

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SOCIOECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS
CURSO CIÊNCIAS CONTÁBEIS

Matheus Hang Telli

**Estudo sobre a viabilidade da criação de portfólio de investimentos exclusivo de
criptoativos**

Florianópolis

2023

Matheus Hang Telli

**Estudo sobre a viabilidade da criação de portfólio de investimentos exclusivo de
criptoativos**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação
em Ciências Contábeis do Centro
Socioeconômico da Universidade Federal de
Santa Catarina como requisito para a obtenção
do título de Bacharel em Ciências Contábeis.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Manoel
Rodrigues Junior

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hang Telli, Matheus

Estudo sobre a viabilidade da criação de portfólio de investimentos exclusivo de criptoativos / Matheus Hang Telli ; orientador, Moacir Manoel Rodrigues Junior, 2023.
42 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Socioeconômico, Graduação em Ciências Contábeis,
Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

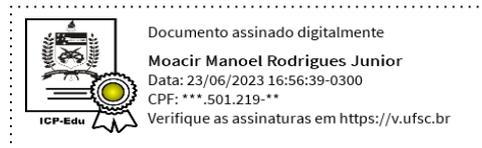
1. Ciências Contábeis. 2. Criptoativos . 3. Portfólio de investimentos. I. Rodrigues Junior, Moacir Manoel. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Contábeis. III. Título.

Matheus Hang Telli

Estudo sobre a viabilidade da criação de portfólio de investimentos exclusivo de criptoativos

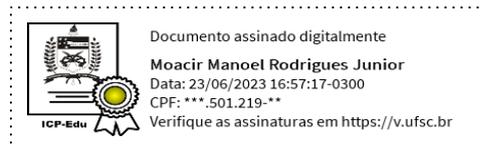
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Contábeis.

Florianópolis, 06 de junho de 2023.

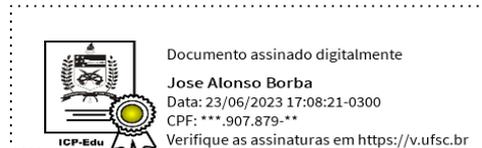


Coordenação do TCC

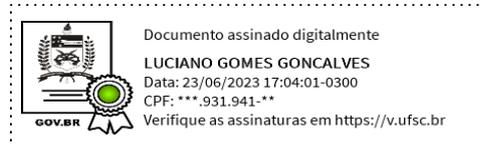
Banca examinadora



Prof. Moacir Manoel Rodrigues Junior, Dr.
Orientador



Prof. José Alonso Borba, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Luciano Gomes Gonçalves, Me.
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço sinceramente a todos que contribuíram para a conclusão deste trabalho. Agradeço à minha família pelo apoio incondicional e encorajamento ao longo desta jornada acadêmica. Meu profundo agradecimento ao meu orientador, Prof. Dr. Moacir Manoel Rodrigues Junior, pela orientação valiosa e pelo suporte contínuo durante todo o processo. Agradeço aos professores e membros da banca avaliadora por sua dedicação em avaliar e enriquecer este trabalho. Também sou grato aos meus amigos e colegas de curso pelo apoio e camaradagem. Obrigado a todos por fazerem parte dessa conquista significativa em minha vida acadêmica.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar a viabilidade da construção de portfólios de investimentos exclusivamente com criptoativos, levando em consideração a volatilidade e incerteza desse mercado digital em constante evolução. Utilizou-se a teoria moderna de construção de portfólios, buscando otimizar a relação entre retorno e risco. Para isso, foram realizadas simulações e análises estatísticas utilizando dados históricos de 100 criptoativos com melhor *market cap* no período de 01 de outubro de 2021 a 30 de setembro de 2022, que coincidiu com o fechamento de trimestre e divulgação de resultados das empresas de capital aberto. Também foram considerados os retornos históricos do índice S&P 500 e do *Treasury Bill* norte-americano como ferramentas para cálculos estatísticos e parâmetros de comparação dos portfólios simulados. Os índices de desempenho utilizados para avaliar a eficiência dos portfólios simulados foram: Índice de Sharpe, Índice de Treynor, Alfa de Jensen e *Value-at-Risk* (VaR). Como resultado, observou-se uma grande volatilidade nas carteiras simuladas, porém o portfólio mais otimizado apresentou um retorno substancialmente superior aos retornos do S&P 500 e do título de dívida americano. Concluiu-se que, apesar do alto retorno do portfólio otimizado, devido à alta volatilidade, não é viável construir portfólios de investimento exclusivamente com criptoativos, sendo recomendada a diversificação com outros ativos do mercado financeiro para redução de risco.

Palavras-chave: Criptoativos; Portfólios de investimentos; Avaliação de desempenho.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the feasibility of constructing investment portfolios exclusively with cryptocurrencies, taking into consideration the volatility and uncertainty of this ever-evolving digital market. The modern portfolio theory was employed to optimize the risk-return trade-off. Simulations and statistical analyses were conducted using historical data from the top 100 cryptocurrencies by market capitalization, covering the period from October 1, 2021, to September 30, 2022, which coincided with the quarterly closing and disclosure of results by publicly traded companies. Historical returns of the S&P 500 index and the U.S. Treasury Bill were also considered as tools for statistical calculations and comparison parameters for the simulated portfolios. Performance metrics such as Sharpe ratio, Treynor ratio, Jensen's alpha, and Value-at-Risk (VaR) were used to evaluate the efficiency of the simulated portfolios. The results showed significant volatility in the simulated portfolios, with the most optimized portfolio demonstrating substantially higher returns compared to the returns of the S&P 500 and the U.S. Treasury Bill. However, it was concluded that despite the high return of the optimized portfolio, due to the high volatility, it is not viable to construct investment portfolios exclusively with cryptocurrencies. Diversification with other assets from the financial market is recommended to reduce risk.

Keywords: Cryptocurrencies; Investment portfolios; Performance evaluation.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Gráfico fronteira eficiente | 16 |
| Figura 2 - Gráfico comparativo de retornos entre BTC, S&P 500 e TBill no período de um ano | 25 |
| Figura 3 – Gráfico de dispersão com todos os portfólios simulados..... | 27 |
| Figura 4 - Gráfico histograma de criptoativos por portfólios simulados..... | 27 |
| Figura 5 – Gráfico de dispersão dos portfólios simulados com retornos positivos..... | 29 |
| Figura 6 – Comparativo entre os retornos do portfólio otimizado com S&P 500 e T-Bill americano no período de um ano | 29 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Estatística descritiva dos retornos dos criptoativos, dos retornos acumulados do índice e título americano e dos 5 melhores criptoativos por market cap em 30 de set. de 2022 | 25 |
| Tabela 2 - Estatística descritiva dos índices pertencentes a todos os portfólios simulados | 26 |
| Tabela 3 - Estatística descritiva dos índices pertencentes aos portfólios simulados com retornos positivos | 28 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 | PROBLEMA DE PESQUISA | 12 |
| 1.2 | OBJETIVOS..... | 12 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral | 12 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos..... | 13 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA..... | 13 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 | CRIPTOATIVOS | 14 |
| 2.2 | TEORIA DA DIVERSIFICAÇÃO EM CARTEIRAS DE INVESTIMENTO | 15 |
| 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 19 |
| 4 | ANÁLISE DE RESULTADOS | 23 |
| 5 | CONCLUSÃO | 31 |
| | REFERÊNCIAS | 32 |
| | APÊNDICE A – SCRIPT DE SIMULAÇÃO | 34 |

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos na área de economia e contabilidade possibilitaram o desenvolvimento de uma nova ferramenta, denominada *Blockchain*, cuja proposta vem revolucionando a forma como utilizamos dados contábeis e financeiros, gerando mais segurança e fluidez na coleta de informações e nas transações dessas (MOUGAYAR, 2018). De acordo com Mougayar (2018), o *Blockchain* é uma inovação tecnológica que possibilita o armazenamento e compartilhamento seguros e rápidos de dados por meio da criptografia. Ele oferece capacidades operacionais técnicas, corporativas e legais, funcionando como uma base de dados de *back-end* que mantém um registro distribuído aberto, uma rede de trocas para transferência de valores entre partes e um mecanismo de validação de transações sem a necessidade de intermediários.

Satoshi Nakamoto, em 2008, reconhecendo o potencial do *Blockchain*, desenvolveu com o auxílio dessa tecnologia uma moeda virtual denominada Bitcoin. Essa, por utilizar a criptografia de ponta a ponta (*peer-to-peer*) que o sistema *Blockchain* fornece, não exige a presença de um agente regulador intermediário para realização de transações (TIWARI et al., 2018).

A característica tecnológica do Bitcoin chamou a atenção do mercado de investimentos que passou a apostar alto nesse criptoativo. O preço da moeda virtual passou de aproximados U\$ 0,90, em fevereiro de 2011, para sua máxima aproximada de U\$ 69.000,00 em novembro de 2021 (INVESTING, 2022).

Várias outras criptomoedas com propostas e características diferentes do Bitcoin apareceram no mercado desde o seu surgimento, como por exemplo, a Litecoin, Ripple e Ethereum. Esta última tem maior relevância para o mercado financeiro, pois possibilita a operação de contratos inteligentes em sua *Blockchain*, que por sua vez permitiu o surgimento dos Tokens Não-Fungíveis (NFTs), ativos digitais únicos e indivisíveis, com código exclusivo que propicia autenticidade (BURNISKE; TATAR, 2018).

Os criptoativos são conhecidos por sua volatilidade, o que os torna investimentos de alto risco. No entanto, é interessante observar que esses ativos virtuais exibem padrões comportamentais distintos. Em períodos de instabilidade no mercado, eles tendem a mostrar maior correlação, enquanto em momentos de estabilidade, a correlação entre eles tende a diminuir, com cada criptoativo passando a seguir seus próprios fatores e desenvolvimentos exclusivos. Essa relação entre os criptoativos possibilita um estudo sobre a viabilidade de

construção de uma carteira de investimentos que respeite a relação de risco e retorno de uma construção moderna de portfólio (LIU; SERLETIS, 2019).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Atualmente, existem aproximadamente 25.500 criptoativos disponíveis no mercado financeiro para negociação. A capitalização de mercado desses ativos passou de cerca de 200 bilhões de dólares em 2020 para aproximadamente 2,5 trilhões em 2022, antes de cair novamente para cerca de 800 bilhões em 2023. Nesse sentido, não é raro ver algumas moedas virtuais valorizarem ou se desvalorizarem mais de 10% ao dia, assim como as NTFs cujos valores de mercado sofrem influência direta de rumores relacionados à compra ou venda de artes que utilizam a tecnologia por parte de figuras públicas (COINMARKETCAP, 2023).

