

ANÁLIA BEATRIZ NASCIMENTO DA SILVA

Análise do Bitcoin como ativo financeiro em uma carteira de investimento utilizando a teoria
do portfólio de Markowitz

São Paulo

2018

ANÁLIA BEATRIZ NASCIMENTO DA SILVA

Análise do Bitcoin como ativo financeiro em uma carteira de investimento utilizando a teoria do portfólio de Markowitz

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para conclusão
do curso de MBA em Engenharia Financeira

São Paulo

2018

ANÁLIA BEATRIZ NASCIMENTO DA SILVA

Análise do Bitcoin como ativo financeiro em uma carteira de investimento utilizando a teoria
do portfólio de Markowitz

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para conclusão
do curso de MBA em Engenharia Financeira

Orientador: Prof. Dr. Danilo Zucolli Figueiredo

São Paulo

2018

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento da moeda virtual, o Bitcoin, como ativo financeiro em uma carteira de investimento utilizando a teoria do portfólio de Markowitz. As principais variáveis de estudo foram a variância e o retorno. O trabalho realizado tem um corte temporal de 2012 a 2016, abrangendo o início da moeda virtual e um dos períodos de maior destaque e maior retorno de forma individual. A composição da carteira de ativos possui outras moedas negociadas no mercado global e índice ibovespa, afim de comparar em uma carteira de investimento a sua porcentagem de participação do Bitcoin, fixado um determinado nível de risco. Os resultados obtidos encontram carteiras ótimas com o Bitcoin na composição, conseguindo observar a sua participação na carteira de investimento em todos os anos.

Palavras-Chave: Moeda Eletrônica. Investimentos. Moedas.

ABSTRACT

The present work has the objective to analyze the behavior of virtual currency, bitcoin, as a financial asset in an investment portfolio using the Markowitz portfolio theory. The main variables of the study were variance and return. The work done has a time cut from 2012 to 2016, covering the beginning of the virtual coin and one of the periods of greater prominence and greater individual return. The composition of the asset portfolio includes other currencies traded in the global market and ibovespa index, in order to compare in an investment portfolio its percentage of Bitcoin's share, set a certain level of risk. The obtained results find optimal portfolios with Bitcoin in the composition, being able to observe its participation in the investment portfolio in all the years.

Keywords: Electronic currency. Investments. Currency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplo de transação e autenticação do Bitcoin.....	21
Figura 2 - Fronteira eficiente	28
Figura 3 – Retorno do Bitcoin	32
Figura 4 - Fronteira Eficiente 2012	34
Figura 5 - Fronteira Eficiente 2013	36
Figura 6 - Fronteira Eficiente 2014	38
Figura 7 - Fronteira Eficiente 2015	39
Figura 8 - Fronteira Eficiente 2016	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Retorno dos ativos	30
Tabela 2 - Risco dos ativos.....	30
Tabela 3 - Portfólio de Investimento 2012	33
Tabela 4 - Portfólio de Investimento 2013	35
Tabela 5 - Portfólio de Investimento 2014	37
Tabela 6 - Portfólio de Investimento 2015	38
Tabela 7 - Portfólio de Investimento 2016	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCB	Banco Central
BCE	Banco Central Europeu
IBOVESPA	Índice Ibovespa
BTC	Bitcoin
CMB	Casa da Moeda do Brasil
CME	Chicago Mercantile Exchange
CMN	Conselho Monetário Nacional

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Tema.....	11
1.2. Problema de pesquisa	12
1.3. Objetivo geral.....	12
1.4. Objetivo específico	12
1.5. Justificativa.....	13
1.6. Estrutura do estudo	13
2. MOEDAS REAIS.....	14
2.1. Evolução.....	14
2.2. O que é a moeda?	15
2.3. Funcionalidades	15
2.4. Características.....	16
2.5. Emissão de moeda real	17
3. BITCOIN.....	19
3.1. Criação	19
3.2. Funcionalidades	20
3.3. Compra e venda	21
4. METODOLOGIA.....	23
4.1. Notação	23
4.2. A teoria moderna de portfólio	25
4.3. Fronteira eficiente.....	26
4.4. Materias e métodos	28
5. RESULTADOS	30
5.1. Análise dos ativos disponíveis para investimentos.....	30
5.2. Análise do impacto do Bitcoin em carteiras ótimas.....	33
6. CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

1.1 Tema

Ao longo do tempo as moedas utilizadas para pagamentos e transações sofreram diversas mudanças até que chegassem ao papel-moeda. Contudo a evolução do sistema monetário e financeiro deu margem para que novas formas de pagamentos e transações fossem desenvolvidas e implementadas no setor financeiro. Desde 2008 Satoshi Nakamoto propôs um meio de pagamento que vem se difundindo pelo mundo, chamado Bitcoin, um tipo de moeda virtual ou cryptocurrencies. Esse tipo de moeda não possui lastro, não é regulado e não possui vínculos com autoridades monetárias, além da singularidade de que não precisa de intermediário para realizar as transações. Esse novo tipo de meio de pagamento atraiu diversos olhares de economistas, advogados, legisladores e empresas de tecnologia para desvendarem esse caso.

