



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS E SOCIAIS
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MODELO DE PRECIFICAÇÃO APLICADO A CRIPTOMOEDAS: UMA
ANÁLISE DO CAPM NO PERÍODO DA PANDEMIA DA COVID-19**

RENATA LEIJOTO AUGUSTA DA SILVA

TRÊS RIOS
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS E SOCIAIS
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

**MODELO DE PRECIFICAÇÃO APLICADO A CRIPTOMOEDAS: UMA
ANÁLISE DO CAPM NO PERÍODO DA PANDEMIA DA COVID-19**

RENATA LEIJOTO AUGUSTA DA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Administração, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel de Administração.
Orientador: Prof^o. Davi Riani Gotardelo

TRÊS RIOS

2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586m SILVA, RENATA LEIJOTO AUGUSTA DA , 1990-
 MODELO DE PRECIFICAÇÃO APLICADO A CRIPTOMOEDAS UMA
ANÁLISE DO CAPM NO PERÍODO DA PANDEMIA DA COVID-19 /
RENATA LEIJOTO AUGUSTA DA SILVA. - TRÊS RIOS, 2023.
 59 f.

 Orientador: DAVI RIANI GOTARDELO. Trabalho de
conclusão de curso(Graduação). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, ADMINISTRAÇÃO, 2023.

 1. PANDEMIA. 2. CRIPTOMOEDAS. 3. VOLATILIDADE. 4.
INVESTIMENTO. 5. CAPM. I. GOTARDELO, DAVI RIANI, 1981
, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. ADMINISTRAÇÃO III. Título.



CADASTRO Nº 705 / 2023 - DeptCAdmS (12.28.01.00.00.00.16)

Nº do Protocolo: 23083.082407/2023-74

Três Rios-RJ, 13 de dezembro de 2023.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO,
INSTITUTO DE DE TRÊS RIOS
CURSO DE BACHARELADO EM ADMINISTRAÇÃO

**MODELO DE PRECIFICAÇÃO APLICADO A CRIPTOMOEDAS: UMA ANÁLISE
DO CAPM NO PERÍODO DA PANDEMIA DO COVID-19**

RENATA LEIJOTO AUGUSTA DA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como pré-requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Administração, Instituto
Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro.

Aprovada em 12/12/2023

Banca examinadora:

(Assinado digitalmente em 13/12/2023 16:54)

DAVI RIANI GOTARDELO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCAdmS (12.28.01.00.00.00.16)
Matrícula: 1766609

(Assinado digitalmente em 13/12/2023 20:27)

MANOEL FRANCISCO DE SOUZA PEREIRA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCEE (12.28.01.00.00.00.17)
Matrícula: 1010305

(Assinado digitalmente em 13/12/2023 16:30)

ROBERTO SALVADOR SANTOLIN
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
CoordCGCE/ITR (12.28.01.00.00.00.13)
Matrícula: 1663451

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: **705**, ano: **2023**, tipo: **CADASTRO**, data de emissão: **13/12/2023** e o
código de verificação: **389ef85f0a**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, meu agradecimento será direcionado à Deus, que me iluminou e me deu sabedoria para concluir esse trabalho. Gratidão!

Em segundo lugar eu gostaria de agradecer a Tati Vidal que quando saiu de licença para o doutorado me orientou a procurar o Davi Riani, que hoje é meu orientador e que além de me ajudar a escolher o tema da pesquisa, também prestou um ótimo trabalho de orientação acadêmica, me esclarecendo dúvidas, me ajudando nos cálculos, me orientando na obtenção dos dados e foi sempre muito solícito e disposto em finalizar juntamente comigo essa pesquisa. Obrigada, Tati e Davi!

Também gostaria de agradecer aos meus familiares, em especial à minha mãe pelas orações, meu pai pela leitura e meus irmãos Juliana e Luiz Felipe por me emprestarem o notebook para que eu pudesse escrever esse trabalho. Em nenhum momento vocês deixaram de acreditar que eu seria capaz de pesquisar, escrever e concluir essa segunda graduação. Sem o apoio de vocês, eu não conseguiria. Obrigada por me cobrarem a conclusão desse ciclo!

Agradeço à Graça que é minha mãe tririense e não poupa esforços para me ajudar desde quando ingressei na Rural, você é incrível! Gratidão, Gracinha!

Agradeço pela ajuda e compreensão dos meus amigos. Obrigada por acreditarem no meu potencial!

Agradeço também aos professores que me acompanham desde a graduação de economia e que aceitaram o convite para compor a banca, Roberto Santolin e Manoel Pereira. Gratidão!

“Você nunca sabe quais resultados virão da sua ação. Mas se não fizer nada, não existirão resultados.”

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

A pandemia da COVID-19 teve um impacto global, afetando tanto a saúde como a economia mundial, causando dificuldades financeiras para empresas devido à queda da produção, restrições no comércio e desemprego em larga escala. Os governos e bancos centrais responderam esses impactos com medidas de estímulo fiscal para aliviar os efeitos econômicos, enquanto os mercados financeiros experimentaram alta volatilidade e incerteza. Além disso, a pandemia também acelerou a digitalização do setor financeiro e impulsionou o interesse nas criptomoedas como alternativas de investimento em meio à instabilidade econômica. No entanto, a volatilidade desses ativos atraiu investidores em busca de ganhos rápidos, apesar dos riscos elevados e nesse contexto de risco e retorno, a aplicação do Modelo de Precificação de Ativos Financeiros – CAPM às criptomoedas ganhou relevância. A criptomoeda *Ethereum* emergiu como um investimento atraente, visto que superou o risco percebido e ofereceu retornos consideráveis durante o espaço-tempo analisado. Esta pesquisa destaca a importância contínua de monitorar o mercado de criptomoedas e adaptar modelos tradicionais para avaliar esses ativos em um cenário em constante evolução, especialmente após a pandemia.

Palavras chave: Pandemia; criptomoedas; volatilidade; investimento; CAPM.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic had a global impact, affecting both public health and the world economy, resulting in financial challenges for businesses due to reduced production, trade restrictions, and widespread unemployment. Governments and central banks responded to these impacts with fiscal stimulus measures to alleviate the economic effects, while financial markets experienced high volatility and uncertainty. Furthermore, the pandemic accelerated the digitization of the financial sector and sparked interest in cryptocurrencies as investment alternatives amid economic instability. However, the volatility of these assets attracted investors seeking quick gains despite the high risks. Applying the Capital Asset Pricing Model – CAPM to cryptocurrencies gained relevance in this context of risk and return. The cryptocurrency *Ethereum* emerged as an attractive investment, surpassing perceived risk and offering substantial returns during the analyzed period. This research underscores the importance of monitoring the cryptocurrency market and adapting traditional models to assess these assets in an ever-evolving landscape, especially post-pandemic.

Keywords: Pandemic; cryptocurrencies; volatility; investment; CAPM.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Risco Diversificável vs Risco de Mercado	25
Gráfico 2 – Linha de Mercado de Títulos (<i>SML</i>)	28
Gráfico 3 – Preço Histórico do <i>Bitcoin</i> por Ano	39
Gráfico 4 – Retorno Esperado vs Retorno Real	51
Gráfico 5 – Prêmio Real Pelo Risco	52

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Retorno diário	20
Equação 2 – Retorno esperado	21
Equação 3 – Beta (CAPM)	22
Equação 4 – Risco Não Diversificado (CAPM)	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitetura da Rede <i>peer-to-peer</i>	34
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Rentabilidade, Média e Desvio Padrão	48
Tabela 2 – Carteira Teórica de Mercado	49
Tabela 3 – Beta de Cada Criptomoeda	50
Tabela 4 – Retorno Total e Média da Selic Diária	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APT – Teoria de Precificação por Arbitragem

BTC – Bitcoin

CAPM – Modelo de Precificação de Ativos de Capital

CBOE – Troca de Opções do Conselho de Chicago

COVID-19 – Doença do Coronavírus 2019

DAPPS – Aplicativos Descentralizados

ETH – Ethereum

IAB TECH LAB – Laboratório de Tecnologia IAB

HML – Risco dos Retornos Relativo à Razão do Valor Patrimonial por Valor de Mercado

LTC – Litecoin

MIT – Instituto de Tecnologia de *Massachusetts*

P2P – Tipo de Rede de Computadores

RPCA – Algoritmo de Consenso do Protocolo *Ripple*

SARS-CoV-2 – Coronavírus 2 da Síndrome Respiratória Aguda Grave

SELIC – Taxa Básica de Juros da Economia Brasileira

SMB – Risco dos Retornos Relativo ao Tamanho

SML – Linha do Mercado de Títulos

TLR – Taxa Livre de Risco

VM – Valor de Mercado

VP – Valor Patrimonial

VS – Versus

XRP – Ripple

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. METODOLOGIA	19
2.1. Método de pesquisa	19
2.2. Coleta de dados	19
2.3. Proxy para a carteira teórica de mercado e cálculo do beta	21
3. REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1. Modelo de precificação de ativos de capital	23
3.1.1. Modelo CAPM (<i>Capital Asset Pricing Model</i>)	25
3.1.2. Modelos atuais	29
3.2. Criptomoedas	32
3.2.1. Principais conceitos envolvendo criptomoedas	33
3.2.1.1. <i>Blockchain</i>	33
3.2.1.2. Criptografia	35
3.2.2. Principais criptomoedas	35
3.2.2.1. <i>Bitcoin – BTC</i>	37
3.2.2.2. <i>Ethereum – ETH</i>	41
3.2.2.3. <i>Litecoin – LTC</i>	43
3.2.2.4. <i>Ripple – XRP</i>	45
4. ANÁLISE DOS DADOS	48
5. CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

A pandemia da COVID-19 – uma doença infecciosa causada pelo coronavírus SARS-CoV-2 –, causou um impacto significativo não apenas na saúde global, mas também na economia mundial. As medidas adotadas para conter a propagação do vírus, como *lockdowns*, restrições de viagens e fechamentos de empresas, resultaram em interrupções na produção, no comércio e nos fluxos econômicos em todo o mundo. Visto que,

“Com a pandemia, reapareceu de uma forma extrema o descompasso entre o mundo econômico, o mundo financeiro e as possibilidades de política macroeconômica em minorar os efeitos do colapso dos mercados, e a destruição do capital físico e humano está sendo devastadora” (SILBER, 2020, p. 111).

A crise desencadeada pela pandemia afetou negativamente diversos setores da economia e muitas empresas enfrentaram dificuldades financeiras, pois ocorreram quedas acentuadas na demanda e no faturamento; tiveram que reduzir suas operações e consequentemente diversos funcionários foram demitidos; e até encerrar as atividades temporariamente e permanentemente foi necessário.

Os governos e os bancos centrais adotaram medidas para mitigar os efeitos econômicos da pandemia, como pacotes de estímulo fiscal, programas de auxílio emergencial e subsídios para empresas afetadas. Segundo SILBER (2020, p. 107):

“O que a grande maioria dos países está fazendo é seguir essa trajetória, procurando preservar o maior número de pessoas, inclusive com programas ambiciosos de transferência de renda para que num futuro próximo elas possam retomar suas atividades. Da mesma forma, programas de manutenção de empresas saudáveis com isenções tributárias, crédito altamente subsidiados ou a fundo perdido procuram preservar a capacidade de produção desses países, em um momento de hibernação da atividade econômica para evitar os efeitos de um fator exógeno e radical”.

Além disso, os bancos centrais reduziram as taxas de juros e implementaram políticas de flexibilização quantitativa para injetar liquidez no sistema financeiro. A pandemia da COVID-19 impactou significativamente na volatilidade dos mercados financeiros e os índices das ações experimentaram quedas acentuadas e oscilações diárias, refletindo na incerteza e no medo dos investidores, pois “a volatilidade assume o contorno de uma reação coordenada que influencia as negociações no Mercado Financeiro com reflexo em todos os demais segmentos mercantis” (LIRA & SISSI, 2020, p. 141).

Outro impacto gerado pela pandemia foi a aceleração da digitalização do setor financeiro, visto que com o distanciamento social e as restrições de movimento, as transações financeiras digitais, como pagamentos online e serviços bancários móveis se tornaram essenciais e foram amplamente adotadas. Inclusive, as instituições financeiras foram forçadas

a expandir e fortalecer suas capacidades digitais para atender às demandas dos clientes e garantir a continuidade dos serviços financeiros.

Por conta disso, aumentou significativamente a adoção e o interesse em relação as criptomoedas, pois foi necessário buscar formas alternativas de investimentos e meios de pagamento diante da instabilidade econômica global. Além disso, para escapar das restrições financeiras tradicionais e da dependência de intermediários financeiros, a descentralização das criptomoedas foi atrativa, visto que elas podem ser usadas globalmente sem a necessidade de intermediação financeira tradicional.

Devido a sua volatilidade, as criptomoedas experimentaram grandes oscilações em curtos períodos de tempo no período da pandemia, fato que atraiu diversos investidores que buscavam lucros rápidos, porém de altos riscos, visto que

“considerada por muitos como uma bolha financeira, possuir uma alta volatilidade, suas operações ocorrerem sem uma lei ou órgão que auxilie além de uma maior facilidade no mundo do crime na realização de fraudes como a lavagem de dinheiro” (SANTOS JUNIOR, 2022, p.19).

Nesse contexto, a aplicação do *Capital Asset Pricing Model* – CAPM¹ às criptomoedas tornou-se relevante, pois como o modelo parte do pressuposto de que os investidores são racionais e avessos ao risco, significa que eles buscam maximizar seus retornos esperados levando em consideração o risco associado aos ativos.

Devido ao ambiente de investimento cada vez mais diversificado, a utilização do CAPM às criptomoedas, como o *Bitcoin*, *Ethereum*, *Ripple* e *Litecoin*, será adaptado no presente trabalho para avaliar o risco e o retorno de cada uma delas. O intuito será explorar o coeficiente beta, que mede a sensibilidade dessas criptomoedas às flutuações do mercado e como a utilização dessas informações para os investidores é importante para tomar decisões sobre a alocação de seus ativos.

A escolha do tema dessa pesquisa justifica-se na necessidade de compreender o comportamento das criptomoedas durante um período de crise global, como a pandemia da COVID-19, utilizando o Modelo de Precificação de Ativos Financeiros – CAPM para auxiliar a análise desses ativos digitais em meio a condições econômicas diversas.

Durante a pandemia, as criptomoedas enfrentaram grandes oscilações de preço e volatilidade significativa nos mercados financeiros. Essa instabilidade pode ser atribuída a diversos fatores, como a incerteza econômica, a demanda dos investidores por ativos

¹ Tradução feita pela autora: Modelo de Precificação de Ativos Financeiros.

alternativos e a rápida mudança nas expectativas de mercado. Nesse contexto, a pesquisa visa explorar como um modelo de precificação de ativos pode ajudar a entender e analisar o comportamento das moedas digitais em meio à crise.