Outro fator que aumenta a incerteza no mercado de criptoativos são as fraudes, atualmente a Binance, maior corretora de criptomoedas do mundo, está sendo investigada pela SEC (Comissão de Valores Mobiliários dos Estados Unidos) por fraudes e má gestão de recursos dos clientes. As acusações também se estendem ao fundador da empresa, Chanpeng Zhao, que teria transferido ilegalmente fundos para empresas controladas por ele. A SEC alega que a Binance manipulou negociações e acumulou secretamente bilhões de dólares (JULIBONI, 2023).

Diante desse cenário de alta volatilidade e incertezas no mercado de criptoativos, surge a seguinte questão de pesquisa: É viável a construção de uma carteira de investimentos ótima exclusiva de criptoativos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Esse estudo tem por objetivo geral: Analisar se é viável ou não a criação de uma carteira de investimentos ótima com criptoativos através de simulações de portfólio.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar criptoativos com maior capitalização de mercado por apresentarem reconhecimento no mercado financeiro e boa volatilidade.
- b) Construir um modelo de simulação para formação de portfólios de investimento com criptoativos.
- c) Utilizar os índices de Sharpe, Treynor, Alfa de Jensen e Value-at-Risk (VaR) como métricas de desempenho na gestão dos portfólios simulados e realizar comparações entre os portfólios simulados e índices de mercado norte-americanos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A construção de portfólios de investimentos é um tema de grande relevância e interesse no campo das finanças e investimentos. O modelo de portfólio proposto por Markowitz (1952) foi um marco importante nessa área, introduzindo o conceito de diversificação e otimização da relação entre retorno e risco. Desde então, pesquisadores têm se dedicado a aprimorar essa abordagem e aplicá-la a diferentes classes de ativos.

Atualmente, os criptoativos têm despertado grande interesse como uma nova classe de ativos financeiros. No entanto, devido ao seu surgimento relativamente recente, há uma escassez de estudos que investigam sua inclusão em carteiras de investimentos. Alguns trabalhos relevantes que exploram essa temática incluem as pesquisas de Carpenter (2016) e Castro et al. (2020), os quais realizaram simulações de portfólios envolvendo a combinação de criptomoedas com outros ativos de mercado.

Este estudo é importante no sentido de preencher essa lacuna de conhecimento e fornecer orientações e um panorama sobre o comportamento dos investimentos em criptoativos. Ao analisar o desempenho histórico desses ativos e sua relação com outros ativos financeiros, será possível compreender melhor seu potencial de diversificação e a viabilidade de sua inclusão em portfólios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CRIPTOATIVOS

Os criptoativos surgiram com a invenção da criptomoeda denominada Bitcoin, criada por um programador anônimo em 2008, que adotou o pseudônimo de Satoshi Nakamoto. As moedas são transacionadas através de *Blockchain*. Sendo assim, as operações ocorrem diretamente entre duas pessoas sem a regulamentação e fiscalização de intermediários, como acontece com as moedas físicas (ULRICH, 2017).

De acordo com Tapscott e Tapscott (2018), *Blockchains* são livros-razão digitais, compartilhados globalmente ou entre grupos específicos, que utilizam computadores fornecidos por voluntários como plataforma de funcionamento em rede. Utilizam criptografia pesada como mecanismo de segurança por meio de chaves públicas e privadas e são praticamente impossíveis de serem hackeados.

Em tradução para o português, *Blockchain* significa “bloco acorrentado” e deriva-se da sua natureza sistêmica. Cada “bloco” opera como um livro razão e guarda informações referente a transações efetuadas durante determinado período, toda vez que um novo “bloco” é gerado, ele é “acorrentado” ao seu antecessor através de uma *hash* (um código oriundo do bloco anterior que serve como impressão digital dos dados) que valida toda a operação. Em uma visão geral, tem-se informações sequenciadas, validadas no sistema através de um processo automático, sendo que para adulterar tais informações seria necessário decodificar todas as movimentações realizadas no passado e alterar todas as movimentações futuras gravadas no livro-razão, criando-se assim um sistema blindado a fraudes (LEWIS, 2015).

Laurence (2019) divide *Blockchains* em 3 tipos: públicos, permissionados e privados, sendo os públicos utilizados para criação de criptoativos, já que possuem código aberto mantido por sua comunidade e possibilitam a participação de qualquer um e em qualquer nível dentro de suas estruturas, fazendo com que todos possam acompanhar e fiscalizar movimentações realizadas na rede. Essa característica elimina a necessidade de uma autoridade central moderadora dos cumprimentos das regras do sistema.

Paraná (2020, p. 67) explica a forma de operação das criptomoedas através do funcionamento do Bitcoin:

É um software de código aberto que suporta o movimento de moedas e pode ser monitorado por todos os usuários em todo o mundo, sendo que os participantes no desenvolvimento e aprimoramento de seu código não podem, supostamente, fazer alterações que transcendem a lógica de seu design original.

Sendo assim, o sistema criado por Nakamoto não permite a cópia, duplicação ou outro tipo de fraude nas unidades da moeda virtual, tendo em vista que para cada movimentação é gerado uma sequência binária única que assegura aos envolvidos que a moeda saiu de um ponto e chegou a outro sem sofrer interferências (PARANÁ, 2020).

Segundo Burniske e Tatar (2018), após o Bitcoin várias outras moedas virtuais com propósitos e complexidades diferentes foram desenvolvidas, sendo que a criptomoeda Ethereum teve maior destaque desde o seu lançamento, se mantendo sempre entre os criptoativos com maior valor de mercado. O alto valor aplicado à Ethereum ocorre pela utilidade da sua *Blockchain*, que vai além do uso para transações financeiras, sendo possível operar contratos inteligentes, que são linhas de códigos que se auto executam a partir do momento que cumprem condições pré-estabelecidas, no modelo: “SE isso acontecer – ENTÃO aquilo deve acontecer”. Os contratos inteligentes foram os precursores da criação dos tokens não fungíveis (BURNISKE; TATAR, 2018).

Em 2017, as NFTs (*Non-fungible tokens*) ou tokens não fungíveis, ganharam espaço no mercado de investimentos após figuras pixeladas denominadas *Cryptopunks* utilizarem a tecnologia e serem vendidas como bens únicos de obra de arte (CHOHAN, 2021). Apesar das criptomoedas e NFTs utilizarem *Blockchain* como base de operação, esses dois ativos se diferenciam quanto a sua fungibilidade, as moedas virtuais podem ser fracionadas ou trocadas por um bem da mesma espécie, já as artes que utilizam a tecnologia NFT são indivisíveis, de código exclusivo e são transacionadas como bens únicos (FINANCEONE, 2022).

2.2 TEORIA DA DIVERSIFICAÇÃO EM CARTEIRAS DE INVESTIMENTO

De acordo com Assaf Neto (2018), a seleção da carteira de investimentos tem como propósito encontrar a melhor combinação possível de ativos, conforme preferência do investidor em relação ao risco e retorno esperados. Escolhe-se a carteira que maximiza o grau de satisfação dentre as inúmeras que podem ser formadas com os ativos disponíveis.

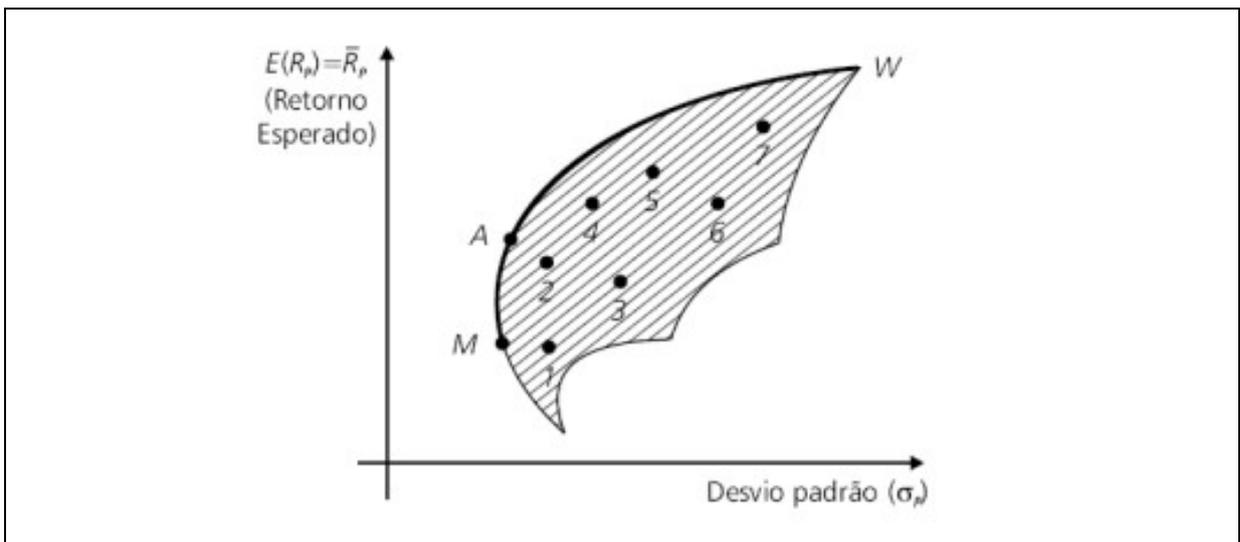
O risco é inerente a criação de um portfólio e pode ser entendido como a interferência de situações de estresse econômico nos investimentos, ou a possibilidade de perda financeira derivada do estado de incerteza de decisões probabilísticas inferidas pelo investidor na hora de escolher os ativos que irão compor a carteira. Esse último risco, não

sistêmico, pode ser mitigado em um portfólio de investimentos através da alocação de ativos que possuam correlação negativa entre si (ASSAF NETO, 2018).

Markowitz (1952) em seu estudo denominado “*Portfolio Selection*”, utilizou cálculos estatísticos de correlação para desenvolver seu modelo de seleção de ativos conhecido como “Teoria moderna do portfólio”. O modelo se baseia no desempenho futuro esperado do investimento e no grau de risco que o investidor está disposto a correr, oferecendo ferramentas para se calcular uma fronteira eficiente de carteiras ideais de acordo com a preferência de cada investidor.