O conceito de moeda virtual foi proposto no artigo: A Peer-toPeer Electronic Cash System de Satoshi Nakamoto, onde é apresentado de forma completa o processo de criação e utilização do Bitcoin como meios de pagamento e transações sem precisar de interface. A partir de sua implementação as moedas virtuais tiveram um grande salto de meio de pagamentos para ativos financeiros, devido à rápida expansão e aceitação do Bitcoin em grandes carteiras de investimentos. Ao redor do mundo, algumas instituições financeiras, casas de câmbio e grandes participantes do mercado financeiro fazem uso e aceitação dessa moeda.

No entanto, segundo a Folha de São Paulo (2018) informa que a CVM proíbe fundos de investimentos regulados pela mesma, a fazerem aquisição de moedas virtuais como ativos de investimentos, devido ao artigo 2º, V, da instrução CVM 555, que menciona todos os ativos disponíveis e liberados para investimentos, exceto criptomoedas.

De acordo com Frabasile (2017) no mercado financeiro internacional, o Bitcoin estreou na maior bolsa de mercado futuro do mundo, a Chicago Mercantile Exchange (CME) em Chicago, algumas operações futuras com a criptomoeda já foram negociadas.

Nesse contexto, a presente monografia explora as diferenças entre moedas virtuais e moedas oficiais, e quais as participações ao longo do tempo, de uma moeda virtual como o Bitcoin nas carteiras de investimentos segundo o modelo de Markowitz.

Este trabalho tem por tema estudar as moedas virtuais como forma de investimento e a diferença em relação a outros ativos. É dada maior atenção ao Bitcoin como moeda virtual, por ser a mais utilizada atualmente. Será necessário explorar a origem e criação dessa moeda ao redor do mundo. Para a análise da moeda virtual como ativo financeiro será utilizado a teoria de portfólio de Markowitz.

1.2. Problema de Pesquisa

O objetivo deste trabalho é estudar a origem e utilização da moeda virtual, em sua utilização como ativo financeiro em carteiras de investimentos. Será abordado o risco e o retorno em relação às moedas oficiais e o índice ibovespa. Para esse estudo será utilizado o modelo de Markowitz para a análise dos dados.

1.3. Objetivo Geral

O objetivo central desta monografia é apresentar de forma quantitativa a participação do Bitcoin na carteira de investimento segundo o modelo de Markowitz.

1.4. Objetivo específico

O projeto desenvolvido irá apresentar os seguintes pontos específicos:

- ✓ Através da evolução e criação da moeda apresentar as características das moedas oficiais e da moeda virtual;
- ✓ Evidenciar a utilização do Bitcoin como moeda;
- ✓ Analisar através da teoria de portfólio de Markowitz as carteiras compostas por dólar, euro, libra esterlina, índice ibovespa e Bitcoin;
- ✓ Apresentar a conclusão e análise dos dados.

1.5. Justificativa

Apresentar os conhecimentos obtidos no decorrer do curso de pós-graduação em Engenharia Financeira. As razões para escolha do tema se originaram a partir do grande crescimento das moedas virtuais e das instituições que distribuem e fazem a gerência das mesmas.

Segundo Assaf Neto (2012, p.10), “os mercados financeiros mais estáveis vêm oferecendo a seus investidores mecanismos atraentes para elevar a segurança das operações e reduzir a especulação em geral.” Partindo desse pressuposto, o estudo de novas alternativas, que são minimamente seguras e estão crescendo de forma rápida, tem levado uma margem grande de investidores a conhecer as moedas virtuais como forma de obter retorno financeiro.

1.6. Estrutura do Estudo

A pesquisa que compõe esse trabalho será de forma exploratória, que trará fatos históricos da literatura, como também fatos atuais. Desvendando o surgimento de alguns pressupostos abordados no trabalho.

