmente, essa recompensa era de 50 bitcoins, depois foi reduzida para 25, depois para 12,5 e assim por diante. Atualmente, após o *halving* de maio de 2020, a recompensa é de 6,25 bitcoins por bloco. Por consequência, o *halving* faz parte de um mecanismo de escassez programada do bitcoin. Isso significa que a oferta de novos bitcoins diminui a cada quatro anos, tornando-se cada vez mais difícil sua obtenção para os mineradores. Esse processo está previsto para continuar até que a oferta total de bitcoins atinja 21 milhões, o limite máximo estabelecido pelo protocolo. A redução na recompensa dos mineradores afeta a oferta de novos bitcoins, tornando-o menos inflacionário. Isso, combinado com a crescente demanda, pode ter

um impacto positivo nos preços do bitcoin, historicamente levando a aumentos significativos após cada *halving* (Antonopoulos, 2014).

O *halving* é apenas um aspecto do funcionamento da *Blockchain* Bitcoin e não é uma garantia de aumento de preços do *token* da rede. Os preços podem ser influenciados por muitos outros fatores, incluindo demanda do mercado, adoção, eventos macroeconômicos e mudanças na regulamentação. No entanto, o *halving* é considerado um dos eventos mais significativos no ciclo de vida do *token* bitcoin e continua a ser um tópico de discussão importante na comunidade cripto. Hoje, o bitcoin é uma das criptomoedas mais amplamente reconhecidas e negociadas em todo o mundo, com um ecossistema em crescimento constante, incluindo bolsas de criptomoedas, serviços de custódia, carteiras digitais e muitos outros produtos relacionados. Seu impacto no cenário financeiro global e sua evolução continuam sendo temas de interesse e debate significativos.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se os dados e a metodologia usada na aplicação empírica do Modelo de Markowitz para verificar e analisar o efeito da introdução do bitcoin na diversificação da carteira e o respectivo benefício financeiro para os investidores.

Para a composição das carteiras que são os objetos desse estudo, foram definidas três classes de ativos: ações, títulos públicos e imóveis, e a adição de bitcoins. As ações, os títulos e os imóveis são as classes de investimentos mais tradicionais e representativas no portfólio dos investidores.

Os ativos escolhidos do mercado brasileiro foram os seguintes:

- Ações: IBOVESPA
- Título Público: TESOURO SELIC
- Imóveis: IFIX
- Bitcoin: BTC

Utilizou-se os dados dos índices do mercado brasileiro e do bitcoin, entre 01/01/2018 até 31/12/2022. Os ativos escolhidos para esse estudo coincidem com os utilizados nos trabalhos de Ferreira (2021), Moutinho e Penha (2019) e Silveira (2015). A principal motivação para estudar o período escolhido é porque os anos de 2018 até 2022 foram os anos que o bitcoin cresceu em relevância considerando-se aspectos de capitalização de mercado. Além disso o período adotado também captura a consequência do *halving* da rede do Bitcoin. O "*halving*" do Bitcoin é um evento que ocorre aproximadamente a cada quatro anos, como parte do protocolo

de emissão da criptomoeda. Como já descrito na seção sobre o bitcoin, o *halving* envolve uma redução pela metade da recompensa dada aos mineradores de bitcoin por cada bloco de transações que eles adicionam à *Blockchain* Bitcoin. Assim, os dados, com preços em Reais, foram obtidos na plataforma Investing e no Tesouro Direto.

No primeiro momento, foi criada uma carteira com os principais ativos do mercado financeiro brasileiro e efetuados os cálculos da rentabilidade e risco de cada ativo de acordo com as formulações de Markowitz, para posteriormente ser calculado a fronteira eficiente. Em seguida, foram efetuados os mesmos cálculos com os mesmos ativos, mas com a inclusão do bitcoin, constituindo uma segunda carteira com o bitcoin junto aos principais ativos do mercado financeiro brasileiro.

O tratamento e avaliação dos dados foram realizados em 6 fases:

1. Coleta dos dados dos preços dos ativos financeiros;
2. Cálculo das rentabilidades e de algumas estatísticas descritivas de cada ativo no período escolhido;
3. Criação da fronteira eficiente de um portfólio com os ativos tradicionais;
4. Criação da fronteira eficiente de um portfólio com o bitcoin junto aos ativos tradicionais;
5. Criação de seis portfólios com os ativos tradicionais dado um retorno desejado; e
6. Criação de mais seis portfólios introduzindo o bitcoin junto aos ativos tradicionais dado os mesmos retornos desejado anteriormente,

Destaca-se que nessa análise não foram considerados custos de transação, nem custos associados a investimentos nos ativos escolhidos.