Segundo Markowitz (1952), o segredo para uma carteira otimizada é a diversificação, buscando investimentos que possuam retornos parecidos que tenham variâncias menores. Aplicando-se cálculos de correlação entre ativos, é possível identificar uma fronteira eficiente entre retorno esperado e risco corrido entre diversas combinações de carteiras possíveis. A Figura 1 ilustra a ideia expressa no parágrafo, no eixo horizontal, quanto maior for o desvio padrão, maior o risco, “W” representa a linha da fronteira eficiente, “A” e “M” são carteiras otimizadas pois estão acima da linha. As composições de portfólio de 1 a 7 presentes na área sombreada são ineficientes, já que é possível compor carteiras com maior retorno com o mesmo risco.

Figura 1 – Gráfico fronteira eficiente



Fonte: Assaf Neto (2018, p. 410)

Sharpe (1964), embasado nos estudos de Markowitz da fronteira eficiente, desenvolveu um índice para medir o desempenho de uma aplicação descontado da taxa livre de risco sobre o desvio padrão (risco) do investimento. Nessa situação, a taxa livre de risco

seria um investimento cuja rentabilidade envolve nenhum ou muito pouco risco. O índice de Sharpe tem como propósito identificar o quanto de excesso de retorno o investimento está rendendo por cada unidade de risco corrido e auxiliar o investidor na construção de um portfólio.

Outra contribuição de Sharpe (1964), foi a utilização do risco sistemático na análise de investimentos. Nesse caso, a volatilidade e a perda financeira são reféns de um possível estresse econômico ocorrido no mercado, não há como amenizar essa situação de interferência, diferentemente do risco não sistemático, que pode ser minimizado através da diversificação de ativos. O risco sistemático é comumente associado ao índice beta (β), sendo que $\beta > 1$ representa alta volatilidade para o ativo analisado.

Mais autores procuraram criar índices de análise de carteiras de investimento, como é o caso de Treynor (1965) que desenvolveu uma medida de investimentos para avaliar o desempenho ajustado ao risco de um ativo ou de uma carteira de investimentos. Ele leva em consideração o retorno excedente em relação à taxa livre de risco. Quanto maior o índice de Treynor, melhor o desempenho ajustado ao risco do investimento.

Jensen (1969) criou o índice alfa para avaliar o desempenho de um ativo ou de uma carteira em relação ao seu *benchmark* ou referência. Ele mede a capacidade do gestor ou do ativo em gerar retornos acima ou abaixo do que seria esperado com base no risco assumido. O alfa é uma medida de valor adicionado ou valor perdido em relação ao *benchmark*. Um alfa positivo indica que o ativo ou carteira obteve retornos acima do esperado, enquanto um alfa negativo indica retornos abaixo do esperado.

Segundo Linsmeier e Pearson (2000), o índice *Value-at-risk* (VaR) é uma medida estatística utilizada para quantificar o risco de perdas em um investimento ou portfólio. O VaR fornece uma estimativa do valor máximo esperado de perdas em um determinado intervalo de confiança, com base na volatilidade histórica dos retornos dos ativos financeiros. Essa medida de risco é expressa em termos monetários ou percentuais e é comumente usada para estabelecer limites de exposição ao risco e tomar decisões de investimento.

Os índices de desempenho de carteiras de investimentos possibilitaram o surgimento de vários trabalhos de análise do mercado de criptoativos, incluindo análises de portfólios simulados utilizando esses ativos virtuais.

Baek e Elbeck (2015) utilizaram dados diários de retornos do Bitcoin e do índice S&P 500 para examinar a volatilidade relativa usando índices de tendência. Após modelarem

os retornos do mercado do Bitcoin com variáveis econômicas específicas do trabalho, concluíram que o mercado do Bitcoin é altamente especulativo.

Cheah e Fry (2015) realizaram modelagem econômica e econometria dos preços do Bitcoin. Assim como muitas classes de ativos, demonstraram que o Bitcoin apresenta bolhas especulativas. Além disso, encontraram evidências empíricas de que o preço fundamental do Bitcoin é zero.

Carpenter (2016) mesclou Bitcoins com ativos do mercado americano e ações estrangeiras para compor um portfólio de ativos. Mesmo levando em conta que os altos retornos do Bitcoin não irão voltar a acontecer e corrigindo o retorno médio desse criptoativo, encontrou-se uma melhora na performance da carteira. A penalidade imposta ao Bitcoin na análise de Carpenter decorre da distorção dos resultados nos cálculos de risco/retorno sobre a amostra, causada pela grande volatilidade do valor da moeda virtual. Por fim, concluiu que o Bitcoin pode ser uma ferramenta de diversificação viável.

Castro et al. (2020) fizeram análises de carteiras formadas pelas criptomoedas Ethereum, Ripple e Bitcoin e pelos índices S&P 500 e NASDAQ Composite. Utilizaram a medida de performance $\hat{\Omega}$ para otimização da carteira, que diferentemente da métrica de Markowitz que utiliza apenas média e variância, considera todos os momentos da distribuição de retornos. Concluíram, que apesar das criptomoedas apresentarem expressivo retorno, nas carteiras que possuem composição mista de índice mais criptos, deve-se investir em maior proporção nos índices, tendo em vista a alta volatilidade dos criptoativos.

O modelo de portfólio proposto por Markowitz (1952) tem sido alvo de críticas por alguns autores. Essas críticas levantam questionamentos sobre a capacidade do modelo em capturar adequadamente as complexidades e incertezas dos mercados financeiros.

Taleb (2007) critica o modelo de portfólios tradicional por não levar em conta os eventos extremos e raros que ocorrem no mercado financeiro, citando-os como “cisnes negros”. Ele argumenta que a volatilidade e o risco nos mercados são subestimados e que os investidores devem estar preparados para eventos imprevistos.

Arnott et al. (2005) argumenta que modelos baseados apenas em capitalização de mercado tende a concentração excessiva de investimentos em ativos sobrevalorizados, aumentando o risco para os investidores. Aconselham abordagens alternativas, como a ponderação por receitas ou dividendos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse trabalho é classificado como uma pesquisa quantitativa em sua abordagem, uma vez que envolve a coleta de dados numéricos e a utilização de técnicas estatísticas para obter resultados. Quanto à sua natureza, é uma pesquisa aplicada, pois utiliza conhecimentos teóricos e científicos para alcançar um objetivo específico. Em relação ao objetivo de pesquisa, pode ser considerado descritivo, uma vez que utiliza uma abordagem passo a passo em sua metodologia. Quanto ao procedimento, classifica-se como pesquisa documental, pois utiliza materiais estatísticos coletados de fontes confiáveis para realização da pesquisa.

O estudo tem por objetivo analisar a viabilidade de criação de uma carteira de investimentos ótima com criptoativos. O processo metodológico para alcançar o objetivo segue a lógica da teoria moderna do portfólio desenvolvida por Markowitz (1952).

No estudo, foram coletados os preços históricos de criptoativos e do índice norte-americano S&P 500 utilizando a plataforma Yahoo Finance (2023). Além disso, os preços históricos do título de curto prazo norte-americano foram obtidos do site *Treasury Direct* (2023), do próprio governo americano. Nesse sentido, a variação dos preços históricos das bases de dados é diárias e vai da data de 01 de outubro de 2021 a 30 de setembro de 2022. O período é de fechamento de trimestre, período importante para os investidores, uma vez que ocorre a divulgação dos resultados de desempenho dos ativos do mercado financeiro.

No que tange aos criptoativos, foi optado por recolher uma amostra dos dados históricos dos 100 criptoativos com maior capitalização de mercado (*market cap*) até o período de 30 de setembro de 2022. A escolha dos critérios foi dessa forma, pois a quantidade de elementos é suficiente para alcançar o objetivo e os criptoativos com maior *market cap* são aqueles mais conhecidos entre os investidores apresentando boa volatilidade nas transações.

Com os preços históricos à disposição, foram calculados os retornos diários que compõem as bases de dados com a fórmula: $R_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right) - 1$, sendo $R_{i,t}$ o retorno do ativo i no período t , $P_{i,t}$ o preço do ativo i no período t e $P_{i,t-1}$ o preço do ativo i no período $t - 1$. Os cálculos foram realizados com auxílio da planilha eletrônica do Excel.

Os retornos diários dos criptoativos, do índice S&P 500 e do título norte-americano foram coletados e organizados em planilhas separadas. Utilizou-se o programa RStudio para simular a criação de portfólios, seguindo os seguintes passos:

Passo 1: Criar a matriz *mretorno* com 100 linhas e 1 coluna da média dos retornos de cada criptoativo.

Passo 2: Calcular a covariância entre os ativos presentes na amostra de dados, dessa forma foi criada uma matriz *covar.retorno*, que mostra o grau de interdependência linear entre as variáveis.

Passo 3: Definir a variável *n* associado a ela o número de ativos presente na base de dados ($n = 100$ para esse estudo); também criar uma variável *s*, que representa o número de portfólios a serem simulados ($s = 25.000$ para esse estudo).

Passo 4: Criar um vetor de probabilidades *prob* para cada intervalo de simulação de portfólios. Para isso, utilizar as funções *seq()* e *req()* para criar um vetor sequencial de valores que representam a probabilidade de sucesso assumida e em seguida replicar cada valor do vetor, garantindo que cada intervalo possua a mesma quantidade de probabilidades (sequência de 0,1 a 1 com total de 10 elementos replicados por $s/10$ vezes para esse estudo).

Passo 5: Gerar uma matriz *y* através do comando de distribuição binomial que contém os valores simulados dos portfólios com base nas probabilidades de sucesso definidas pelo vetor *prob*. A distribuição binomial (composta por 0 e 1) se dará pela função de distribuição uniforme aleatória de $n \cdot s$. Assim, a matriz *y* terá número de linhas igual a *n* (número de criptoativos) e número de colunas igual a *s* (número de portfólios) com 0 e 1 distribuídos de forma aleatória por toda a tabela, sendo que, se 0 o criptoativo fica fora do portfólio e se 1 o criptoativo integra o portfólio.

Passo 6: Criar a matriz *W.t* com dimensões $n \times s$ e gerar um conjunto de números aleatórios uniformemente distribuídos entre 0 e 1. Em seguida, multiplicar as matrizes *W.t* e *y* e os resultados geram a matriz *W.p*. Esse procedimento tem como objetivo simular os retornos diários de cada portfólio, uma vez que *W.t* indica as proporções de investimento em cada ativo nos portfólios e *y* representa o retorno diário de cada ativo.

