



Rodrigo de Araújo Soares Pereira

**Estimação de Coeficientes 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

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Administração de Empresas da PUC-Rio como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Orientador: Prof. Leonardo Lima Gomes

Rio de Janeiro
Abril de 2019



Rodrigo de Araújo Soares Pereira

**Estimação de Coeficientes Beta de Criptomoedas em
relação à Índices de Moedas Digitais, Índices de
Ações e Índice de Moedas Fiduciárias em relação ao
dólar americano**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio.

Prof. Leonardo Lima Gomes

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Marcelo Cabús Klotzle

Departamento de Administração - PUC-Rio

Prof. Carlos Lamare Bastian Pinto

Pesquisador Autônomo

Rio de Janeiro, 17 de abril de 2019

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Rodrigo de Araújo Soares Pereira

Graduou-se em Administração de Empresas pela Universidade Católica do Rio de Janeiro em 2013.

Ficha Catalográfica

Pereira, Rodrigo de Araújo Soares

Estimação de coeficientes beta de criptomoedas em relação à índices de moedas digitais, índices de ações e índice de moedas fiduciárias em relação ao dólar americano / Rodrigo de Araújo Soares Pereira; orientador: Leonardo Lima Gomes. – 2019.

58 f.: il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2019.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Criptomoedas. 3. Moedas

CDD: 658

À minha família, amigos e colegas e mestres de Mestrado.

Agradecimentos

À minha madrinha Maria Célia Fernandes de Magalhães, símbolo da generosidade e da compaixão com o próximo. Minha eterna gratidão.

À minha mãe Alda, pela incansável dedicação, pelo cuidado sem medidas e pelo amor.

Ao meu pai Wladimir, por todos os ensinamentos e carinho.

À minha irmã e grande companheira, Juliana.

À minha avó Norma, pelo exemplo, suporte e educação ao longo de toda a jornada.

À minha avó Maria Ilka, pelo carinho inesgotável.

Ao meu avô Wladimir, fonte de cultura e pelo carinho.

À Rayssa, pelos nossos planos, pelo grande amor e apoio.

Ao Antônio César Amarante, por todos os ensinamentos, pelos valores compartilhados, pelas oportunidades e pela educação. Mais do que um mentor.

Ao Juarez Fernandes, por compartilhar tanta sabedoria, conhecimento e valores. Um mestre.

A todos que estiveram ao meu lado ao longo desses últimos três anos, pela compreensão, apoio e torcida.

Resumo

Pereira, Rodrigo de Araújo Soares; Gomes, Leonardo Lima. **Estimação de Coeficientes Beta de Criptomoedas em relação à Índices de Moedas Digitais, Índices de Ações e Índice de Moedas Fiduciárias em relação ao dólar americano**. Rio de Janeiro, 2019. 64p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O Bitcoin surgiu no fim da década passada. Desde então, emergiu uma nova classe de ativos: as criptomoedas. O ecossistema das moedas digitais vem avançando a passos largos, seja pelo surgimento de novas moedas, pelo nível de capitalização, pela escalada de investidores ou pelo expressivo desempenho em 2017. Dado o quadro, as criptomoedas se consolidam a cada dia como uma alternativa de investimento, tornando-se de vez uma rota do mercado financeiro. Por consequência, surge a necessidade de avaliar e estimar medidas de risco para esses ativos. Este estudo estimou os coeficientes Beta das quatorze maiores criptomoedas da economia – de acordo com o nível de capitalização – em relação à índices teóricos, com o fito de auxiliar os gestores de portfólios no apreçamento e na formatação de estratégias. Através de uma regressão de retornos passados destas moedas sobre os retornos dos índices de criptoativos, de ações e de uma cesta de moedas contra o dólar americano, estimou-se o Beta dos ativos. A partir das análises, concluiu-se que o Bitcoin possui elevada sensibilidade aos índices de criptomoedas, mesma condicionante para o Ethereum, porém com correlação mais branda aos referenciais, bem como ao próprio Bitcoin. Quantos às demais moedas, estas não exprimiram fator de risco associado aos índices de criptomoedas, visto os baixos coeficientes. Quando analisados os criptoativos em relação aos índices acionários e de moedas contra o dólar, constatou-se que os coeficientes foram iguais a zero. Portanto, o desempenho das criptomoedas, na janela de tempo estudada, possui relação involuntária às oscilações destes índices.

Palavras-chave

Criptomoedas; Moedas Digitais; Bitcoin; Coeficiente Beta; Análise de Coeficientes Beta de Criptomoedas.

Abstract

Pereira, Rodrigo de Araújo Soares; Gomes, Leonardo Lima (Advisor). **Estimation of Beta Coefficients of Cryptocurrencies in relation to the Digital Currencies Indexes, Stock Indexes and Fiat Currency Index in relation to the US dollar.** Rio de Janeiro, 2019. 64p. MSc. Dissertation – Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Bitcoin has risen at the end of the last decade. Since then, a new class of assets emerged: the cryptocurrencies. The cryptocurrencies scenario has been advancing rapidly, by the emergence of new currencies, by the level of capitalization, either by the increase of investors or by its significant performance in 2017. Given the situation, cryptocurrencies keep consolidating itself every day as an investment alternative, becoming a permanent route for the financial market. Consequently, it becomes necessary to estimate risk measures for these assets. This study estimated the Beta coefficients of the largest cryptocurrencies – according to its capitalization level – in relation to theoretical indexes, in order to assist portfolios managers in pricing. Through a regression of past returns of virtual currencies on the returns of the cryptocurrencies' indexes, stocks and a portfolio of currencies against the US dollar, the digital assets' beta was estimated. From these analyses, it was possible to conclude that Bitcoin is significantly sensitive to cryptocurrencies' indexes, the same condition for Ethereum, but with a softer correlation to the references, as well as Bitcoin itself. With respect to the other currencies, they did not express a relevant risk factor associated with cryptocurrencies' indexes, due to low coefficient values. When analyzing the cryptocurrency in relation to the stock and currency indexes against the US dollar, it was noted that the coefficients were zero. Therefore, the digital currencies' performance of this study, in the given timeframe, has an involuntary relation to the fluctuations of those indexes.

Keywords

Cryptocurrencies; Digital Currency; Beta Coefficient; Beta Coefficients Analysis Cryptocurrencies.

Sumário

1 Introdução	11
1.1 Objetivo Final	13
1.2 Objetivos Intermediários	13
1.3 Relevância do Tema	14
1.4 Relevância do Estudo	15
1.5 Delimitações do Estudo	16
1.6 Organização do trabalho	16
 2 Referencial Teórico	 17
2.1 O Bitcoin	17
2.2 Blockchain	20
2.3 Moedas Criptografadas	22
2.3.1 Ripple	22
2.3.2 Ethereum	23
2.3.3 Bitcoin Cash	23
2.3.4 Estellar Lumens	24
2.3.5 EOS	24
2.3.6 Litecoin	25
2.3.7 Cardano	25
2.3.8 Monero	26
2.3.9 TRON	26
2.3.10 IOTA	27
2.3.11 Dash	27
2.3.12 Binance Coin	28
2.3.13 NEM	28
2.4 Índices de Referência	28
2.4.1 Bloomberg Galaxy Crypto Index (BGCI)	29
2.4.2 CRYPT10 Index	29
2.4.3 CRYPT25 Index	29
2.4.4 CRYPT50 Index	30
2.4.5 Dollar Spot Bloomberg	30
2.4.6 S&P500 Index	30
2.4.7 Dow Jones Index	31
2.4.8 Nasdaq Composite Index	31
2.5 CAPM	32
2.5.1 Taxa Livre de Risco	34
2.5.2 Beta	35
2.5.3 Prêmio de Risco de Mercado	36
 3 Metodologia	 38
3.1 A Amostra	38
3.2 Coleta de Dados	39
3.3 Ajustes da Amostra	39
3.4 Estimativas Estatísticas	40
3.5 Estrutura da Modelagem	41

4 Análise dos Resultados	42
4.1 Análise dos Coeficientes Beta de Criptomoedas	42
4.1.1 Em relação ao Índice BGCI	42
4.1.2 Em relação ao Índice CRYPT10	43
4.1.3 Em relação ao Índice CRYPT25	45
4.1.4 Em relação ao Índice CRYPT50	46
4.1.5 Em relação ao Bitcoin	47
4.1.6 Em relação ao Índice S&P500	48
4.1.7 Em relação ao Índice Nasdaq	49
4.1.8 Em relação ao Índice Dow Jones	51
4.1.9 Em relação ao Índice Dollar Spot Bloomberg	52
5 Conclusões	53
5.1 Principais Resultados e Considerações Finais	53
5.2 Sugestões de Estudos Futuros	54
6 Referencial Bibliográfico	55

Lista de Tabelas

Tabela 1: Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice BGCI	43
Tabela 2: Medidas estatísticas do Índice BGCI	43
Tabela 3: Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice CRYPT10	44
Tabela 4: Medidas estatísticas do Índice CRYPT10	44
Tabela 5: Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice CRYPT25	45
Tabela 6: Medidas estatísticas do Índice CRYPT25	46
Tabela 7: Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice CRYPT50	46
Tabela 8: Medidas estatísticas do Índice CRYPT50	47
Tabela 9: Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Bitcoin	48
Tabela 10: Medidas estatísticas do Bitcoin	48
Tabela 11: Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice S&P500	49
Tabela 12: Medidas estatísticas do S&P500	49
Tabela 13: Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice NASDAQ	50
Tabela 14: Medidas estatísticas do índice NASDAQ	50
Tabela 15: Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice Dow Jones	51
Tabela 16: Medidas estatísticas do índice Dow Jones	51
Tabela 17: Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao BBDXY	52
Tabela 18: Medidas estatísticas do índice Dollar Spot Bloomberg	52

Introdução

No âmbito global, os temas gestão de portfólio e alocação de recursos ganham cada vez mais relevância à medida que, ao longo dos anos, crescem as alternativas de investimentos e evoluem as teorias de gestão. Diante deste cenário, a busca por novas teses de alocação, bem como por constituição de portfólios diversificados e eficientes, segue como instrumento inevitável para obtenção de performance competitiva na indústria de gestão de fundos de investimentos.

Nesta linha, considerando a contínua necessidade de desempenho dos fundos, os gestores, responsáveis pela estruturação dos portfólios de investimentos, trabalham de forma acurada a configuração das carteiras e observam de perto o quadro sistemático que as envolve, objetivando, assim, uma relação ótima entre risco e retorno. Residindo na seleção de ativos, a essência da atividade de alocação de recursos financeiros.

Markowitz (1952) prega, através de seu modelo de portfólio, que o melhor situacional para a alocação de recursos não é a concentração de investimentos nos ativos que apresentam os maiores retornos esperados, visto que é possível obter combinações mais eficientes de alocação de recursos, com melhor relação entre o retorno esperado versus o risco incorrido. Trata-se da diversificação. O conceito transcorre da constatação de que os preços dos ativos financeiros não se movem de forma conjunta, uma vez que possuem uma correlação imperfeita. Em outras palavras, a variância total de uma carteira é reduzida pelo fato de a variação no preço de um ativo individual ser compensada por variações complementares nos demais.

Sob a lupa da Moderna Teoria de Portfólio, do próprio Markowitz, a visão holística e o conhecimento apurado das classes de ativos são determinantes essenciais para com a diversificação dos recursos disponíveis. Uma vez que esta é parte estratégica na gestão de carteiras nos dias de hoje, dado o extenso arcabouço de ativos passíveis de investimentos e a complexa estrutura financeira no mundo.

Não diferente de seu comportamental histórico, sempre muito criativo e ágil, os últimos anos foram marcados pela evolução consistente dos meios e das alternativas de investimentos no mercado financeiro global – fato este que tem favorecido em muito a diversificação dos portfólios, dada a maior amplitude para alocação. Todavia, nenhuma concepção ou desenvolvimento se compara ao surgimento das moedas digitais, as quais vêm ganhando relevância e celeridade representatividade global.