Ao aplicar o modelo CAPM, a pesquisa poderá identificar qual dentre as criptomoedas estudadas apresentou a melhor relação risco x retorno. E ao se tratar do âmbito empresarial e financeiro, espera-se que a pesquisa forneça esclarecimento sobre a precificação de ativos financeiros.

Já no âmbito acadêmico, a pesquisa poderá trazer contribuições para o entendimento e análise das criptomoedas no contexto da pandemia da COVID-19, além de poder contribuir para o avanço da teoria financeira ao auxiliar os pesquisadores acadêmicos nos estudos de tomada de decisão.

Deste modo, o trabalho consistirá em abordar o seguinte problema: será que o CAPM funciona bem empiricamente aplicado ao mercado de criptomoedas? O modelo ajustará o retorno aplicado ao risco de forma racional?

Por meio da definição do objetivo geral, os seguintes objetivos específicos podem ser determinados, como:

- a) Descrever o modelo CAPM de maneira a facilitar a compreensão do método de análise;
- b) Descrever algumas criptomoedas que detém maior importância no mercado financeiro, que são: *Bitcoin*, *Ethereum*, *Ripple* e *Litecoin*;
- c) Realizar a coleta de dados das principais criptomoedas durante o período pandêmico (2020 a 2022);
- d) Estabelecer uma *proxy* do mercado de criptomoedas para cálculo e atribuição dos betas a cada criptomoeda;
- e) Analisar e comparar os dados com as variações ocorridas no valor de cada criptomoeda.

O presente trabalho está estruturado em 5 (cinco) seções, a saber: a introdução, na qual os objetivos e a relevância da pesquisa em questão são descritas; e a metodologia, destinada a explicitar os procedimentos metodológicos adotados para fundamentar teoricamente os temas abordados.

Conta-se também o referencial teórico, no qual se conduz uma análise bibliográfica dos modelos de precificação de ativos de capital, bem como das 4 (quatro) criptomoedas objetos de análise; a apresentação e análise dos dados, compreendendo a descrição detalhada de todas as informações, cálculos e resultados obtidos; e por fim, a conclusão, na qual discorreremos sobre a resposta alcançada em relação à pergunta central da pesquisa.

2. METODOLOGIA

2.1. MÉTODO DE PESQUISA

Para a confecção do presente trabalho, utilizaremos a pesquisa exploratória, visto que além de realizarmos levantamentos bibliográficos sobre as criptomoedas, também iremos explorar o fenômeno da pandemia e utilizaremos o Modelo de Precificação de Ativos Financeiros para explicar os dados obtidos. Também utilizaremos a pesquisa descritiva, pois será utilizado artigos, livros e trabalhos acadêmicos para detalhar de forma científica os assuntos a serem abordados.

Segundo RODRIGUES (2007, p. 2), a metodologia científica “é um conjunto de abordagens, técnicas e processos utilizados pela ciência para formular e resolver problemas de aquisição objetiva do conhecimento, de uma maneira sistêmica”. Ademais, MORESI (2003, p. 29) salienta que na metodologia é o momento de definir

“o tipo de pesquisa, a população (universo da pesquisa), a amostragem, os instrumentos de coleta de dados e a forma como pretende tabular e analisar seus dados. População (ou universo da pesquisa) é a totalidade de indivíduos que possuem as mesmas características definidas para um determinado estudo. Amostra é parte da população ou do universo, selecionada de acordo com uma regra ou plano”.

2.2. COLETA DE DADOS

Todos os dados coletados no trabalho serão analisados a partir da abordagem de pesquisa quali-quantitativa, que levará em conta como os investidores escolheram os tipos de ativos no meio de uma crise sanitária global. Também será utilizado um modelo financeiro como método estatístico para descrever as informações obtidas.

Segundo MORESI (2003, p. 8), a pesquisa qualitativa

“considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem”.

E a pesquisa quantitativa

“considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc.)”.

O levantamento dos dados é um processo fundamental para chegarmos na conclusão desse trabalho, visto que através da coleta dos preços diários² das criptomoedas e do índice diário³ da taxa Selic, conseguiremos ter uma base sólida para realizarmos os cálculos e responder o problema da pesquisa.

O espaço tempo delimitado da coleta de dados foi diário de 01/01/2020 a 31/12/2022, que foi o período que compreendeu a pandemia da COVID-19. Sendo assim, o tamanho da amostra é de 1.095 dias.

Através da análise de preços diários no mercado de criptomoedas compreenderemos a volatilidade e o comportamento desses ativos digitais. Sendo assim, após a coleta dos dados é necessário realizar uma série de etapas, como o cálculo do retorno diário que no contexto financeiro é uma medida que indica a variação percentual do valor de um ativo ao longo do tempo.

Para calcular o retorno diário usamos o cálculo do log da variação, que é mais indicado em séries temporais de preços de ativos:

Equação 1 – Retorno Diário

$$\text{Retorno diário} = \log \left(\frac{\text{Preço } D0}{\text{Preço } D - 1} \right)$$

Onde:

Preço D0 = preço do ativo no final do dia atual;

Preço D – 1 = preço do ativo no final do dia anterior.

Quanto ao retorno esperado, utilizaremos a equação do Modelo de Precificação de Ativos de Capital – CAPM aplicado a cada criptomoeda, conforme fórmula a seguir:

² Disponível em: <investing.com>. Acesso em: 24/07/2023.

³ Disponível em: <ipeadata.gov.br>. Acesso em: 07/09/2023.

Equação 2 – Retorno Esperado

$$\text{Retorno esperado}_{\text{cripto } x} = TLR + \beta_{\text{cripto } x} (TRM - TLR)$$

Onde:

TLR = Taxa Livre de Risco, medida pela SELIC;

$\beta_{\text{cripto } x}$ = Coeficiente Beta de cada criptomoeda X;

TRM = Taxa de Retorno da carteira teórica de mercado de criptomoedas.

Sobre a taxa livre de risco – TLR utilizaremos a taxa básica de juros brasileira – SELIC descapitalizada por dia, visto que ela “é fundamental para as operações de investimentos pois é com base nela que o retorno dos valores investidos em títulos do governo por exemplo, é mensurada”, ou seja, ela é “como instrumento regulador do governo, as variações da Selic influenciam em praticamente todos os setores econômicos do país, servindo como termômetro para o Sistema Financeiro Nacional” (CARDOSO, 2020, n.p.).

2.3. PROXY PARA A CARTEIRA TEÓRICA DE MERCADO E CÁLCULO DO BETA

“O uso de *proxies* da carteira de mercado é uma prática usual no campo de finanças. Alguns estudos científicos abordando os fundamentos da teoria de mercado de capitais dependem da consideração da carteira de mercado, que é tratada como carteira de referência (*benchmark*) para todo o mercado de capitais, especialmente quando se utilizam teorias emanadas da chamada “teoria de carteiras”, cujo precursor foi Harry Markowitz (1952, 1959), o qual criou as bases de quase tudo o que se estuda em relação a decisões de investimento em condições de incerteza” (NAKAMURA, 2000, n.p.).

Como *proxy* para a carteira teórica de mercado da presente pesquisa, serão computadas as 04 criptomoedas com o maior volume de negociação e capitalização, a saber: *Bitcoin*, *Ethereum*, *Ripple* e *Litecoin*. A carteira teórica de mercado são “representações aproximadas da real carteira de mercado” (NAKAMURA, 2020, n.p.) e no caso da carteira teórica de criptomoedas ponderamos a mesma pela capitalização de mercado de cada moeda digital.

O cálculo do beta foi feito de acordo com a fórmula a seguir do modelo CAPM (SHARPE, 1964):

Equação 3 – Beta (CAPM)

$$\mathbf{Beta} = \frac{\mathbf{Cov} \left(\mathbf{Rm}, \mathbf{Rx} \right)}{\mathbf{Var} \left(\mathbf{Rm} \right)}$$

Onde:

Cov= Covariância;

Rm= Retorno da Carteira Teórica de Mercado de Criptomoedas;

Rx= Retorno de Cada Criptomoeda X;

Var= Variância.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS DE CAPITAL

Desde o surgimento do mercado financeiro na economia capitalista, diversos autores da Teoria de Finanças já demonstravam uma preocupação em desenvolver alguns modelos para a avaliação de ativos negociados nas Bolsas de Valores do mundo todo. O objetivo era encontrar uma teoria ou estratégia que permitisse estimar um valor de retorno teórico dos ativos do mercado financeiro.

O estudo dos modelos de precificação de ativos de capital é essencial para investidores e profissionais financeiros, pois eles oferecem ferramentas para avaliar o valor dos ativos financeiros, tomar decisões de investimentos e gerenciar riscos financeiros. Além disso, os modelos proporcionam uma compreensão mais profunda dos mercados financeiros, permitem o desenvolvimento de estratégias de investimento mais eficientes, possibilita a maximização de retornos e a mitigação de possíveis riscos.

Em 1938, o economista americano John Burr Williams, lançou a Teoria de Avaliações de Ações, onde verificou que os valores dos títulos se davam em função dos seus dividendos futuros e do desconto de uma taxa de retorno que compensasse o investimento nos ativos financeiros.

No ano de 1952 houve um marco histórico na evolução da teoria financeira, onde o economista estadunidense Harry Markowitz propôs estratégias para diversificação do risco a fim de proteger os investidores contra as incertezas do mercado de ativos financeiros. A Teoria de Markowitz nos diz que “é possível anular o nível de risco através da formação de carteiras diversificadas de ações” (LEITE, 1981, p. 414). Porém, concluiu-se mais tarde que tal feito era praticamente impossível, visto que na prática é difícil construir uma carteira onde dois ativos tenham a perfeita correlação negativa.

Já em 1958, o economista americano Myron Jules Gordon, desenvolveu o modelo mais popular entre os analistas de ações, partindo do princípio que ao descontar uma taxa de retorno proporcional ao nível de risco de uma ação do valor presente dos seus dividendos, o investidor conseguiria obter o valor teórico de retorno daquela ação.

A partir do Modelo de Gordon, tornou-se fundamental verificar o dimensionamento da variável risco, pois “a análise de cada fonte geradora de risco é uma tarefa extremamente

complexa” (LEITE, 1981, p. 408), visto que existem diversos fatores que podem impactar e influenciar a taxa de retorno dos ativos.

Em meados de 1963, o economista estadunidense William Forsyth Sharpe verificou que se incluísse na Teoria de Markowitz ativos livres de risco, os portfólios diversificados apresentariam apenas risco sistêmico⁴ e seriam considerados eficientes, visto que o investidor obteria um grau mais elevado de satisfação. Porém, observou-se que “a taxa livre de risco, em termos práticos, somente é encontrada em títulos do Governo Federal” (LEITE, 1981, p. 423), impossibilitando a utilização dessa estratégia para os diversos ativos presentes no mercado financeiro.

Devido à necessidade de encontrar uma estratégia que abrangesse todos os ativos do mercado financeiro, William F. Sharpe desenvolveu um novo modelo em 1964, conhecido como *Capital Asset Price Model* – CAPM. Essa teoria busca analisar a relação de risco e retorno de qualquer ativo presente em carteiras de investimentos diversificados a fim de identificar uma taxa de retorno teórica que facilitará a tomada de decisão no ambiente financeiro.

3.1.1. MODELO CAPM (*Capital Asset Pricing Model*)

Ao se tornar necessário avaliar o risco de um determinado ativo financeiro, foram feitos diversos estudos acadêmicos para encontrar um modelo ou uma estratégia capaz de relacionar e mensurar os componentes básicos de uma avaliação de ativos.

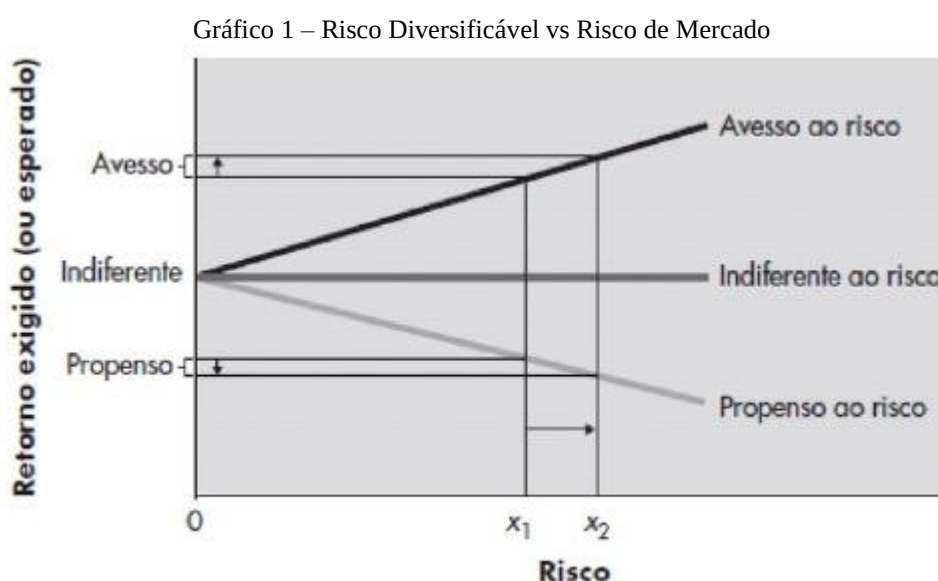
Esses componentes são: o risco que é “a probabilidade de perda financeira ou, mais formalmente, a variabilidade o retornos associados a um dado ativo” (GITMAN, 2009, p. 203); e o retorno que “é o ganho ou prejuízo total que se tem com um investimento ao longo de um determinado período de tempo” (GITMAN, 2009, p. 204).

Foi em 1964, que o economista William F. Sharpe desenvolveu a teoria mais bem-sucedida capaz de mensurar o risco e o retorno de ativos financeiros diversos e ajudar a tomada de decisão financeira, que é o Modelo de Precificação de Ativos Financeiros – CAPM. Esse modelo é capaz de relacionar os riscos sistemáticos previstos aos retornos esperados de um investimento em várias operações no mercado de capitais, tornando-se fundamental no “processo de avaliação de tomada de decisões em condições de risco”

⁴ Tem origem nas flutuações a que está sujeito o sistema econômico como um todo e suas fontes de risco são essencialmente: risco em relação à taxa de juros; risco relativo ao poder de compra; e risco de mercado.

(NETO, 2009, p. 241). Além de relacionar e mensurar o risco e o retorno, o modelo CAPM também consegue apurar “a taxa de retorno requerida pelos investidores” (NETO, 2009, p. 241).

A variável risco afeta diretamente a tomada de decisão financeira seja na hora de investir em um ativo individual ou em um grupo de ativos, pois o risco é a chance de perda financeira, pois ele “é usado de forma intercambiável com incerteza em referência à variabilidade dos retornos associados a um determinado ativo” (GITMAN, 2009, p. 203). Dentro do CAPM, William F. Sharpe dividiu o risco em: risco diversificável ou não sistemático; e risco não diversificado ou sistemático.