No primeiro capítulo, foi apresentada a introdução que compõe a metodologia de estudo e estrutura do estudo. Posteriormente, ocorrerá a apresentação das características históricas da moeda, a definição relativa do surgimento e desenvolvimento da moeda no decorrer do tempo, apresentando principais teorias, funções e utilização da moeda. No capítulo 3, será apresentando o Bitcoin, o conceito e funções, e de onde originou. A seguir, será apresentado um estudo com base na teoria de portfólio de Markowitz, e após no capítulo 5 será apresentado à análise do Bitcoin nas carteiras de investimentos. O último capítulo será apresentado a conclusão dos resultados obtidos. Sendo assim, a monografia será apresentada em 6 capítulos.

2. MOEDAS REAIS

2.1. Evolução

A origem da moeda não tem uma data específica, porém existem evidências históricas que comprovam a sua utilização e função ao longo dos anos, de acordo com a modernização da sociedade. Sabe-se que, a moeda emergiu como um meio para intermediar a troca de bens e serviços entre pessoas.

Os primeiros relatos de utilização de moedas reais descrevem o uso de mercadorias no processo de trocas conhecido como escambo, que são trocas diretas entre pessoas, podendo ser entre diversos tipos de mercadoria, porém para a época não era fácil realizar as trocas devido pouca variedade de mercadorias.

Segundo a cartilha do Bacen “Fique por Dentro” (2008, p.5):

No entanto, a falta de homogeneidade, a ação do tempo, a impossibilidade de divisão, a dificuldade de manuseio e de transporte e a justaposição do valor de uso (como bem de consumo) e de troca (estabelecido no mercado) comprometiam a função daquelas “moedas” como instrumento de troca.

De acordo com Pinheiro (2009, p.14):

A moeda como intermediária nas trocas e meios de pagamentos surgiu com o depósito de bens para atender às necessidades das sociedades primitivas, como eram os casos de animais (bois, cavalos, porcos etc.), dos vegetais (tabaco, arroz etc.), e minerais (sal, conchas etc.). O elemento comum desses bens era sua capacidade, em determinados momentos e lugares, de representar uma aceitação em geral como meio de pagamentos de troca e pagamento.

Após identificar os obstáculos para a utilização da moeda em forma de escambo, as transações comerciais deveriam passar por mudanças. A nova forma para efetivar as operações deveria apresentar unidade de medida e valor comum para todos.

Costa (1999, p.34) enumera as espécies de moeda no decorrer da história, sendo:

- ✓ Moeda-mercadoria: escolhida por critério de se adaptar às necessidades gerais, o que não depende essencialmente de sua “raridade”;
- ✓ Metais cunhados: imposto pelo poder governamental, para a cobrança de tributos;

- ✓ Papel-Moeda conversível: transformável em dinheiro de aceitação geral;
- ✓ Moeda fiduciária: depende de confiança, de curso forçado e poder liberatório garantido pelo espelho jurídico, com circulação independente dos limites dos lastros existentes;
- ✓ Moeda bancária (escritural): por corresponder a lançamentos contábeis de débitos e créditos ou invisível por não ter existência física.

É importante mencionar que é através da moeda escritural que ocorre o efeito multiplicador. Esse efeito é exatamente o percentual estipulado de acordo com o cálculo, que o banco retira do depósito à vista para emprestar aos tomadores de recursos.

Segundo definição de Costa (1999, p.41):

O multiplicador monetário é um fenômeno peculiar ao dinheiro e sem analogia no mundo das mercadorias: um depósito, embora legalmente apenas um direito sobre moeda de curso legal, atende limites muito mais amplo que os da própria moeda correspondente.

Por lei, o banco precisa guardar apenas uma fração do valor que é depositado à vista, o restante do valor pode ser disponibilizado para criação de novos créditos, com isso gerando a multiplicação do valor inicialmente depositado.

2.2. O que é a moeda?

A palavra moeda em questão pode ter diferentes significados, porém no meio econômico ela possui alguns significados peculiares, devido a sua forma de utilização.

Segundo Pinheiro (2009, p.11) “a moeda pode ser conceituada como um conjunto de ativos financeiros de uma economia que os agentes utilizam em suas transações”. A moeda representa um bem de uso comum que atua nas transações que autoriza a troca, ou seja, compra e venda de forma simultânea de mercadorias ou serviços. Em algumas operações específicas, essas transações apresentam vários benefícios, como acréscimo no grau de especialização e eliminação de coincidência de desejos.

2.3. Funcionalidades

O estudo que caracteriza as funções da moeda é denominado como teoria monetária e dentro desse contexto é possível determinar as três funções básicas da moeda.