A primeira moeda digital, o Bitcoin, surgiu no fim da década passada. Desde então, a partir desta tecnologia, emergiu uma nova classe de ativos, as criptomoedas, tendo, no Bitcoin, a tecnologia base para derivação evolutiva da classe. O Bitcoin é uma moeda digital, criptografada, de tecnologia ponto a ponto, estruturada em uma rede de código aberto (o *Blockchain*) e que não depende de nenhuma autoridade central. A moeda, também concebida como um princípio tecnológico, foi o primeiro sistema de pagamentos global totalmente descentralizado (Ulrich, 2014).

Com uma década do pioneirismo do Bitcoin, o cenário das criptomoedas vem avançando a passos largos, seja pelo surgimento de novas moedas – atualmente existem 1.627, segundo o site de dados Coin Market Cap –, pelo preponderante nível de capitalização (na marca de 289 bilhões de dólares americanos), pela escalada no número de investidores ou pelo expressivo desempenho em 2017 (Coin Market Cap, 2018).

De acordo com a Satoshi Capital Research e o site Coin Market Cap, até o dia 30 de novembro de 2018, somente o Bitcoin tinha negociado um volume financeiro de 2,2 trilhões de dólares americanos no mundo. O vultoso fluxo financeiro representa uma evolução de 61% em relação ao ano de 2017, quando o número estava na casa de 870 bilhões dólares (Bitcoinist, 2018).

Destacando o ambiente de moedas digitais no Brasil, o número de investidores brasileiros em criptomoedas já ultrapassava a marca de 1,3 milhões – mais do que o dobro de investidores cadastrados na Bolsa de Valores brasileira, no período em torno de 620 mil (Guimarães, 2018).

Dado o quadro atual, as criptomoedas se consolidam a cada dia como alternativa de investimento e alocação de recursos, tornando-se de vez uma rota efetiva e acessível na ampla rede do mercado de capitais. Por conseguinte, a necessidade de avaliar, valorar e referenciar esses ativos. Seguindo esta linha, o

referido estudo está pautado em estimar os coeficientes beta destes criptoativos (como também são conhecidas as moedas digitais), com o fito de auxiliar os gestores de portfólios no apreçamento e na formatação de estratégias de alocação.

1.1.

Objetivo Final

O objetivo central do estudo compreende em estimar os coeficientes beta de quatorze criptomoedas em relação à:

- a) índices de moedas digitais (BGCI, CRYP10, CRYP25 e CRYP50);
- b) moeda digital bitcoin (BTC);
- c) índices de bolsas de valores mobiliários (S&P500, NASDAQ e Dow Jones);
- d) índice de uma cesta de moedas contra o dólar norte-americano (BBDXY).

No estudo realizado, as variáveis utilizadas na regressão linear são: retorno dos ativos e índices.

1.2.

Objetivos Intermediários

A presente dissertação utiliza-se de objetivos intermediários como pontes elementares para o pleno suporte e atendimento íntegro do objetivo final. Nesta linha, para conceber a temática fundamental envolvida no estudo, é preciso, primeiramente, compreender o arcabouço ambiental das criptomoedas e sua pedra fundamental – à luz da primeira moeda digital do mundo –, o Bitcoin. Em segundo plano, levantar as principais moedas digitais, de acordo com o índice de negociabilidade (liquidez) e de capitalização, bem como descrever suas características. Para então, estimar o beta das moedas selecionadas em relação aos referenciais propostos pelo trabalho: índices de criptomoedas, o Bitcoin, os índices de bolsas e o índice de uma cesta de moedas contra o dólar norte-americano.

Por fim, este trabalho apresenta, ainda, um referencial teórico sobre o conceito de estimativa do custo de capital próprio pelo modelo *Capital Asset*

Pricing Model (CAPM), focado no elementar coeficiente beta, principal medida analisada no referido estudo.

1.3.

Relevância do Tema

Desde a chegada do Bitcoin já se passaram dez anos. Neste período, o ecossistema das moedas digitais se desenvolveu de forma acelerada. Atualmente, contabiliza-se centenas de criptomoedas, os protocolos são diversos (características digitais de cada moeda) e os fins são os mais variados; todavia, o que todas elas mantêm em comum é a tecnologia *Blockchain* (na tradução da língua inglesa, corrente de blocos). Por conta disso, é vista como a mais notável inovação tecnológica do disruptivo Bitcoin. Seu projeto original serve de inspiração para o surgimento de novos criptoativos, bem como é utilizado em diversas frentes de negócios – que empregam banco de dados.

A tecnologia Blockchain funciona como um livro-razão¹ público e distribuído, onde são registradas todas as transações concretizadas – nada mais é do que um grande banco de dados universal, que contempla o histórico de todas as negociações realizadas na economia Bitcoin (Ulrich, 2014). Sua introdução trouxe consigo mais segurança e transparência às transações. Por conseguinte, permitiu emergir essa nova classe de moedas, fundamentada no reconhecido e intitulado protocolo de confiança (Tapscott, 2016).

De acordo com a base de dados do site Coin Market Cap, a classe é composta por mais de dois mil criptoativos, que podem vir a ser negociados em 16.344 *Exchanges* (como são conhecidas as plataformas de negociação – estão para o mercado de moedas digitais como as corretoras de valores mobiliários estão para o mercado de capitais) espalhadas pelo mundo, com um volume de transações bilionário por dia – caso do Bitcoin que, no ano de 2018, negociou em média um volume financeiro diário de 6,6 bilhões de dólares americanos (Coin Market Cap, 2018).

¹ Livro-razão é o nome dado pelos profissionais de contabilidade à congregação dos registros contábeis de uma organização que utiliza a metodologia de partidas dobradas. Nele, é possível visualizar todas as transações ocorridas em dado período de uma empresa.

O desempenho das moedas também é expressivo, e o Bitcoin não foge desta tônica: sua performance em 2017 foi extraordinária. Em março daquele ano sua cotação não passava dos mil dólares norte-americanos e, em dezembro deste mesmo ano, seu valor atingia seu ápice até os dias atuais, cotado a USD \$20.089,00, uma evolução superior a 2.000%. Sua volatilidade é igualmente impressionante: sua última cotação, em 2018, foi de USD \$3.742,70, uma desvalorização de 81% frente à máxima histórica notada acima.

Tamanha a preponderância galgada pelo Bitcoin e, conseqüentemente, pela classe de criptomoedas, é o fato de a moeda digital ter debutado – em dezembro de 2017 – na CBOE (*Chicago Board Options Exchange*) e na CME (*Chicago Mercantile Exchange & Chicago Board of Trade*), respeitáveis bolsas de valores americanas que negociam contratos futuros e derivativos. Tanto a CME quanto a CBOE são empresas centenárias, tradicionais e reguladas pela SEC (equivalente à CVM no Brasil) e pela CFTC (*Commodity Futures Trading Commission*).

As condições e o cenário construídos acerca das moedas digitais nos últimos três anos as legitimam, bem como as colocam de fato na rota dos gestores de recursos. Assim, atividades como: avaliar, valorar e estimar os riscos se tornam essenciais para seleção dos ativos digitais e composição de um portfólio eficientemente diversificado.

1.4.

Relevância do Estudo

Tendo em vista o cenário de consolidação das criptomoedas como uma classe de ativo e alternativa de investimento, o referido estudo irá contribuir para com a indústria de gestão de recursos, ao passo que o objetivo deste trabalho está pautado em fornecer estimativas de risco de criptomoedas que auxiliem os gestores de portfólios na constituição de carteiras de investimentos. O estudo traz uma análise do coeficiente beta das quatorze maiores criptomoedas, em valor de mercado, em relação à índices teóricos, residindo neste atributo o valor do trabalho. Os achados podem ajudar a entender melhor a correlação dos retornos de criptomoedas em relação ao desempenho comportamental dos índices de referência do mercado.

1.5.

Delimitações do Estudo

Este trabalho não tem como objetivo valorar o preço justo dos criptoativos abordados, assim como atribuir uma tese de investimento ou ponderar sobre os aspectos econômicos que envolvem as moedas criptografadas. Não é objeto deste estudo, ainda, estabelecer um direcional para alocação de recursos e tampouco constituir a formação de um portfólio para investimentos. A dissertação também não pretende analisar a efetividade e a usabilidade das moedas digitais ou sequer seus propósitos e protocolos particulares.

Assim, o estudo se delimitará a estimar o beta de criptoativos selecionados em relação aos referenciais de índices notados e ao Bitcoin, com o fito de exprimir tal métrica de análise, de modo a auxiliar gestores de investimentos em suas alocações e, por conseguinte, em suas constituições de portfólios.

1.6.

Organização do trabalho

O referido estudo é composto por cinco capítulos. Além desta etapa introdutória, é formado por uma seção de referencial teórico, na qual é apresentado o arcabouço do Bitcoin, bem como da tecnologia *Blockchain*. Para mais, os conceitos do coeficiente beta e do modelo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM). Os capítulos subsequentes compreendem a modelagem do estudo, a análise dos resultados e da conclusão, ultimado pela etapa de referências bibliográficas.

O capítulo dois, relativo ao Referencial Teórico, compreende a revisão da literatura sobre o Bitcoin, o *Blockchain*, sobre o coeficiente beta e o CAPM.

Já o capítulo três contempla a abordagem à metodologia utilizada para realização do trabalho.

No capítulo quatro, sob o título de Análise dos Resultados, encontram-se as análises e compreensões sobre os dados tratados neste trabalho.

Por fim, o capítulo cinco, que traz a conclusão do estudo, as considerações finais e sugestões para futuras pesquisas sobre o tema.

2

Referencial Teórico

O presente capítulo propõe-se a contextualizar o arcabouço das criptomoedas, sob a lupa da primeira e até o momento mais relevante moeda digital do globo, o Bitcoin. São apresentados os principais aspectos e definições sobre as moedas relacionadas no estudo, bem como sobre a tecnologia Blockchain. Também disserta-se sobre a concepção central dos índices de referência e suas respectivas definições. Este capítulo possui, ainda, o objetivo de apresentar o conceitual relacionado ao coeficiente beta e, de modo consequente, o Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (na sigla em inglês, CAPM).

2.1.

O Bitcoin

Até o advento do Bitcoin, no ano de 2008, projetado e configurado por um programador não identificado, conhecido apenas pelo pseudônimo de Satoshi Nakamoto, transações pela internet (online) sempre exigiram um terceiro intermediário de confiança.

Por exemplo, se Alice quisesse enviar 100 u.m. (unidade monetária) ao Bob por meio da internet, ela teria que depender de serviços de terceiros como PayPal ou Mastercard. Intermediários como o PayPal mantêm um registro dos saldos em conta dos clientes. Quando Alice envia 100 u.m ao Bob, o PayPal debita a quantia de sua conta, creditando-a na de Bob.

Sem tais intermediários, um dinheiro digital poderia ser gasto duas vezes. Imagine que não haja intermediários com registros históricos, e que o dinheiro digital seja simplesmente um arquivo de computador, da mesma forma que documentos digitais são arquivos de computador. Alice poderia enviar ao Bob 100 u.m. simplesmente anexando o arquivo de dinheiro em uma mensagem. Mas assim como ocorre com um e-mail, enviar um arquivo como anexo não o remove do computador originador da mensagem eletrônica. Alice reteria a cópia do arquivo após tê-lo enviado anexado à mensagem. Dessa forma, ela poderia facilmente enviar as mesmas 100 u.m. ao Charlie. Em ciência da computação, isso é conhecido como o problema do “gasto duplo”, e, até o advento do Bitcoin, essa questão só poderia ser solucionada por meio de um terceiro de confiança que empregasse um registro histórico de transações. (Brito & Castillo, 2013, p.3).

De acordo com Nakamoto (2008), o protocolo Bitcoin consiste em um sistema para transações eletrônicas sem a dependência da confiança de um terceiro

intermediador. E utiliza-se da estrutura usual de moedas criadas a partir de assinaturas digitais, bem como fornece um forte controle de propriedade. Baseada numa rede *peer-to-peer*, a tecnologia evita gastos duplicados. Além disso, permite o registro num histórico público de transações.