Representando a classe de ações, o IBOVESPA é o principal índice de ações da bolsa de valores brasileira B3. Assim, é o principal indicador de desempenho da bolsa brasileira e reúne as empresas com maior volume de negociação na bolsa de valores. A evolução do IBOVESPA é apresentada na Figura 3.

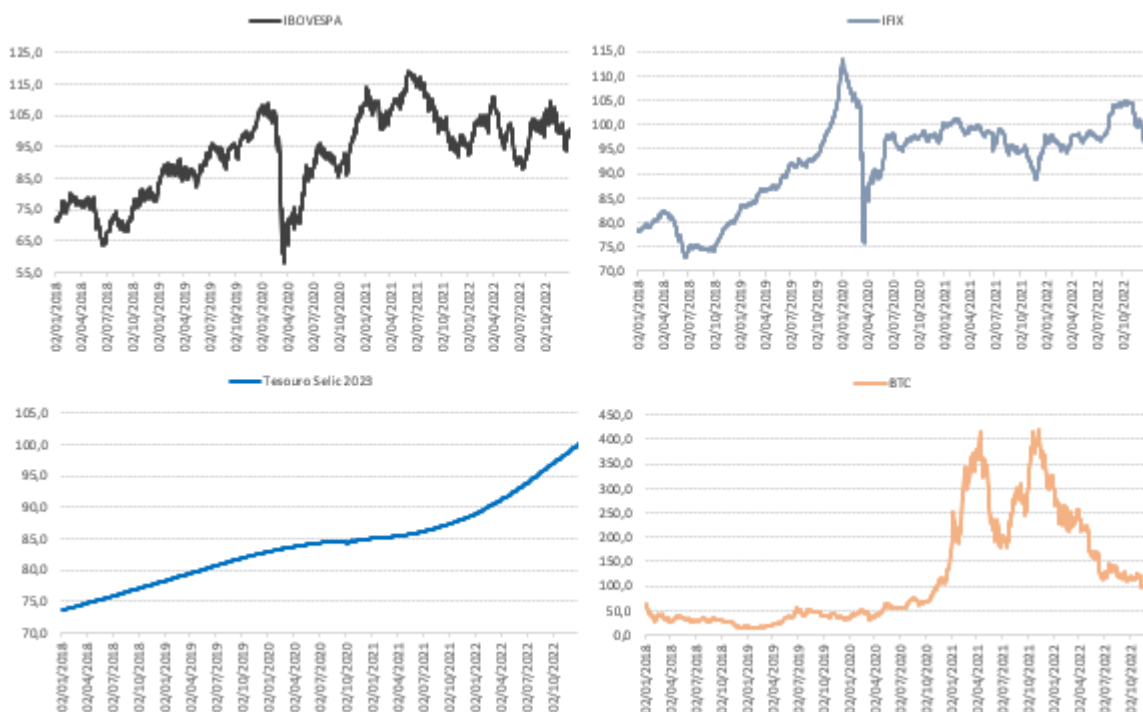
Na representação da classe de ativos imobiliários, foi utilizado o Índice de Fundos de Investimentos Imobiliários (IFIX), conforme representado na Figura 3. Esse índice é o principal índice de fundos de investimentos imobiliários (FII) da bolsa de valores B3, sendo o principal indicador de desempenho desse tipo de ativo, e, assim como o IBOVESPA, também prioriza o volume de negociação nos pregões.

O índice que representa a classe de títulos públicos é o Tesouro Selic 2023 demonstrado na Figura 3. O Tesouro Selic é um título com taxas pós fixadas indexado à taxa de juros SELIC

diariamente, sendo a taxa SELIC a taxa de juros básica da economia brasileira. Esse título possui liquidez diária, sendo o ativo mais próximo de um ativo livre de risco na economia brasileira.

O principal ativo alternativo adicionado no segundo portfólio foi o bitcoin, levando em conta a sua resistência, passando por diversos ciclos de altas e baixas nos preços, proibições, e cyber ataques. O bitcoin, com seus retornos representado na Figura 3, foi a primeira criptomoeda a ser criada, servindo de base para as restantes. O BTC tem a maior capitalização, sendo que no dia 09 de novembro de 2023 estava com capitalização de mercado de 3,523 trilhões de reais, ou seja a criptomoeda mais valiosa. No mesmo dia, em segundo lugar, estava a Ethereum com capitalização de 1,245 trilhões de reais, ficando em terceiro Dólar Tether (criptomoeda estável lastreada no dólar) com 0,425 trilhões, segundo os dados do CoinMarketCap. A coleta dos preços em Reais do bitcoin foi feita na plataforma Investing.com que possui os preços da corretora Mercado Bitcoin.