Segundo Gremaud et al.(2011, p.367):

Não existe uma definição aceita universalmente sobre moeda, por isso delimita a moeda por suas três funções: a) meio de troca; b) unidade de conta; c) reserva de valor. Portanto, a moeda é algo que é aceito pela coletividade, para desempenhar essas três funções.

Para Lopes e Rossetti (1998), a primeira função da moeda é permitir que os bens e serviços estejam disponíveis na sociedade em grande alcance e em grandes quantidades, atendendo às necessidades. Além de uma aceitação globalizada, não é mais necessário que haja a coincidência de desejos para realizar a troca.

O segundo papel da moeda é a unidade de conta, conforme Gremaud et al. (2011) pode ser usada contabilmente para demonstrar através de valores já estipulados as mercadorias, possibilitando contar a moeda e seus bens e serviços. Para Lopes e Rossetti (1998) é possível racionalizar e aumentar de forma mais precisas às informações econômicas, que possibilitam melhores alternativas para os produtores e consumidores, operando de forma eficiente o sistema econômico como um todo.

Segundo Gremaud et al. (2011), sem a moeda ainda seria necessário trocar de mercadoria por mercadoria, ou seja, escambo. Outro ponto que estaria comprometido sem a moeda seriam as questões de divisibilidade e da quantidade.

O terceiro e último papel da moeda a ser desempenhado é a reserva de valor. Pinheiro (2009) afirma que com o passar do tempo os agentes econômicos adquiriram a capacidade de acumular riquezas, com isso formando uma aliada para proteção do poder de compras no futuro. Além da reserva de valor, pode ser utilizada para poupar o poder de comprar no momento em que a renda é recebida, até o momento que o indivíduo opta por gastar.

2.4. Características

Segundo Lopes e Rossetti (1998) as principais características da moeda, estudadas desde Adam Smith, são: indestrutibilidade e inalterabilidade, homogeneidade, divisibilidade, transferibilidade, facilidade de manuseio e transporte.

A indestrutibilidade e inalterabilidade referem-se à duração da moeda de forma tangível, onde os agentes econômicos possam manusear sem alterar suas funções e valor. Além dessas

peculiaridades é possível ser usada para garantir sua legitimidade para aceitação geral da moeda e confiança por parte dos agentes, fora que evita a falsificação.

A homogeneidade faz duas mercadorias distintas possuir o mesmo valor, isto é, devem ser iguais em suas características intrínsecas e para os meios de trocas. Em relação à divisibilidade, segundo Pinheiro (2009, p.13) “a moeda deve possuir múltiplos e submúltiplos para que seja assegurada a reavaliação de transações de valores grandes e pequenos sem dificuldades.”.

De acordo com Lopes e Rossetti (1998) a transferibilidade é a facilidade de transferir a mercadoria qualquer ou cédula emitida e garantida pelo Estado para outro possuidor, sem que seja feito qualquer registro ou marca de seu atual proprietário, para que não seja alterada a estrutura da moeda, além de contar com grande rapidez e agilidade. Sobre a facilidade de manuseio e transporte, afirma Pinheiro (2009, p.13) “O manuseio e transporte da moeda não devem representar dificuldades para os agentes que a utilizam.” Se houver a dificuldade de utilização a moeda com o passar do tempo torna-se obsoleta.

2.5. Emissão de Moeda Real

Como já descrito anteriormente, existem dois tipo de moedas utilizadas, a primeira seria o papel-moeda, que é criada pelo Banco Central, e a segunda é a moeda escritural que é gerada através dos bancos comerciais e instituições que possam receber os depósitos à vista.

No Brasil, o Conselho Monetário Nacional (CMN) tem entre as funções autorizar a emissão de papel-moeda. O Banco Central (BCB) por sua vez faz a emissão do papel-moeda e moeda metálica nas condições e limites do Conselho Monetário Nacional. (FORTUNA, 2011).

De acordo com a cartilha do Banco Central denominada “Funções do Banco Central” (2016, p.9) “a Casa da Moeda do Brasil (CMB), que é empresa pública, produz o dinheiro brasileiro desde 1969. O BCB relaciona-se com a CMB por meio de contrato de fornecimento de cédulas e moedas.” Vale ressaltar que o Banco Central faz apenas a emissão da moeda, e não a impressão do numerário.

O Banco Central detém o título de monopólio de emissão, ou seja, realiza a gestão das atividades de circulação do dinheiro na economia, podendo fazer a emissão de moeda ou recolhendo no mercado, afetando diretamente os meios de pagamentos e circulantes.