O invento Bitcoin é disruptivo, visto que, pela primeira vez, a questão do “gasto duplo” pode ser solucionada sem a necessidade de um terceiro. Por meio de uma rede *peer-to-peer*, o Bitcoin distribui o registro histórico entre todos os usuários do sistema. Todas as transações que ocorrem na economia do Bitcoin são registradas num livro-razão público e distribuído, chamado de *Blockchain*. Novas transações são verificadas em relação à cadeia de blocos, de modo que possam garantir que os mesmos Bitcoins não tenham sido gastos anteriormente, eliminando, assim, o problema de gastos duplicados. Desta forma, a rede global *peer-to-peer*, composta por milhares de usuários, substitui o lugar de um intermediário (Brito & Castillo, 2013).

O Bitcoin é uma forma de dinheiro. É uma moeda digital e sistema de pagamento online em que as técnicas de criptografia são usadas para regular a geração de unidades de moeda e verificar a transferência de fundos, operando independentemente de um banco central (Swan, 2010).

De acordo com Ulrich (2014, p.15),

o Bitcoin é uma forma de dinheiro, assim como o real, o dólar ou o euro, com a diferença de ser puramente digital e não ser emitido por nenhum governo. O seu valor é determinado livremente pelos indivíduos no mercado.

Desta maneira, as transações na rede não são denominadas em moedas fiduciárias (real, dólar ou euro), como são no PayPal ou Mastercard; em vez disso, são denominadas em Bitcoins. Por conta disso, é concebida como uma moeda virtual, além de uma rede de pagamentos não centralizada. Assim, o valor de sua moeda não é derivado do ouro ou da força de um estado, mas sim do valor que as pessoas atribuem à moeda. O valor em dólares de um Bitcoin é determinado em um mercado aberto, do mesmo modo como a taxa de câmbio entre diferentes moedas do mundo (Brito & Castillo, 2013).

A cadeia de valor do Bitcoin é composta por vários grupos constituintes: desenvolvedores de *software*, mineradores, *exchanges*, serviços de processamento, empresas de *web wallet* e usuários/ consumidores. Sob a ótica de um usuário, os

elementos importantes na transação de moedas são: a chave pública (também conhecida como endereço, que pode ser compartilhada com a rede), a chave privada (que é mantida em segredo, como uma senha) e um *software* de carteira. A chave pública é por onde outros podem enviar o Bitcoin para você, e a chave privada é o segredo criptográfico pelo qual você pode enviar o Bitcoin para outras pessoas. O *software* Wallet é o *software* que você executa no seu próprio computador para gerenciar seu Bitcoin, independente da *exchange* utilizada para compras anteriores. Não há "conta" centralizada. Caso o usuário tenha a chave privada para um endereço, você pode usar essa chave privada para acessar a moeda associada a esse endereço de qualquer computador conectado à internet. O *software* Wallet também pode manter uma cópia do *Blockchain* – o registro de todas as transações que ocorreram nessa moeda – como parte de uma rede descentralizada pela qual as transações Bitcoins são verificadas (Swan, 2010).

Quando Alice decide transferir bitcoins para Bob, ela cria uma mensagem, chamada de "transação", que contém a chave pública de Bob, e assina com sua chave privada. Ao analisar a chave pública de Alice, qualquer pessoa pode verificar se a transação foi realmente assinada com sua chave privada, se é uma troca autêntica e se Bob é o novo proprietário dos fundos. A transação - e, portanto, a transferência de propriedade dos bitcoins - é registrada, marcada com data e exibida em um "bloco" da blockchain. A criptografia de chave pública garante que todos os computadores da rede tenham um registro constantemente atualizado e verificado de todas as transações dentro da rede Bitcoin, o que evita gastos duplicados e fraudes. (Brito & Castillo, 2013).

A rede *peer-to-peer*, segundo Jerry Britto e Andrea Castillo (2013), está fundamentada na ausência de uma autoridade central encarregada de criar unidades monetárias ou de verificar transações. Esta depende dos usuários que fornecem seu poder de computação para fazerem as validações e registros de transações. Esses usuários são chamados de "mineradores", uma vez que são remunerados pelo trabalho com Bitcoins recém-criados. Os Bitcoins são criados ou "extraídos", em virtude de milhares de computadores dispersos, que resolvem problemas matemáticos complexos e verificam as transações na *Blockchain*.

2.2.

Blockchain

Segundo Ulrich (2014), todas as transações que ocorrem na economia Bitcoin são registradas em um livro-razão público e distribuído, chamado de *Blockchain* (na tradução para o português, corrente de blocos), que compreende um registro público de transações. Assim, o *Blockchain* pode ser definido como um grande banco de dados universal, que contém o histórico de todas as transações realizadas nesse ambiente.

Atualmente, com o surgimento de novos criptoativos – sendo estes, majoritariamente, fundamentados na tecnologia *Blockchain* –, qualquer moeda, contrato financeiro ou ativo fixo ou flexível pode ser transacionado no sistema *Blockchain*. A tecnologia pode ser usada não só para transações, mas também como um sistema de registro e inventário, de modo que possa: registrar, rastrear, monitorar e transacionar todos os ativos. O *Blockchain* é, literalmente, como uma planilha gigante para registrar todos os ativos em um sistema contábil e de negociação numa escala global, o que sugere incluir todas as formas de ativos mantidos por todas as partes no mundo. Deste modo, o *Blockchain* pode ser usado para qualquer forma de registro de ativos, estoque e troca, incluindo as áreas de finanças e economia: ativos tangíveis (propriedade física) e ativos intangíveis – votos, ideias, reputação, intenção, dados de saúde, entre outros (Swan, 2010).

Um *Blockchain* é um *ledger* (na tradução para o português seria algo como o livro-razão), no qual agentes conhecidos como escritores (ou nós) se revezam na gravação de informações. O *ledger* consiste em uma árvore de blocos que contém todas as informações registradas pelos escritores a partir do primeiro bloco, que é chamado de bloco genesis. Cada ramo da árvore corresponde a uma cadeia que leva de volta ao bloco genesis (daí o nome “*Blockchain*”). Os leitores e escritores do livro-razão devem chegar a um consenso sobre qual estado é considerado o estado válido. Normalmente, a rede (os usuários) coordena a cadeia mais longa de blocos, como o estado válido, como sugerido por Nakamoto (2008). A cada escritor é permitido, periodicamente, adicionar um bloco à árvore. Os escritores (também conhecidos como mineradores), geralmente ampliam apenas a cadeia de consenso e os leitores agirão apenas em resposta a eventos dessa cadeia. A decisão de um escritor de estender uma determinada cadeia pode ser vista como um sinal de que o

escritor aceita essa cadeia como válida. Escritores são recompensados por alcançar consenso através da aceitação dos leitores da corrente que eles criam. Em geral, os escritores acumulam recompensas e taxas de transação para cada bloco adicionado à árvore, portanto, essas recompensas são realizadas somente se essas taxas estiverem na cadeia de consenso (Abadi & Brunnermeier, 2018).

Neste sentido, tem-se que o protocolo foi fundamentado na contribuição da força de processamento de cada computador da rede (mineradores), com o fito de sustentar a infraestrutura exigida (manutenção e autenticação) pelo ambiente da moeda digital. Assim, por contribuir com a força de processamento para manter a rede e por validar as transações no *Blockchain*, os mineradores são premiados com Bitcoins recém-criados. E, à medida que mais capacidade computacional é dedicada à mineração, o protocolo exige maior capacidade na resolução dos problemas matemáticos, garantindo que Bitcoins sejam sempre minerados a uma taxa previsível e limitada (Ulrich, 2014).

Em suma, a mineração de ativos digitais compreende um processo genuinamente matemático que, à luz do Bitcoin, consiste na procura da sequência de dados (conhecida como “bloco”), que produz determinado padrão quando o algoritmo “*hash*”² do bitcoin é aplicado aos dados (Tindell, 2013).

O *Blockchain* é reconhecido como a principal inovação tecnológica do Bitcoin, uma vez que se apresenta como um mecanismo à prova de “*trustless*” (sem confiança) de todas as transações na rede. Os usuários podem confiar no sistema do *ledger* público armazenado em todo o mundo, em diversos nós descentralizados, mantidos por uma rede *peer-to-peer*, ao invés de estabelecer e manter confiança com a contraparte da transação (outra pessoa) ou um intermediário de terceiros (como uma instituição financeira). Por conseguinte, o *Blockchain*, como a arquitetura de um novo sistema de transações descentralizadas, segura e transparente, é a principal inovação advinda com o Bitcoin. Assim, tem-se uma tecnologia que permite a desintermediação e a descentralização de todos os tipos de transações entre todas as partes do globo (Swan, 2010).

² A função *hash* é um algoritmo utilizado pelo protocolo do Bitcoin e de outras criptomoedas para transformar um grande número de informações em uma sequência numérica hexadecimal de tamanho fixo. No caso da criptomoeda, cada *hash* é criado com o auxílio de um algoritmo duplo-SHA-256, que cria um número randômico de 512 bits (ou 64 bytes). Fonte: <https://cointimes.com.br/o-que-e-a-funcao-hash-na-mineracao-de-bitcoins/>

2.3.

Moedas Criptografadas

As moedas virtuais se baseiam na criptografia introduzida em seus algoritmos, que permitem a geração de novas moedas, a validação de transações e outras características intrínsecas ao propósito de cada tecnologia. À luz da conceituação do Bitcoin, a primeira moeda digital e sistema de pagamentos global totalmente descentralizado, apresenta-se uma relação de treze moedas criptografadas abordadas neste trabalho, organizadas de acordo com o nível de capitalização (neste caso, do maior para o menor). Nesta fase, não se fez necessária nova exposição descritiva do Bitcoin, vide apresentação nos tópicos anteriores.

2.3.1.

Ripple (XRP)

O Ripple, desenvolvido pela companhia Ripple Labs, é um protocolo distribuído e de código aberto, cujo propósito é otimizar a rede global de pagamentos, tornando-a em tempo real. Logo, por meio do Ripple, as transações financeiras apresentam menor custo, mais segurança e instantaneidade. Sua plataforma possibilita a transação de *tokens*³, que representam moedas fiduciárias (governamentais, de força de estado), criptomoedas, commodities, além de outras unidades de valores. Ao contrário do Bitcoin, o Ripple é controlado por uma empresa privada, que possui comando relevante do *token* XRP (Flow BTC, 2019).

O XRP é a moeda nativa da rede Ripple, isto é, a unidade base de valor transacionada na rede. Esta criptomoeda pode ser dividida em um milhão de partes iguais, sendo cada fração denominada “gota” (*drop*, em inglês). Caso duas pontas não estabeleçam uma relação de confiança para transacionar um determinado ativo, convertem este para XRP, uma vez que todo ativo listado na rede tem um preço em XRP (Ripple, 2019).

³ “Token” é uma moeda digital que necessita de uma outra plataforma para existir e funcionar. Fonte: <https://livecoins.com.br/diferenca-de-token-e-criptomoedas/>

2.3.2.

Ethereum

O Ethereum compreende uma plataforma descentralizada e de código aberto, que permite a programação de aplicativos, contratos inteligentes⁴ e transações da criptomoeda Ether (ETH), entre outros *tokens*. Sua estrutura está fundamentada na tecnologia de *Blockchain*. Por obra, muitos consideram o Ethereum uma evolução no conceito da tecnologia *Blockchain*. O conceitual foi concebido pelo programador canadense Vitalik Buterin, em 2013 – a plataforma debutou *online* no dia 30 de julho de 2015. Segundo o site Coin Market Cap, o Ethereum possui a terceira maior capitalização do mercado, atrás apenas do Bitcoin e XRP (Foxbit, 2019).