Figura 3: Evolução dos retornos | IBOVESPA | IFIX | Tesouro Selic 2023 | BTC



Fonte: Elaborada pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, foram utilizadas simulações para constituir e analisar a composição da fronteira eficiente considerando diferentes classes de ativos. Inicialmente, foram simuladas

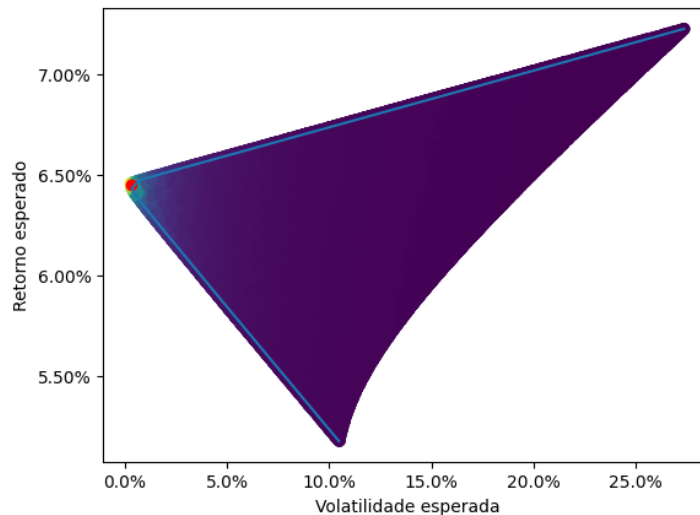
carteiras contendo ativos tradicionais do mercado brasileiro, como o IBOVESPA, o IFIX e o Tesouro Selic 2023. Em seguida, avalia-se o impacto da inclusão do Bitcoin (BTC) na composição do portfólio, buscando entender como essa adição influencia a relação risco-retorno.

Os resultados destacam a formação da fronteira eficiente para carteiras com e sem Bitcoin, evidenciando mudanças significativas nos eixos do gráfico e nas possibilidades de retorno e risco para diferentes perfis de investidores. Além disso, a análise do índice de Sharpe permitiu avaliar se a introdução do BTC contribui para uma melhora efetiva na relação risco-retorno ou se o aumento da volatilidade compromete os benefícios esperados.

4.1 Construção da Fronteira Eficiente

A fronteira eficiente é composta por diversos pontos que formam uma linha. Cada ponto é a representação de uma composição de carteira com os ativos selecionados e pesos aleatórios, restrito ao risco mínimo dado um retorno desejado. Para trazer o máximo de pontos possíveis considera-se as 1238 observações de preços dos ativos. Por meio do software Python versão 3.12 foi possível simular 1 milhão de carteiras com pesos aleatórios para cada ativo da carteira. Os pesos foram programados para ficarem entre 0 e 1, de modo que a soma de todos os pesos totalize 1. No caso de uma simulação, quanto maior for o número considerado, mais próximo de um resultado factível consegue-se chegar. A princípio foram elaboradas simulações com a carteira de ativos tradicionais (IBOVESPA e IFIX e o título público Tesouro Selic 2023). O resultado da simulação na Figura 4 destaca a fronteira eficiente gerada representada pela linha azul claro mais o portfólio de variância mínima no ponto vermelho.

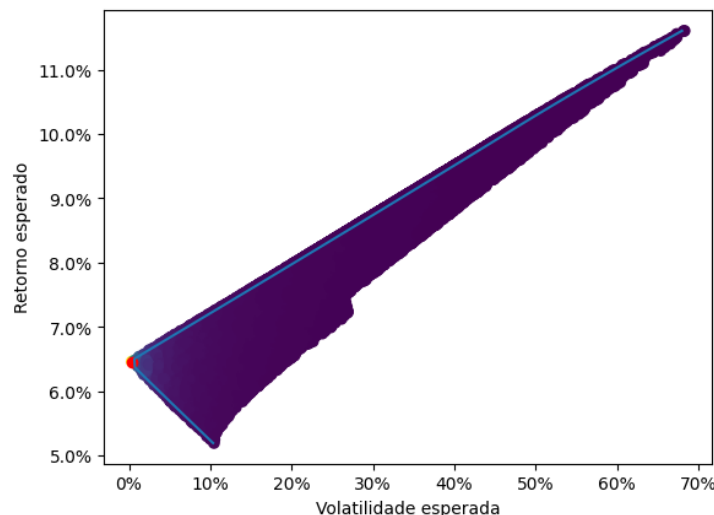
Figura 4: Fronteira eficiente | Portfólio de ativos tradicionais brasileiros