Fonte: GITMAN, Lawrence J. (2010)⁵

O risco diversificável é “a parcela do risco de um ativo que está associada a causas aleatórias que podem ser eliminadas por meio da diversificação” (GITMAN, 2009, p. 222). Ou seja, esse tipo de risco “é identificável nas características do próprio ativo, não se alastrando aos demais ativos da carteira” (NETO, 2009, p. 221). Como esse risco é próprio de cada investimento, a sua redução ou sua total eliminação se dá no momento que o investidor inclui na sua carteira de investimentos mais ativos que não possuem correlação positiva entre si ou busca reduzir as fontes causadoras desse risco.

Dentre as fontes causadoras de risco diversificável, temos segundo Leite (1982, p. 407): o risco financeiro; o risco de administração; e o risco do setor. O risco financeiro é quando o investidor leva em consideração que existe uma chance da empresa detentora dos ativos da carteira de investimentos se tornar insolvente.

⁵ Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/14073490/>>. Acesso em: 20/12/ 2023.

O risco de administração é quando existe a possibilidade do administrador da empresa detentora dos ativos serem incompetentes ou desonestos, visto que podem ocorrer muitas variações nas taxas de retorno dos ativos devido às qualidades das suas decisões. E o risco do setor, que é quando ocorrem greves ou crises de abastecimento de matérias-primas em um determinado setor que afetam um determinado grupo de empresas que atuam no mesmo ramo.

Já o risco não diversificado é “a porção relevante do risco de um ativo” e “é atribuído a fatores de mercado que afetam todas as empresas” (GITMAN, 2009, p. 222). Diferente do risco diversificado, o risco sistemático não pode ser eliminado se o investidor decidir colocar mais itens diversificados na sua carteira de investimento.

Os fatores causadores do risco não diversificado “tem origem nas flutuações a que está sujeito o sistema econômico como um todo” (LEITE, 1982, p. 405), como: inflação; eventos e decisões políticas; e guerras.

Após compreendermos os tipos de risco que William F. Sharpe considerou em sua teoria, podemos verificar que todo e qualquer investidor deve se preocupar apenas com o risco não diversificável.

Além do Modelo de Precificação de Ativos Financeiros - CAPM obter um consenso quase unânime dentro do mercado de capitais para mensurar o risco e o retorno de um determinado ativo e assim ajudar na tomada de decisões, ele também é capaz de averiguar “a taxa de retorno requerida pelos investidores” (NETO, 2009, p. 241).

Através do coeficiente beta (β), William F. Sharpe pode mensurar o risco não diversificável de um determinado ativo. Segundo GITMAN (2009, p. 222), o coeficiente beta “é um indicador do grau de variabilidade do retorno de um ativo em resposta a uma variação do retorno de mercado”, sendo esse retorno do mercado “o retorno da carteira de mercado composta por todos os títulos negociados” (GITMAN, 2009, p. 222).

Para calcular o coeficiente beta de um ativo por meio do CAPM, é necessário fazer o levantamento de todos os retornos históricos desse ativo, pois assim é possível realizar a derivação do beta a partir dos dados de retorno obtidos. Considerando que o coeficiente beta do mercado é igual a 1,0; todos os demais betas serão analisados tendo como base esse valor, sendo possível obtermos betas “positivos ou negativos, mas o normal é serem positivos” e “a maioria dos coeficientes betas fica entre 0,5 e 2,0” (GITMAN, 2009, p. 223).

Segundo NETO (2009, p. 247), “quando o beta de um ativo for exatamente igual a 1,0, diz-se que a ação se movimenta na mesma direção da carteira de mercado em termos de

retorno esperado”, porém quando uma ação possui um “beta maior que 1,0 retrata um risco sistemático mais alto que o da carteira de mercado, sendo por isso interpretado como um investimento “agressivo””. “Quando o beta é inferior a 1,0, tem-se um ativo caracteristicamente “defensivo”, demonstrando um risco sistemático menor que o da carteira de mercado” (NETO, 2009, p. 248).

Além do coeficiente beta, o modelo de William F. Sharpe utiliza a taxa de retorno livre de risco do mercado “que é o retorno exigido sobre um ativo livre de risco” (GITMAN, 2009, p. 225). Como o risco de um ativo possui relação crescente com a variável tempo, quanto maior for o tempo da aplicação pagar o retorno dos ativos aos investidores, maior será o risco desses ativos. Portanto, quando o investimento possuir um período curto de tempo para a obtenção do retorno e não existir chance de perda, esse ativo será livre de risco.

Segundo GROPELLI & NIKBAKHT (1998, p. 73), “a taxa livre de risco é a taxa de juro paga aos ativos que asseguram o retorno prometido” e “essa taxa livre de risco fornece o ponto de referência para mensurar quão arriscados são os outros ativos”. Além disso, existe também no modelo CAPM o prêmio pelo risco, que “é a parte da taxa requerida de retorno de um ativo, cobrada a partir da taxa livre de risco, para cima”.

O prêmio pelo risco está relacionado com o risco não diversificável e está vulnerável as flutuações do sistema econômico. Sendo assim, o prêmio pelo risco será maior do que o do mercado quando os ativos tiverem o coeficiente beta maior que 1; e consequentemente os ativos que tiverem o coeficiente beta menores que 1, terão o prêmio pelo risco menor que o do mercado.

A partir dessas definições é possível compreender melhor a equação do Modelo de Precificação de Ativos Financeiros – CAPM usada para medir o risco não diversificável:

Equação 4 – Risco Não Diversificado (CAPM)

$$r_j = R_F + [b_j \times (r_m - R_F)]$$

Onde segundo GITMAN (2009, p. 225):

r_j = retorno esperado do ativo j;

R_F = taxa de retorno livre de risco, geralmente medida pelo retorno de uma Letra do Tesouro norte-americano;

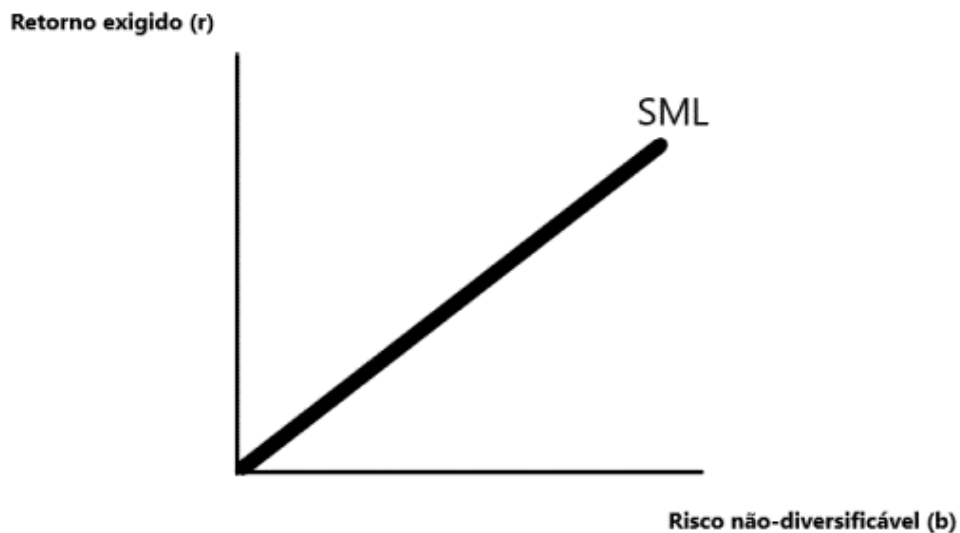
b_j = coeficiente beta ou índice de risco não diversificável do ativo j;

r_m = retorno esperado de mercado;

$(r_m - R_F)$ = prêmio pelo risco de mercado, que representa o prêmio que o investidor precisa receber por aceitar o risco médio associado à carteira de mercado.

Após aplicação da equação e obtenção do resultado, conseguimos apresentar a relação entre risco e retorno graficamente. No gráfico 2 do modelo CAPM, o eixo x representa o risco não diversificável medido pelo beta (β), o eixo y representa os retornos exigidos (r) e a linha do mercado de títulos – *SML*, indica o retorno exigido no mercado para cada nível de risco não diversificável (β).

Gráfico 2 – Linha de Mercado de Títulos (SML)



Fonte: Adaptado de GITMAN (2009, p. 225)

A linha do mercado de títulos possibilita ao investidor avaliar quais são os retornos relativos dos títulos que deseja investir, visto que ela indica a taxa de retorno que o investidor irá obter de cada beta investido. Sendo assim,

“Quando o retorno efetivo oferecido por um título é menor que sua taxa, significa que os investidores estão obtendo menos do que eles supunham; por esse motivo, o título está super avaliado. Quando os retornos efetivos são maiores do que a taxa requerida de retorno, os investidores estão obtendo bônus acima do que eles esperavam, o que quer dizer que o título está subavaliado” (GROPPELLI & NIKBAKHT, 1998, p. 91).

Existem diversos fatores que podem afetar a linha do mercado de títulos – *SML*, porém as principais são: a aversão ao risco e as expectativas de inflação. Devido a isso, podemos afirmar que a linha *SML* não irá se manter estável ao longo do tempo e seus deslocamentos (posição e inclinação) resultará em mudanças no retorno exigido dos ativos investidos.

Quando ocorrem eventos mundiais importantes na economia, na sociedade ou na política, o mercado financeiro possui tendência a absorvê-los e consequentemente os investidores aumentam sua aversão ao risco. Devido a esse fato, toda mudança que causa aumento ou diminuição à aversão ao risco do investidor fará com que ajam variações da inclinação da linha *SML*.

A inclinação da linha *SML* demonstra as preferências dos investidores pelo risco e como a maioria dos investidores são avessos ao risco, podemos considerar que a inclinação da linha *SML* irá representar o grau de aversão ao risco não diversificável. E conforme GITMAN (2009, p. 228), “quanto maior a inclinação, maior o grau de aversão ao risco, pois será necessário maior nível de retorno para cada nível de risco medido pelo beta” e “uma redução na aversão ao risco faz com que o retorno exigido de cada nível de risco diminua” (GITMAN, 2009, p. 229).

Por outro lado, quando ocorrem mudanças nas expectativas de inflação, a linha *SML* sofre deslocamentos paralelos, visto que essas mudanças afetam a taxa livre de retorno de risco (R_F). Sendo assim, quando ocorre um aumento na expectativa de inflação, resulta em um deslocamento paralelo e para cima da linha *SML*, visto que esse aumento irá refletir no aumento do retorno exigido, a taxa livre de risco e no retorno de mercado. E caso a expectativa de inflação diminua, a linha *SML* irá se deslocar paralelamente para baixo, visto que o retorno exigido irá diminuir, assim como a taxa livre de risco e o retorno de mercado.

Porém, mesmo com todas as limitações do modelo CAPM, William F. Sharpe recebeu em 1990 o prêmio Nobel de Economia devido à importância do seu modelo. E mesmo após seis décadas do seu surgimento, sua teoria continua sendo utilizada para demonstrar aos investidores do mercado financeiro como a avaliação do risco relativo e do retorno exigido dos ativos é importante na tomada de decisão de obter uma carteira de ativos e assim atingir seus objetivos financeiros.

3.1.2. MODELOS ATUAIS

Devido às recorrentes críticas que o modelo CAPM sofreu devido à teoria considerar apenas a variável beta (β) como sendo o único fator de risco, estudiosos continuaram pesquisando e levantando hipóteses que pudessem melhorar a teoria de William F. Sharpe ou

desenvolver um novo modelo que considerassem mais fatores para ajudar às decisões de investimentos e trazer maior segurança aos investidores.

Em 1965, o economista estadunidense Eugene Fama, associou o modelo CAPM à sua teoria do mercado eficiente. Fama esperava que nesse tipo de mercado não houvesse “restrições a investimentos, nem impostos ou custos de transações; os investidores são racionais, no sentido que encaram os títulos de maneira semelhante, têm aversão ao risco e preferem retornos mais altos e riscos mais baixos” (GITMAN, 2009, p. 230). Porém, logo ficou evidente que essa teoria era problemática, visto que faltava realismo nesse modelo e após estudos verificou-se que os preços dos ativos possuíam uma trajetória aleatória.

Entretanto, Fama não desistiu de desenvolver uma nova teoria capaz de possibilitar que o mercado financeiro tivesse mais clareza no momento do investimento em ativos. E foi em 1969, que Fama juntamente com outros pesquisadores conseguiu demonstrar o que acontecia com o preço dos ativos financeiros quando ocorriam eventos relacionados à firma⁶. Segundo o economista, assim que os eventos eram divulgados, os preços dos ativos sofriam imediatamente variações positivas ou negativas.

Segundo a nova teoria de Eugene Fama, os preços dos ativos não possuíam uma trajetória aleatória e o conceito de eficiência teria que ser sobre a diferença encontrada entre o retorno esperado encontrado no modelo CAPM e o retorno esperado observado. Sendo assim, após obter essa diferença, era possível encontrar o retorno médio controlado para o risco do ativo – alfa (α). Segundo PESSOA (2014, n.p), “de acordo com a teoria de Fama, se os mercados fossem eficientes, os investidores não conseguiriam em média, encontrar alfa, diferente de zero, ou seja, não conseguiriam retorno sem risco”.

Mesmo Fama utilizando o modelo CAPM em sua teoria e obtendo bons resultados que são utilizados até hoje por economistas e estudiosos do mercado financeiro, sua teoria passou a apresentar algumas irregularidades na década de 1980, visto que em 1976, o economista estadunidense, Stephen A. Ross desenvolveu o modelo *APT – Arbitrage Pricing Theory*⁷.

A teoria de Ross “se baseia no pressuposto de que não há como haver preços diferentes para dois ativos com o mesmo fluxo de caixa. Caso houvesse, a diferença seria rapidamente eliminada pelo processo de arbitragem” (FRACASSO, 2009, p. 26).

Sobre o processo de arbitragem,

⁶ Anúncio de fusões, divulgação dos lucros, fraudes financeiras, decisões judiciais, etc.

⁷ Tradução feita pela autora: Teoria de Precificação por Arbitragem.

“aplica-se a portfólios bem diversificados, cujo único risco desapareceu pela diversificação. Porém, se o preço de arbitragem guarda relação com todos os portfólios diversificados, deve guardar geralmente com as ações individualmente. Cada ação deve oferecer um retorno esperado comensurado com sua contribuição para o risco do portfólio” (BREALEY E MYERS, 2002, n.p. *apud* FRACASSO, 2009, p. 28).

No modelo *APT*, Ross acrescentou múltiplos fatores ao modelo *CAPM*, pois acreditava-se que existiam na economia diversas fontes de risco capaz de impactar o retorno esperado dos ativos, portanto era possível verificar a sensibilidade do retorno das ações quando as mesmas sofriam um risco não diversificável. Porém, não ficou claro em seu modelo qual era o conjunto de fatores apropriados capazes de impactar a sensibilidade do retorno dos ativos.