Ao contrário do Bitcoin, o *Blockchain* Ethereum foi programado para ser adaptável e flexível, isso despertou e atraiu interesse de grandes organizações corporativas e programadores pelo mundo. O Ether é um elemento necessário para o *Blockchain* Ethereum. O *token* nativo trabalha como se fosse um combustível, uma forma de pagamento realizada pelos clientes da plataforma para que as máquinas possam realizar as operações de contratos inteligentes. Nesta linha, é considerado um ativo digital, pode ser utilizado para validação dos contratos, bem como usado para premiar mineradores (Flow BTC, 2019).

2.3.3.

Bitcoin Cash

O Bitcoin Cash é uma derivação da plataforma Bitcoin, porém é regido por um protocolo alternativo. Em termos técnicos, a criptomoeda surgiu de uma bifurcação da rede – conhecida como *hard fork* – com o intento de promover maior capacidade de transação em comparação com o Bitcoin, sendo esta a justificativa para a separação. No decurso do processo de criação, os detentores de Bitcoin tiveram suas reservas privadas duplicadas – estas foram denominadas Bitcoin Cash. Naquele momento, surgia uma propriedade apartada do Bitcoin e com propriedades

⁴ Contratos inteligentes consistem em acordos que são executados sem a dependência de confiança de ninguém. Suas condições são avaliadas e executadas por código de computador, tornando-o em algo que não exige a confiança de ninguém. Fonte: <https://blockchainacademy.com.br/verdade-sobre-os-contratos-inteligentes/>

distintas. O Bitcoin Cash (BCH) foi fundado por Roger Keith Verno, no dia 1 de agosto de 2017. Em linhas gerais, seu arcabouço contempla blocos que possuem 8 MB, o que possibilita transações sete vezes mais rápidas que a rede Bitcoin que, à época, já sofria com a capacidade de processamento de transações. O BCH é a moeda nativa da *Blockchain* Bitcoin Cash, isto é, a unidade base de valor transacionada na rede (Guia do Bitcoin, 2019).

2.3.4.

Stellar Lumens

A Stellar é uma plataforma de código aberto, de protocolo descentralizado e que permite transações multi-moedas (envio e recebimento). Além disso, também é concebida como uma rede de pagamentos. Na fundação, constituiu-se com base no protocolo da Ripple, uma vez que o criador da Stellar (Jed McCaleb) também foi um dos fundadores da Ripple. Em linhas gerais, alguns aspectos da tecnologia utilizada nas transações da Stellar se assemelham à Ripple, porém em uma versão descentralizada, uma vez que a Ripple é uma moeda centralizada (Guia do Bitcoin, 2019).

Em dezembro de 2014, após a identificação de falhas no sistema de consenso Ripple/Stellar, fizeram com que a rede Stellar tivesse que criar uma ramificação no seu *Blockchain*. A *Stellar Development Foundation*, organização que supervisiona o desenvolvimento da rede Stellar, lançou o código e o *white paper* (documento informativo) do novo algoritmo. No *white paper*, David Mazières introduz um novo modelo para consenso, chamado de Acordo Bizantino Federado. O Lumens (XLM) é a moeda nativa da *Blockchain* Stellar. Em outras palavras, é a unidade base de valor transacionada na rede (Stellar, 2019).

2.3.5.

EOS

O EOS, como o Ethereum, também é uma plataforma para aplicações descentralizadas e contratos inteligentes; porém, possui diferenças notáveis no que tange à estrutura do *Blockchain* e escalabilidade das transações. O EOS, em seu

protocolo, promete altíssima velocidade, grande volume e custos de transação zero por meio do consenso *Delegated Proof of Stake* (DPoS). O EOS é a moeda nativa da *Blockchain* EOS, ou seja, é a unidade base de valor negociada na rede. Como em outras plataformas, este *token* nativo trabalha como um suprimento, uma forma de pagamento ou empréstimo realizado pelos clientes do *hub* para que as máquinas possam executar as operações dos contratos inteligentes (Flow BTC, 2019).

Um dos papéis inovadores do *Token* EOS é a participação na governança da plataforma. Todos os detentores de *tokens* tem a possibilidade de votar nos 21 blocos de mineradores eleitos para serem os validadores da plataforma (nesta espécie de eleição, 1 *token* EOS = 1 voto). O *Initial Coin Offering* (conhecido pela sigla ICO; corresponde à oferta inicial de moedas) do EOS é o maior da história das criptomoedas – a moeda captou 4 bilhões de dólares em uma rodada. No dia 1 de junho, eles lançaram a sua plataforma *open source* (Flow BTC, 2019).

2.3.6.

Litecoin

O Litecoin (LTC) é uma criptomoeda eletrônica, *peer-to-peer* e que não depende de uma autoridade central. Seu protocolo permite pagamentos instantâneos e compartilha do mesmo código do Bitcoin, todavia com distinções. É também concebida como uma rede de pagamentos mundial, onde as transações envolvendo os *tokens* são criptografadas no *Blockchain* Litecoin e a moeda funciona como forma de remuneração dos mineradores e unidade de valor na rede (Foxbit, 2019). O Litecoin possui confirmação de transações mais céleres e melhor eficiência de armazenamento comparado com a moeda inspiradora, o Bitcoin. Foi criada por Charlie Lee, que resolveu criar uma moeda mais rápida a partir do código do Bitcoin. Seu ICO foi em outubro de 2011 (Flow BTC, 2019).

2.3.7.

Cardano

Com uma concepção semelhante ao Ethereum, o Cardano compreende uma plataforma virtual, descentralizada e de código aberto. Com foco em segurança,

utiliza-se de uma arquitetura em camadas, o auto descrito "*Blockchain* de terceira geração", sendo o primeiro do gênero a ser criado a partir da filosofia científica e construído com base em pesquisas acadêmicas. Tem como objetivo executar contratos inteligentes, cadeias laterais, aplicativos descentralizados, computação multipartidária, entre outros. Tal estrutura executa o *Blockchain* para as transações da criptomoeda ADA. Foi criado pela empresa de desenvolvimento de *Blockchain* Input Output Hong Kong (IOHK). Seu ICO foi em setembro de 2017 (Cardano, 2019).

2.3.8.

Monero

O Monero é uma moeda digital, de código aberto e descentralizada. Seu fundamento é lastreado em um protocolo de nível criptográfico focado em privacidade e anonimato (chamado *Ring Signatures*), onde o objetivo reside na não rastreabilidade, concebendo-se, assim, elevado grau de privacidade. É também concebido como uma rede de pagamentos, onde as transações envolvendo os *tokens* são criptografadas no *Blockchain* Monero e a moeda funciona como forma de remuneração dos mineradores e unidade de valor na rede. Todavia, ao contrário de outras criptomoedas como o Bitcoin, o Monero protege a privacidade de seus usuários, vide a não revelação de remetentes e destinatários, bem como os fluxos envolvidos em cada transação. O protocolo subjacente do Monero, chamado de CryptoNote, foi originalmente lançado em outubro de 2013 (Monero, 2019).

2.3.9.

TRON

O TRON compreende uma plataforma *peer-to-peer*, de código aberto e descentralizada, que permite diferentes tecnologias de *Blockchain* e redes de contratos inteligentes (como Ethereum, EOS, Bitcoin, entre outros). Além disso, oferece aos programadores ferramentas multiprotocolos para desenvolvimento de aplicativos de conteúdo. Em suma, a plataforma objetiva que seus usuários acessem conteúdo de entretenimento de todas as partes do mundo sem precisar da assistência

de serviços intermediários (Lucas, 2018). Segundo a Tron Foundation, seu protocolo está fundamentado na tecnologia *Blockchain* – oferecendo escalabilidade, elevada disponibilidade e capacidade – que dá suporte a todas as aplicações descentralizadas no ecossistema TRON. A moeda virtual nativa da plataforma é o Tronix (TRX). O ICO da Tron ocorreu em setembro de 2017 (Tron, 2019).

2.3.10.

IOTA

O IOTA, diferente das moedas digitais abordadas acima, não utiliza a tecnologia *Blockchain*, todavia está fundamentado numa plataforma descentralizada e criptografada. Seu protocolo está embasado na arquitetura Tangle, conhecida pela sigla DAG, que promete maior velocidade no processamento de transações e maior precisão de dados. Segundo a IOTA Foundation, a organização tem como objetivo promover um ecossistema de microtransações seguro e descentralizado para a Internet das Coisas (na sigla em inglês, IoT). A moeda eletrônica nativa da plataforma é o MIOTA e seu ICO ocorreu em novembro de 2015 (IOTA, 2019).

2.3.11.

Dash

O Dash, como o Bitcoin Cash, surgiu de uma bifurcação (*hard fork*) da rede Bitcoin, com o fito de garantir privacidade (anonimato) e instantaneidade às transações em comparação ao Bitcoin, além de outros elementares técnicos da rede, sendo esta a justificativa para a separação e criação da moeda digital (Guia do Bitcoin, 2019). O Dash é uma moeda digital e meio de pagamentos. A plataforma é estruturada no conceito *peer-to-peer*, de código aberto e descentralizada. Foi a primeira moeda virtual a implementar uma rede de dois níveis. A moeda eletrônica nativa da plataforma provém do seu próprio nome, o DASH (Dash, 2019).

2.3.12.

Binance Coin

A Binance é uma plataforma de transações de criptomoedas. Em outras palavras, uma bolsa de moedas digitais, que fornece estrutura para negociação de mais de cem moedas criptografadas. A Binance possui sua própria moeda nativa, o BNB, utilizada para atender os usuários da própria plataforma de negócios (pagamentos de alíquotas de transação, de listagem, entre outras). Sua arquitetura de *software* é executada no *Blockchain* Ethereum. O ICO do BNB aconteceu em julho de 2017 (Lucas, 2018).

2.3.13.

NEM

O NEM é uma plataforma *Blockchain*, escrita em Java, que permite um modelo de distribuição ampla, bem como uma criptomoeda. Na concepção, introduziu novos recursos para tecnologia *Blockchain*, como seu algoritmo de prova de importância, contas de múltiplas assinaturas, mensagens criptografadas e um sistema de reputação. O *Blockchain* NEM permite que múltiplos registros coexistam em um bloco. Todas as transações no ecossistema possuem taxa, sendo estas arcadas com o XEM, a moeda digital nativa da tecnologia. O ICO do NEM aconteceu em março de 2015 (NEM, 2019).

2.4.

Índices de Referência

Intrínseca à sua atuação, o ato de comparar reflete a essência da atmosfera de investimentos. Nesta tônica, em sua concepção, os índices de referência representam um parâmetro de indicação do retorno médio de determinada cesta teórica de ativos (ou taxa referencial), bem como funcionam como uma régua de comparação para avaliação do desempenho de uma classe de investimento. No mercado financeiro são conhecidos como *benchmarks*.

2.4.1.

Bloomberg Galaxy Crypto Index (BGCI)

O Bloomberg Galaxy Crypto Index (BGCI) é um índice projetado para medir o desempenho das maiores criptomoedas transacionadas na economia global. O índice é de propriedade e administrada pela Bloomberg em parceria com a Galaxy Digital Capital Management. O referencial é reequilibrado e reconstituído mensalmente, de acordo com as regras constituintes, podendo ter ao máximo doze moedas digitais, classificadas por capitalização de mercado (Bloomberg, 2019).

2.4.2.

CRYP10 Index

O CRYP10 Index foi projetado para acompanhar o comportamento médio das dez principais criptomoedas por valor de mercado listadas em múltiplas *exchanges* de criptomoedas. A Indxx Company, empresa responsável pelo índice, desenvolve índices e soluções de cálculos personalizadas para a comunidade de gerenciamento de investimentos em geral. O CRYP10 Index pode ser monitorado pela plataforma Bloomberg, empresa de tecnologia e dados para o mercado financeiro e agência de notícias, responsável pela estrutura de dados e cotações (INDXX, 2019).

2.4.3.