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na sequência, foi elaborada a simulação de 1 milhão de carteiras composta por ativos tradicionais (IBOVESPA e IFIX e o título público Tesouro Selic 2023) mais o BTC com pesos aleatórios. O resultado da simulação na Figura 5 destaca a fronteira eficiente gerada representada em azul claro mais o portfólio de variância mínima no ponto vermelho.

Figura 5: Fronteira eficiente | Portfólio de ativos tradicionais + BTC



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os pontos em azul escuro são as carteiras não eficientes, ou seja, carteiras que não otimizam a relação de risco-retorno do investidor. Os pontos em azul escuro mais os pontos na linha em azul claro e o ponto em vermelho totalizam 1 milhão de carteiras analisadas. As carteiras da linha azul claro com melhor relação risco-retorno dado um certo retorno esperado

e a carteira do ponto vermelho são as representações dos portfólios de variância mínima (risco mínimo).

A inclusão do BTC expandiu consideravelmente os eixos do gráfico, alterando completamente o formato da fronteira eficiente e as possibilidades de carteiras para investimentos. Nesse cenário, um investidor, caso queira, pode buscar retornos muito além da taxa livre de risco, e até maiores do que os ativos de riscos tradicionais poderiam fornecer nesse período. Por outro lado, o risco mais do que dobra, se comparado com a média do mercado de ações. Apesar disso, o investidor tem um ganho, já que as possibilidades de carteiras eficientes e retorno também são ampliadas, sendo os pontos eficientes que mais interessam na seleção de portfólio.

No Python, o objetivo era gerar e ilustrar a fronteira eficiente com alto número de possibilidades de carteiras para ativos tradicionais e outra fronteira eficiente com alto número de possibilidades de carteiras com bitcoin mais ativos tradicionais. Para explorar com mais precisão alguns pontos da fronteira eficiente geradas por meio do software Python e trazer dados mais nítidos sobre a introdução do bitcoin em um portfólio com ativos tradicionais optou-se pelo uso do suplemento Solver do Excel.

4.2 Explorando os Pontos da Fronteira Eficiente

Como a TMP fornece uma fronteira eficiente com centenas de combinações de carteiras com pesos distintos, cabe ao investidor optar qual carteira com determinado retorno e risco esperado ele quer se expor. O suplemento Solver do Excel se mostrou mais simples para mostrar os pesos da carteira de um determinado ponto de retorno esperado com menor risco possível. Em outras palavras, com o Solver é possível mostrar a composição de uma carteira (ponto) que está na fronteira eficiente das Figuras 4 e 5.

Segundo Sharpe (1964), para atrair investidores para ativos arriscados, esses ativos devem oferecer um prêmio pelo risco, ou seja, um retorno adicional esperado em relação aos ativos sem risco. Na teoria de Sharpe, existe uma taxa de juros "livre de risco" (TJLR) que representa o retorno que um investidor pode obter sem assumir qualquer risco. Geralmente, essa taxa é associada a títulos do governo. Neste estudo, o investimento que representa a taxa de juros livre de risco no Brasil é o título público Tesouro Selic 2023. Logo, caso o investidor brasileiro não queira se expor ao risco, ele pode aplicar 100% dos seus recursos monetários no Tesouro Selic 2023. Nesse cenário, de acordo com Sharpe (1964), para o investidor racional querer se expor ao risco, ele precisa ser no mínimo remunerado acima da TJLR. Caso ele não

obtiver um retorno acima da taxa livre de risco, não vale a pena correr qualquer tipo de risco. Por isso que os parâmetros de rentabilidade considerados no estudo são sempre iguais e acima da Taxa de Juros Livre de Risco Brasileira (TLRB) representada pelo título público Tesouro Selic 2023. Além disso, os parâmetros de rentabilidade considerados nas tabelas 2, 3, 4 e 5 são correspondentes ao eixo de rentabilidade esperada das Figuras 4 e 5.