Sendo assim, apesar da teoria *APT* permitir que os retornos esperados sejam medidos mais precisamente, seria complexo definir quais mudanças nos fatores macroeconômicos impactariam a sensibilidade do retorno dos ativos. E por esse motivo, a teoria desenvolvida por Ross foi exposta em discussão, pois identificaram que esse fato dificultaria “a compreensão do significado dos coeficientes beta para uma empresa, e de como eles mudarão à medida que a empresa muda” (FRACASSO, 2009, p. 30).

Foi então que em 1992, Eugene Fama juntamente com Kenneth French— também economista estadunidense —, desenvolveram um estudo a fim de incorporar ao modelo *CAPM* fatores ou anomalias que explicariam assertivamente as variações dos retornos dos ativos.

A teoria de Fama-French ficou conhecida como Modelo de Três Fatores, visto que além de utilizar o fator risco de mercado advindo do modelo *CAPM*, eles acrescentaram mais dois fatores: “o tamanho da empresa definido pelo valor de mercado da empresa e o índice *book-to-market*⁸ acentuado pela relação entre o valor contábil e o valor de mercado do patrimônio líquido” (DINIZ, 2011, p. 15).

Segundo o modelo de Fama-French, o prêmio de mercado é calculado levando em consideração a média do excesso de retorno encontrado na relação entre a carteira de ativos e o índice de mercado. Sendo assim, em relação à anomalia tamanho, é possível encontrar o prêmio médio mensal subtraindo o excesso de retorno das carteiras de menor tamanho de ativos, das carteiras de maior tamanho; e para encontrar o índice *book-to-market* (VP/VM) deve-se verificar a diferença do excesso de retorno das carteiras que possuem alto índice, das carteiras que possuem baixo índice.

⁸É um indicador que compara o valor contábil de uma determinada empresa com o seu valor no mercado financeiro.

Fama-French apresentaram uma nova denominação a esses fatores que foram acrescentados ao modelo CAPM: *Small Minus Big* – *SMB* e *High Minus Low* – *HML*. Segundo GALLINA (2013, p. 18):

“Os fatores se baseiam nos testes empíricos de Fama e French (1992), que demonstram a existência de um prêmio das empresas com menor valor de mercado (*Small*) sobre as empresas com alto índice VP/VM (*High*) sobre as empresas com baixo índice VP/VM (*Low*).”

E após a realização de testes para comprovar a eficiência do Modelo de Três Fatores, verificou-se que essa teoria possuía uma assertividade maior para explicar os retornos dos ativos em comparação ao modelo CAPM desenvolvido por Sharpe, visto que após incorporar os coeficientes dos fatores *SMB* e *HML* o modelo se tornou estatisticamente mais significativo para demonstrar e descrever os retornos esperados dos portfólios de ativos.

3.2. CRIPTOMOEDAS

As criptomoedas são moedas digitais que utilizam da criptografia para garantir a segurança das transações financeiras e foi no final do século XX que pesquisadores e admiradores da tecnologia começaram a explorar a ideia de criar formas de dinheiro digital descentralizado a fim de obter maior liberdade financeira, aumentar a eficiência das transações e reduzir o custo referente as taxas financeiras.

O estudo das criptomoedas é fundamental devido aos avanços da tecnologia, visto que a criptografia pode ser explorada e aplicada em diversas áreas. Além disso, esse estudo possibilita o melhor entendimento do mercado financeiro das moedas digitais, possibilitando um maior acesso às informações que podem ajudar a tomar decisões de investimento e compreender os riscos associados a esse ambiente, como também explorar a descentralização e as inovações trazidas dessas moedas no contexto da evolução do sistema financeiro global.

A primeira moeda digital foi criada em 1989 pelo cientista de computação americano David Chaum. A *Digicash* permitia realizar transações financeiras anônimas e não rastreáveis, porém “essa primeira geração de moedas criptográficas não conseguiu chegar a uma larga audiência, apesar dos vários esforços de comercialização” (BRANDÃO, 2020, p. 03) e teve a sua falência decretada em 1998, visto que havia a necessidade de adoção generalizada dos estabelecimentos comerciais e dos usuários para que o sistema fosse bem sucedido; assim como apoio e integração dos bancos e outras instituições financeiras; fatos que não ocorreram.

Embora a *Digicash* não tenha alcançado seu sucesso comercial duradouro, ela permitiu que inovações subsequentes no campo das criptomoedas avançassem e uma nova forma de transferir valor digitalmente foi introduzido no mercado financeiro através da tecnologia de *blockchain*. Essa tecnologia é a base principal das criptomoedas que registra e valida em ordem cronológica todas as transações de maneira transparente, confiável, eficiente e segura.

A partir da tecnologia *blockchain*, houve uma proliferação de criptomoedas, fato que ajudou na popularização das transações financeiras digitais descentralizadas e seguras, visto que “inaugurou um período de valor na internet, que a reformulará por meio de maior transparência e confiabilidade dos modelos de negócios existentes” (MATTOS et al. 2022, n.p. *apud* TAPSCOTT, 2016).

No ano de 2008 surgiu a criptomoeda *Bitcoin*, uma nova forma de dinheiro digital que foi introduzida no mundo das finanças e seu “objetivo é realizar trocas comerciais por meio de uma moeda que evite a interferência de terceiros como sistemas de pagamentos eletrônicos, bancos comerciais e até mesmo o Estado, que controla e regula os meios de trocas financeiras” (SILVA, 2019, p. 15 *apud* NAKAMOTO, 2008, p. 01). E a partir desse momento, inúmeras criptomoedas foram criadas, cada uma com a sua determinada característica e funcionalidade.

3.2.1. PRINCIPAIS CONCEITOS ENVOLVENDO CRIPTOMOEDAS

Pelo fato das criptomoedas serem descentralizadas, existem alguns mecanismos que são usados para garantir a segurança das transações financeiras, controlarem a criação de novas moedas digitais e verificar a transferência de ativos. Conforme veremos a seguir, os criptoconceitos são fundamentais para entender a natureza e o funcionamento das criptomoedas, além de esclarecer pontos sobre sua segurança e regulamentação.

3.2.1.1. BLOCKCHAIN

O surgimento da tecnologia *blockchain* se deu em 2008 juntamente com a criptomoeda *Bitcoin*, onde primeiramente essa tecnologia foi criada e utilizada para registrar transações financeiras digitais, porém atualmente essa tecnologia expandiu-se para diversas áreas, como: telecomunicações, publicidade, setor elétrico e setor logístico.

A tecnologia *blockchain* funciona como um livro-razão público e inalterável, onde todas as transações de criptomoedas são registradas em blocos e adicionadas na cadeia de blocos – *blockchain* – de forma sequencial. Segundo Alves et al. (2008, n.p.), “*blockchain* é uma tecnologia que faz uso de uma arquitetura distribuída e descentralizada para registrar transações de maneira que um registro não possa ser alterado retroativamente, tornando este registro imutável.”.

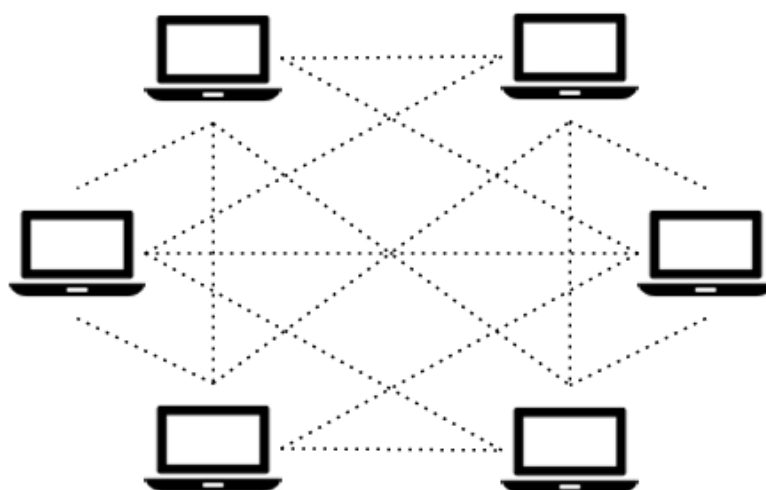
O funcionamento da *blockchain* é baseado em estrutura de blocos encadeados, onde cada bloco contém um grupo de transações de dados que são conectados em uma sequência cronológica, formando uma cadeia contínua. Cada bloco é protegido por um *hash* criptográfico⁹ que garante a integridade dos blocos e torna complexa a alteração de qualquer informação sem modificar todos os blocos subsequentes.

Conforme Filho et al. (2017, p. 06), a tecnologia *blockchain* é

“um sistema distribuído de base de dados em log, mantido e gerido de forma compartilhada e descentralizada (através de uma rede *peer-to-peer*, *P2P*), na qual todos os participantes são responsáveis por armazenar e manter a base de dados.”

e na rede *peer-to-peer* existem nós que atuam “como clientes e servidores para os outros nós da rede” e esses “nós compartilham responsabilidades de servir a outros nós” (ALVES et al. *apud* TANENBAUM, 2008, n.p.).

Figura 1 – Arquitetura da rede *peer-to-peer*



Fonte: Alves et al. (2008)¹⁰

⁹É uma sequência única de caracteres calculada a partir do conteúdo do bloco anterior e do *hash* do bloco posterior.

¹⁰ Disponível em: <<https://www-di.inf.puc-rio.br/~kalinowski/publications/AlvesLNRLK20.pdf>>. Acesso em: 09 de agosto de 2023;

Por mais que a rede *peer-to-peer* permita um compartilhamento de recursos, redundâncias, eficiências e colaboração direta, ela pode apresentar desafio de segurança e autenticação. Logo, a tecnologia *blockchain* “foi construída tendo em mente quatro principais características arquiteturas: segurança das operações, descentralização de armazenamento/computação, integridade de dados e imutabilidade de transações” (FILHO et al., 2017, p. 06).

As vantagens da tecnologia *blockchain* de acordo com Filho et al. (2017) são a economia do tempo, pois em sistemas de pagamentos globais as transações podem ser processadas em minutos em vez de dias como ocorre em sistemas tradicionais; minimização de custos, pois o acesso a um registro confiável e distribuído reduz custos operacionais ao evitar o uso de intermediários; otimização da segurança, pois os dados são imutáveis e transparentes prevenindo fraudes e ataques cibernéticos; e aumento da confiança, visto que à medida que os processos são compartilhados e registrados facilita auditorias e verificações.

3.2.1.2. CRIPTOGRAFIA

Com o advento da era digital, a criptografia tornou-se essencial para proteger a privacidade e a segurança das comunicações online, transações financeiras e dados pessoais, desempenhando um papel importante nas áreas de segurança cibernética, comércio eletrônico e, claro, nas criptomoedas. Através dela, a confiabilidade, a integridade e a autenticidade das operações online são asseguradas nas redes descentralizadas, estabelecendo uma base sólida para a confiabilidade dessas novas tecnologias.

De acordo com Gomes et al. (*apud* POLASIK et al. 2022, p. 05),

“um dos pilares das criptomoedas é a criptografia: uma camada de segurança online que dificulta bastante qualquer tipo de fraude. A criptografia é justamente a camada de segurança, garantida pelo *blockchain*, que possibilita a emissão e a transação de moedas virtuais de forma mais segura, quando feito de forma correta. É dessa tecnologia, inclusive, que vem o nome criptomoeda, ou seja, moeda criptografada”.

A criptografia utiliza dois métodos para realizar a encriptação de dados, que são denominados como: simétrico e assimétrico. Segundo Mattos et al. (2022), no método simétrico, as partes envolvidas na transmissão segura de mensagens ou dados utilizam uma única chave de codificação, fato que gera proteção eficaz contra interferências externas. Já no método assimétrico, as partes envolvidas empregam um par de chaves para a encriptação,

sendo uma chave pública e uma privada, e ambas desempenham funções interdependentes e contínuas.

No que diz respeito às criptomoedas, a criptografia é utilizada para assinar digitalmente transações e as mesmas serem verificadas por qualquer pessoa que possua a chave pública correspondente; e conforme exposto no documento do *IAB Tech Lab*¹¹ (2019, p. 17), a tecnologia *blockchain* utiliza a criptografia para duas finalidades: “proteger a identidade do remetente de transações” e “garantir que registros passados não possam ser adulterados”.

Dentre as vantagens que a criptografia oferece às criptomoedas, pode-se destacar a redução da dependência de intermediários e instituições financeiras tradicionais, visto que

“as moedas criptografadas circulam exclusivamente pela internet; um fato que chama atenção é a ausência de regulamentação por algum Banco Central, o que torna as criptomoedas como únicas descentralizadas. Isso confere maior agilidade às transações e evita taxas de câmbio, impostos sobre operações financeiras, e outros impostos e taxas de conversão; podendo, ainda, negociar em diversos sites, países e tipos de serviços e produtos” (BISCAINO et al. 2019 *apud* BENICIO et al. 2014, RESENDE 2018, n.p.).

Além disso, “no que se referem à velocidade do processamento dos pagamentos e menores custos de transação” (BISCAINO et al., 2019, n.p.), a criptografia permite que sejam realizadas transações seguras e rápidas em escala global, superando barreiras geográficas e agilizando pagamentos internacionais por meio das criptomoedas.

Entretanto, existem alguns desafios que a criptografia enfrenta para ser uma tecnologia totalmente eficaz, como é o caso dos riscos de segurança dos sistemas mal configurados ou da vulnerabilidade de *softwares* que podem expor as chaves privadas a riscos. Esses fatos exigem que algumas práticas de segurança cibernéticas sejam adotadas para gerar mais credibilidade às criptomoedas.

Outro desafio da criptografia diz respeito à legalidade e a regulamentação das criptomoedas, pois são áreas complexas que envolvem incertezas legais, questões tributárias, falta de equilíbrio entre inovação e riscos, além da rápida evolução tecnológica. Segundo Mattos et al. (2022, n.p.), “se as moedas virtuais atingirem uma escala, pode causar consideráveis perdas econômicas e afetar o mercado financeiro, gerando riscos sistêmicos. Esta situação exigirá regulamentação para proteger a economia”.

¹¹ *IAB Technology Laboratory (IAB Tech Lab)* é um laboratório de tecnologia sem fins lucrativos estabelecido em 2014 que desenvolve um trabalho com a indústria em geral para desenvolver diretrizes, desenvolver tecnologias e fornecer serviços de privacidade.