De acordo com a cartilha Funções do Banco Central (2016, p.10):

A emissão ocorre quando o BCB entrega papel-moeda para o banco comercial por meio de débito de sua conta Reservas Bancárias para atender às necessidades de saques dos clientes nas respectivas contas correntes. Desse modo, a emissão de papel-moeda pelo BCB reflete a demanda do público por papel-moeda.

3. BITCOIN

3.1. Criação

A moeda eletrônica foi idealizada em 2008 através do artigo “Bitcoin: A Peer-toPeer Electronic Cash System” de Satoshi Nakamoto que propôs a criação de uma moeda virtual ou cryptocoin que não possui lastro, vínculo ou emissão através das autoridades monetárias e instituições financeiras. A moeda virtual Bitcoin pode ser entendida pelo seu criador Nakamoto (2009, p.1, tradução nossa) como: “uma versão puramente ponto-a-ponto de dinheiro eletrônico que pode permitir que os pagamentos fossem enviados diretamente de uma parte para outra sem passar por uma instituição financeira.”.

Para Schlichter (2012) a definição de Bitcoin:

O Bitcoin é um dinheiro intangível criado na internet. É um software. O Bitcoin pode ser imaginado como sendo uma commodity criptográfica. Trata-se de uma moeda criada digitalmente, completamente descentralizada, que existe somente no ciberespaço. Ela é produzida e gerida pelos computadores conectados à rede mundial, os quais formam a rede Bitcoin. Trata-se de um sistema de pagamento peer-to-peer que permite que as transações sejam assinadas digitalmente.

Segundo Ulrich (2013) a criação da moeda virtual é basicamente a junção da criptografia e a distribuição de um banco de dados por meio de uma rede peer-to-peer, ou seja, uma rede descentralizada que iguala todos os usuários e que possibilita o compartilhamento de dados sem a necessidade de um servidor central.

O papel da rede peer-to-peer é fundamental no Bitcoin, pois garante a distribuição do Blockchain a todos os usuários, possibilitando uma cópia atual e fidedigna do histórico de transações em tempo real e funciona como intermediário nas transações entre os usuários. A criptografia desempenha o papel de impedir que o Blockchain seja violado e corrompido, ou seja, mantém a integridade e segurança das informações, além de impedir que um determinado usuário gaste os Bitcoins da carteira de outro usuário, com isso garantindo autenticidade e veracidade nas informações.

O Blockchain é uma espécie de livro razão público que contém todos os registros e transações dos Bitcoins. Segundo Ulrich (2013,p.18)

Novas transações são verificadas contra o Blockchain de modo a assegurar que os mesmos Bitcoins não tenham sido previamente gastos, eliminando assim o problema do gasto duplo.

Segundo Ulrich (2013) Bitcoins são criados ou minerados, o processo de mineração de Bitcoins gera novas moedas na rede, e para realizar essa criação é necessário encontrar a sequência de dados denominada “blocos” que irá produzir certo padrão aplicado ao algoritmo “hash”.

De acordo com Schlichter (2012) a maioria dos usuários não faz parte do processo de mineração, apenas adquirem as moedas através das transações de compra e venda. A oferta de Bitcoin foi programada para aumentar de forma equilibrada ao longo tempo, até atingir seu limite máximo que seria de 21 milhões de unidades determinada pelo algoritmo hash, com isso a oferta de Bitcoin torna-se fixa. A criação do Bitcoin é privada e limitada, fugindo do controle de autoridades emissoras.

3.2. Funcionalidades

As transações realizadas com a moeda virtual sempre são verificadas e o gasto duplo evitado. Para realizar essas transações são necessárias duas chaves, a primeira é uma chave privada, que contém uma senha que apenas o usuário possui, e outra que é a chave pública que pode ser compartilhada com todos na rede Bitcoin.