Tabela 2: Portfólio de ativos tradicionais + BTC para 2018 - 2022

	TLRB	10 % acima TLRB	30 % acima TLRB	50 % acima TLRB	75 % acima TLRB	100 % acima TLRB
Retorno	6,3%	6,9%	7,2%	9,4%	10,9%	12,5%
BTC	0%	12%	18%	59%	95%	
IBOVESPA	0%	7%	10%	33%	5%	
IFIX	0%	0%	0%	0%	0%	
SELIC	100%	82%	72%	8%	0%	
Total	100%	100%	100%	100%	100%	0%
Risco	0%	9%	13%	44%	67%	
iS	0,000	0,071	0,071	0,071	0,070	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Tabela 2, a linha de retorno em cinza é a representação de algumas das diversas possibilidades de retornos desejado pelo investidor acima da TLRB. Caso ele queira um rendimento livre de risco, basta aplicar 100% em Tesouro Selic, conforme demonstrado na primeira coluna. Mas caso, o investidor queira ganhar 10, 30, 50 ou 100% acima da TLRB, é necessário que ele se exponha ao risco respectivo, pois o aumento de rentabilidade é acompanhado pelo aumento do risco. Logo, o investidor racional precisa encontrar formas de aumentar rentabilidade e manter ou reduzir o risco, melhorando sua relação risco-retorno.

Pode-se constatar através da Tabela 2 para o período de 2018 até 2022 que um portfólio com BTC fornece a possibilidade de aumentar o retorno esperado, mas o risco aumenta em proporções percentualmente maiores. Se for observado apenas a mensuração do risco (variância) e a rentabilidade esperada isolados, conclui-se que o aumento da participação do bitcoin na carteira só aumenta o retorno esperado, mas não controla o risco, e sim, aumenta drasticamente o risco. Porém, ao adicionar o índice de Sharpe na análise para embasar com maiores indícios que o bitcoin não melhorou a relação risco-retorno nesse período observado. Como apresentado anteriormente, o iS mostra o quanto de retorno foi obtido para cada unidade de risco acrescentada no portfólio.

Considerando-se os índices de Sharpe da Tabela 2 do período de 2018 até 2022, pode-se constatar que ao buscar retorno acima da TLRB aumentando a participação do BTC, não houve uma melhora no indicador de Sharpe, pois, a cada unidade de risco aumentada o acréscimo no retorno era de 0,07, ou seja, o investidor está correndo mais risco sem ser compensado. O ideal seria ele correr mais risco e ser compensado, obtendo um índice Sharpe acima de 1.

Mas a forma mais adequada de analisar um portfólio de investimentos usando o índice de Sharpe é comparando-o com o índice de outro portfólio. Logo, se tirar o BTC do portfólio, alcança-se as mesmas rentabilidades e riscos?

Tabela 3: Portfólios - sem e com BTC para 2018 - 2022

	TLRB	10 % acima TLRB	30 % acima TLRB	50 % acima TLRB	75 % acima TLRB	100 % acima TLRB
Retorno	6,3%	6,9%	7,2%	9,4%	10,9%	12,5%
IBOVESPA	0%	86%				
IFIX	0%	0%				
SELIC	100%	14%				
Total	100%	100%	0%	0%	0%	0%
Risco	0%	24%				
Is	0,000	0,026				

Retorno	6,3%	6,9%	7,2%	9,4%	10,9%	12,5%
BTC	0%	12%	18%	59%	95%	
IBOVESPA	0%	7%	10%	33%	5%	
IFIX	0%	0%	0%	0%	0%	
SELIC	100%	82%	72%	8%	0%	
Total	100%	100%	100%	100%	100%	0%
Risco	0%	9%	13%	44%	67%	
iS	0,000	0,071	0,071	0,071	0,070	

Fonte: Elaborada pelos autores.

De acordo com a Tabela 3, pode-se concluir que a relação risco-retorno não melhora e as possibilidades de aumentar a rentabilidade esperada são reduzidas ao remover o BTC da carteira. Não seria possível simular rentabilidades esperadas acima de 10% da taxa livre de risco. Ao tentar obter retorno acima de 10% da taxa livre de risco sem o BTC no portfólio, a relação risco-retorno é prejudicada, pois o índice de Sharpe cai para 0,026, mas com o bitcoin no portfólio consegue-se obter 0,071 de retorno para cada unidade de risco. Uma carteira de investimento com no máximo 12% de participação de bitcoin e com retorno de no máximo até

10% acima da TLRB tem um resultado melhor em termos de relação risco-retorno no período observado. Entretanto, o ideal seria um índice acima de 1.