3.2.2. PRINCIPAIS CRIPTOMOEDAS

Representando um marco da revolução financeira, as criptomoedas alcançaram a atenção global e impactaram os setores financeiros tradicionais de maneira notável, moldando o cenário e ditando tendências que podem transformar a interação financeira e econômica do mundo todo. Impulsionadas pela tecnologia *blockchain* e utilizando os princípios de criptografia, o mercado financeiro está redefinindo a forma como as transações ocorrem e devido à constante evolução da tecnologia, algumas criptomoedas se destacam no sistema das finanças digitais.

3.2.2.1. BITCOIN – BTC

A partir dos avanços tecnológicos, houve a necessidade de criar um sistema financeiro livre e descentralizado capaz de fornecer uma nova forma de dinheiro que fosse aceita em todo o mundo. Foi então que em outubro de 2008, “um programador anônimo que utiliza o pseudônimo de Satoshi Nakamoto” (SILVA, 2019, p. 15) apresentou a ideia inicial da moeda digital como sendo um sistema de dinheiro eletrônico *peer-to-peer* baseado em criptografia.

Por meio do *whitepaper*¹² intitulado “*Bitcoin: a Peer-to-Peer Electronic Cash System*”¹³ que Satoshi Nakamoto descreveu o funcionamento de um sistema de pagamento eletrônico baseado em criptografia, que permitia transações diretas entre as partes sem a necessidade de um intermediário financeiro. Sendo assim,

“a motivação de Satoshi Nakamoto para o *Bitcoin* foi criar uma “forma puramente ponto-a-ponto de dinheiro eletrônico” que não exigiria confiança de terceiros nas transações e cuja oferta não pode ser alterada por nenhuma outra parte” (AMMOUS, 2020, n.p.).

No começo de 2009, Nakamoto “criou o protocolo para o *Bitcoin*, baseado na cadeia de blocos (*Blockchain*), marcando o início do *Bitcoin* como uma criptomoeda descentralizada” (BRANDÃO, 2020, p. 05). Além disso, a moeda *Bitcoin* conseguiu combinar as funções *hash* criptográficas e a criptografia assimétrica juntamente com “um sistema de incentivo, criando assim a primeira moeda criptográfica distribuída da história” (BRANDÃO, 2020, p. 09).

¹²*Whitepaper* “é um documento que serve como um guia para explicar algum conceito ou demonstrar a solução de um problema específico. É no *whitepaper* que estão descritos os fundamentos que serviram de base para a criação do criptoativo.” (CARVALHO, 2021, n.p.).

¹³ Traduzido pela autora: Um sistema de dinheiro eletrônico ponto-a-ponto.

Ao contrário das moedas tradicionais emitidas por governos, o *Bitcoin* não é controlado por uma autoridade central, mas sim gerenciado por uma rede de computadores. Isto significa que

“O *Bitcoin* é basicamente um arquivo digital que existe *online* e funciona como uma moeda alternativa. Ela não é impressa por governos ou bancos tradicionais, mas sim criada por um processo computacional complexo conhecido como “*mining*” (mineração)” (SILVA, 2019, p. 15 *apud* OLESKI, 2018).

Segundo Brandão (2020, p. 02), o processo de mineração se dá pela competição

“para encontrar soluções para um problema matemático durante o processamento de transações *Bitcoin*. Qualquer participante da rede *Bitcoin* pode operar como um mineiro, usando o poder de processamento de seu computador para verificar e registrar transações. A cada 10 minutos, em média, um minerador de *bitcoin* é capaz de validar a transação dos últimos 10 minutos e é recompensado com um novo *Bitcoin*”.

Ou seja, assim que a rede *peer-to-peer* de computadores chamados mineradores validam as transações e as adicionam à *blockchain*, eles são recompensados em *Bitcoin*.

Porém, uma das características distintivas da criptomoeda *Bitcoin* é sua oferta limitada, visto que “a quantidade de *bitcoins* criados é pré-programada e não pode ser alterada” (AMMOUS, 2020, n.p.). Segundo Ulrich (2014, n.p.), “a quantidade arbitrária escolhida como limite foi de 21 milhões de *bitcoins*” e devido a essa condição, cria-se um cenário de escassez, onde a demanda pode influenciar fortemente o valor do *Bitcoin*.

“Enquanto o aumento no valor de qualquer moeda leva a mais recursos dedicados à sua produção e, portanto, a um aumento em sua oferta, à medida que o valor do *Bitcoin* aumenta, mais esforço para produzir *bitcoins* não leva à produção de mais *bitcoins*. Em vez disso, apenas leva a um aumento no poder de processamento necessário para confirmar transações válidas na rede *Bitcoin*, que serve apenas para tornar a rede mais segura e difícil de comprometer. *Bitcoin* é a moeda mais forte já inventada: o crescimento de seu valor não pode aumentar sua oferta; só pode tornar a rede mais segura e imune a ataques” (AMMOUS, 2020, n.p.).

À medida que as pessoas começaram a perceber o potencial da tecnologia *Bitcoin*, sua popularidade e seu valor começaram a subir e em 2010 a criptomoeda obteve seu primeiro uso comercial significativo, pois foi utilizada para comprar bens do mundo real. Segundo Mattos et al. (2022, n.p. *apud* CANALTECH, 2017),

“no dia 22 de maio de 2010, foi registrada a primeira transação de “*impacto*”, ainda de maneira informal, Laszlo Hanyecz pagou o inglês Jeremy Sturdivant pela compra e entrega de duas pizzas grandes em sua casa, nos Estados Unidos. Na época, o valor transferido era equivalente a US\$ 41. Sete anos depois, o total de *Bitcoins* transferido foi de US\$ 20 milhões, uma valorização de mais de 500.000%”.

Nos anos seguintes, o *Bitcoin* passou por altos e baixos, apresentando elevada volatilidade de preços, uma vez que a criptomoeda ganhava mais atenção dos investidores e como a sua adoção foi crescente,

“o preço do *Bitcoin* flutuou descontroladamente à medida que a demanda flutuava, mas a impossibilidade de aumentar a oferta arbitrariamente por qualquer autoridade em resposta a picos de preços explica o aumento meteórico no poder de compra da moeda” (AMMOUS, 2020, n.p.).

Desde 2011 o *Bitcoin* foi exposto a pelo menos cinco ajustes de preço significativos, sendo que em 2013 houve um elevado aumento de preço, seguido por uma acentuada queda, conforme demonstrado no Gráfico 3:

Gráfico 3 – Preço Histórico do *Bitcoin* por ano



Fonte: Adaptado de Nunes (2018)¹⁴

No entanto, ao longo dos anos, diversas empresas e instituições financeiras passaram a aceitar o *Bitcoin* como forma de pagamento e em 2017 devido à especulação do mercado e pelo interesse dos investidores institucionais, visto que “o Japão regulamentou o *Bitcoin* como meio de pagamento e a *Chicago Board Options Exchange (Cboe)* lançou contratos futuros de *Bitcoin*” (GUSSON, 2022, n.p.), a criptomoeda alcançou seu maior patamar até então, atingindo um valor próximo a US\$ 20.000 por *Bitcoin*.

A criptomoeda *Bitcoin* tem despertado interesse e entusiasmo em todo o mundo desde a sua criação, visto que oferece vantagens como a capacidade de enviar e receber dinheiro de forma rápida, segura e com baixas taxas de transação. Além disso, o *Bitcoin* também tem sido considerado por alguns como uma reserva de valor, pois

“Até a invenção do *Bitcoin*, todas as formas de dinheiro eram ilimitadas em quantidade e, portanto, imperfeitas em sua capacidade de armazenar valor ao longo do tempo. A oferta monetária imutável do *Bitcoin* o torna o melhor meio para armazenar o valor produzido pelo tempo humano limitado, tornando-o assim a melhor reserva de valor que a humanidade já inventou. Em outras palavras, o *Bitcoin* é a maneira mais barata de comprar o futuro, porque o *Bitcoin* é o único meio garantido de não ser depreciado, não importa quanto seu valor suba” (AMMOUS, 2020, n.p.).

¹⁴ Disponível em: <<https://livecoins.com.br/preco-historico-do-bitcoin/>>. Acesso em: 21/08/2023.

No entanto, é importante considerar que o *Bitcoin* também enfrenta desafios e críticas para além da volatilidade, como é o caso da regulamentação e do seu uso em atividades ilícitas. Pois, “muitos afirmam uma pontual preocupação com o efeito que a adoção de *bitcoins* em larga escala pode ter sobre a estabilidade do sistema financeiro, especialmente pela volatilidade dos preços, irreversibilidade das operações e anonimato de seus usuários” (ANDRADE, 2017, p. 54).

O desafio da regulamentação reside na necessidade de equilibrar a inovação tecnológica e os benefícios potenciais das criptomoedas como a garantia de segurança financeira. Segundo Andrade (2017, p. 50),

“A falta de regulamentação econômica por parte de instituições fortes como o Banco Central, expressa dois fatores contrastantes e extremamente controversos: por um lado, a ausência de regulação pela instituição financeira mais forte gera a consequente ausência de tributação, o que seria ideal para negócios em que pretende maximizar os lucros. Por outro lado, a inexistência das instituições reguladoras expõe a vulnerabilidade quanto à segurança dos negócios, o que pode abrir um perigoso e possivelmente irreversível espaço para práticas ilícitas”.

Porém, “os indivíduos modernos podem negociar com outras pessoas que encontram on-line por meio de sistemas de identidade e proteção baseados no consentimento e no respeito mútuo, sem a necessidade de recorrer a regulamentos governamentais coercitivos.” (AMMOUS, 2020, n.p.).

No que diz respeito ao problema do uso da criptomoeda *Bitcoin* para fins ilícitos, acredita-se “que a falta de regulação tende a criar um ambiente propício para todos os tipos de pessoas, inclusive usuários maliciosos” (ANDRADE, 2017, p.50). Mesmo que o *Bitcoin* ofereça transações seguras e transparentes por meio da tecnologia *blockchain*, essa mesma característica pode ser explorada por indivíduos que buscam realizar atividades ilegais, pois

“Há muitas questões quanto à ausência de regulamentação e suas implicações. Há um justificável temor de que as moedas digitais tornem mais fáceis os crimes como lavagem de dinheiro, pirâmides financeiras, invasão de sistemas bancários, evasão de divisas, estelionato e demais delitos relacionados ao uso ilícito da tecnologia” (ANDRADE, 2017, p.51).

Devido a esses desafios, cria-se a necessidade das autoridades monetárias aplicarem regulamentações e leis relacionadas ao combate dos crimes financeiros, visto que muitos governos já estão buscando estratégias de monitoramento mais eficazes e regulamentações mais rigorosas para os serviços que facilitam a troca de *Bitcoin* e moedas tradicionais. Porém,

“A legalidade das atividades com *bitcoins* dependerá do país em que se aplica, na medida em que alguns os reconhecem como moeda corrente, outros como commodities, enquanto outros sequer os reconhecem como modalidade de transação financeira” (ANDRADE, 2017, p. 51).

3.2.2.2. *ETHEREUM – ETH*

Diferentemente do *Bitcoin* que foi projetado principalmente para ser um meio de troca e uma reserva de valor digital, o *Ethereum* foi desenvolvido não apenas para ser uma moeda digital, mas também como uma plataforma descentralizada que permite a criação e execução de contratos inteligentes e aplicativos descentralizados. Segundo Neto e Matarazzo (2020, p. 36 *apud ETHEREUM ORG*, 2019), “é importante entender que o *Ethereum* é mais do que uma moeda digital. Trata-se de um *blockchain* programável, que permite aos desenvolvedores criarem e implantarem aplicativos descentralizados, denominados *DApps*”.

A trajetória da criptomoeda *Ethereum* remonta ao início dos anos 2010, quando a ideia de criar uma plataforma mais versátil e funcional começou a tomar forma, mas foi em 2013 que o programador e pesquisador russo chamado Vitalik Buterin apresentou o projeto *Ethereum* e “este projeto, financiado em 2014 e oficialmente operado no ano de 2015, tinha como objetivo a otimização do sistema utilizado pelo *Bitcoin*” (SILVEIRA, 2020, p. 24).

Em julho de 2015 a rede *Ethereum* foi lançada, permitindo que os desenvolvedores comessem a criar e implantar contratos inteligentes e aplicativos descentralizados na rede. E segundo Neto e Matarazzo (2020, p. 36),

“Assim como outros *blockchains*, o *Ethereum* possui sua criptomoeda nativa o *Ether* (*ETH*). De acordo com o site oficial *Ethereum.org* (2019) o *ETH* se assemelha ao *Bitcoin* por ser uma criptomoeda *peer-to-peer*, podendo ser transacionada para qualquer lugar do mundo sem a necessidade de terceiros envolvido no processo, também é descentralizada e não possui nenhum órgão que a controle”.

De acordo com Silveira (2020, p. 24), as principais diferenças entre a criptomoeda *Bitcoin* e *Ethereum* são:

- a) A criptomoeda *Bitcoin* possui o tempo de transação de aproximadamente 10 minutos, já o *Ethereum* apenas 20 segundos;
- b) O principal objetivo do *Bitcoin* é tornar as transações financeiras mais fáceis e descentralizadas, já do *Ethereum* é a implantação de aplicações descentralizadas e de contratos inteligentes;
- c) O número limite de *Bitcoin* é de 17 milhões, já o *Ethereum* não possui um número limite;
- d) Ao fazer transações com *Bitcoin* não é possível utilizar nenhuma outra moeda digital além dela mesma, já na plataforma *Ethereum* é permitido que os usuários possam criar e utilizar suas próprias criptomoedas, além da *ether*.

Quanto ao funcionamento da *Ethereum*, podemos descrever que

“Ela é armazenada em uma *wallet*¹⁵ como prova de posse sem a necessidade de terceiros estarem envolvidos. Esse dinheiro e as transações feitas são protegidas por criptografia e não é controlada por nenhum país ou empresa que possa emitir mais moedas ou interferir na sua usabilidade. *Ether* está disponível a todos que possuam uma *wallet* e conexão à internet, além de poder ser transacionada em frações, ou seja, não é necessário ter 1 unidade de *ETH* para utilizá-la, ela é dividida em até 18 casas decimais (0,000000000000000001). Por fim, *ETH* serve para transações *peer-to-peer*, sendo que qualquer quantia transacionada em *ETH* ou utilização de um aplicativo dentro do sistema *Ethereum*, será cobrada uma taxa em *ether*, que serve de incentivo para mineradores” (BRANCALHÃO, 2022, p. 38 *apud* ETHEREUM.ORG, 2022).

Sendo assim, as formas mais convencionais de utilizar a criptomoeda *Ether (ETH)* são para pagar taxas de transação, visto que “as transações em *ether* tem um custo para acontecer, o qual é futuramente distribuído para os mineiros” (BRANCALHÃO, 2022, p. 41 *apud* DANNEN, 2017); e efetuar o pagamento dos contratos inteligentes, pois

“quando uma pessoa faz uma transação ou envia um *smart contract* para execução, é cobrada uma taxa em *ether* para que aquilo aconteça e essa taxa é cobrada a partir de uma métrica conhecida como *gas*¹⁶ que indica a complexidade do que a *EVM*¹⁷ deverá executar. É perguntado ao remetente da operação qual o limite de *gas* que eles desejam pagar. Os mineiros que estão validando as transações, então, recolhem o valor dessas taxas” (BRANCALHÃO, 2022, p. 40 *apud* DANNEN, 2017).