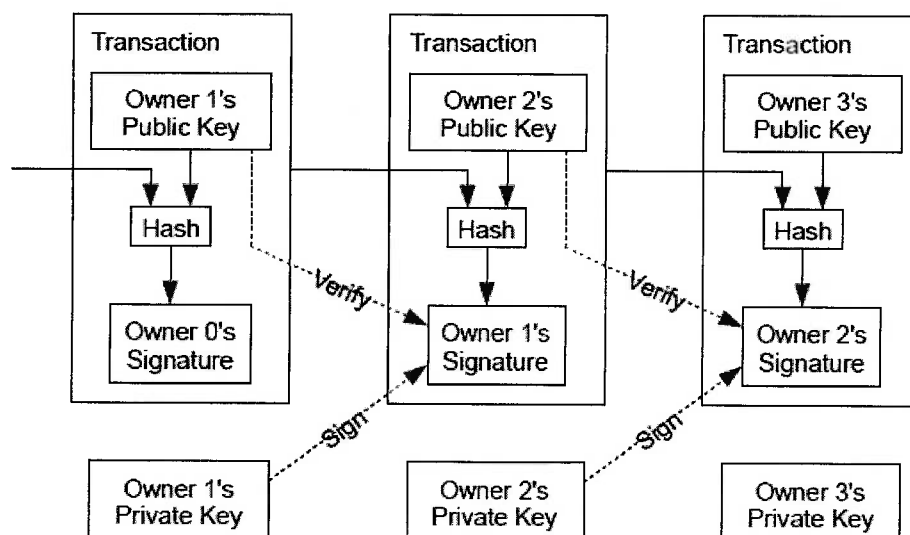
De acordo Ulrich (2013, p.19) “a criptografia de chave pública garante que todos os computadores na rede tenham um registro constantemente atualizado e verificado de todas as transações dentro da rede Bitcoin, o que impede o gasto duplo e qualquer tipo de fraude.”.

Segundo Ulrich (2013) quando um usuário decide transferir Bitcoins para outro, ele cria uma mensagem chamada de “transação” que contém a chave pública e é assinada com a chave privada. Quando olhar para chave pública é possível verificar que foi realizada uma transação e assinada com a chave privada, caracterizando a transação como autêntica e que o outro usuário é o proprietário dos Bitcoins. A transferência de domínio dos Bitcoins é registrada, carimbada com data e hora e automaticamente é exposta no Blockchain, ficando disponíveis para outros usuários.

De acordo com Nakamoto (2009) cada proprietário do Bitcoin ao transferir a moeda virtual para outro, assina de forma digital a codificação anterior que passa automaticamente a chave

pública para o novo detentor da moeda. O beneficiário da moeda pode verificar as assinaturas para visualizar a origem da moeda.

Figura 1 – Exemplo de transação com Bitcoin



Fonte: Satoshi Nakamoto (2009)

3.3. Compra e Venda

Existem vários motivos para transacionar com os Bitcoins, além de apenas investir. De acordo com Martins (2016):

- ✓ Meio de troca aceito: grandes empresas de diversos ramos em todo o mundo estão aceitando Bitcoins como forma de pagamento. Há alguns casos no Brasil em que empresas e profissionais liberais aceitam essa forma de pagamento;
- ✓ Sistema de transferência de valores com baixo custo de transação: o Bitcoin é uma plataforma de transação com custo bem inferior ao meio de transação convencional, além do tempo de validação da transação de crédito ou débito ser igual ou até menor do que os praticados no mercado real.
- ✓ Sistema bancário/monetário alternativo: não há necessidade de um intermediador financeiro para realizar as transações.

O acesso ao Bitcoin fica disponível através das bolsas de Bitcoins e criptomoedas, possibilitando a conversão de outras moedas para o Bitcoin e vice-versa. Há possibilidade através da mineração, buscando códigos matemáticos para a criação de novos ou prestando serviços com pagamento em moeda virtual.

4. METODOLOGIA

4.1. Notação

A notação apresenta a seguir permite carteira de investimento com posição a descoberto. De acordo com Costa e Assunção (2005) posição a descoberto ou vendida acontece quando no instante inicial toma-se emprestado o ativo financeiro com o valor igual a $S_i(0)$, após vende-se esse mesmo ativo para dado investimento. No futuro compra-se esse mesmo ativo com o valor de mercado que é igual a $S_i(1)$, com isso retornando para o investidor inicial. A diferença entre o valor do ativo no instante inicial e futuro faz com que o investidor lucre.

O valor financeiro em uma carteira de investimento no instante inicial, $t = 0$, dado por:

$$V(0) = H_1S_1(0) + \dots + H_nS_n(0) \quad (4.1)$$

Onde:

$V(0)$ = valor da carteira de investimento;

H_i = representa a quantidade do ativo i que tem na carteira;

S_i = valor inicial do i -ésimo ativo.

Pode-se definir:

$$\omega_i = \frac{H_iS_i(0)}{V(0)} \quad (4.2)$$

Onde:

ω_i = proporção total investida no i -ésimo ativo ou peso relativo do i -ésimo na carteira de investimento.