Tabela 4: Portfólios - sem e com BTC para 2019

	TLRB	10 % acima TLRB	30 % acima TLRB	50 % acima TLRB	75 % acima TLRB	100 % acima TLRB
Retorno	5,9%	6,5%	7,7%	8,8%	10,3%	11,8%
IBOVESPA	0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
IFIX	0%	2,33%	6,98%	11,63%	17,45%	23,26%
SELIC	100%	97,67%	93,02%	88,37%	82,55%	76,74%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Risco	0%	0,10%	0,29%	0,48%	0,72%	0,97%
iS	0,00	5,62	6,11	6,11	6,10	6,09

	5,9%	6,5%	7,7%	8,8%	10,3%	11,8%
Retorno	5,9%	6,5%	7,7%	8,8%	10,3%	11,8%
BTC	0,0%	0,02%	0,08%	0,14%	0,21%	0,28%
IBOVESPA	0,0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
IFIX	0,0%	2,29%	6,80%	11,31%	16,94%	22,58%
SELIC	100%	97,70%	93,13%	88,56%	82,85%	77,14%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Risco	0%	0,10%	0,28%	0,47%	0,71%	0,95%
iS	0,00	5,65	6,21	6,22	6,21	6,21

Fonte: Elaborada pelos autores.

O período observado na pesquisa é de 5 anos (de 2018 até 2022) por motivos justificados acima. Portanto, além de verificar o período cheio, observa-se períodos fragmentados por ano, para identificar se há algum tipo de padrão. No ano de 2019, há diversas possibilidades de retorno esperado, em uma carteira com e sem BTC. Sendo assim, atende-se desde o investidor racional conservador até o investidor racional mais agressivo que está disposto a se expor a riscos elevados.

O resultado auferido na Tabela 4 demonstrou que ambos os portfólios possuem riscos próximos para o mesmo retorno esperado. Porém, a carteira com bitcoin possui menor risco, e, por consequência, possui maior índice de Sharpe em todos os retornos esperados acima da taxa livre de risco brasileira, resultado similar ao de outros estudos (Donatelli Neto & Colombo, 2021; Viana et al., 2024). Logo, nesse período a introdução do bitcoin em um percentual entre 0,02% e 0,28% no portfólio de ativos tradicionais melhorou a relação risco-retorno.

Tabela 5: Portfólios - sem e com BTC para 2020

	TLRB	10 % acima TLRB	30 % acima TLRB	50 % acima TLRB	75 % acima TLRB	100 % acima TLRB
Retorno	2,5%	2,8%	3,3%	3,8%	4,5%	5,1%
IBOVESPA	0%	70,10%				
IFIX	0%	0,00%				
SELIC	100%	29,90%				
Total	100%	100%	0%	0%	0%	0%
Risco	0%	31,74%				
iS	0,00	0,01				

Retorno	2,5%	2,8%	3,3%	3,8%	4,5%	5,1%
BTC	0,0%	0,16%	0,47%	0,79%	1,18%	1,57%
IBOVESPA	0,0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
IFIX	0,0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SELIC	100%	99,84%	99,53%	99,21%	98,82%	98,43%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Risco	0%	0,40%	0,51%	0,68%	0,92%	1,18%
iS	0,00	0,63	1,48	1,86	2,07	2,16

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nessa lógica, o resultado auferido na Tabela 5 também demonstrou que o portfólio com BTC possui melhor relação risco-retorno e ainda possui mais possibilidades de retornos esperados com redução significativa no risco, e, por consequência, melhor índice de Sharpe. Além disso, ao observar a coluna 10 % acima TLRB na Tabela 5, o investidor conseguiu reduzir sua exposição em ativos de risco, conservando 99 % dos recursos financeiros, e, mantendo a rentabilidade esperada no mesmo patamar em comparação a outra carteira sem BTC, onde o investidor precisaria expor 70 % dos seus recursos em ativos de riscos (IBOVESPA) para obter retorno 10 % acima TLRB. Portanto, nos anos de 2019 e 2020, a adição do BTC em um portfólio de investimentos otimizou a relação risco-retorno e trouxe benefícios para o investidor.