O *Ethereum* oferece uma série de benefícios distintos que se tornam únicos e valiosos dentro do ecossistema das criptomoedas, entre eles:

“garantir serviços bancários para qualquer um conectado em sua rede via internet, maior privacidade já que não é necessário entregar todos os seus dados pessoais para poder utilizá-lo, uma rede *peer-to-peer* para fazer transações online diretamente com outros usuários, resistência a censura por não possuir uma empresa ou governo por trás de seu sistema, garantia de segurança comercial, pois os recursos financeiros somente serão transferidos se a negociação ocorrer conforme combinado, proporcionando um ambiente seguro para os consumidores e por fim um ambiente colaborativo no qual os produtos e serviços construídos pela comunidade são compatíveis uns com os outros por estarem dentro desse mesmo ecossistema” (BRANCALHÃO, 2022, p. 38 *apud* ETHEREUM.ORG, 2022).

“Apesar da moeda *Ether* ser uma das maiores em questão de capital de mercado” (NETO e MATARAZZO, 2020, p. 36) e apresentar maior “estabilidade, além de possuir um valor menor de mercado, o que reduz, de certa forma, os riscos de investimentos nesta criptomoeda” (SILVEIRA, 2020, p.38), investir e usar a plataforma *Ethereum* traz alguns riscos que requerem atenção e devem ser avaliados.

¹⁵ *Wallet* no sentido desse texto é uma carteira virtual para armazenar criptomoedas.

¹⁶ “O *Gas* é uma unidade utilizada para medir o quanto de poder computacional é necessário para executar uma determinada função” (FIGUEIREDO e LIMA, 2021, p.45).

¹⁷ “*EVM – Ethereum Virtual Machine* é um computador virtual descentralizado que faz parte do ecossistema *blockchain* de *Ethereum* e tem a função de executar diversas instruções que permitem a execução de operações” (BRANCALHÃO, 2022, p.40).

Segundo Brancalhão (2022), os três principais riscos atrelados ao *Ethereum* são: o risco da plataforma, pois há possibilidade de ocorrer problemas técnicos no *blockchain* que podem afetar seu funcionamento e registros; o risco de aplicativo, pois deve-se exigir cuidado para evitar fraudes ao se investir em aplicativos criados dentro da plataforma; e o risco regulatório, visto que quando há ausência de regulamentação clara, pode-se levar a mudanças legais do ecossistema e consequentemente fazer com que a moeda seja desvalorizada, assim como todos os investimentos atrelados a ela.

3.2.2.3. *LITECOIN – LTC*

Embora as criptomoedas compartilhem algumas características básicas, cada uma possui diferenças distintas em termo de tecnologia, propósito e funcionalidade que contribuem para a diversidade do ecossistema das moedas digitais, pois “além da *Bitcoin*, há uma variedade de criptomoedas atuando paralelamente, cada qual com características próprias, mas mantendo uma base comum ideológica e estrutural” (TEIXEIRA, 2021, p. 10).

A *Litecoin* está entre as criptomoedas mais proeminentes e conhecidas no mundo das moedas digitais que possuem “maior domínio de mercado” (SILVEIRA, 2021, p. 12) juntamente com o *Bitcoin* e o *Ethereum* e a diferença entre elas são: enquanto o *Bitcoin* é frequentemente visto como uma reserva de valor digital e um meio de transferência de valor; o *Ethereum* se destaca por sua capacidade de suportar contratos inteligentes e aplicativos descentralizados; já o *Litecoin* “procura reduzir o tempo necessário para a realização de transações, fazendo com que ela seja mais viável de ser utilizada no dia a dia” (ALMEIDA, 2022, p. 22 *apud* MIGLIETTI et al., 2019) e melhora a acessibilidade para mineração.

A trajetória da criptomoeda *Litecoin* remonta ao ano de 2011 e “é uma moeda desenvolvida através da alteração e melhoria do código da *BTC*, sendo mais rápida a fazer transações” (FERREIRA, 2021, p. 33). Seu protocolo “foi criado por Charlie Lee, graduado pelo *MIT* e antigo engenheiro do *Google*” (LOPES, 2022, p. 36) e segundo Teixeira (2021, p. 10), o protocolo

“é um projeto de código aberto, que na época foi lançado em plataformas de desenvolvimento colaborativas. O tempo de mineração deste protocolo gira em torno de 2 a 3 minutos, mais rápido que o *Bitcoin*. O algoritmo usado para estabelecer o processo de mineração é o *Scrypt*”.

O funcionamento da criptomoeda *Litecoin* é baseado em princípios semelhantes aos de outras moedas digitais, pois utiliza-se da tecnologia *blockchain* e da criptografia para garantir

a segurança e a descentralização das transações. Uma das características distintivas do *Litecoin* é o uso do algoritmo de mineração *Scrypt*, pois “é mais focado em uso de memória do que em uso de processador” (SILVA e RODRIGUES, 2017, p. 81). Ou seja, esse algoritmo foi escolhido para tornar a mineração mais acessível para computadores pessoais, em vez de hardware de mineração especializado.

Além disso, “o protocolo *Litecoin* é uma alternativa mais viável para mineração individual, tendo em vista que o tempo para receber a recompensa por bloco *minerado* (i.e., *payout*) é bem inferior do que aquele observado para o protocolo *Bitcoin*” (SILVA e RODRIGUES, 2017, p. 81). Outra característica vantajosa do *Litecoin* é seu limite de fornecimento, que é um “total limitado de 84 milhões de moedas” (LOPES, 2022, p. 36), ou seja, quatro vezes maior do que o do *Bitcoin*.

Devido a sua maior oferta, acredita-se que ela seja ideal para atender uma demanda futura, contribuindo assim para uma menor pressão inflacionária. Também é válido mencionar que para armazenar e gerenciar *Litecoin*, os usuários utilizam carteiras digitais, que segundo Ederli et al. (2021, p. 430) são fáceis de criar e não possuem custo, e os detentores das mesmas podem acessá-las “por aplicativo pelo desktop ou até mesmo em carteira de papel”.

Devido à complementaridade com o *Bitcoin* também ser um aspecto positivo, o *Litecoin* tem a capacidade de atender diferentes casos de uso devido à velocidade das suas transações e da sua tecnologia distinta, que permite que “a mineração individual do protocolo *Litecoin* tende a ser mais vantajosa que a mineração individual do protocolo *Bitcoin*” (SILVA e RODRIGUES, 2017, p. 81). De acordo com Lopes (2022, p. 36),

“A Fundação *Litecoin* anunciou em novembro de 202 que o *LTC* poderia ser usado como método de pagamento por meio de cartão de débito tradicional, capaz de converter *LTC* em dólares em tempo real. Além disso, algumas empresas como agências de viagens, lojas de conveniência, agências imobiliárias e lojas online já adicionaram o *Litecoin* como método de pagamento”.

Uma das desvantagens da criptomoeda *Litecoin* é que como a mesma “é completamente anônima, ela acaba sendo acessível em transações no mercado negro, o que acaba manchando a imagem da moeda” (EDERLI et al., 2021, p. 430). Visto que, embora o *Litecoin* tenha ganhado algum nível de adoção, ela ainda não alcançou a mesma adoção que o *Bitcoin*, o que pode limitar suas oportunidades e esse é um dos motivos que faz com que a *Litecoin* seja “conhecida como a criptomoeda de prata, enquanto a *Bitcoin* é considerada a de ouro” (SANTOS e GOULART, 2022, p. 22).

Mesmo com todas as dificuldades que as criptomoedas enfrentam devido à falta de regulamentação que prejudica a sua total adoção, a *Litecoin* foi concebida

“como uma rede de pagamentos mundial, onde as transações envolvendo os *tokens* são criptografadas no *Blockchain Litecoin* e a moeda funciona como uma forma de remuneração dos mineradores e unidade de valor na rede” (PEREIRA, 2019, p. 25 *apud* FOXBIT, 2019).

Sendo assim, ao longo dos anos, a *Litecoin* conquistou seu reconhecimento em várias plataformas e serviços, fato que contribui para sua liquidez e permitiu que “em 2013, essa criptomoeda teve um crescimento de 400% e, em seu ápice, chegou a ser cotada em USD 48,05” (SILVA e RODRIGUES, 2016, p. 525).

Além disso, “sua capitalização de mercado, em novembro de 2021, obteve a marca de US\$14 bilhões” (SILVEIRA, 2021, p. 37 *apud* COINMARKETCAP, 2021), ou seja, esse valor faz referência ao tamanho relativo e o valor total da *Litecoin*, fato que nos permite analisar sua popularidade, a facilidade de obtê-la e a relevância dessa criptomoeda no mercado em relação a outras.

3.2.2.4. **RIPPLE – XRP**

“Ao longo dos anos, o valor de mercado e a quantidade de criptomoedas aumentaram rapidamente. De acordo com o *Coimarketcap* (2021), atualmente, existem mais de 14 mil moedas virtuais, sendo que entre as moedas de maior capitalização de mercado estão o *Bitcoin*, *Ethereum*, *Ripple*, *Litecoin*” (SILVEIRA, 2021, p.35).

A trajetória da criptomoeda *Ripple* iniciou em meados de 2004 “por Ryan Fugger, que desenvolveu primeiro protótipo como um sistema monetário digital descentralizado (*RipplePay*)” (LOPES, 2022, p. 37). O objetivo original desse sistema era permitir que as pessoas criassem suas próprias moedas e trocassem entre si em uma rede descentralizada. “O sistema foi lançado em 2005 e tinha como objetivo fornecer soluções de pagamento seguras dentro de uma rede global” (LOPES, 2022, p. 37). Porém seu desenvolvimento foi limitado em termos de adoção e recursos técnicos.

Foi em 2012 que a sua evolução real ocorreu, quando um notável empreendedor de tecnologia que também esteve envolvido com o desenvolvimento do *Bitcoin*, conheceu a ideia do *RipplePay*. Segundo LOPES (2022),

“Fugger entregou o projeto a Jed McCaleb e Chris Larsen que juntos fundaram a empresa de tecnologia *OpenCoin* com sede nos EUA. A partir daí a *Ripple* começou a ser construída como um protocolo focado em soluções de pagamentos para bancos e outras instituições financeiras”.

A *OpenCoin* “foi responsável pelo desenvolvimento do protocolo de transação *Ripple* (*RTXP*) e sua rede de pagamento e trocas” (NETO e MATARAZZO, 2020, p. 34). Porém após um ano ela foi renomeada “para *Ripple Labs Inc*” (NETO e MATARAZZO, 2020 p. 35).

Em 2013 a criptomoeda *Ripple (XRP)* foi lançada “por Chris Larsen e Jed McCaleb, e foi uma das primeiras criptomoedas que não foram desenvolvidas com base no protocolo *Bitcoin*” (SILVEIRA, 2021, p. 36). A *Ripple* tinha como objetivo principal facilitar as transações financeiras internacionais e “ser uma “moeda ponte”, facilitando transações monetárias sem um intermediário” (CAPARICA, 2022, p. 6).

A tecnologia subjacente da *Ripple*, conhecida como *Ripple Protocol Consensus Algorithm (RPCA)*¹⁸, é diferente da prova de trabalho usada pelo *Bitcoin*, pois adota um modelo de consenso mais centralizado. De acordo com Neto e Matarazzo (2020, p. 35), “ao contrário das criptomoedas citadas anteriormente, a *XRP* não pode ser minerada. O *Ripple* utiliza um algoritmo de consenso (*RPCA*) a partir de uma verificação por seus nós, para manter a concordância na rede e evitar bifurcações”.

O *RPCA* é fundamental para a operação e segurança da rede *Ripple*, pois garante que todas as transações sejam realizadas e incluídas no *blockchain* da *XRP* de forma confiável e consistente entre a rede principal e as sub-redes. Seu funcionamento ocorre da seguinte maneira:

“Na rede, os nós são divididos em dois tipos: (i) tipo servidor onde o nó será usado na participação no processo de consenso e (ii) tipo cliente que apenas realiza transferência de valores. O processo é iniciado através dos servidores que realizam a coleta de todas as transações não concluídas e então formam uma lista única – *Unique Node List (UNL)* de candidatos a terem as suas transações efetivadas. Após a criação da *UNL* os servidores votam sobre a veracidade das transações efetivadas e as que receberem o número maior que o mínimo estipulado na rede deverão seguir para a próxima etapa, enquanto as transações que não conseguiram alcançar tal número deverão ser descartadas ou enviadas para um novo livro-razão para serem analisadas posteriormente” (ALVES et al., 2008, n.p.).

A *Ripple Labs* iniciou uma formação de parcerias com instituições financeiras e bancárias para usar sua tecnologia, visando agilizar os pagamentos e reduzir os custos associados a eles. “Dessa forma, a diferença principal dessa plataforma é a de poder abrigar em sua rede outros *tokens*, como moedas: real, euro, dólar, e outros bens” (ALMEIDA, 2022, p. 23 *apud* DEROUSSEAU, 2019).

Com a capacidade da *Ripple* de liquidar transações quase que instantaneamente e com taxas relativamente baixas, ele tornou-se atraente para muitas instituições financeiras. Além

¹⁸ Traduzido pela autora: Algoritmo de Consenso do Protocolo *Ripple*.

disso, “ele possui alta conversibilidade e permite que usuários negociem metais preciosos como ouro e prata” e por conta dessa “flexibilidade adicional faz do *Ripple* um forte potencial rival ao *Bitcoin*” (SILVEIRA, 2021, p. 36 *apud* FRY; CHEAH, 2016).

Além disso, outra característica importante dessa criptomoeda é quanto ao “seu fornecimento máximo estipulado em 100 bilhões de *XRP*” (SILVEIRA, 2021, p. 36 *apud* DOWD, 2014). Isso significa que, ao contrário do *Bitcoin*, que tem um limite de 21 milhões de moedas, o *XRP* tem um fornecimento muito maior, o que possibilitou “uma penetração significativa no mercado. Em novembro de 2021, a quantidade de *Ripple* em circulação é aproximadamente de 47 bilhões de moedas, além disso, possui mais de US\$48 bilhões em capitalização de mercado” (SILVEIRA, 2021, p. 36 *apud* COINMARKETCAP, 2021).