Quando há valores negativos em determinado ativo financeiro, tem-se uma posição a descoberto. Com isso estabelecendo o critério que em (4.1) e (4.2), são:

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1 \quad (4.3)$$

Ou seja, o somatório dos pesos dos ativos da carteira de investimento deve ser igual a 1. Ao final do período a carteira passa a ter valor dado:

$$V(1) = H_1 S_1(0) + \dots + H_n S_n(1) \quad (4.4)$$

Através das notações estabelecidas em (4.1), (4.2) e (4.3), podemos definir:

$$\begin{cases} P = \omega' R \\ \mu = \omega' r \\ \sigma^2 = \omega' \Sigma \omega \\ 1 = \omega' e \end{cases} \quad (4.5)$$

Onde:

P = taxa de retorno da carteira ao final de um período;

R = vetor-coluna de retorno dos ativos;

μ = rentabilidade desejada;

r = vetor-coluna de retornos esperados dos ativos;

σ^2 = risco da carteira (variância do retorno da carteira);

Σ = matriz de covariância;

ω = vetor-coluna de pesos relativos dos ativos.

O cálculo μ corresponde à média do retorno P da carteira (4.5), dada por:

$$\mu = E(P) = E(\omega' R) = \omega' E(R) = \omega' r = \omega_1 r_1 + \dots + \omega_n r_n \quad (4.6)$$

Onde o cálculo da variável r dado por:

$$r_i = E(R_i) \quad (4.7)$$

A definição de $\omega' e$ (4.5) corresponde a seguinte equação:

$$\omega' e = \omega_1 + \dots + \omega_n = 1 \quad (4.8)$$

O vetor auxiliar apresentado em (4.5) dado por:

$$e = \begin{pmatrix} 1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4.9)$$

4.2. A teoria moderna de portfólio

A otimização de portfólios foi baseada nos trabalhos de Markowitz (1952) o *Portfolio Selection e Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk* de Sharpe (1964).

De acordo com Costa e Assunção (2005) a teoria desenvolvida por Harry Markowitz é uma ferramenta quantitativa que possibilita aos investidores alocarem seus recursos em diferentes ativos financeiros, com o intuito de manter uma relação ótima entre risco e retorno. Markowitz propôs que as variáveis estatísticas estudadas no modelo seriam a média (relacionada ao retorno) e variância (relacionada ao risco) para serem aplicadas a uma carteira de ativos financeiros em determinado espaço de tempo, tratando essas duas únicas variáveis para decisão da seleção dos ativos.

Na tomada de decisão dos investidores, quando há duas carteiras de ativos, é levado em consideração o maior retorno quando o risco é o mesmo para as duas, porém quando o risco é o mesmo o argumento para decisão é a carteira que possui maior retorno. Em geral, há possibilidade de diminuir a variância do retorno de uma carteira de investimentos incluindo mais ativos, com isso gerando o processo de diversificação.

Tendo em vista a relação entre risco e retorno no processo de tomada de decisão de investimentos, deseja-se resolver o seguinte problema de otimização para um dado valor de μ :

$$\begin{aligned} &\min \omega' \Sigma \omega \\ &\text{sujeito a} \\ &\omega' r = \mu \\ &\omega' e = 1 \\ &\omega \in R^n \end{aligned} \quad (4.10)$$

$\omega \in R^n$ = peso pertence ao ativo em questão na carteira de investimento.

Seguindo a abordagem apresentada por Costa e Assunção (2005), a solução do problema de média-variância é dada em termos das seguintes variáveis:

$$\begin{aligned}\alpha &= e' \Sigma^{-1} e \\ \gamma &= r' \Sigma^{-1} r \\ \psi &= e' \Sigma^{-1} r \\ \delta &= \alpha \gamma - \psi^2 = (e' \Sigma^{-1} e)(r' \Sigma^{-1} r) - (e' \Sigma^{-1} r)^2\end{aligned}\tag{4.11}$$

Onde as variáveis α , γ e δ são constantes e positivas.

Pode-se demonstrar que a solução do problema de média-variância dada por (Costa e Assunção, 2005, Teorema 2.1):

$$\omega = h\mu + g\tag{4.12}$$

Onde h e g , não dependem de μ , que são definidos por:

$$h = \frac{\alpha}{\delta} \Sigma^{-1} r - \frac{\psi}{\delta} \Sigma^{-1} e\tag{4.13}$$

$$g = \frac{\gamma}{\delta} \Sigma^{-1} e - \frac{\psi}{\delta} \Sigma^{-1} r\tag{4.14}$$

Para determinar os pesos dos ativos na carteira de investimento para dado μ é necessário achar as variáveis h e g , pois as mesmas junto com as variáveis constantes vão determinar os pesos da carteira de variância mínima.