Os anos de 2018, 2021, 2022, não são comparáveis com e sem bitcoin, porque as possibilidades de retorno em cenário com e sem bitcoin nas carteiras são limitadas unicamente há taxa livre de risco, ou seja, há um portfólio 100% de Tesouro Selic, isso porque os ativos escolhidos para composição do portfólio tiveram desempenho inferior a taxa livre de risco brasileira nesses anos. Nesse caso, segundo Sharpe (1964), é necessário um prêmio pelo risco para o investidor alocar em ativos arriscados. Entretanto, não é possível obtê-lo nos anos

individuais de 2018, 2021 e 2022, bastando alocar 100% na taxa livre de risco, que neste estudo é representada pelo Tesouro Selic 2013.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho avalia-se o impacto da introdução da criptomoeda bitcoin em uma carteira composta por ativos brasileiros tradicionais. Pode-se concluir que os níveis de rentabilidade esperada analisados no período de 2018 e 2022 indicam que a inclusão do BTC em um portfólio com ativos tradicionais brasileiros nem sempre traz ganhos para o investidor em termos de rentabilidade e risco. Somente em alguns períodos específicos, como em 2019 e 2020, a introdução do BTC trouxe melhoras para os portfólios analisados, sendo elas observáveis e quantificáveis.

A teoria escolhida não projeta composições de carteiras futuras. Assim, a fronteira eficiente é limitada a dados do passado e tem tendência para alocar em ativos que mais se valorizam. Esse viés pode expor o investidor a riscos não identificáveis no modelo como o risco de concentração em um ativo ou poucos ativos, isso depende de quantos ativos a carteira é composta. Além disso, o estudo não considera os custos de transações. No caso do índice de Sharpe, suas limitações estão relacionadas ao risco de mercado ou risco sistêmico, já que seu índice não considera esse tipo de risco.

No ano de 2020, período que é vantajoso para o investidor possuir percentuais entre 0,15 e 1,6% de bitcoin junto de ações, títulos públicos e imóveis na composição do seu portfólio, coincide com o evento do *halving* da *Blockchain* Bitcoin em maio de 2020. O "*halving*" do Bitcoin é um evento que ocorre aproximadamente a cada quatro anos, como parte do protocolo de emissão da criptomoeda. O *halving* envolve uma redução pela metade da recompensa dada aos mineradores de bitcoin por cada bloco de transações que eles adicionam à *blockchain*. Ou seja, no *halving* a circulação de *tokens* na rede Bitcoin é reduzido, o que potencialmente pode impulsionar os preços para cima, gerando a valorização do *token*. Dessa forma, juntando o efeito do *halving*, mais a crescente incerteza com a pandemia que emergiu no mesmo período, o BTC acabou sendo o principal beneficiado, provavelmente sendo o principal motivo para o bitcoin melhorar a relação risco-retorno no portfólio do investidor em 2020. A mesma lógica é válida para o período de 2019, também sendo um período vantajoso para adicionar um percentual de BTC na carteira, já que é o ano pré-*halving*, fato que influencia as expectativas de aumento de preço dos investidores.

Em estudos semelhantes para outros países e localidades, as conclusões foram similares. Ferreira (2021), por exemplo, analisou a inclusão do BTC e outros criptoativos em um portfólio com ativos tradicionais do mercado europeu usando os métodos de Markowitz (1952). Moutinho e Penha (2019) e Silveira (2015) também chegaram a conclusões semelhantes em portfólios compostos por ativos tradicionais brasileiros e internacionais. Já Liu e Tsyvinski (2020) chegaram à conclusão, por meio de modelos econométricos, que os retornos do mercado de criptomoedas possuem fatores distintos dos que influenciam os retornos dos ativos financeiros vinculados a economia tradicional corroborando a ideia de que a inclusão de ativos alternativos no portfólio, como BTC, podem aumentar os retornos ajustado ao risco (Da Silva et al., 2024). Essa conclusão reforça a inclusão do BTC em um portfólio com ativos tradicionais, pois, de acordo com Markowitz (1952), a inclusão de ativos não correlacionados no portfólio contribui com a redução do risco.

As implicações deste estudo levam à conclusão de que o impacto da inclusão do bitcoin em uma carteira composta por ativos brasileiros tradicionais pode ser positiva, mas somente em percentuais pequenos de cerca de 1,5% de participação, em períodos curtos e específicos. Esses períodos coincidem com os eventos intrínsecos da rede Bitcoin, como o *halving*.