Passo 7: Padronizar o peso das carteiras em cada período de tempo criando uma matriz *W.soma*, contendo o somatório dos elementos por coluna da tabela *W.p*; e em seguida, gerar pela divisão entre as matrizes *W.p* e *W.soma*, a matriz *W*, na qual a soma dos valores em cada coluna da tabela seja igual a 1. Essa etapa tem como finalidade fazer com que os pesos representem a proporção do investimento em cada ativo nas carteiras, e para que as carteiras sejam bem diversificadas e balanceadas.

Passo 8: Calcular o risco e o retorno de cada portfólio simulado. O retorno é obtido por meio da multiplicação matricial entre a matriz de pesos de cada ativo do portfólio *W*, e a matriz de retorno esperado *mretorno* ($W^t \cdot mretorno$). Já o risco é calculado a partir da multiplicação entre as matrizes *W* e *covar.retorno* ($diag(W^t \cdot covar.retorno \cdot W)$). A raiz

quadrada dessa variância resulta no desvio padrão, que é uma medida de risco associada à equação.

Passo 9: Calcular o retorno diário de cada portfólio. Para isso, multiplica-se a matriz A , contendo os dados da tabela de criptoativos, com a matriz W contendo os pesos de cada criptoativo em cada portfólio ($A \cdot W$) gerando a matriz ret_port com os retornos diários.

Passo 10: Criar a matriz $betas$ contendo s linhas e 1 coluna com os valores dos riscos sistemáticos de cada portfólio simulado, através da covariância de ret_port e os retornos de S&P 500 divididos pela variância dos retornos de S&P 500.

Passo 11: Calcular o índice de Sharpe (1964) para cada portfólio simulado por meio da divisão do retorno pelo risco ($W^t \cdot mretorno / diag(W^t \cdot covar.retorno \cdot W)$). No fim do processo se tem a matriz $sharpe$ com os valores dos resultados. A fórmula utilizada para o cálculo é descrita a seguir:

$$Sharpe = \frac{(R_i - R_f)}{\sigma_p}$$

Sendo que:

$Sharpe$ – Índice de Sharpe;

R_i – Retorno do portfólio;

R_f - Taxa de juros livre de risco;

σ_p – Desvio padrão do portfólio.

Passo 12: Calcular o índice Alfa de Jensen (1969) para cada portfólio simulado através da subtração do produto da diferença entre a média dos retornos do S&P 500 e a média dos retornos livres de risco, e o coeficiente $betas$ multiplicado pelo retorno livre de risco. Como medida para o retorno livre de riscos se utiliza a média dos retornos dos títulos de curto prazo norte-americanos, tendo em vista a sua baixa volatilidade. No fim do processo se tem a matriz $alfa_jensen$ com os valores dos resultados. A fórmula utilizada para o cálculo é descrita a seguir:

$$\alpha_i = R_i - [R_f + (\beta_i \cdot (R_m - R_f))]$$

Sendo que:

α – Alfa de Jensen;

R_i - Retorno do portfólio;

R_f - Taxa de juros livre de risco (*T-Bills 52 Weeks*);

β_i – Risco sistemático do portfólio ($\beta_i = cov(R_m, R_i)/\sigma_{R_m}^2$);

R_m – Retorno do mercado (S&P 500).

Passo 13: Calcular o índice de Treynor (1965) para cada portfólio simulado, subtraindo a média dos retornos livres de risco do retorno dos portfólios e dividindo o resultado pelo coeficiente beta. No fim do processo se tem a matriz *treynor* com os valores dos resultados. A fórmula utilizada para o cálculo é descrita a seguir:

$$IT_i = \frac{(R_i - R_f)}{\beta_i}$$

Sendo que:

IT_i – Índice de Treynor do portfólio;

R_i - Retorno do portfólio;

R_f - Taxa de juros livre de risco (*T-Bills 52 Weeks*);

β_i – Risco sistemático do portfólio ($\beta_i = cov(R_m, R_i)/\sigma_{R_m}^2$);

Passo 14: Calcular o índice *Value-at-Risk* (LINSMEIER; PEARSON,2000) para cada portfólio simulado, para isso calcula-se a diferença entre o retorno dos portfólios e o valor crítico calculado a partir do quantil da distribuição normal multiplicado pelo risco. No fim do processo se tem a matriz *VaR* com os valores dos resultados. A fórmula utilizada para o cálculo é descrita a seguir:

$$VaR = |R - z\delta| \cdot \sigma_p$$

Sendo que:

VaR – Índice *Value-at-Risk*;

R – Retorno esperado;

$z\delta$ – Nível de confiança desejado;

σ_p – Desvio padrão do portfólio.

É importante mencionar que as fórmulas básicas foram adaptadas e refinadas para os cálculos de acordo com a necessidade do trabalho.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise dos resultados desempenha um papel fundamental nesta pesquisa, pois fornece uma base sólida para avaliar a viabilidade e os potenciais benefícios de um portfólio de investimentos exclusivo de criptoativos. Para facilitar a compreensão dos dados, as principais estatísticas descritivas foram copiladas em tabelas e gráficos, permitindo uma visualização clara e concisa das informações em questão, contribuindo para uma melhor contextualização dos resultados obtidos.

As tabelas apresentam os indicadores estatísticos de média, desvio-padrão (DP), mínimo, primeiro quartil (1ºQ.), mediana, terceiro quartil (3ºQ.) e máximo. Segundo Guimarães (2008), a média e a mediana são medidas de posição ou de tendência central e visam identificar o ponto central da distribuição dos dados observados, enquanto que a média indica o valor médio dos retornos observados, a mediana divide os dados ordenados ao meio. O desvio-padrão, mínimo, máximo, primeiro quartil e terceiro quartil são medidas de dispersão. Nesse sentido, o desvio-padrão indica o quanto as observações variam com relação à média, portanto, pode-se assumir que quanto maior o desvio-padrão, maior é a volatilidade entre os dados. O mínimo e o máximo demonstram a amplitude de variação entre os dados, sendo que quanto mais distante for um valor do outro mais dispersos são os dados em torno de um intervalo específico. Por fim, o primeiro e terceiro quartil indicam os pontos de corte inferiores (em $\frac{1}{4}$ da amostra) e superiores (em $\frac{3}{4}$ da amostra), respectivamente, de um conjunto de dados, ajudando a compreender a distribuição e a dispersão dos valores.

A Tabela 1, Painel A, demonstra os valores dos indicadores mencionados para o retorno médio de todos os criptoativos da base de dados (*mretorno*) e para os retornos acumulados do índice norte-americano S&P 500 (*Ret_S&P 500*) e do título de dívida pública de curto prazo americana (*Ret_TBill*), nas datas de 01 de outubro de 2021 a 30 de setembro de 2022. O painel B demonstra os valores dos mesmos indicadores, mas para os cinco melhores criptoativos por capitalização de mercado (*market cap*) na data de 30 de setembro de 2022, sendo eles o Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), Binance Coin (BNB), Ripple (XRP) e Cardano (ADA). Os retornos dos criptoativos abrangem o período de 01 de outubro de 2021 a 30 de setembro de 2022.

Analisando o Painel A, pode-se observar, através da média e mediana, que o título da dívida americana é a variável que possui a maior tendência central positiva, indicando que dentre as outras variáveis do painel. Ela é a que manteve retornos positivos por mais tempo ao longo do período, entretanto esses retornos são baixos como pode ser visto nos indicadores

mínimo e máximo. Além disso, ao examinar os dados, é possível notar que o índice S&P 500 exibe o maior desvio-padrão e a maior amplitude entre os valores mínimo e máximo. Isso sugere que o índice S&P 500 é a variável mais volátil entre as demais, com maior variação nos retornos ao longo do período. A preferência dos investidores por ativos de renda fixa em detrimento dos ativos de renda variável durante períodos de volatilidade de mercado pode ser uma explicação para os valores positivos observados nos títulos de dívida americana.

Ao analisar as criptomoedas apresentadas no Painel B, é possível observar uma certa similaridade nos valores dos retornos, indicando uma correlação positiva entre os cinco melhores criptoativos em termos de *market cap* durante o período analisado. No entanto, é importante ressaltar que essas variáveis apresentam um alto valor de desvio-padrão e uma grande variação entre os valores mínimo e máximo. Isso sugere uma alta volatilidade no mercado das criptomoedas, com destaque para Ripple, que apresenta um desvio-padrão elevado e a maior variação entre os valores mínimo e máximo entre todas as variáveis do Painel B.

Ao compararmos as variáveis do Painel A e B, podemos observar que o desvio-padrão do índice S&P 500 é semelhante ao desvio-padrão dos cinco criptoativos. No entanto, notamos uma maior variação entre os valores mínimo e máximo dos criptoativos em comparação ao índice, o que indica uma maior volatilidade nas variáveis do Painel B. Outra análise importante pode ser feita em relação aos cinco criptoativos e o retorno médio de todos os criptoativos. Entre os cinco criptoativos, observa-se uma alta volatilidade, mas essa volatilidade diminui quando eles são considerados em conjunto com os demais criptoativos da base de dados. Também é possível verificar uma tendência central negativa nas variáveis dos criptoativos, indicando uma retração de mercado para esses ativos durante o período analisado.

Vários autores corroboram os resultados descritos anteriormente. De acordo com Bodie, Kane e Marcus (2014), os títulos de dívida pública americana possuem baixa volatilidade devido à confiabilidade do emissor, alta liquidez e adequação como investimento de curto prazo de baixo risco, podendo ser utilizados como taxa de juros livre de risco. Castro et al. (2020) destacam a alta volatilidade dos criptoativos e recomendam mesclá-los com outros títulos e ativos de mercado. Baek e Elbeck (2015), ao comparar o Bitcoin com o índice S&P 500, identificaram que o Bitcoin é consideravelmente mais instável que outros ativos do mercado americano. Por fim, Cheah e Fry (2015) demonstraram que os demais criptoativos

apresentam semelhanças com o Bitcoin, com altos níveis de volatilidade e dinâmica de preços complexa.