CRYP25 Index

O CRYP25 Index segue a mesma concepção do referencial CRYP10, porém, ao invés de dez moedas virtuais, o CRYP25 Index compreende as vinte e cinco principais criptomoedas de maior capitalização transacionadas por *exchanges* de criptomoedas ao redor do mundo. A Indxx Company também é a empresa responsável pelo índice. O CRYP25 Index também é exposto pela plataforma Bloomberg (INDXX, 2019).

2.4.4.

CRYP50 Index

O CRYP50 Index, também desenvolvido pela Indxx Company, representa o desempenho médio das cinquenta principais criptomoedas, de acordo com o nível de capitalização, transacionadas pelas *exchanges* de criptomoedas. O CRYP50 Index segue a mesma dinâmica dos *benchmarks* irmãos e pode ser acompanhado pela plataforma da Bloomberg (INDXX, 2019).

2.4.5.

Dollar Spot Bloomberg

O índice Dollar Spot Bloomberg monitora o desempenho de uma cesta das dez principais moedas mundiais em relação ao dólar americano. Cada moeda na cesta e sua ponderação é determinada anualmente com base na sua participação em negociações internacionais e liquidez de câmbio. Integram a cesta de moedas do índice: o Euro (moeda oficial da união europeia), o Iene (moeda fiduciária do Japão), o Dólar Canadense, a Libra Esterlina (moeda oficial da Inglaterra), o Peso Mexicano, o Dólar Australiano, o Franco Suíço, o Won Sul-Coreano, o Renminbi (moeda fiduciária da China) e a Rúpia Indiana. Os dados do índice BBDXY tem início a partir de 31 de dezembro de 2004 (Bloomberg, 2019).

2.4.6.

S&P500 Index

Segundo a B3, o S&P 500 é um dos índices de maior representatividade no mercado financeiro global e reflete um portfólio diversificado de ações de 500 companhias norte-americanas líderes nos principais setores da economia (financeiro, tecnologia, saúde, consumo, indústria, materiais e serviços públicos). Por consequência, o índice acaba se tornando um indicador geral do mercado de ações americano, uma vez que o valor de mercado das ações cobertas pelo índice equivale a aproximadamente 80% da capitalização de mercado das companhias

negociadas na bolsa de ações de Nova Iorque (NYSE). O índice é calculado e divulgado pela Standard & Poor's (B3, 2019).

2.4.7.

Dow Jones Industrial Average Index

O Índice Dow Jones é um dos principais indicadores do mercado norte-americano. Ele corresponde ao valor de trinta ações industriais de elevada representatividade, cujos negócios passam pela Bolsa de Nova York. Nomeado em homenagem ao fundador do índice, Charles Dow, e seu parceiro de negócios, Edward Jones, o Dow Jones Industrial Average foi projetado para servir como um *proxy* para a economia mais ampla dos EUA. Quando o índice foi lançado, incluiu apenas doze empresas que eram quase puramente industriais por natureza. O cálculo do índice é ponderado pelo preço. Isso significa que as empresas de maior capitalização possuem um peso maior no índice (Investopedia, 2019).

2.4.8.

NASDAQ Composite Index

O NASDAQ Composite Index é o índice ponderado pela capitalização de mercado de mais de 3.000 ativos listados na bolsa de valores NASDAQ. Os tipos de títulos do índice incluem *American Depositary Receipts*, ações ordinárias, *trusts* de investimento imobiliário (REITs), ações de rastreamento e juros benéficos, bem como interesses de sociedades limitadas. O índice não inclui debêntures conversíveis, ações preferenciais, fundos fechados, fundos negociados em bolsa, bônus de subscrição e outros títulos derivativos. A NASDAQ também é uma bolsa de valores de ações e seu nome refere-se originalmente ao *National Association of Securities Dealers Automated Quotation System* (Sistema de Cotação Automatizada da Associação Nacional de Corretores de Títulos) (NASDAQ, 2019).

2.5.

CAPM

Na extensa literatura sobre modelos de apreçamento de ativos, há um consenso na bibliografia – vide evolução temática – que o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), proposto por Sharpe (1964), à luz da Moderna Teoria de Portfólios de Harry Markowitz (1952), foi o marco inicial do processo de se estimar o custo do capital próprio.

Segundo Ross, Westerfield & Jaffe (2010), o custo do capital próprio é o retorno esperado pelos acionistas sobre os recursos investidos em um ativo, em comparação às opções/ oportunidades disponíveis no mercado. Neste sentido, o retorno deve contemplar os riscos do investimento comparados às alternativas acessíveis. Posto isto, o retorno esperado de um ativo deve ser proporcional ao seu risco. Assim, somente serão assumidos riscos adicionais quando houver retorno compensatório, ou seja, proporcional à nova assunção.

Nesta linha, segue o comportamental dos investidores no mercado financeiro que, a partir da comparação entre o risco incorrido e o retorno esperado, avaliam o potencial investimento. Dada a tônica, quão maiores os riscos, maiores deverão ser os retornos, residindo, neste ponto, a relação risco-retorno. Relação esta que serviu como plataforma central para pesquisas e estudos sobre alocação de recursos e constituição de portfólios de investimentos, que resultaria na concepção inicial do CAPM, por Harry Markowitz, e depois desenvolvido por William F. Sharpe.

A metodologia CAPM está estruturada sob a concepção de que o risco de um ativo se constitui de duas partes, por isso, a necessidade de avaliá-los de forma particularizada. Deste modo, desmembram-se as partes: uma que se refere, exclusivamente, ao seu risco próprio (inerente ao ativo) e outra relativa ao risco de mercado como um todo, conhecida como risco sistemático⁵ (mensurado pelo índice Beta - β).

A premissa do modelo está fundamentada no fato de a variância de retornos ser a medida de risco apropriada. Todavia, apenas a porção de variação que não é passível de diversificação (risco de mercado) passa a ser importante, por

⁵ Risco sistemático (ou sistêmico) é o risco não diversificável.

consequente, deve ser remunerada pelo mercado com retornos maiores. Em outras palavras, é possível eliminar parte do risco em qualquer ativo através da diversificação, vis-à-vis a concepção da fronteira eficiente de Markowitz (1952). Sharpe (1964) considera que, para um mercado em equilíbrio, a precificação de um ativo é referente ao seu risco sistemático, de modo que, em um mercado eficiente e com carteiras otimizadas, um investidor alcança maiores retornos quanto maior for sua aderência ao risco sistemático.

Em linhas gerais, o modelo CAPM possibilita calcular o retorno esperado de um ativo, negócio ou projeto, em função do coeficiente Beta, da taxa livre de risco e da diferença entre o retorno de uma carteira de mercado e o retorno propiciado pela taxa livre de risco.

Copeland, Murrin & Koller (2002) e Damodaran (2004) utilizam o arcabouço teórico do CAPM para relacionar risco e retorno. O modelo assume que o prêmio de risco de uma ação é proporcional ao seu coeficiente Beta (β). Deste modo, o CAPM mostra que o retorno esperado de um ativo é a função linear de três componentes:

1. Ativo livre de risco, representado pela taxa livre de risco, R_f , retorno exigido sem risco assumido;

2. Nível de risco sistemático do ativo, medido pelo β , que representa o nível de risco sistemático presente em um ativo; e

3. Prêmio de risco da carteira de mercado em relação ao ativo livre de risco, medida pelo prêmio de risco de mercado, $[E(R_m) - R_f]$, ou seja, é a recompensa do mercado por assumir-se um risco sistemático.

O modelo, que mostra a relação entre o retorno do ativo e seu risco sistemático, pode ser descrito pela equação de Sharpe (1970), a qual segue:

$$k_e = r_f + \beta(E[r_m] - r_f)$$

Onde:

K_e é o custo de oportunidade do capital próprio;

R_f é a taxa de retorno de um ativo livre de risco;

Bi é o coeficiente do risco sistemático da ação/indústria sob análise;

Rm é a taxa de retorno esperada de uma carteira diversificada;

Rm – Rf é o prêmio de risco de mercado.

Neste sentido, tem-se que a teoria do CAPM estabelece que a taxa de rentabilidade esperada de ativos com risco é linearmente ligada a dois fatores: a taxa de retorno de um ativo livre de risco e a taxa de retorno esperada de uma carteira diversificada. Assim, o modelo determina as relações de risco e retorno com fito de apurar se determinado ativo/ título está sendo negociado por um preço justo. O prêmio de risco de mercado, que é a diferença entre o retorno esperado do mercado (carteira diversificada) e do ativo livre de risco, mensura a remuneração do risco que um investidor tolera, quando aplica seus recursos neste ativo.

2.5.1.

Taxa Livre de Risco

A taxa livre de risco é o retorno esperado pelo investidor em manter um ativo que não apresenta qualquer risco coligado, ou seja, pode ser definida como uma remuneração de capital isenta do risco de inadimplência. Assim, entende-se como uma remuneração exigida pelo investidor pela troca de liquidez corrente por liquidez futura, sem o risco de não cumprimento do retorno.

Damodaran (2007) define que um ativo livre de risco é aquele que o investidor conhece o retorno esperado. Deste modo, para um ativo/ investimento ser livre de risco deve produzir um retorno igual ao esperado, por conseguinte, duas condições devem ser atendidas: não pode revelar incerteza quanto à inadimplência e não pode haver qualquer dúvida sobre taxas de reinvestimentos, o que alude a não existir fluxo de caixa intermediário.

Koller, Goedhart & Wessels (2010) definem de forma objetiva como a taxa livre de risco o retorno de uma carteira de ativos que não tenha covariância com o mercado, o que seria representado, no CAPM, por um portfólio de Beta igual a zero. Entretanto, vide a complexidade de se estruturar tal carteira, os autores recomendam que, para se aferir a taxa livre de risco, se utilize título do governo de longo prazo sem risco de *default*.

2.5.2.

Beta

O Beta (β) de um título é a sensibilidade do retorno do título ao retorno do mercado. De acordo com Berk & Dermazo (2010), o Beta mede o risco de mercado de um título, em oposição ao seu risco diversificável, e é a medida adequada de risco de um título para um investidor que mantenha a carteira de mercado. Portanto, o Beta mede a sensibilidade de um título a fatores de risco que afetam todo o mercado.

Para Ross, Westerfield, Jordan & Lamb (2013), o coeficiente (β) é uma maneira de se medir o nível de risco sistemático de um determinado ativo em relação a um ativo com risco médio, definido pelos autores como aqueles de Beta igual a 1. Portanto, conclui-se que quanto maior o Beta de um ativo ou portfólio, maior é seu risco sistemático. Como o mercado de capitais remunera maiores riscos com maiores retornos, tem-se que, quanto maior o Beta, maior o retorno esperado. Eles ressaltam, ainda, que o retorno esperado de um ativo está relacionado, exclusivamente, com seu risco sistemático, uma vez que o risco não sistemático é eliminado por meio da diversificação.

O Beta é utilizado para medir como um ativo deve variar em relação a um outro ativo ou índice. De acordo com a métrica, o Beta igual a 1 significa, por exemplo, que uma ação tende a variar, para cima ou para baixo, na mesma intensidade do mercado. De mesmo modo, o ativo que possui Beta menor que 1 deve apresentar menos oscilação, positiva ou negativa, em comparação ao mercado. Por outro lado, ações que apresentam Beta maior que 1, provavelmente oscilarão mais do que o mercado em ambos os sentidos. Por fim, é possível concluir que ativos com maior Beta apresentam maior risco. Logo, um Beta menor significa que o ativo é menos sensível, portanto possui menor risco.

Abaixo, o β pode ser representado pela seguinte equação:

$$\beta = \frac{\text{Cov}(R_i, R_m)}{\text{var}(R_m)}$$

Onde:

R_m é o valor do retorno da carteira de mercado;

R_i é o valor do retorno do ativo i ;

$Cov(R_i, R_m)$ é a covariância entre R_i e R_m ;

$Var(R_m)$ é a variância do retorno da carteira de mercado.