REFERÊNCIAS

- Antonopoulos, A. M. (2017). *Mastering Bitcoin: Programming the open Blockchain*. O'Reilly Media.
- Assaf Neto, A. (2021). *Mercado Financeiro*. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional.
- Bach, T. M., Da Silva, W. V., Kudlawicz, C., & Marques, S. (2015). Eficiência das Companhias Abertas e o Risco versus Retorno das Carteiras de Ações a Partir do Modelo de Markowitz. *Revista Evidenciação Contábil e Finanças*, v. 3, pp. 34-53.
- Bosa, G. (2022). Relação entre Bitcoin e mercado de ações dos EUA atinge maior nível de 2022. Fonte: Recuperado em 22, dezembro, 2023, de <https://trademap.com.br/agencia/criptoativos/relacao-entre-bitcoin-e-mercado-de-acoes-dos-eua-atinge-maior-nivel-de-2022>.
- Ciaian, P., Kancs, D., & Rajcaniova, M. (2021). The economic dependency of the Bitcoin security1. *Applied Economics*, v. 53, pp. p. 5738–5755.
- CoinMarketCap. (n.d.). Retrieved from Recuperado em 3 setembro, 2023 de <https://coinmarketcap.com/pt-br/currencies/bitcoin/>.
- Donatelli Neto, O. Colombo, J., (2021, December 4). O impacto de criptomoedas na performance de carteiras multiativos: Evidências para o Brasil. *Brazilian Review of Finance*, pp. 86-129.

<https://doi.org/10.23925/cafi.70614>

Ferreira, M. S. da Costa (2021). Diversificação com Alternativos: Introdução de Criptomoedas num Portfólio Global. Tese de mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa - Portugal. Disponível: <https://run.unl.pt/handle/10362/127011>.

Da Silva, V. D. (2022). Análise de Correlação do Bitcoin com NASDAQ-100 e Ouro, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. Disponível: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/239814>.

De Carvalho, F. J. (2012). Economia Monetária. Rio de Janeiro: Editora Campus.

IBOVESPA. (s.d.). Fonte: B3: Recuperado em 03 setembro, 2023 de https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-amplos/ibovespa.htm.

IFIX. (s.d.). Fonte: B3: Recuperado em 3 setembro de 2023, de https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-de-segmentos-e-setoriais/indice-de-fundos-de-investimentos-imobiliarios-ifix.htm.

Investing.com. (s.d.). Fonte: Recuperado em 3 setembro, 2023 de <https://br.investing.com/>.

Jagtiani, S. (2023). Bitcoin-Stocks Correlation Now Most Negative Since Covid's Onset. Fonte: Recuperado em 4, janeiro, 2024, de <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-11-15/bitcoin-btc-stocks-correlation-now-most-negative-since-covid-onset?embedded-checkout=true>.

Liu, y., & Tsyvinski, A. (2020). Risks and Returns of Cryptocurrency. The Review of Financial Studies, v. 34, pp. p. 2690 - 2727.

Markowitz, H. M. (1952). Portfolio selection. Journal of Finance, V. 7, 77-91.

Marques, S., Da Silva, W. V., Del Corso, J. M., & Dalazen, L. L. (2013). Comparação de desempenhos de carteiras otimizadas pelo modelo de Markowitz e a carteira de ações do IBOVESPA. Revista Evidenciação Contábil & Finanças, v. 1, pp. 25-31.

Moutinho, A. L., & Penha, R. S. (2019). Contribuição do Bitcoin na melhora da eficiência de um portfólio de. Revista Capital Científico, v. 17, pp. p.42-57.

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer to peer electronic cash system. Fonte: Disponível: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Revoredo, T. (2019). Blockchain: Tudo o que você precisa saber. The Global Strategy.

Rotta, T. N., & Paraná, E. (2022). Bitcoin as a digital commodity. New Political Economy, pp. 1046-1061.

Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. The Journal of Finance, v. 19, pp. p. 425-4411.

Silveira, F. A. (2015). Bitcoin como ativo em carteiras de investimentos: Uma análise com base no modelo de portfólio de Markowitz, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC, Brasil. Fonte: Disponível: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/3525>.

Títulos. (s.d.). Tesouro Direto: Recuperado em 3 setembro, 2023 de <https://www.tesourodireto.com.br/conheca/conheca-o-tesouro-direto.htm>.

Ulrich, F. (2014). Bitcoin: A moeda na era digital. São Paulo: Instituto Ludwig Von Mises Brasil.

Viana, M. C., Da Silva, A. L., & Roquete, R. M. (2024, 06 2). The role of alternative investments in Brazilian Portfolios. Brazilian Review of Finance, pp. 93-111.

Voshmgir, S. (2021). Economia dos Tokens. Token Kitchen.

Zanini, F. M., & Figueiredo, A. (2005). As teorias de carteira de Markowitz e de Sharpe: Uma aplicação no mercado brasileiro de ações entre julho/95 e junho/2000. Revista de Administração Mackenzie, pp. p. 37-64.