No entanto, o *Ripple* é frequentemente criticado devido à centralização da sua rede e da emissão de moedas, visto que

“a *XRP* foi criada por uma empresa, a *Ripple Labs*, retendo para si 80% das moedas e os outros 20% alocados para investidores importantes, a serem gradativamente “vendidas” aos interessados em fazer uso da *network*. No momento de sua criação, foram “emitidas” 100 bilhões de moedas *XRP* para serem usadas dentro da *network*, sem a possibilidade de novas emissões no futuro. Ou seja, além de finita, a *XRP* está sujeita ao controle e influência de um grupo de pessoas, *i.e.*, os administradores da *Ripple Labs*” (CAPARICA, 2022, p. 07).

Além disso, a questão regulatória do *Ripple* também é um desafio, visto que em 2020 as incertezas regulatórias aumentaram devido às ações legais movidas contra a *Ripple Labs*. Segundo CAPARICA, (2022, p. 07),

“Trata-se de uma ação ajuizada pela *Securities Exchange Commission* dos Estados Unidos da América (“*SEC*”) contra a *Ripple Labs*, onde se argumenta que a *XRP* não seria uma moeda, mas sim um valor imobiliário (*securities*, no termo em inglês), como as ações de empresas listadas em bolsa de valores. A consequência dessa definição jurídica implica na aplicação ou não de regras relativas ao mercado imobiliário, o que diretamente impacta a forma por meio da qual a *XRP* e tantas outras criptomoedas são usadas.”

Sendo assim, o sucesso futuro das criptomoedas dependerá de como as empresas abordarão esses desafios regulatórios, afinal “definir a regulamentação de uma criptomoeda – e, portanto, saber quais regras seguir – não é um assunto banal ou fruto de formalismo exacerbado: trata-se de assunto que, se inobservado, pode gerar consequências multibilionárias” (CAPARICA, 2022, p. 08).

4. ANÁLISE DOS DADOS

Após aplicação das equações e a obtenção dos resultados, conseguimos apresentar a taxa percentual do retorno diário de cada criptomoeda, podendo ela ser positiva o que indica que houve um ganho ou ela ser negativa representando uma perda. Esse resultado é particularmente útil para acompanhar o desempenho do ativo ao longo do tempo e calcular a média de retornos e a variância, que são importantes na gestão de portfólios e na avaliação de riscos dos ativos.

A Tabela 1 apresenta o cálculo da rentabilidade total, a média, o desvio padrão, a assimetria e a curtose de cada criptomoeda:

Tabela 1 – Rentabilidade, Média, Desvio Padrão, Assimetria e Curtose

	<i>Bitcoin</i>	<i>Ethereum</i>	<i>Litecoin</i>	<i>Ripple</i>
Rentabilidade	83,15%	221,29%	52,21%	56,00%
Média	0,08%	0,20%	0,048%	0,051%
Desvio Padrão	0,0397%	0,0528%	0,0555%	0,0632%
Assimetria	-1,8519%	-1,8469%	-1,2261	-0,1316
Curtose	24,1244	16,8682	10,9714	14,2963

Fonte: De Autoria Própria

A rentabilidade ou retorno total foi obtido através do somatório dos percentuais dos retornos diários ao longo do período compreendido entre janeiro de 2020 a dezembro de 2022 e conforme tabela 1, é notável que a *Ethereum* se destacou como a criptomoeda com maior desempenho, registrando um retorno de 221,29%. Ela foi seguida pela *Bitcoin*, que obteve um retorno total de 83,15%; a *Ripple* com 56%; e a *Litecoin* com 52,21%.

Com base nesses resultados, concluímos que os investidores que alocaram seus recursos na criptomoeda *Ethereum* obtiveram ganhos substanciais, porém as demais moedas digitais que estamos analisando também apresentaram retornos positivos, tornando-as opções viáveis para investidores que buscaram diversificar seus portfólios.

Para obtermos a média do retorno das criptomoedas, efetuamos a divisão do retorno total pelo número total de dias analisados, que corresponde ao tamanho da amostra. Conforme evidenciado na tabela 1, podemos constatar que a *Ethereum* teve o desempenho mais

expressivo durante o período, alcançando um retorno de 0,20%. Este valor supera a média de retorno das demais criptomoedas, que se situaram em patamares diferentes, com a *Bitcoin* registrando 0,08%, a *Ripple* com 0,051%, e a *Litecoin* com 0,048%.

O desvio padrão desempenha um papel fundamental na construção de portfólios diversificados e na compreensão do perfil de risco e retorno das criptomoedas, visto que quantifica a volatilidade dos retornos em relação à média, fornece informações para gestão de risco, tomada de decisões e comparação de ativos.

Para a presente pesquisa, podemos observar na Tabela 1 que a criptomoeda *Bitcoin* apresenta o menor desvio padrão, com um valor de 0,0397, o que sugere menor variabilidade nos retornos em relação à sua média. Por outro lado, a *Ripple* exibe o desvio padrão mais elevado, 0,0632, o que indica uma maior volatilidade em seus retornos. Já a *Litecoin* e a *Ethereum*, apresentam o desvio padrão de 0,055 e 0,0528 respectivamente, o que nos sugere uma volatilidade um pouco mais moderada em relação às outras criptomoedas já citadas.

Como *proxy* da carteira teórica de mercado, utilizou-se a capitalização de mercado como ponderação, conforme mostra a Tabela 2. Os percentuais de capitalização do mercado são indicativos significativos da distribuição relativa de valor dentro do universo das moedas digitais, ou seja, demonstram a concentração de valor e a diversidade dentro do mercado. Isto implica afirmar que para a carteira teórica de mercado, considerou-se 67,93% da variação do *Bitcoin*, 26,86% da *Ethereum*, 0,81% da *Litecoin*, e 4,40% da *Ripple*, de forma ponderada.

Tabela 2 – Carteira Teórica de Mercado

	<i>Bitcoin</i>	<i>Ethereum</i>	<i>Litecoin</i>	<i>Ripple</i>	Carteira Teórica
Capitalização de Mercado	2,68 trilhões	1,06 trilhão	32 bilhões	174 bilhões	3,95 trilhões
% Mercado	67,93%	26,86%	0,81%	4,40%	100%

Fonte: De Autoria Própria

Com a carteira teórica de mercado definida e considerando que o beta da carteira teórica é igual a 1,0 (um), calculamos o beta de cada criptomoeda. O beta desempenha um papel primordial no modelo CAPM, pois mede a sensibilidade de um ativo em relação ao mercado como um todo e ajuda a quantificar o risco sistêmico. Para o caso das moedas digitais, o uso do beta auxilia a avaliação do quanto esses ativos são afetados pelos

movimentos gerais do mercado de criptomoedas, permitindo que os investidores considerem o risco específico associado a essa classe de ativos.

Após o cálculo, os betas encontrados constam na Tabela 3 e refletem a sensibilidade de cada criptomoeda em relação ao mercado como um todo. Como o modelo CAPM pressupõe que a carteira de mercado tenha o beta igual a 1, a *Bitcoin* com um beta de 0,93 exibe uma sensibilidade um pouco menor em relação às variações do mercado de criptomoedas, sugerindo que, em média, seus retornos tendem a serem menos voláteis do que o mercado em geral.

Tabela 3 – Beta de Cada Criptomoeda

	<i>Bitcoin</i>	<i>Ethereum</i>	<i>Litecoin</i>	<i>Ripple</i>
Beta	0,93	1,17	1,14	1,04

Fonte: De Autoria Própria

Por outro lado, a *Ethereum*, com um beta de 1,17 apresenta uma sensibilidade maior, indicando que seus retornos podem ser mais voláteis do que os do mercado. Já a *Litecoin* e a *Ripple* possuem betas de 1,14 e 1,04, respectivamente, demonstrando que também são sensíveis às variações de mercado. Ou seja, quando o mercado sofre variações, as criptomoedas que apresentam beta maior que 1 tendem a experimentar mudanças percentuais mais acentuadas em seus retornos, sendo consideradas mais arriscadas do que o mercado em geral.

O propósito fundamental da coleta de dados reside na obtenção dos valores exigidos para a aplicação da fórmula do modelo CAPM para que assim, possamos responder o problema dessa pesquisa. O último passo na coleta de dados consiste na apresentação dos dados relativos à taxa básica de juros da economia brasileira – SELIC, a qual no contexto do modelo será interpretada como a taxa livre de risco.

Após a coleta de dados anuais referentes à taxa SELIC, realizamos o processo de descapitalização diário, visto que esse processo é relevante, pois permite obter os valores de retorno total e da média, contribuindo para uma análise financeira mais detalhada. Sendo assim, temos que o retorno total da taxa básica de juros no período analisado foi de 27,61% e a sua média foi de 0,03%, conforme tabela 4:

Tabela 4 – Retorno Total e Média da Selic Diária

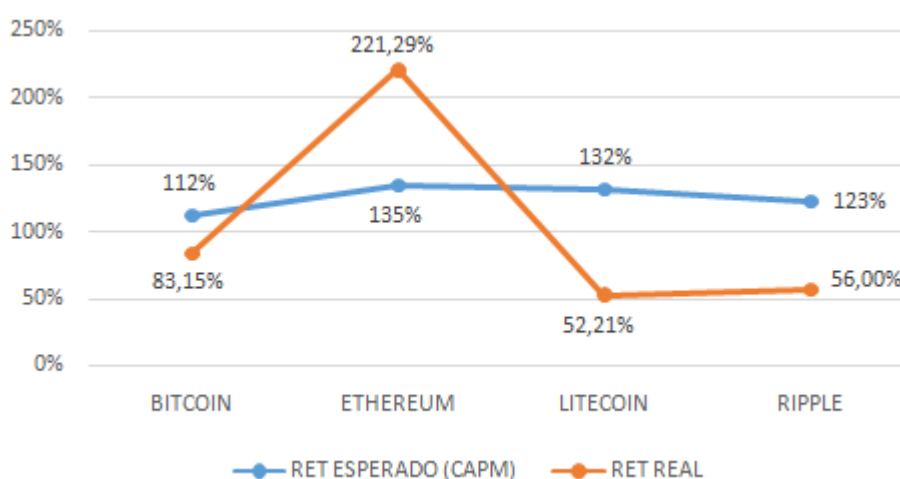
	Selic % (Diária)
Retorno Total	27,61%
Média	0,03%

Fonte: De Autoria Própria

Após a apresentação dos dados e resultados obtidos, verificamos através da aplicação do modelo CAPM qual foi o ativo com a melhor relação risco x retorno para se investir durante o período pandêmico da COVID-19. Esta análise é importante, pois permite uma tomada de decisões fundamentadas com base em uma abordagem quantitativa e sistêmica em meio a um contexto econômico desafiador.

Aplicando a equação nos dados obtidos das criptomoedas, temos o seguinte gráfico:

Gráfico 4 – Retorno Esperado vs Retorno Real



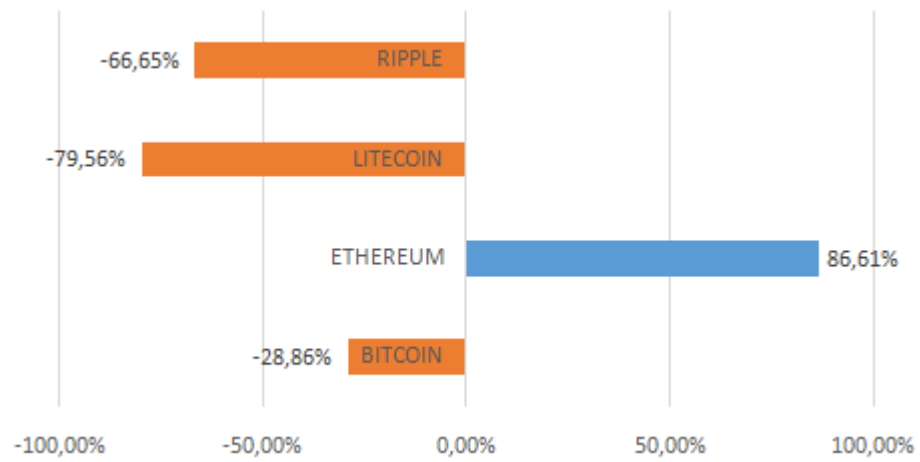
Fonte: De Autoria Própria

Na análise do retorno esperado e retorno real das criptomoedas durante a pandemia da COVID-19, com base no Modelo de Precificação de Ativos Financeiros – CAPM, observamos que a *Ethereum – ETH* se destacou como o investimento mais vantajoso, sendo a única a apresentar um retorno real (221,29%) acima do retorno esperado (135%), diferentemente de todas as outras criptomoedas analisadas que apresentaram um retorno real abaixo do retorno esperado.

Assim, podemos verificar no Gráfico 5, que o *Ethereum* apresentou o único prêmio real positivo pelo risco (86,61%) – que é calculado a partir da diferença do retorno real e do

retorno previsto, tornando-a a opção mais vantajosa entre as outras 3 criptomoedas durante a pandemia.

Gráfico 5 - Prêmio Real Pelo Risco



Fonte: De Autoria Própria

5. CONCLUSÃO

A pandemia da COVID-19, originada pela infecção do coronavírus SARS-CoV-2, impactou significativamente tanto na saúde global quanto na economia mundial. As medidas adotadas para conter a disseminação do vírus, como o estabelecimento de *lockdowns*, restrições de viagens e o fechamento temporário ou permanente de empresas, resultaram em perdas significativas na produção, comércio e atividades econômicas em escala global.

A crise desencadeada pela pandemia exacerbou a desconexão entre o mundo financeiro e a capacidade da política macroeconômica em mitigar os efeitos do colapso dos mercados, resultando em consequências devastadoras em termos de perdas de capital físico e humano. Muitas empresas enfrentaram dificuldades financeiras, devido às quedas abruptas na demanda e na receita e como resposta a essas adversidades, várias empresas reduziram suas operações e, em alguns casos, suspenderam temporariamente ou encerraram definitivamente suas atividades.

Os governos e bancos centrais implementaram políticas de mitigação econômica, incluindo pacotes de estímulo fiscal, programas de auxílio emergencial e subsídios direcionados às empresas afetadas, visando preservar o bem-estar da população e apoiando as empresas para manter as suas capacidades produtivas durante o período de inatividade econômica.

Além disso, os bancos centrais também reduziram as taxas de juros e implementaram políticas de flexibilização quantitativa para injetar liquidez nos mercados financeiros, visto que a volatilidade e as oscilações diárias dos ativos econômicos refletiam a incerteza e o temor dos investidores diante da crise econômica da COVID-19.

Outro ponto importante advindo da pandemia foi a aceleração do processo de digitalização do setor financeiro, que impulsionou a adoção de transações financeiras digitais, como pagamentos online e serviços bancários, forçando as instituições financeiras a fortalecer suas capacidades digitais para atender as crescer demandas dos clientes e assegurar a continuidade dos serviços financeiros.