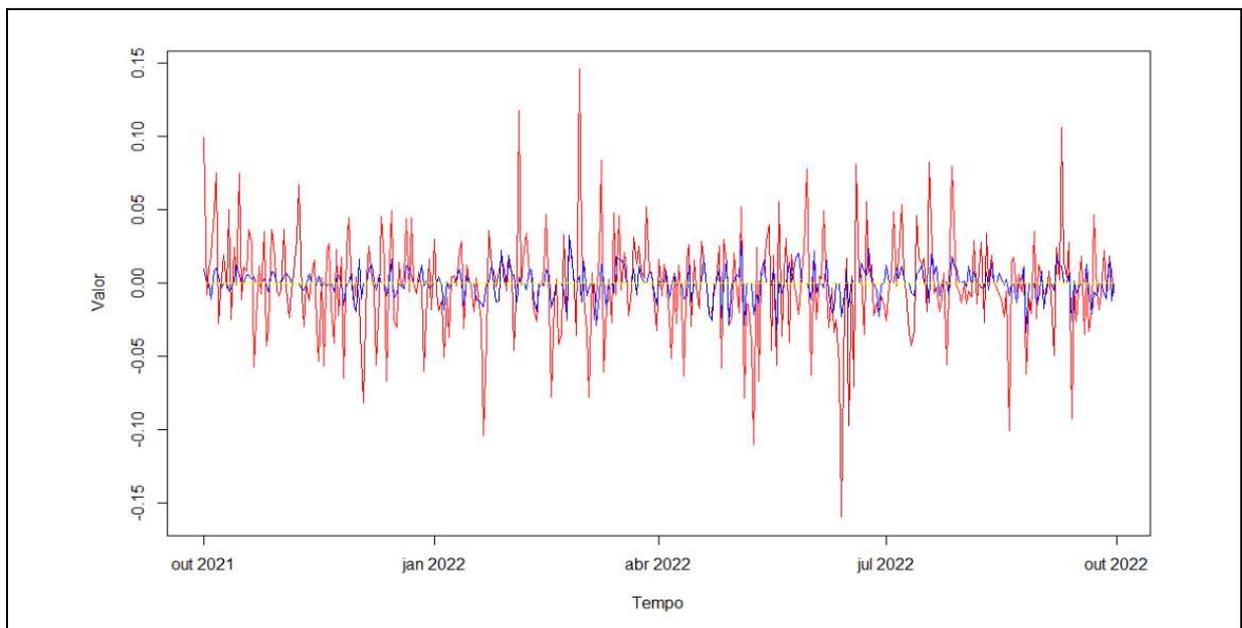
Tabela 1 - Estatística descritiva dos retornos dos criptoativos, dos retornos acumulados do índice e título americano e dos 5 melhores criptoativos por market cap em 30 de set. de 2022

| Painel A. Estatística descritiva dos retornos acumulados do índice, título e retorno médio dos criptoativos | | | | | | | |
|--|--------------|-----------|---------------|-------------|----------------|-------------|---------------|
| Indicadores | Média | DP | Mínimo | 1ºQ. | Mediana | 3ºQ. | Máximo |
| <i>mretorno</i> | -0.000847 | 0.002429 | -0.004761 | -0.002390 | -0.001591 | -0.000009 | 0.008016 |
| Ret_S&P 500 | -0.002716 | 0.045615 | -0.111909 | -0.037750 | 0.006644 | 0.033519 | 0.067202 |
| Ret_TBill | 0.004718 | 0.004858 | 0.000002 | 0.000467 | 0.002811 | 0.008160 | 0.016378 |
| Painel B. Estatística descritiva dos retornos dos criptoativos | | | | | | | |
| Indicadores | Média | DP | Mínimo | 1ºQ. | Mediana | 3ºQ. | Máximo |
| BTC | -0.001621 | 0.034655 | -0.159747 | -0.019411 | -0.001439 | 0.016544 | 0.145412 |
| ETH | -0.001243 | 0.044391 | -0.166504 | -0.024034 | -0.001376 | 0.024816 | 0.179348 |
| BNB | -0.000107 | 0.038256 | -0.157710 | -0.020009 | 0.000345 | 0.021616 | 0.097305 |
| XRP | -0.000930 | 0.043660 | -0.195181 | -0.023023 | -0.000809 | 0.019406 | 0.222447 |
| ADA | -0.003130 | 0.048850 | -0.184690 | -0.030484 | -0.002467 | 0.024500 | 0.184873 |

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 2 ilustra os retornos ao longo de um ano do BTC (em vermelho), S&P 500 (em azul) e Títulos da dívida americana (em amarelo). É evidente a maior volatilidade do criptoativo, reforçando a ideia de que os criptoativos apresentam maior volatilidade em comparação a outros títulos disponíveis no mercado financeiro.

Figura 2 - Gráfico comparativo de retornos entre BTC, S&P 500 e TBill no período de um ano



Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 2 demonstra os valores dos indicadores para os índices de Retorno, Risco, Betas, Sharpe, Alfa de Jensen, Treynor e *Value-at-risk* pertencentes a todos os portfólios simulados (25.000 portfólios). Ao analisar, fica evidente a presença de valores elevados nos Betas e valores baixos nos índices de desempenho. Nota-se que a média dos Betas está acima de 1, indicando uma significativa volatilidade para a maioria dos portfólios simulados. Nesse contexto, os índices de Retorno, Sharpe, Alfa de Jensen e Treynor revelam médias e medianas negativas, indicando um desempenho inferior para a maioria dos portfólios simulados.

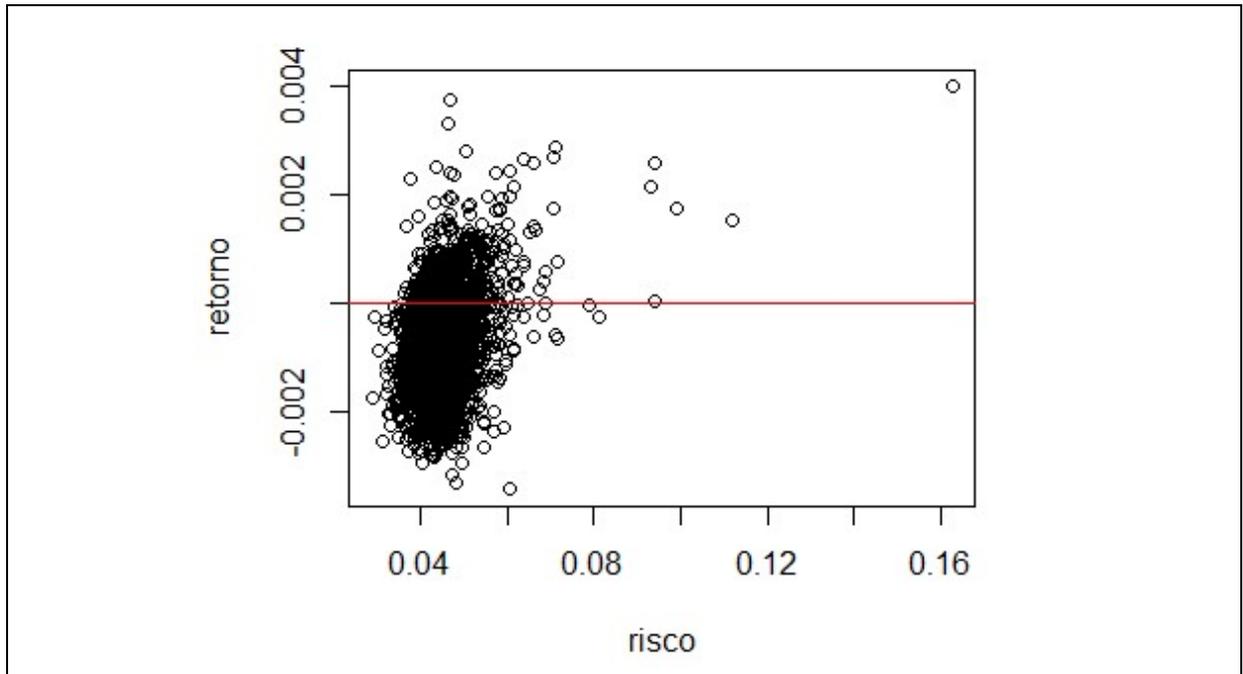
Tabela 2 - Estatística descritiva dos índices pertencentes a todos os portfólios simulados

| Indicadores | Média | DP | Mínimo | 1ºQ. | Mediana | 3ºQ. | Máximo |
|-----------------------|--------------|-----------|---------------|-------------|----------------|-------------|---------------|
| Retorno | -0.000848 | 0.000426 | -0.003458 | -0.001049 | -0.000858 | -0.000666 | 0.004003 |
| Risco | 0.042538 | 0.002729 | 0.028953 | 0.041243 | 0.042072 | 0.043219 | 0.162590 |
| Betas | 1.918362 | 0.101507 | 0.726949 | 1.873947 | 1.919441 | 1.965677 | 2.858019 |
| Sharpe | -0.020121 | 0.009854 | -0.081980 | -0.024914 | -0.020394 | -0.015729 | 0.080534 |
| Alfa de Jensen | -0.000431 | 0.000427 | -0.003096 | -0.000631 | -0.000440 | -0.000248 | 0.004270 |
| Treynor | -0.000467 | 0.000229 | -0.003484 | -0.000570 | -0.000470 | -0.000370 | 0.003066 |
| Value-at-risk | 0.070817 | 0.004403 | 0.048891 | 0.068691 | 0.070053 | 0.071939 | 0.263433 |

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 3, que exibe o gráfico de dispersão de todos os portfólios simulados em relação ao risco e retorno, complementa a compreensão dos resultados apresentados na Tabela 2. Ao analisar o gráfico, pode-se observar que a maioria dos portfólios se concentra abaixo da linha de retorno zero (linha vermelha), o que indica uma eficiência relativamente baixa, haja vista que dos 25.000 portfólios simulados apenas 753 apresentam valores positivos em seus retornos. Essa visualização gráfica ajuda a evidenciar a falta de desempenho favorável dos portfólios simulados.