O Beta de ações/ ativos é estimado aplicando a regressão de retornos passados de títulos sobre os retornos da carteira de mercado. Para estimação do Beta, de acordo com Berk & Dermazo (2010), tem-se escolhas relevantes, como: (1) o horizonte do tempo utilizado; (2) o índice utilizado como carteira de mercado; e (3) o método utilizado para extrapolar de Betas passados para Betas futuros. Eles ainda sublinham que há um *tradeoff* relativo ao horizonte de tempo a utilizar para medir os retornos. Se curtos demais, podem não representar confiança. Porém, se longos demais, eles podem não representar o risco de mercado atual daquele ativo. O CAPM propõe que o retorno esperado de um título está associado ao Beta em relação à carteira de mercado. Segundo Berk & Dermazo (2010), ao avaliar ativos internacionais, é prática comum utilizar um índice de mercado do país ou internacional.

2.5.3.

Prêmio de Risco de Mercado

O prêmio de risco de mercado, segundo a metodologia CAPM, consiste na diferença entre o retorno esperado da carteira de mercado (R_m) e o retorno de títulos livre de risco (R_f). Segundo Damodaran (2007), o prêmio de risco de mercado compreende a mensuração do retorno adicional requerido pelos investidores para trocarem de um investimento sem risco para outro de risco. Assim, o prêmio de risco de mercado pode ser definido como aquele retorno extra exigido pelos investidores para abrirem mão da segurança de investimentos em ativos isentos de risco.

Koller, Goedhart & Wessels (2010) sublinham que o retorno esperado sobre um mercado não é preciso e matematicamente exato, por isso apresentam três abordagens básicas para apuração desse prêmio, visto que não há um consenso em torno do tema e que, ainda assim, possui bastante debate na esfera financeira:

1. Estimativa de dados históricos: a partir da extrapolação de retornos históricos;
2. Por análise de regressão para relacionar as variáveis de mercado atuais com a projeção do prêmio de risco de mercado esperado;
3. Através de engenharia reversa: por meio da avaliação do Fluxo de Caixa Descontado e das estimativas de retorno sobre investimento e taxa de crescimento, encontrar o custo de capital do mercado.

Berk & Dermazo (2010) notam que, ao avaliar ativos pela metodologia, é prática comum utilizar um índice de mercado do país. Nos EUA, a maneira de se estimar o prêmio de risco de mercado mais utilizado é por uma média histórica que considere longos períodos e pelo índice S&P500. Todavia, destacam que não há consenso sobre o período utilizado e método mais apropriado para cálculo da média.

3

Metodologia

Este capítulo tem como objetivo descrever os procedimentos de coleta de dados, a metodologia de tratamento no que tange à amostra e à apuração estatística dos dados relacionados aos índices e criptomoedas abordados no referido estudo. Além disso, apresenta aplicação metodológica de regressão linear e, por conseguinte, estimação dos coeficientes Beta das moedas digitais em relação aos *benchmarks* utilizados.

3.1.

A Amostra

A amostra utilizada neste trabalho compreende a cotação de fechamento diária das quatorze maiores criptomoedas – de um universo de 1.627 moedas virtuais –, de acordo com o nível de capitalização, entre o período de primeiro de novembro de 2017 a primeiro de novembro de 2018. Assim, apresenta-se em ordem de grandeza (por capitalização) os ativos digitais: Bitcoin, Ripple, Ethereum, Bitcoin Cash, Stellar Lumens, EOS, Litecoin, Cardano, Monero, TRON, IOTA, Dash, Binance Coin e NEM.

Em consonância com o intervalo temporal considerado pela amostra dos ativos digitais, o estudo selecionou quatro índices de referência desta indústria: Bloomberg Galaxy Crypto Index (BGCI), CRYP10 Index, CRYP25 Index e CRYP50 Index. Além destes, contemplou os três índices acionários de maior representatividade das bolsas norte-americanas: S&P500 Index, NASDAQ Composite Index e Dow Jones Industrial Average Index. E, por fim, contemplou o índice de uma cesta de moedas contra o dólar americano, o Bloomberg Dollar Spot Index (BBDXY).

3.2.

Coleta de Dados

Para a realização deste estudo foram utilizadas duas bases de dados: a Bloomberg, que contém os dados históricos do desempenho dos índices de referências BGCI, CRYP10, CRYP25, CRYP50, BBDXY, S&P500, NASDAQ e Dow Jones; e o Coin Market Cap, site que contempla o histórico de retornos de ampla base de moedas digitais transacionadas no mercado de criptoativos.

Com a extração dos dados, os mesmos foram endereçados para o *software* Excel, desenvolvido pela Microsoft, que compreende em planilhas constituídas de células organizadas em linhas e colunas, para aplicação dos cálculos e apurações estatísticas da metodologia do trabalho.

3.3.

Ajustes da Amostra

Para a realização do presente trabalho, foram efetuados ajustes e adequações na amostra, conforme descritivo abaixo:

- a. Dado que o mercado de criptomoedas funciona todos os dias da semana, não havendo, portanto, pausa das transações, se fez necessária adequação temporal para a amostra dos índices abordados no estudo, uma vez que os mesmos funcionam regularmente entre segunda e sexta-feira. Assim, para adequação do período analisado, nos dias em que não houve negociações dos índices e, por consequência, pontuação de fechamento, anulou-se o dia de negociação das criptomoedas. Tal procedimento foi aplicado, já que a outra alternativa existente – replicar a pontuação do fechamento anterior, para o dia subsequente (aquele em que não houve negociação) – afetaria a média dos retornos. O que não acontece quando se anula um dia de negociação (dos ativos digitais), vide que a variância dos retornos é mantida.
- b. Para cada uma das criptomoedas foram selecionados os seguintes parâmetros, com base nos dados da Coin Market Cap:
 - Valor de fechamento, base diária, e
 - Nível de Capitalização, base diária.

- c. Com relação aos índices, foi selecionada apenas a pontuação de fechamento, base diária.

3.4.

Estimativas Estatísticas e o Beta

Com os dados ajustados no que se refere ao período analisado, a modelagem proposta para o referido estudo seguiu para a apuração estatística dos dados tratados. Nesta linha, a primeira ação de um conjunto de medidas para obtenção dos coeficientes Beta em relação aos índices foi: apurar o retorno (percentual) diário das moedas digitais, bem como dos índices. Para isso, aplicou-se logaritmo natural, que consiste na cotação do fechamento da moeda digital ou pontuação do índice (t) de um determinado dia, sobre a cotação de fechamento do dia anterior deste mesmo ativo (ou índice), subtraindo-se um (t-1). Desta forma, obteve-se a rentabilidade (retorno) diária percentual de cada moeda digital e índice em relação ao dia anterior.

Levantados os retornos diários, a metodologia avançou para a obtenção da média destes mesmos retornos – sempre considerando a amostra norteada pelo estudo. Deste modo, através do cálculo da média aritmética simples, que consiste no somatório do conjunto de valores numéricos (da amostra), dividido pelo número de elementos somados, que é igual ao número de elementos da amostra, determinou-se o resultado médio daqueles retornos no período estipulado.

Seguindo a dinâmica para a obtenção do coeficiente Beta, objeto do referido trabalho, nesta nova etapa estimou-se o desvio padrão das moedas virtuais, bem como dos índices. Em termos gerais, o desvio padrão indica uma medida de dispersão dos dados em torno da média amostral. O desvio padrão amostral é a raiz quadrada da variância correspondente.

Após calculados os desvios padrões, seguiu-se para apurar a variância, que também compreende uma medida de dispersão dos dados de uma amostra, tendo sido obtida através da média desses desvios ao quadrado. O cálculo da variância pode ser representado pela soma dos quadrados da diferença entre cada valor (de uma amostra) e pela média aritmética, dividida pela quantidade de elementos observados.

Por fim, extraiu-se os coeficientes Beta, a partir de cada medida estatística apresentada acima. O Beta é calculado por meio de uma regressão levando em conta o índice de referência (ou outro ativo referência) e o ativo a ser analisado. A medida representa o quanto o retorno do ativo varia em função da variação do índice de referência ou de outro ativo em geral. Em suma, o Beta do ativo analisado é a covariância entre o ativo e o referencial de mercado, dividido pela variância do índice de mercado em uma determinada amostra temporal. Abaixo, o cálculo para estimar o coeficiente Beta:

$$\text{Beta da Ação} = \frac{\text{Cov}(R_a, R_m)}{\text{Var}(R_m)}, \text{ onde:}$$

R_a corresponde ao retorno da ação e R_m ao retorno do mercado.

Segundo Haugen (2010), o Beta exprime a sensibilidade do retorno de uma ação/ título às variações no índice do mercado. Assim, para uma ação cujo Beta é 0,5, se o Bovespa num determinado período apresenta 1%, deve-se esperar um retorno de 0,5% desta ação no referido período. Da mesma maneira que, se o Beta de uma ação for 2,0, deve-se esperar um retorno de 2% ou o dobro do desempenho do índice de mercado.

3.5.

Estrutura da Modelagem

O trabalho foi formatado de acordo com os referenciais propostos pelo estudo, assim, segregou-se em análises individuais cada índice de referência, bem como o Bitcoin, para se estimar de forma individualizada os coeficientes Beta das moedas digitais abordadas pelo estudo. Em outras palavras, confeccionou-se um arquivo estatístico para cada índice em relação às moedas virtuais do trabalho.

4

Análise dos Resultados

O referido capítulo propõe-se a analisar os coeficientes Beta das criptomoedas relacionadas no estudo em relação aos índices abordados no referido trabalho. Esta etapa também visa, a partir da avaliação das estimativas encontradas, destacar os resultados de importância no que tange à correlação dos retornos entre moedas digitais e os índices teóricos.

4.1.

Análise dos Coeficientes Beta de Criptomoedas

4.1.1.

Em relação ao Índice BGCI

Analisando os resultados obtidos neste subtópico, pode-se identificar que as criptomoedas Bitcoin e Ethereum possuem sensibilidade razoável ao Bloomberg Galaxy Crypto Index, porém apresentam coeficientes consideráveis no que tange a um comportamental próximo ao desempenho do índice. Assim, de acordo com os coeficientes Beta extraídos, tem-se que, em caso de alta de 1% do referido *benchmark*, as moedas virtuais Bitcoin e Ethereum possivelmente apresentariam desempenho positivo de 0,71% e 0,7%, concomitantemente. Como visto ao longo do arcabouço teórico, a mesma dinâmica seria condicionada em caso de desvalorização do índice em questão. Ou seja, caso o índice BGCI tenha queda de 1%, o Bitcoin e Ethereum provavelmente sofreriam quedas de 0,71% e 0,7%, respectivamente. Nesta linha, são ativos considerados defensivos, uma vez que não estão integralmente atrelados ao índice.

Além disso, também se sublinha a moeda virtual Dash que com um Beta de 0,54 exprime que seu fator de risco acoplado ao referido índice também merece consideração na construção de estratégias e formação de portfólios. Abaixo, relação

tabulada dos resultados alcançados, a partir da estimativa dos coeficientes Beta extraídos:

Criptomoedas	Beta
Bitcoin	0,71
XRP	0,36
Ethereum	0,70
BitcoinCash	0,38
Stellar	0,30
EOS	0,31
LiteCoin	0,44
Cardano	0,17
Monero	0,48
TRON	0,13
IOTA	0,26
Dash	0,54
Binance Coin	0,23
NEM	0,19

Tabela 1 – Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice BGCI

Abaixo, apresenta-se tabela representativa das medidas estatísticas do Bloomberg Galaxy Crypto Index:

BGCI INDEX	
Retorno/ Média	0,29%
Risco (desvio-padrão)	5,94%
Variância	0,35%
Beta	1,0

Tabela 2 – Medidas estatísticas do Índice BGCI

4.1.2.