Foi devido a esse fato que houve o aumento do interesse e adoção das criptomoedas, decorrente da busca por alternativas de investimento em meio à instabilidade econômica global, juntamente com o desejo de escapar das restrições financeiras tradicionais e da dependência de intermediários convencionais. Porém, a volatilidade das criptomoedas é um

fator preponderante, visto que as oscilações acentuadas em curtos intervalos de tempo atraíram investidores que buscavam lucros rápidos.

Nesse contexto, a aplicação do Modelo de Precificação de Ativos Financeiros – CAPM às criptomoedas torna-se relevante, uma vez que se baseia na premissa de investidores racionais e avessos ao risco, que buscam otimizar seus retornos ponderando o risco associado aos ativos. A análise do risco e retorno durante a pandemia, com base no CAPM, revelou que a *Ethereum* se destacou como o investimento mais atrativo, sendo o único a apresentar um prêmio real pelo risco (86,61%). As demais criptomoedas estudadas apresentaram prêmio negativo pelo risco. Assim, mesmo em um cenário de alta volatilidade, a *Ethereum* proporcionou uma compensação considerável em relação ao risco percebido.

Por fim, essa pesquisa destaca a importância de continuar monitorando de perto o mercado de criptomoedas e a possibilidade de adaptar os modelos tradicionais, como o CAPM, para avaliar esses ativos em constante evolução. A pandemia serviu como um catalisador para as mudanças significativas no panorama econômico e financeiro, e compreender a dinâmica entre as criptomoedas e os modelos convencionais de precificação de ativos é essencial para embasar decisões de investimento futuros.

Uma das limitações importantes da pesquisa foi testar o modelo em uma única amostra, sem dividir em teste e validação. Usualmente recomenda-se calcular o modelo CAPM em uma amostra e testar o modelo em outra amostra (dentro e fora da amostra). Assim, como sugestão de pesquisa futura, seria interessante testar o modelo em uma amostra de teste e outro de validação, visando uma avaliação mais aprimorada da eficácia do modelo, fato que aumentaria a confiabilidade e a aplicabilidade dos resultados encontrados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Luiz Gabriel Meira de. **Criptomoedas e Evasão Fiscal**. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Ciências Contábeis, Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/handle/123456789/1349>>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

ALVES, Paulo Henrique; LAIGNER, Rodrigo; NASSER, Rafael; ROBICHEZ, Gustavo; LOPES, Hélio; KALINOWSKI, Marcos. **Desmistificando Blockchain: Conceitos e Aplicações**. Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<https://www-di.inf.puc-rio.br/~kalinowski/publications/AlvesLNRLK20.pdf>>. Acesso em: 03 de agosto de 2023.

AMMOUS, Saifedean. **O Padrão Bitcoin**. 1ª edição. 2020. Disponível em: <<https://elivros.love/livro/baixar-livro-o-padrao-bitcoin-saifedean-ammous-em-epub-pdf-mobi-ou-ler-online>>. Acesso em: 18 de julho de 2023.

ANDRADE, Mariana Dionísio de. **Tratamento Jurídico das Criptomoedas: A Dinâmica dos Bitcoins e o Crime de Lavagem de Dinheiro**. Revista Brasileira de Políticas Públicas, v. 7, nº 3, Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.gti.uniceub.br/RBPP/index>>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

BISCAINO, Thor Elesbão; SANTOS, Wellington Furtado; JUNIOR, Ronaldo Bernardo. **Criptomoedas: Um Estudo Sobre a Atualização do Bitcoin em Transações Comerciais**. Revista Acadêmica: Contribuciones a La Economía, v. 17, nº 2, 2019. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8990746>>. Acesso em: 20 de julho de 2023.

BRANCALHÃO, Felipe Figueiredo. **Criptomoedas: Como Ethereum Pode se Colocar Frente ao Bitcoin**. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Administração, Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/32881/1/Felipe%20Figueiredo%20Brancaelho_Felipe%20Figueiredo%20Br.pdf>. Acesso em: 23 de agosto de 2023.

BRANDÃO, Pedro Ramos. **Criptomoeda: O Bitcoin**. Revista de Ciências da Computação, nº 15, Universidade de Évora, CIDHEUS, 2020. Disponível em: <<https://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/10377>>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

CAPARICA, Enrico Magalhães. **A adequação das Criptomoedas aos Valores Mobiliários: Uma Análise do Entendimento da SEC e da CVM**. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Direito, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://adelpha-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/16cd8506-48d6-4268-92ee-6bdb2c80e3de/content>>. Acesso em: 01 de setembro de 2023.

CARDOSO, Wilson Ferreira. **Índices de Sharpe e Treynor para Comparação entre Índice do Mercado Brasileiro, e Criptomoedas**. Revista Caribeña de Ciencias Sociales, 2020. Disponível em: <<https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/rccs/article/view/2254/1780>>. Acesso em: 21 de outubro de 2023.

DINIZ, Renata Rodrigues. **Análise dos Modelos de Fama e French (1992) e Carhart (1997) Utilizando as Ações do Setor da Construção e Transportes da Bovespa.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Administração – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011. Disponível em: <<https://dokumen.tips/documents/anlise-dos-modelos-de-fama-e-french-1992-e-carhart-.html?page=5>>. Acesso em: 29 de maio de 2023.

EDERLI, Daniel Lucas; PALMA, Daniel Henrique do Prado; BERTONCELLO, Alexandre Godinho. **O Impacto das Criptomoedas na Economia.** Revista Alomorfia, Presidente Prudente, v. 5, n. 3, 2021. Disponível em: <<https://www.alomorfia.com.br/index.php/alomorfia/article/view/146/62>>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

FERREIRA, Mário Rui Salgado dos Santos da Costa. **Diversificação com Alternativos: Introdução de Criptomoedas num Portfólio Global.** Dissertação de Mestrado, Estatística e Gestão de Informação, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, Universidade Nova de Lisboa, 2021. Disponível em: <<https://run.unl.pt/handle/10362/127011>>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

FIGUEIREDO, Jordan E. M.; LIMA, Iremar N. **Contratos Inteligentes com Ethereum.** Journal of Innovation and Science Research and Application, n.1, 2021. Disponível em: <<https://joins.emnuvens.com.br/joins/article/view/98>>. Acesso em: 23 de agosto de 2023.

FILHO, José Reynaldo Formigoni; BRAGA, Alexandre Mello; LEAL, Rodrigo Lima Verde. **Tecnologia Blockchain: Uma Visão Geral.** CPQD, Campinas. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1XTKvvG5guw-wQiB8iLgoP-qj8eKWafXR/view>>. Acesso em: 03 de agosto de 2023.

FRACASSO, Laís Martins. **Validação da APT (Arbitrage Pricing Theory) na Conjuntura da Economia Brasileira.** 2009. Monografia (Bacharelado) – Curso de Ciências Econômicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/25339>>. Acesso em: 30 de maio de 2023.

GALLINA, Matheus Vacaro. **Avaliação do Modelo de Fama e French e do Modelo CAPM no Mercado Brasileiro.** 2013. Trabalho de Conclusão (Bacharelado) – Curso de Ciências Econômicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/97706/000915444.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 29 de maio de 2023.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira.** 12ª edição. São Paulo: Person Prentice Hall, 2010.

GOMES, Robert Pacheco; AMORIM, Lucas Silva de; MACHADO, Diego de Queiroz. **Criptomoedas: Um Estudo Bibliométrico na Área de Negócios, Gestão e Contabilidade.** XLVI Encontro da ANPAD, EnANPAD 2022. Disponível em: <<https://anpad.com.br/uploads/articles/120/approved/c900ced7451da79502d29aa37ebb7b60.pdf>>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

GROPPELLI, A. A.; NIKBAKHT, Ehsan. **Administração Financeira.** 3ª edição. São Paulo: Saraiva, 1998.

GUSSON, Cassio. **Quedinha de 70% no Bitcoin é Normal**. CoinTelegraph Brasil. 2022. Disponível em: <<https://br.cointelegraph.com/news/bitcoins-current-drop-is-normal-highlights-expert-citing-the-main-events-that-impacted-the-price-of-btc-from-2017-until-now>>. Acesso em: 01 de setembro de 2023.

IAB TECH LAB. **Blockchain Technology Primer**. 2019. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/10CfCoYytP1ZSkrZJwUnUIQyXLfRC5Sgr/view>>. Acesso em: 03 de agosto de 2023.

LEITE, Helio de Paula. **Introdução à Administração Financeira**. São Paulo: Atlas, 1982.

LIRA, Matheus Cunha. A Volatilidade no Mercado Financeiro em Tempos da Pandemia do (Novo) Coronavírus e da Covid-19: Impactos e Projeções. **JNT-BUSINESS AND TECHNOLOGY JOURNAL**, Tocantins, Outubro de 2020. Disponível em: <<http://revistas.faculdadefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/677/499>>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

LOPES, Eduardo José Costa. **Uso de Redes Neurais Profundas Para Previsão de Curto Prazo do Preço da Criptomoeda Ethereum**. Dissertação de Mestrado, Centro Universitário Fei, São Bernardo do Campo, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.fei.edu.br/handle/FEI/4586>>. Acesso em: 23 de agosto de 2023.

MATTOS, Débora Pereira de.; JUNIOR, Osvaldo Martins Quintella; FREITAG, Alberto Eduardo Besser; SANTOS, Daiane Rodrigues dos; DIAS, Fabrício da Costa. **Evolução Monetária: Um Estudo Sobre Criptografia e a Nova Classe de Ativos Digitais**. X Simpósio de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Daiane-Santos-5/publication/361266132_Evolucao_Monetaria_Um_estudo_sobre_criptografia_e_a_nova_classe_de_ativos_digitais/links/62a7c335c660ab61f87ad175/Evolucao-Monetaria-Um-estudo-sobre-criptografia-e-a-nova-classe-de-ativos-digitais.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

MORESI, Eduardo. Metodologia de Pesquisa. **Universidade Católica de Brasília**, Brasília, 2003. Disponível em: <<https://l1nq.com/31YNu>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

NAKAMURA, Wilson Toshiro. **Estudo Empírico Sobre a Eficiência da Carteira Teórica do Índice Bovespa**. Human and Social Management, Revista Adm. Mackenzie, v. 1, Jan-Dec 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ram/a/qMZ3jzLMknpwhjtX3nzyDpP/?lang=pt#>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2023.

NETO, Alexandre Assaf. **Mercado Financeiro**. 9ª edição. São Paulo: Atlas, 2009.

NETO, Angelo P.; MATARAZZO, Gustavo. **Bitcoin, Ethereum e XRP: Uma Análise Histórica das Criptomoedas e suas Tecnologias**. Ciência em Evidência, Revista Multidisciplinar, v. 01, n. 01, 2020. Disponível em: <<https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/cienciaevidencia/article/view/1559>>. Acesso em: 23 de agosto de 2023.

PEREIRA, Rodrigo de Araújo Soares. **Estimação de Coeficiente Beta de Criptomoedas em Relação à Índices de Moedas Digitais, Índices de Ações e Índice de Moedas Fiduciárias em Relação ao Dólar Americano**. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Administração de Empresas, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de

Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/46884/46884.PDF>>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

RODRIGUES, William Costa. Metodologia Científica. **FAETEC/IST**, Paracambi, 2007. Disponível em: <<https://encr.pw/2YC6F>>. Acesso em 30 de junho de 2023.

SANTOS, Anderson Luis dos; GOULART, Evandro Tampelini. **Criptomoedas: A Moeda e o Sistema de Segurança nas Informações**. Trabalho de Conclusão de Curso, Tecnologia em Segurança da Informação, Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana, São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/12644>>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

SANTOS JUNIOR, Abidenal Costa dos Santos. **Criptomoedas e Covid-19: Uma Análise de Comportamento da Criptomoeda Bitcoin Durante a Pandemia**. 2022. Monografia (Bacharelado em Gestão Financeira) – Curso de Gestão Financeira – Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, São Luís, 2022. <<http://repositorio.undb.edu.br/bitstream/areas/729/1/ABIDENAL%20SANTOS.pdf>>. Acesso em 29 de junho de 2023.

SHARPE, W. F. (1964). **Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk**. The Journal of Finance, 19 (3), 425–442.

SILVEIRA, Gabryella Melo. **Blockchain: Um Mapeamento Sistemático das Produções Científicas Brasileiras**. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Administração, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Sergipe, São Cristóvão, 2020. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/15445/2/Gabryella_Melo_Silveira.pdf>. Acesso em: 23 de agosto de 2023.

SILVA, Guilherme; RODRIGUES, Carlo Kleber da Silva. **Mineração Individual de Bitcoins e Litecoins no Mundo**. Artigo, Conferência: XVI Simpósio Brasileiro da Informação e de Sistemas Computacionais, SBSeg, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Carlo-Rodrigues-2/publication/309788738_Mineracao_individual_de_bitcoins_e_litecoins_no_mundo/links/582383a208aeebc4f89879d3/Mineracao-individual-de-bitcoins-e-litecoins-no-mundo.pdf>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

SILVA, Guilherme Albuquerque Barbosa; RODRIGUES, Carlo Kleber da Silva. **Rentabilidade Econômica da Mineração de Bitcoins e Litecoins**. Universitas Gestão e TI, Brasília, v. 7, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://www.jus.uniceub.br/gti/article/view/3929>>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

SILVEIRA, Letícia Moraes. **Desmistificando as Criptomoedas: A contribuição das Moedas Virtuais na Diversificação dos Investimentos**. Dissertação de Pós-graduação, Administração, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/24485>>. Acesso em: 30 de agosto de 2023.

SILBER, Simão Davi. A Fragilidade Econômica e Financeira na Pandemia do Sars-Covid-19. **Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo**, São Paulo, Setembro de 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/af5yDzjqWQ5dXyKQj8K6TXG/abstract/?lang=pt#>>. Acesso em 26 de junho de 2023.

SILVA, Romilda Ribeiro da. **Análise Bibliométrica Sobre a Moeda Criptografada, com Ênfase na Bitcoin**. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso Ciências Contábeis, Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, Dourados, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2525/1/RomildaRibeirodaSilva.pdf>>. Acesso em: 10 de agosto de 2023.

TEIXEIRA, Fábio Carli Rodrigues. **Horta Compartilhada: Aplicação de Criptomoeda Iota em Internet das Coisas – Economia das Coisas**. Dissertação de Mestrado, Inatel, Santa Rita do Sapucaí, 2021. Disponível em: <<http://tede.inatel.br:8080/jspui/bitstream/tede/227/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20V.Final%20F%C3%A1bio%20Carli%20Rodrigues%20Teixeira.pdf>>. Acesso em: 23 de agosto de 2023.

ULRICH, Fernando. **Bitcoin – A Moeda na Era Digital**. 1ª edição. São Paulo. Instituto Ludwig von Mises Brasil, 2014. Disponível em: <<https://elivros.love/livro/baixar-livro-bitcoin-a-moeda-na-era-digital-fernando-ulrich-em-epub-pdf-mobi-ou-ler-online>>. Acesso em: 03 de julho de 2023.