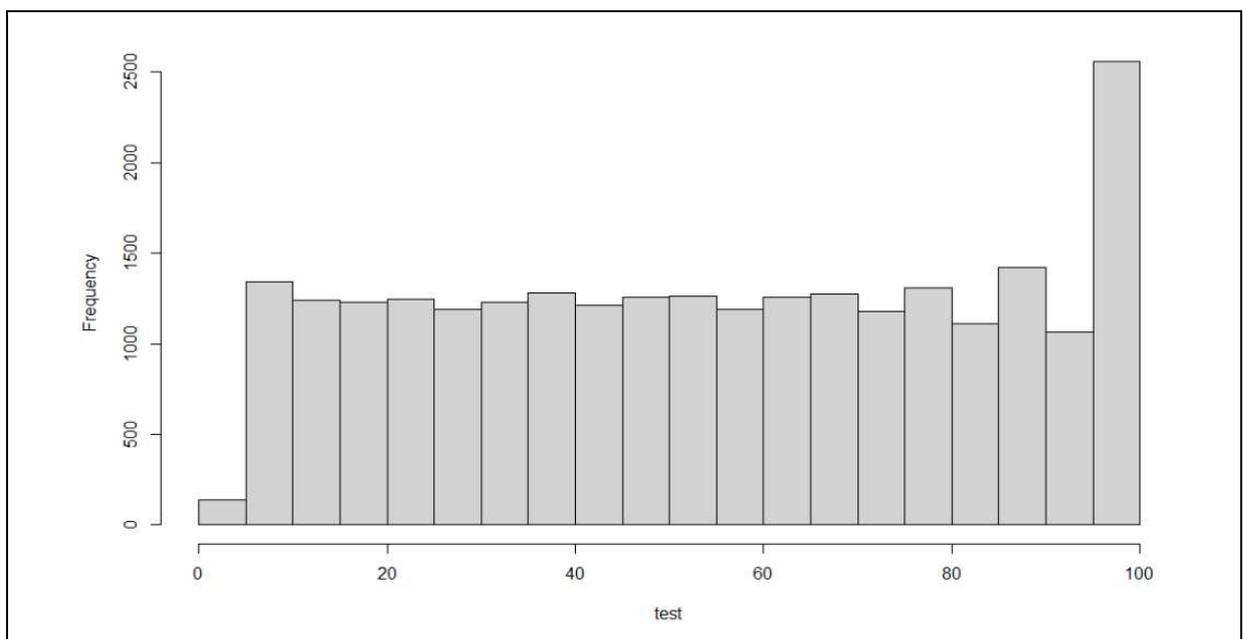
Figura 3 – Gráfico de dispersão com todos os portfólios simulados



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 4 apresenta um histograma que ilustra a distribuição dos criptoativos nos portfólios simulados. No eixo horizontal, é apresentado o número de criptoativos presentes nos portfólios, enquanto no eixo vertical, tem-se a frequência, que representa o número de portfólios simulados.

Figura 4 - Gráfico histograma de criptoativos por portfólios simulados



Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 3 apresenta os valores dos indicadores, como Retorno, Risco, Betas, Sharpe, Alfa de Jensen, Treynor e *Value-at-risk*, exclusivamente para os portfólios com retornos positivos (753 portfólios). Essa abordagem visa excluir portfólios ineficientes que podem distorcer a análise, mantendo apenas os dados relevantes e favoráveis.

Ao analisar os dados da Tabela 3, percebe-se uma melhoria na apresentação dos valores em comparação com a Tabela 2. No entanto, é importante ressaltar que o índice Beta ainda permanece elevado, indicando uma considerável volatilidade mesmo para os portfólios com retornos positivos. Além disso, é notável que os valores dos índices de desempenho, embora sejam positivos, são bastante baixos, até mesmo inferiores aos valores do título da dívida pública norte-americana apresentados na Tabela 1.

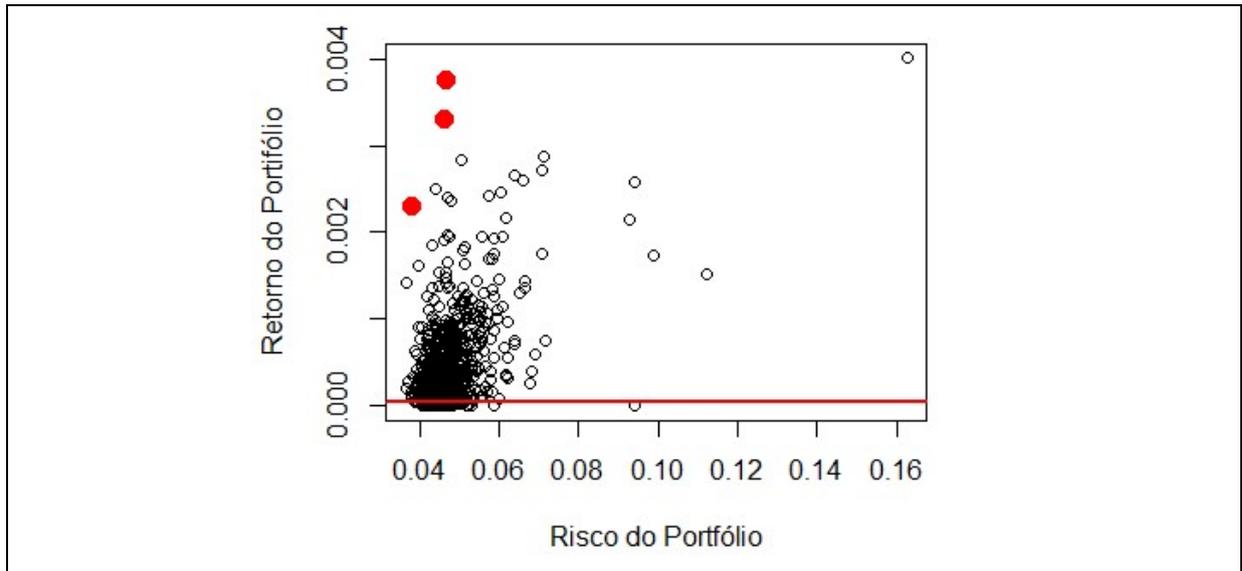
Tabela 3 - Estatística descritiva dos índices pertencentes aos portfólios simulados com retornos positivos

| Indicadores | Média | DP | Mínimo | 1ºQ. | Mediana | 3ºQ. | Máximo |
|-----------------------|--------------|-----------|---------------|-------------|----------------|-------------|---------------|
| Retorno | 0.000474 | 0.000530 | 0.000000 | 0.000124 | 0.000303 | 0.000645 | 0.004003 |
| Risco | 0.047325 | 0.008078 | 0.036513 | 0.043378 | 0.045770 | 0.049060 | 0.162590 |
| Betas | 1.920103 | 0.200811 | 1.190152 | 1.811015 | 1.922124 | 2.037765 | 2.811906 |
| Sharpe | 0.009614 | 0.009913 | 0.000001 | 0.002840 | 0.006598 | 0.013585 | 0.080534 |
| Alfa de Jensen | 0.000892 | 0.000532 | 0.000314 | 0.000543 | 0.000718 | 0.001054 | 0.004270 |
| Treynor | 0.000228 | 0.000298 | -0.000025 | 0.000044 | 0.000135 | 0.000312 | 0.003066 |
| Value-at-risk | 0.077369 | 0.013041 | 0.058875 | 0.071055 | 0.074862 | 0.080108 | 0.263433 |

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 5 apresenta visualmente os portfólios simulados com retornos positivos. É evidente que uma grande proporção desses portfólios está concentrada em torno do retorno zero (linha vermelha), sugerindo uma eficiência relativamente baixa. No entanto, os portfólios mais eficientes na amostra são destacados em vermelho (pontos vermelhos), indicando que eles apresentam a melhor relação entre risco e retorno em comparação com os demais portfólios.

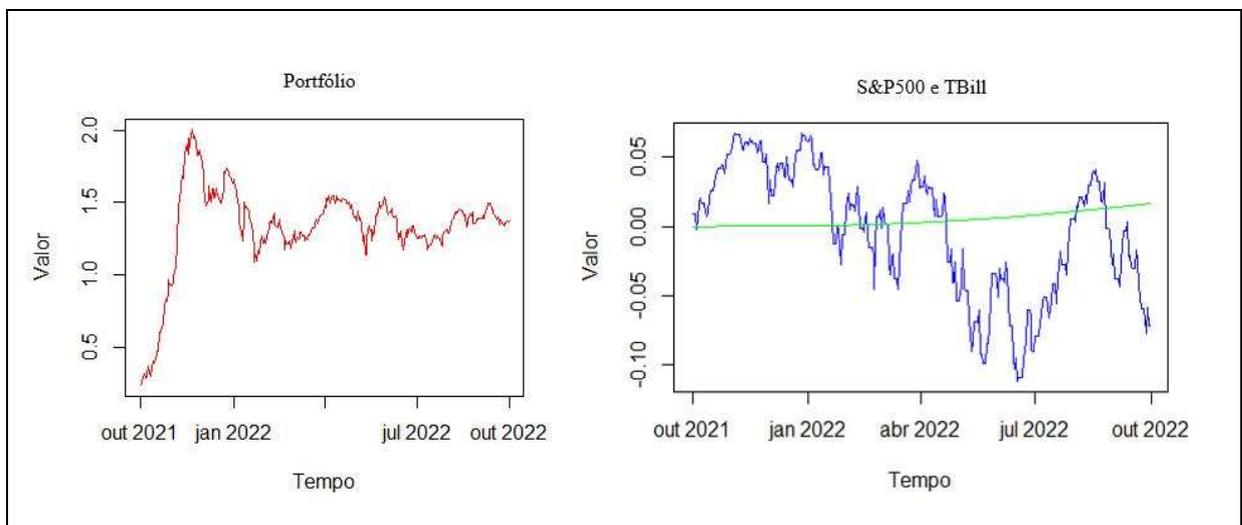
Figura 5 – Gráfico de dispersão dos portfólios simulados com retornos positivos



Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar do desempenho geralmente baixo dos portfólios simulados em conjunto, essa realidade muda quando consideramos o portfólio mais otimizado. Na Figura 6, é feita a comparação dos retornos ao longo de um ano entre o portfólio mais otimizado, o índice S&P 500 e o título da dívida pública americana. Observa-se que, enquanto o portfólio mais otimizado apresenta retornos significativos acima de 1% durante a maior parte do período, o mesmo não acontece com o índice e o título, que apresentam valores abaixo de 0,06% em todo o período.