Em relação ao Índice CRYPT10

Sobre a análise dos resultados envolvendo o índice CRYPT10 em relação à cesta de moedas do estudo, tem-se que, analogamente aos resultados sobre o índice BGCI, o Bitcoin e o Ethereum possuem coeficientes Beta próximos a 1 quando

estimados contra o índice em questão. Todavia, nesta avaliação, apurou-se que o Bitcoin possui um Beta de 0,91, ou seja, com um vínculo de elevada sensibilidade à performance do *benchmark*. Já no caso do Ethereum, a moeda digital obteve um Beta de 0,69, o que também denota considerável interligação com o desempenho do CRYP10, porém com sensibilidade mais branda, assim de caráter mais defensivo. Por último, é importante relevar o coeficiente Beta extraído da moeda digital Monero, que marcou 0,53. Mesmo que num teor de menor relacional, possui vínculo com o CRYP10.

Abaixo, tabela de resultados dos coeficientes Beta estimados nesta etapa:

Criptomoedas	Beta
Bitcoin	0,91
XRP	0,30
Ethereum	0,69
BitcoinCash	0,35
Stellar	0,36
EOS	0,33
LiteCoin	0,49
Cardano	0,19
Monero	0,53
TRON	0,17
IOTA	0,17
Dash	0,44
Binance Coin	0,32
NEM	0,17

Tabela 3 – Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice CRYP10

Abaixo, exibe-se tabela representativa das medidas estatísticas do CRYP10

Index:

CRIP10 INDEX	
Retorno/ Média	0,10%
Risco (desvio-padrão)	4,76%
Variância	0,23%
Beta	1,0

Tabela 4 – Medidas estatísticas do Índice CRYP10

4.1.3.

Em relação ao Índice CRYPT25

Quanto aos resultados obtidos neste tópico, compreendido pela relação dos ativos digitais propostos pelo estudo e o referencial de mercado CRYPT25, apresenta-se, novamente, as criptomoedas Bitcoin e Ethereum como destaque no que tange ao elevado nível de sensibilidade dos coeficientes Beta estimados. No caso do Bitcoin, a principal moeda digital do globo exibe um Beta de 0,91 em relação à referência CRYPT25. Aduzindo-se, assim, alto grau de conexão com os retornos do índice. Já quanto ao Ethereum, o coeficiente estimado apresenta um menor grau, na casa de 0,69. No entanto, denuncia que está “acoplado” em níveis consideráveis ao desempenho do índice CRYPT25. Para um mapeamento mais amplo no que toca à linha analisada, pode-se notar as moedas Monero e Litecoin. Ambas possuem coeficientes Beta na casa dos 0,5 que, de certa forma, mesmo que num teor mais ameno, possuem relação com o CRYPT25. São considerados criptoativos defensivos, vista aos retornos ou possíveis desvalorizações mais tímidas do que o referido índice.

Abaixo, tabela de resultados dos coeficientes Beta estimados nesta linha:

Criptomoedas	Beta
Bitcoin	0,91
XRP	0,30
Ethereum	0,70
BitcoinCash	0,35
Stellar	0,36
EOS	0,34
LiteCoin	0,50
Cardano	0,19
Monero	0,54
TRON	0,17
IOTA	0,36
Dash	0,45
Binance Coin	0,33
NEM	0,18

Tabela 5 – Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice CRYPT25

Abaixo, exibe-se tabela representativa das medidas estatísticas do CRYPT5

Index:

CRYPT5 INDEX	
Retorno/ Média	0,09%
Risco (desvio-padrão)	4,81%
Variância	0,23%
Beta	1,0

Tabela 6 – Medidas estatísticas do Índice CRYPT5

4.1.4.

Em relação ao Índice CRYPT50

A respeito dos coeficientes Beta estimados, sob a lupa da relação das criptomoedas do estudo ao índice CRYPT50, pode-se sublinhar, novamente, os ativos digitais Bitcoin e Ethereum. O Bitcoin, repetindo o comportamental extraído das análises anteriores, sustenta e exprime o mesmo efeito de risco. Em outras palavras, apresenta um coeficiente Beta considerável quando calculado em relação aos índices da indústria de moedas digitais, neste caso o CRYPT50. Nesta etapa da avaliação, apresentou um coeficiente de 0,91. Ou seja, bastante íntimo às oscilações do índice CRYPT50. Já sobre o Ethereum, a dinâmica também se repete às anteriores, vide que a moeda virtual marcou nesta avaliação um Beta de 0,71. Demonstrando, assim, performance integrada ao índice CRYPT50, muito embora em menor grau. Por último, sinalizam-se as moedas digitais Monero e Litecoin, que marcaram, respectivamente, coeficientes de 0,54 e 0,51. Com tais medidas, devem ser consideradas na formulação de portfólios e estratégias.

Abaixo, tabela de resultados dos coeficientes Beta estimados neste tópico:

Criptomoedas	Beta
Bitcoin	0,91
XRP	0,30
Ethereum	0,71
BitcoinCash	0,36
Stellar	0,37
EOS	0,35
LiteCoin	0,51

Cardano	0,19
Monero	0,54
TRON	0,17
IOTA	0,36
Dash	0,45
Binance Coin	0,33
NEM	0,18

Tabela 7 – Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice CRYPT50

Abaixo, apresenta-se tabela representativa das medidas estatísticas do CRYPT50 Index, apuradas para apoio ao cálculo dos coeficientes Beta:

CRYPT50	
Retorno/ Média	0,10%
Risco (desvio-padrão)	4,82%
Variância	0,23%
Beta	1,0

Tabela 8 – Medidas estatísticas do Índice CRYPT50

4.1.5.

Em relação ao Bitcoin

Com relação aos resultados retirados da análise desta temática, que desta vez utiliza o próprio Bitcoin como referencial de mercado – dado sua elevada preponderância –, pode-se grifar o coeficiente Beta da criptomoeda Ethereum, estimado em 0,52. A medida não denota um fator de risco de forte ligação ao Bitcoin, entretanto, é válida a ênfase, vide a importância em relação às outras moedas consideradas. Além disso, o título de possuir o maior Beta quando referenciada à moeda mais capitalizada do mundo. Por fim, sinalizam-se as moedas digitais Monero e Litecoin, que marcaram, respectivamente, coeficientes de 0,44 e 0,41. Vista as medidas, também devem ser consideradas no âmbito de seleção de ativos para constituição de portfólios.

Abaixo, tabela de resultados dos coeficientes Beta estimados para esse tema:

Criptomoedas	Beta
XRP	0,18
Ethereum	0,52
BitcoinCash	0,23
Stellar	0,27
EOS	0,26
LiteCoin	0,41
Cardano	0,14
Monero	0,44
TRON	0,15
IOTA	0,29
Dash	0,33
Binance Coin	0,33
NEM	0,11

Tabela 9 – Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Bitcoin

Abaixo, apresenta-se tabela representativa das medidas estatísticas do Bitcoin, apuradas para apoio ao cálculo dos coeficientes Beta:

Bitcoin	
Retorno/ Média	0,10%
Risco (desvio-padrão)	4,76%
Variância	0,23%
Beta	1,0

Tabela 10 – Medidas estatísticas do Bitcoin

4.1.6.

Em relação ao Índice S&P500

Os resultados dos coeficientes Beta levantados à luz do índice S&P500, como perspectiva de referência, apontaram, majoritariamente, para um Beta igual a zero, o que significa que os retornos das criptomoedas mudam independentemente da direção do S&P500. Portanto, o desempenho das moedas digitais deste estudo, na janela de tempo configurada, possui relação involuntária às oscilações do principal

índice de ações americano. Em outras palavras, retornos não associados ao índice S&P500.

Abaixo, tabela de resultados dos coeficientes Beta estimados para esse tópico, que denunciam o cenário apontado:

Criptomoedas	Beta
Bitcoin	0,02
XRP	0,01
Ethereum	0,02
BitcoinCash	0,00
Stellar	0,01
EOS	0,00
LiteCoin	0,01
Cardano	0,01
Monero	0,01
TRON	0,01
IOTA	0,01
Dash	0,02
Binance Coin	0,01
NEM	0,01

Tabela 11 – Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice S&P500

Abaixo, apresenta-se tabela representativa das medidas estatísticas do S&P500:

S&P 500	
Retorno/ Média	0,03%
Risco (desvio-padrão)	0,89%
Variância	0,01%
Beta	1,0

Tabela 12 – Medidas estatísticas do S&P500

4.1.7.

Em relação ao Índice NASDAQ

Em consonância com os resultados apresentados na seção acima, os coeficientes Beta calculados, agora, sob o plano de fundo do índice NASDAQ

Composite como referencial de mercado, indicaram, de forma majoritária, para um Beta igual a zero. Expressando, assim, que os retornos das criptomoedas mudam independentemente do direcional contratado pelo índice Nasdaq. Assim sendo, possuem retornos não vinculados ao índice da principal bolsa de tecnologia americana.

Abaixo, tabela de resultados dos coeficientes Beta extraídos para esse tópico, que confirmam o cenário:

Criptomoedas	Beta
Bitcoin	0,02
XRP	0,01
Ethereum	0,03
BitcoinCash	0,00
Stellar	0,01
EOS	0,00
LiteCoin	0,02
Cardano	0,01
Monero	0,01
TRON	0,01
IOTA	0,00
Dash	0,02
Binance Coin	0,01
NEM	0,01

Tabela 13 – Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice NASDAQ

Abaixo, apresenta-se tabela representativa das medidas estatísticas do índice Nasdaq Composite:

NASDAQ	
Retorno/ Média	0,05%
Risco (desvio-padrão)	1,09%
Variância	0,01%
Beta	1,0

Tabela 14 – Medidas estatísticas do índice NASDAQ

4.1.8.

Em relação ao Índice Dow Jones

Quanto aos resultados encontrados nesta seção, estes seguem a mesma dinâmica identificada nos tópicos que referenciam os índices S&P500 e Nasdaq. Desta forma, os coeficientes Beta das moedas digitais, levantados a partir da utilização do índice Dow Jones como referencial de mercado, exibiram Beta igual a zero. O que denota uma relação de nenhuma sensibilidade quando associada ao índice proposto. Como notado anteriormente, um Beta igual a zero exprime que as moedas virtuais relacionadas no estudo possuem retornos que mudam independentemente do índice Dow Jones.

Abaixo, tabela de resultados dos coeficientes Beta extraídos para essa parte:

Criptomoedas	Beta
Bitcoin	0,02
XRP	0,01
Ethereum	0,03
BitcoinCash	0,00
Stellar	0,01
EOS	0,01
LiteCoin	0,02
Cardano	0,01
Monero	0,01
TRON	0,01
IOTA	0,01
Dash	0,02
Binance Coin	0,01
NEM	0,01

Tabela 15 – Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao Índice Dow Jones

Abaixo, apresenta-se tabela representativa das medidas estatísticas do índice Dow Jones:

Dow Jones	
Retorno/ Média	0,04%
Risco (desvio-padrão)	0,94%
Variância	0,01%
Beta	1,0

Tabela 16 – Medidas estatísticas do índice Dow Jones

4.1.9.

Em relação ao Índice Dollar Spot Bloomberg

Por fim, apresenta-se os resultados obtidos quando utilizado o índice BBDXY como referencial. Nessa tónica, aplicada a metodologia proposta para estimar os coeficientes Beta da cesta de criptomoedas do estudo, encontrou-se que, em sua totalidade, os coeficientes extraídos foram iguais a zero. À vista disso, o desempenho das moedas digitais, na janela de tempo configurada, possui relação involuntária às oscilações do índice BBDXY. Sumarizando, retornos não associados ao desempenho do índice de moedas contra o dólar americano. Abaixo, relação tabulada dos resultados encontrados, a partir da estimativa dos coeficientes Beta:

Criptomoedas	Beta
Bitcoin	0,00
XRP	0,00
Ethereum	0,00
BitcoinCash	0,00
Stellar	0,00
EOS	0,00
LiteCoin	0,00
Cardano	0,00
Monero	0,00
TRON	0,00
IOTA	0,00
Dash	0,00
Binance Coin	0,00
NEM	0,00

Tabela 17 – Estimativa dos Coeficientes Beta de criptomoedas em relação ao BBDXY

Abaixo, exibe-se tabela representativa das medidas estatísticas do índice BBDXY:

BBDXY	
Retorno/ Média	0,01%
Risco (desvio-padrão)	0,33%
Variância	0,00%
Beta	1,0

Tabela 18 – Medidas estatísticas do índice Dollar Spot Bloomberg

5

Conclusões

5.1.