Figura 6 – Comparativo entre os retornos do portfólio otimizado com S&P 500 e T-Bill americano no período de um ano



Fonte: Elaborado pelo autor

Cabe ainda ressaltar quais criptoativos pertencem ao portfólio otimizado, sendo eles: 1inch (1INCH), BinaryX (BNX), Binance Coin (BNB), Huobi Token (HT), Toncoin (TON11419) e Wemix (WEMIX). O 1INCH é o token nativo do protocolo 1inch, uma plataforma de agregação de liquidez para criptomoedas, permitindo que os usuários encontrem as melhores taxas de câmbio em várias exchanges descentralizadas. A BNX é uma criptomoeda que busca fornecer soluções inovadoras para o mercado financeiro, com foco em privacidade e segurança. O BNB é o token nativo da Binance, uma das maiores exchanges de criptomoedas do mundo. O HT é o token nativo da Huobi, uma importante exchange de criptomoedas. O TON11419 é um criptoativo associado à Toncoin que visa fornecer soluções rápidas e seguras para pagamentos e transferências financeiras. Por fim, o WEMIX é um criptoativo que está associado ao ecossistema Wemix Network, uma plataforma descentralizada para criação e distribuição de conteúdo digital, com foco em música (COINMARKETCAP, 2022).

5 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste estudo foi avaliar a viabilidade de criação de portfólios de investimentos exclusivamente compostos por criptoativos. Considerando a grande volatilidade do mercado de criptoativos, o estudo buscou analisar como essa característica pode potencializar tanto os retornos como as perdas para investidores que optam por construir carteiras de investimento baseadas unicamente nesses ativos virtuais.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desse estudo se deu por meio da criação de um modelo de simulação para a construção de portfólios de criptoativos utilizando o software estatístico RStudio. Além dos retornos do índice S&P 500 e do título de dívida pública norte-americana, foram utilizados índices de desempenho, como Sharpe, Treynor, Alfa de Jensen e Value-at-risk, para os cálculos e análises. Os dados resultantes dos comandos foram organizados de forma clara em tabelas e gráficos, a fim de facilitar a compreensão dos resultados obtidos.

Como resultados obtidos a partir da análise dos dados, destacam-se dois pontos principais. Em primeiro lugar, os portfólios exclusivos de criptoativos apresentaram uma alta volatilidade, o que pode indicar um elevado risco para os investidores. Em segundo lugar, foi observado um retorno significativamente superior para o portfólio otimizado em comparação aos retornos do índice S&P 500 e do título de dívida pública americana.

Embora o portfólio otimizado tenha apresentado um alto retorno, o risco envolvido na construção de uma carteira exclusivamente composta por criptoativos inviabiliza essa estratégia, sendo mais recomendado o uso de carteiras mistas, com ações e títulos públicos, conforme evidenciado por estudos como Baek e Elbeck (2015), Cheah e Fry (2015), Carpenter (2016) e Castro et al. (2020).

Recomenda-se que futuras análises e aplicações deste estudo sejam realizadas em períodos de maior estabilidade no mercado, a fim de obter uma visão mais precisa dos resultados. Além disso, a metodologia utilizada pode ser adaptada para avaliar a dinâmica e viabilidade de investimentos com outros ativos do mercado financeiro. Essas considerações adicionais permitirão uma compreensão mais abrangente e aprimorada das estratégias de investimento com criptoativos e outros instrumentos financeiros.

REFERÊNCIAS

- ARNOTT, Robert D.; HSU, Jason; MOORE, Philip. **Fundamental indexation**. Financial Analysts Journal, v. 61, n. 2, p. 83-99, 2005.
- ASSAF NETO, Alexandre. **Mercado financeiro** 14. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- BAEK, Chung; ELBECK, Matt. **Bitcoins as an investment or speculative vehicle? A first look**. Applied Economics Letters, v. 22, n. 1, p. 30-34, 2015.
- BODIE, Zvi; KANE, Alex; MARCUS, Alan J. **Investments**. 10. ed. Boston: McGraw-Hill Education, 2014.
- BURNISKE, Chris; TATAR, Jack. **Cryptoassets: The innovative investor's guide to bitcoin and beyond**. New York: McGraw-Hill Education, 2018.
- CARPENTER, Andrew. **Portfolio diversification with Bitcoin**. Journal of Undergraduate Research in Finance, v. 6, n. 1, p. 1-27, 2016.
- CASTRO, Javier Gutiérrez et al. **Crypto-assets portfolio optimization under the omega measure**. The Engineering Economist, v. 65, n. 2, p. 114-134, 2020.
- CHEAH, Eng-Tuck; FRY, John. **Speculative bubbles in Bitcoin markets? An empirical investigation into the fundamental value of Bitcoin**. Economics letters, v. 130, p. 32-36, 2015.
- CHOHAN, Usman W. **Non-fungible tokens: Blockchains, scarcity, and value**. Critical Blockchain Research Initiative (CBRI) Working Papers, 2021.
- COINMARKETCAP. **Top 100 Criptomoedas por Capitalização de Mercado**. Disponível em: <<https://coinmarketcap.com/pt-br/>>. Acesso em: 13 jul. 2022.
- COINMARKETCAP. **Global Cryptocurrency Charts**. Disponível em: <<https://coinmarketcap.com/charts/>>. Acesso em: 14 mai. 2023.
- FINANCEONE. **Entenda qual é a diferença entre NFT e criptomoeda**. 2022. Camila Miranda. Disponível em: <https://financeone.com.br/diferenca-entre-ntf-criptomoeda/> Acesso em: 26 set. 2022.
- GUIMARÃES, Paulo Ricardo Bittencourt. **Métodos quantitativos estatísticos**. Curitiba: Iesde Brasil SA, v. 1, p. 252, 2008.
- INVESTING. **Bitcoin historical data**. Disponível em: <<https://br.investing.com/crypto/bitcoin/historical-data>>. Acesso em: 13 jul. 2022.
- JENSEN, Michael C. **Risk, the pricing of capital assets, and the evaluation of investment portfolios**. The Journal of business, v. 42, n. 2, p. 167-247, 1969.

JULIBONI, Márcio. **Binance é acusada de fraude e má gestão pela SEC, a CVM dos EUA.** Money Times, São Paulo, 05 de junho de 2023. Disponível em: <<https://www.moneytimes.com.br/binance-e-acusada-de-fraude-e-ma-gestao-pela-sec-a-cvm-dos-eua/>>. Acesso em: 08 de junho de 2023.

LAURENCE, Tiana. **Blockchain para leigos.** Alta Books Editora, 2019.

LEWIS, Antony. **A gentle introduction to blockchain technology.** BraveNewCoin Digital Currency Insights, 2015.

LINSMEIER, Thomas J.; PEARSON, Neil D. **Value at risk.** Financial Analysts Journal, v. 56, n. 2, p. 47-67, 2000.

LIU, Jinan; SERLETIS, Apostolos. **Volatility in the cryptocurrency market.** Open Economies Review, v. 30, p. 779-811, 2019.

MARKOWITZ, H. M. **Portfolio Selection.** [S.l.]: Journal of finance n. 1, v. 7, p. 77-91, 1952.

PARANÁ, Edemilson. **Bitcoin: a utopia tecnocrática do dinheiro apolítico.** Autonomia Literária, 2020.

SHARPE, W. F. **Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk.** Journal of Finance, v. 19, n. 3, p. 425-442, 1964.

TALEB, Nassim Nicholas. **Black swans and the domains of statistics.** The American Statistician, v. 61, n. 3, p. 198-200, 2007.

TAPSCOTT, Don; TAPSCOTT, Alex. **Blockchain revolution.** Senai-SP Editora, 2018.

TREASURY DIRECT. **Treasury Bills.** Disponível em: <<https://treasurydirect.gov/marketable-securities/treasury-bills/>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

TREYNOR, J. L. **How to manage investment funds.** Harvard Business Review, v. 43, p. 63-75, 1965.

ULRICH, Fernando. **Bitcoin: a moeda na era digital.** LVM Editora, 2017.

YAHOO FINANCE. **Matching Cryptocurrencies.** Disponível em: <<https://finance.yahoo.com/crypto/?tsrc=fin-srch>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

APÊNDICE A – Script de Simulação

```

# Baixar banco de dados
## Retorno Cripto
Dados<- read.csv2("C:/Users/m4the/Desktop/TCC/Base de dados/Base de dados TCC - retorno criptos.csv")
any(is.na(Dados))
na.omit(Dados)

## Retorno S&P 500
library(readxl)
Retornos_SeP_500 <- read_excel("C:/Users/m4the/Desktop/TCC/Base de dados/Retornos SeP 500.xlsx", sheet
= "Planilha1")

## Retorno Livre de Risco (US - Treasury Bills)
treasury_rates_dialy <- read.csv2("C:/Users/m4the/Desktop/TCC/Base de dados/treasury_rates_dialy.csv")

# Crindo matriz de média dos retornos
mretorno <- matrix(1, nrow = 100, ncol=1)
for (i in 1:100){
  mretorno[i,]=mean(Dados[,i+1])
}

# Covariância entre os retornos
covar.retorno=cov(Dados[c("ATOM","AR","ALGO","ADA","AAVE","X11NCH","CRV","CRO",
"COMP5692","CHSB","CCXX","CAKE","BTT","BTTOLD","BTG",
"BTC","BSV","BNX","BNB","BIT11221","BCH","BAT","BAL",
"AXS","AVAX","EOS","ENJ","EGLD","DOT","DOGE","DFI","DCR",
"DASH","CVX","CSPR","ICP","HT","HOT2682","HNT","HEX",
"HBAR","GT","GRT6719","GMX11857","FTT","FTM","FLOW",
"FIL","ETH","ETC","LUNC","LTC","LRC","LINK","LEO","LDO",
"KLAY","KCS","KAVA","IOTX","RVN","RUNE","ROSE","QTUM",
"QNT","OKB","NXM","NEXO","NEO","NEAR","MKR","MIOTA",
"MINA","MATIC","MANA","TON11419","THETA","TFUEL","STX4847",
"STETH","SOL","SNX","SHIB","SAND","ZIL","TRX","TWT",
"UNI7083","VET","WAVES","WEMIX","XDC","XEC","XEM","XLM",

```

```
"XMR","XRP","XTZ","YFI","ZEC")))
```

```
# Portfólios simulados - Para um número específico de carteiras
```

```
n <- 100 # Número de ativos possíveis
```

```
s <- 25000 # Número de portfólios simulados
```

```
# Sorteando quais ativos estarão em cada portfólio
```

```
prob <- rep(seq(0.1, 1, length.out = 10), each = s/10) # Probabilidades para cada intervalo
```

```
y <- matrix(qbinom(runif(n * s), 1, prob), nrow = n, ncol = s) # Sorteio dos ativos em cada portfólio
```

```
# Criando matriz teste de verificação de quantos ativos por cada portfólio
```

```
test <- matrix(0, nrow = s, ncol = 1)
```

```
for (i in 1:s){
```

```
  test[i,] <- sum(y[,i])
```

```
}
```

```
# Verificando a distribuição de frequência dos ativos através do gráfico de histograma
```

```
hist(test)
```

```
# Criando pesos aleatórios
```

```
W.t <- matrix(0, nrow = n, ncol = s)
```

```
for (j in 1:s){
```

```
  for (i in 1:n){
```

```
    W.t[i,j] <- runif(1)
```

```
  }
```

```
}
```

```
# Mantendo somente os pesos para cada ativo presente nos portfólios
```

```
W.p <- matrix(0, nrow = n, ncol = s)
```

```
for (j in 1:s){
```

```
  for (i in 1:n){
```

```
    W.p[i,j] <- W.t[i,j]*y[i,j]
```

```
  }
```

```
}
```

```
# Padronizando o portfólio
```

```
W.soma <- matrix(0, nrow=1, ncol=s)
```

```
for (j in 1:s){
```

```
  W.soma[1,j] <- sum(W.p[,j])
```

```
}
```

```
# Vetor de pesos finais
```

```
W <- matrix(0, nrow=n, ncol=s)
```

```
for (j in 1:s){
```

```
  for (i in 1:n){
```

```
    W[i,j] <- W.p[i,j]/sum(W.p[,j])
```

```
  }
```

```
}
```

```
# CALCULANDO OS RISCOS E OS RETORNOS DOS PORTFÓLIOS SIMULADOS
```

```
# Retorno dos portfólios
```

```
retorno <- t(W) %*% mretorno
```

```
summary(retorno)
```

```
# Risco dos portfólios
```

```
risco <- sqrt(diag((t(W) %*% covar.retorno %*% W)))
```

```
# Gráfico
```

```
plot(risco,retorno)
```

```
abline(h = 0, col="red")
```

```
## Cálculo do retorno diário dos portfólios
```

```
A <- Dados[,2:101]
```

```
A <- as.matrix(A)
```

```
ret_port <- A %*% W
```

```
dim(ret_port)
```

```

## Betas
betas <- matrix(0,nrow = s, ncol = 1)
  for (i in 1:s){
    betas[i,] <- cov(ret_port[,i],Retornos_SeP_500$Retorno)/var(Retornos_SeP_500$Retorno)
  }

## Betas dos Criptoativos
betas_criptos <- matrix(0,nrow = n, ncol = 1)
for (i in 1:n){
  betas_criptos[i,] <- cov(A[,i],Retornos_SeP_500$Retorno)/var(Retornos_SeP_500$Retorno)
}
basicStats(betas_criptos)

# CÁLCULO DOS ÍNDICES

# Calculando índice de Sharpe para o gráfico criado
sharpe <- retorno/risco

## Alfa de Jansen
alfa_jansen <- (retorno-mean(treasury_rates_dialy$week_52_d))-(mean(Retornos_SeP_500$Retorno)-
mean(treasury_rates_dialy$week_52_d))*betas

## Índice de Treynor
treynor <- (retorno-mean(treasury_rates_dialy$week_52_d))/betas

## Value at Risk
VaR <- abs(retorno-qnorm(1-0.05)*risco)

# Estruturando "retorno", "risco", "betas", "sharpe", alfa_jansen, treynor e VaR em formato tabela
port <- data.frame(retorno, risco, betas, sharpe, alfa_jansen, treynor, VaR)

# CÁLCULO DAS ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

```

```

### Cálculo das Estatísticas Descritivas dos portfólios.
library(fBasics)

variaveis <- names(port)
for (var in variaveis) {
  dados <- port[[var]]
  stats <- basicStats(dados)
  print(paste("Estatísticas descritivas para", var))
  print(stats)
  cat("\n")
}

# Estatística Descritiva das médias de retornos dos criptoativos
basicStats(mretorno)

### Cálculos estatísticas descritivas S&P 500 e TreasuryBill
Col_ret_SeP500 <- Retornos_SeP_500$RetornoAcum
Col_ret_Treasury <- treasury_rates_dialy$week_52_dAcum
basicStats(Col_ret_SeP500)
basicStats(Col_ret_Treasury)

## Estatística Descritiva dos Principais Criptoativos (Market Cap 30/09/2022)
variaveis <- c("BTC", "ETH", "BNB", "XRP", "ADA")
for (var in variaveis) {
  dados <- Dados[[var]]
  stats <- basicStats(dados)
  print(paste("Estatísticas descritivas para", var))
  print(stats)
  cat("\n")
}

## Identificando o melhor portfólio por Sharpe
port_pos <- subset(port, retorno >= 0)

```

```

x_best <- seq(0, 10, length.out=100)
for (i in 1:100){
  x_best[i] <- port_pos$risco[port_pos$sharpe == max(port_pos$sharpe[port_pos$risco <=
quantile(port_pos$risco,i*(1/100))])]
}

y_best <- seq(0, 10, length.out=100)
for (i in 1:100){
  y_best[i] <- port_pos$retorno[port_pos$sharpe == max(port_pos$sharpe[port_pos$risco <=
quantile(port_pos$risco,i*(1/100))])]
}

plot(port_pos$risco, port_pos$retorno, pch = 1,
      cex = 1,
      xlab = "Risco do Portfólio",
      ylab = "Retorno do Portifólio")
abline(h = mean(treasury_rates_dialy$week_52_d), col = "red", lwd = 2)
points(x_best, y_best, col = "red", pch = 19, cex = 1.5)

## Busca pelo Melhor Portfólio

port_best <- which(sharpe== max(sharpe))
portifolio <- W[,port_best]
ret_port_best <- ret_port[,port_best]
for (i in 2:365){
  ret_port_best[i] <- ret_port_best[i-1] + ret_port_best[i]
}
colnames(Dados[2:101])

ret_port_best_valor <- matrix(ret_port_best, ncol = 1)

### Cálculo das Estatísticas Descritivas dos Portifólios Positivos.
variaveis <- names(port_pos)
for (var in variaveis) {
  dados <- port_pos[[var]]

```

```

stats <- basicStats(dados)
print(paste("Estatísticas descritivas para", var))
print(stats)
cat("\n")
}

### Nome dos criptoativos presentes no melhor portfólio simulado
W[,7517]
col_indices <- c(6, 18, 19, 37, 76, 91)
colnames(A)[col_indices]

## Estatística Descritiva do portfólio mais otimizado
variaveis <- c("X1INCH","BNX","BNB","HT","TON11419","WEMIX")
for (var in variaveis) {
  dados <- Dados[[var]]
  stats <- basicStats(dados)
  print(paste("Estatísticas descritivas para", var))
  print(stats)
  cat("\n")
}

### Acompanhando o Retorno Acumulado do Melhor Portfólio
## Comparando com SP500 e T-Bills americanos

Retornos_SeP_500$RetornoAcum <- Retornos_SeP_500$Retorno
for (i in 2:365){
  Retornos_SeP_500$RetornoAcum[i] <- Retornos_SeP_500$RetornoAcum[i-
1]+Retornos_SeP_500$RetornoAcum[i]
}

treasury_rates_dialy$week_52_dAcum <- treasury_rates_dialy$week_52_d
for (i in 2:365){
  treasury_rates_dialy$week_52_dAcum[i] <- treasury_rates_dialy$week_52_dAcum[i-
1]+treasury_rates_dialy$week_52_dAcum[i]
}

```

```
tempo <- seq(as.Date("2021-10-01"), as.Date("2022-09-30"), by = "day")
datas_numericas <- as.numeric(tempo)
plot(x = tempo, y = ret_port_best, type = "l", xlab = "Tempo", ylab = "Valor", col = "red")
lines(x = tempo, y = Retornos_SeP_500$RetornoAcum, col = "blue")
lines(x = tempo, y = treasury_rates_dialy$week_52_dAcum, col = "green")

#Gráfico S&P 500 e T-Bills americanos
plot(x = tempo, y = Retornos_SeP_500$RetornoAcum, type = "l", xlab = "Tempo", ylab = "Valor", col = "blue")
lines(x = tempo, y = treasury_rates_dialy$week_52_dAcum, col = "green")
```

Fonte: Elaborado pelo autor

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO ECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS
COORDENADORIA DE TCC

ATA DA APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS DO ALUNO:

MATHEUS HANG TELLI

No dia 06 do mês de junho de 2023, às 14:00 hs, no(a) Florianópolis, SC, reuniu-se a comissão designada pela portaria 09-23/1, da coordenadoria de TCC do Curso de Ciências Contábeis, para arguição e defesa do trabalho apresentado pelo aluno acima citado. O trabalho apresentado tem por título:

ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DA CRIAÇÃO DE PORTIFÓLIO DE INVESTIMENTOS EXCLUSIVO DE CRIPTOATIVOS

Terminada a apresentação e defesa, os professores da banca constituída por Moacir Manoel Rodrigues Junior (Orientador), José Alonso Borba e Luciano Gomes Gonçalves atribuíram notas que foram encerradas em envelope fechado e entregue à Coordenadoria de TCC conforme estabelecido no regulamento de TCC, tendo sido determinada pela banca examinadora a necessidade de efetuar as seguintes modificações na versão final do trabalho a ser entregue à Coordenadoria de TCC, no prazo definido no regulamento de TCC de modo que este trabalho seja disponibilizado para consulta pública na biblioteca universitária da UFSC:

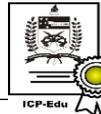
Florianópolis, 06 de de 2023.



Documento assinado digitalmente
Moacir Manoel Rodrigues Junior
Data: 22/06/2023 14:21:21-0300
CPF: ***.501.219-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Moacir Manoel Rodrigues Junior

Presidente



Documento assinado digitalmente
Jose Alonso Borba
Data: 21/06/2023 17:13:46-0300
CPF: ***.907.879-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

José Alonso Borba

Membro



Documento assinado digitalmente
LUCIANO GOMES GONCALVES
Data: 21/06/2023 16:02:42-0300
CPF: ***.931.941-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Luciano Gomes Gonçalves

Membro



Documento assinado digitalmente
Matheus Hang Telli
Data: 21/06/2023 18:06:20-0300
CPF: ***.005.709-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Matheus Hang Telli

Aluno

Aberto o envelope verificou-se que o(a) Aluno(a) obteve nota final 8,5.



Documento assinado digitalmente
Moacir Manoel Rodrigues Junior
Data: 22/06/2023 14:21:40-0300
CPF: ***.501.219-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Professor Moacir Manoel Rodrigues Júnior - SIAPE 1258025

Coordenador de TCC