Principais Resultados e Considerações Finais

Esta dissertação propôs estimar os coeficientes Beta das quatorze principais criptomoedas – no que se refere ao valor de mercado – em relação a três categorias de índices teóricos: de moedas digitais, de ações e de uma cesta de moedas fiduciárias contra o dólar americano. A ótica deste trabalho foi estudar os resultados obtidos com o objetivo de avaliar a correlação dos retornos exibidos pelas moedas criptografadas com o desempenho dos índices abordados, na janela de tempo proposta.

Fazendo-se uma análise dos resultados obtidos no Capítulo 4, concluímos que, dadas as propriedades do estudo, as moedas virtuais Bitcoin e Ethereum apresentaram coeficientes que denotam maiores níveis de aderência aos retornos do índice de criptomoedas BGCI.

Quando relacionados os retornos das moedas digitais aos índices CRYPT10, CRYPT25 e CRYPT50, destacam-se, novamente, os ativos digitais Bitcoin e Ethereum, com coeficientes Beta próximos a um. O que significa retornos com alto grau de conexão ao comportamento dos índices de referência. Neste caso, sublinha-se o Bitcoin, que marcou coeficientes a partir de 0,91. Ao passo que o Ethereum obteve uma medida menos atrelada aos índices, vide que marcou medidas entre 0,69 e 0,71. Ou seja, com sensibilidade menor que o referencial de mercado.

Com relação ao Bitcoin como referencial, sublinha-se o Ethereum como o ativo mais acoplado aos retornos da primeira e mais relevante criptomoeda do globo. O coeficiente Beta estimado ficou em 0,51, o que não denota níveis consideráveis de correlação. No entanto, destaca-se como o ativo que exprime o maior fator de risco relacionado ao Bitcoin.

Sobre a correlação dos retornos entre as moedas digitais abordadas no estudo e os índices acionários S&P500, Nasdaq Composite e Dow Jones, apurou-se que em sua totalidade as moedas digitais apresentaram Beta igual a zero. Sendo assim, o desempenho destas criptomoedas, na janela de tempo analisada, possui relação

involuntária às oscilações dos referidos índices. Ou seja, os retornos das criptomoedas mudam independentemente do direcional do comportamento destes índices acionários.

Por fim, quando estimados os coeficientes sob a lupa do índice BBDXY, encontrou-se resultados iguais a zero. Assim, as moedas virtuais relacionadas no estudo oscilam independentemente do retorno Dollar Spot Bloomberg Index.

5.2.

Sugestões de Estudos Futuros

O estudo de estimativas de risco como o coeficiente Beta permite analisar a correlação de ativos e índices em períodos diversos. Berk & Dermazo (2010) notam que, ao avaliar ativos pela metodologia, é indicado utilizar períodos de até dois anos, vide que o comportamental dos retornos analisados em períodos muito distantes não exprimiriam de forma fidedigna as reações atuais do título a um cenário de constantes transformações. Como o referido trabalho estimou tais medidas numa janela de doze meses, sugerimos para um próximo estudo analisar um período de tempo maior que o utilizado neste estudo. Em virtude do atual surgimento de muitas moedas digitas, seus históricos não permitiram regressões tão avançadas.

Outro estudo pertinente e relevante seria estimar o coeficiente Beta de criptomoedas em relação a commodities como: petróleo, minério de ferro e agrícolas, cotados em bolsas de valores internacionais.

6

Referencial Bibliográfico

ABADI, J.; BRUNNERMEIER, M. **Blockchain Economics**. Mimeo, Universidade de Princeton. 2018.

B3. Home/ Produtos e Serviços/ Renda Variável/ **S&P 500**. Disponível em: <http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/futuro-bvmf-de-standard-poops-500-s-p-500.htm>. Acesso em: 15 jan. 2019

BERK, J; DERMAZO, P. **Finanças Empresarias Essencial** 2ª ed. Porto Alegre: Bookman Companhia, 2010.

BITCOINIST. **Bitcoin**. News. Disponível em: <<https://bitcoinist.com/bitcoin-trading-volume-2-trillion/>>. Acesso em: 09 dez. 2018

BLOOMBERG. Professional/ Product/ Indices/ **Bloomberg-Galaxy-Crypto-Index/** Disponível em: <<https://data.bloomberglp.com/professional/sites/10/BGCI-Factsheet-01-31-19-FINAL.pdf>> Acesso em: 12 jan. 2019

BLOOMBERG. Professional/ Product/ Indices/ **Bloomberg-Currency-Indices/** Disponível em: <<https://data.bloomberglp.com/professional/sites/10/Bloomberg-Dollar-Spot-Index-BBDXY-Fact-Sheet-2019.pdf>> Acesso em: 12 jan. 2019

BRITTO, J.; CASTILLO, A. **BITCOIN: A Primer for Policymaker**. 2ª. ed. Virgínia: Mercatus Center at George Mason University, 2013.

CARDANO. **What is Cardano**. Disponível em: <<https://www.cardano.org/en/what-is-cardano/>> Acesso em: 11 jan. 2019

COIN MARKET CAP. **Top 100 Cryptocurrencies by Market Capitalization**. Historical Data. Disponível em: <<https://coinmarketcap.com/coins/>> Acesso em: 15 nov. 2018

COPELAND, T. E.; MURRIN, J.; KOLLER, T. (2002). **Avaliação de empresas – valuation: calculando e gerenciando o valor das empresas**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Makron Books.

DAMODARAN, A. **Finanças Corporativas: Teoria e Prática**. 2ª ed. São Paulo: Bookman Companhia, 2004.

DAMODARAN, A. **Avaliação de empresas**. 2ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

DASH. Support/ General Dash Information/ **About Dash**. Disponível em: <<https://support.dash.org/en/support/solutions/articles/26000028941-about-dash>> Acesso em: 11 jan. 2019.

FLOW BTC. Criptomoedas/ **EOS**. Disponível em: <<https://www.flowbtc.com.br/eos.html>> Acesso em: 09 jan. 2019.

FLOW BTC. Criptomoedas/ **Ethereum**. Disponível em: <<https://www.flowbtc.com.br/ethereum.html>> Acesso em: 07 jan. 2019.

FLOW BTC. Criptomoedas/ **Litecoin**. Disponível em: <<https://www.flowbtc.com.br/litecoin.html>> Acesso em: 09 jan. 2019.

FLOW BTC. Criptomoedas/ **RIPPLE**. Disponível em: <<https://www.flowbtc.com.br/ripple.html>> Acesso em: 07 jan. 2019.

FOXBIT. Blog/ **O que é Ethereum**. Disponível em: <<https://foxbit.com.br/o-que-e-ethereum/>> Acesso em: 07 jan. 2019.

FOXBIT. Blog/ **O que é Litecoin**. Disponível em: <<https://foxbit.com.br/o-que-e-litecoin/>> Acesso em: 09 jan. 2019.

GUIA DO BITCOIN. Criptomoedas/ **Bitcoin Cash**. Disponível em: <<https://guiadobitcoin.com.br/o-que-e-bitcoin-cash/>> Acesso em: 07 jan. 2019.

GUIA DO BITCOIN. Criptomoedas/ **Dash**. Disponível em: <<https://guiadobitcoin.com.br/dash/>> Acesso: 11 jan. 2019.

GUIA DO BITCOIN. Criptomoedas/ **Stellar Lumens**. Disponível em: <<https://guiadobitcoin.com.br/o-que-e-stellar-lumens/>> Acesso: 07 jan. 2019.

GUIMARÃES, F. **Número de investidores em bitcoin se aproxima do total do Tesouro Direto**. Estadão – Portal do Estado de São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/seu->

dinheiro,numero-de-investidores-em-bitcoin-se-aproxima-do-total-do-tesouro-direto,70002186901> Acesso em: 30 nov. 2018.

HAUGEN, R. A. **The New Finance: Overreaction, Complexity and Their Consequences**. 4ª ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, Boston, 2010.

INDXX. Indices/ Digital Asset/ **Indxx Cryptocurrencies 10 Index**. Disponível em: <https://www.indxx.com/Welcome/new_indices/256> Acesso em: 13 jan. 2019.

INDXX. Indices/ Digital Asset/ **Indxx Cryptocurrencies 25 Index**. Disponível em: <https://www.indxx.com/Welcome/new_indices/255> Acesso em: 13 jan. 2019.

INDXX. Indices/ Digital Asset/ **Indxx Cryptocurrencies 50 Index**. Disponível em: <https://www.indxx.com/Welcome/new_indices/254> Acesso em: 13 jan. 2019.

IOTA. Get started/ **What is IOTA**. Disponível em: <<https://www.iota.org/get-started/what-is-iota>> Acesso em: 11 jan. 2019.

INVESTOPEDIA. Insights/ Markets & Economy/ **Dow Jones Industrial Average (DJIA)**. Disponível em: <<https://www.investopedia.com/terms/d/djia.asp>> Acesso em: 15 jan. 2019.

KOLLER, T.; GOEDHART, M.; WESSELS, D. **Valuation Measuring and Managing the Value of Companies**. 5ª. ed. New York: McKinsey & Company, 2010.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, Mar 1952.

MONERO. Get started/ **What is Monero**. Disponível em: <<https://www.getmonero.org/get-started/what-is-monero/>> Acesso em: 11 jan. 2019.

NAKAMOTO, Satoshi. **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>> Acesso em: 1 nov. 2018.

NASDAQ. Markets/ Composite Eligibility Requirements/ **NASDAQ Composite Index**. Disponível em: <<https://www.nasdaq.com/markets/composite-eligibility-criteria.aspx>> Acesso em: 15 jan. 2019.

NEM. Get started/ **Use Cases**. Disponível em: <<https://nem.io/enterprise/use-cases/>> Acesso em: 07 jan. 2019.

LUCAS, Y. **Tudo Sobre Tron: A Criptomoeda que Quer Criar a Nova Internet.** PORTAL DO BITCOIN, 2018. Disponível em: <<https://portaldobitcoin.com/guia-tudo-sobre-tron/>> Educação/ Criptomoedas/ O que é Tron?>. Acesso: 09 jan. 2019.

LUCAS, Y. **Guia Binance – Aprenda Como Operar na Exchange.** PORTAL DO BITCOIN, 2018. Disponível em: <<https://portaldobitcoin.com/guia-binance/>> Educação/ Guia Binance>. Acesso: 09 jan. 2019.

RIPPLE. **Ripplenet.** Disponível em: <<https://ripple.com/ripplenet/>> Acesso em: 07 jan. 2019

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração Financeira: Corporate Finance.** São Paulo: Atlas, 2010. 776 p.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D.; LAMB, R. **Fundamentos de administração financeira.** 9ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

SHARPE, W. F. Capital Asset Market Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. **The Journal of Finance**, v. 19, n. 3, set 1964.

STELLAR. About/ **Mandate.** Disponível em: <<https://www.stellar.org/about/mandate/>> Acesso em: 07 jan. 2019.

SWAN, M. **Blockchain: Blueprint for a New Economy.** 1ª. ed. California: O'Reilly Media, Inc., 2015.

TAPSCOTT, D.; TAPSCOTT, A. **BLOCKCHAIN REVOLUTION: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World.** 1ª. ed. New York: Portfolio / Penguin, 2016.

TRON. **About Tron.** Disponível em: <<https://tron.network/about?lng=en>> Acesso em: 11 jan. 2019.

ULRICH, F. **Bitcoin - A Moeda na Era Digital.** 1ª. ed. São Paulo: Instituto Ludwig Von Mises Brasil, 2014.

TINDELL, K. **Geeks Love the Bitcoin Phenomenon Like They Loved the Internet in 1995.** Business Insider, 2013. Disponível em: <<https://www.businessinsider.com/how-bitcoins-are-mined-and-used-2013-4>> Acesso em: 14 dez. 18