4.3. Fronteira Eficiente

Segundo Prates (2016) a avaliação de carteira de investimento envolve 3 fases, sendo a primeira análise de ativos, onde é avaliado o valor de cada ativo e sua atratividade, o segundo passo é análise da carteira de investimento onde é levado em consideração o retorno e o risco da carteira em questão, e por fim a seleção da carteira de investimento que visa uma combinação ótima de portfólio, onde a composição dos ativos maximizam a satisfação do

investidor. Segundo a teoria de Markowitz o investidor é racional, com isso buscando um risco mínimo para dado retorno.

De acordo com Prates (2016) a teoria de Markowitz mostra que o risco de um ativo medido isoladamente é diferente quando o ativo está composto na carteira. Com a diversificação da carteira os ativos correlacionam-se entre si, podendo ser positivamente ou negativamente.

Um dos pontos do estudo de Markowitz é encontrar a carteira de mínima variância, ou seja, encontrar a combinação da carteira com o menor risco para todas as combinações possíveis. A partir do ponto de mínima variância global que é a combinação que apresenta o menor risco possível dado os ativos de investimentos, onde surge a fronteira eficiente que mostra o menor nível de risco para qualquer retorno acima da carteira de mínima variância global.

De acordo com Costa e Assunção (2005, p.26) “qualquer carteira formada por carteiras de mínima variância também é de mínima variância”. Para o cálculo da carteira de mínima variância global, foram utilizados os seguintes parâmetros:

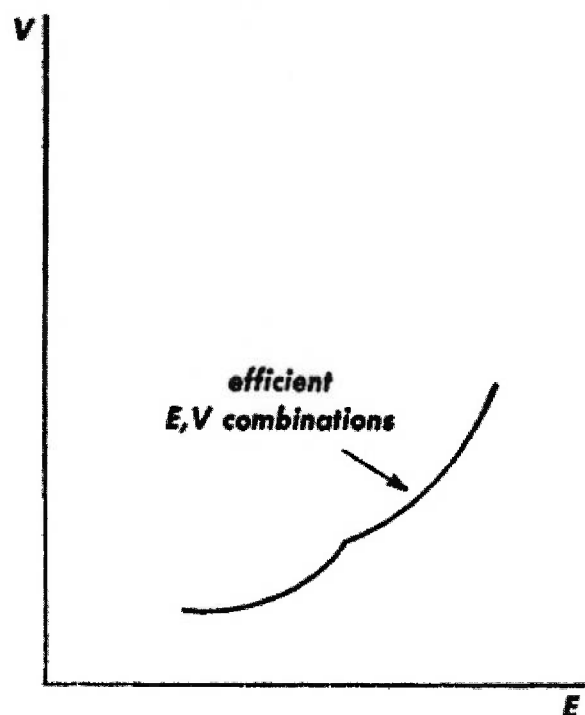
$$\omega_g = \frac{1}{\alpha} \Sigma^{-1} e \quad (4.15)$$

$$\mu_g = \frac{\psi}{\alpha} \quad (4.16)$$

$$\sigma_g^2 = \frac{1}{\alpha} \quad (4.17)$$

As carteiras de mínima variância que possuem $\mu \geq \mu_g = \frac{\psi}{\alpha}$ são chamadas de carteiras eficientes, pois elas possuem o maior retorno possível entre todas as carteiras com um determinado nível de risco.

Figura 2 - Fronteira Eficiente



Fonte: Harry Markowitz (1952; p.88)

4.4. Materiais e métodos

A presente monografia tem por objetivo estudar o Bitcoin como um ativo de investimento. Para esse estudo, foram coletados dados do mercado referentes às cotações do Bitcoin, de moedas reais e do índice ibovespa. Foi realizado o levantamento da cotação do Bitcoin (BTC) em dólar através do site <https://finance.yahoo.com/>, após convertida para o real junto a cotação do Bacen com período de janeiro de 2012 a dezembro de 2016. Em relação ao Bitcoin não há um emissor central da moeda, por isso não há uma cotação oficial, há variações de acordo com as corretoras e demandas pela criptomoeda.

Para o mesmo período foram coletadas cotações diárias das moedas mais negociadas mundialmente, que são o dólar, euro e libra esterlina com cotações retiradas do site do Bacen e para finalizar a coleta de dados, foram obtidas as cotações do índice Ibovespa contemplando o mesmo período com cotações retiradas do site da revista infomoney.

A metodologia aplicada para o estudo do Bitcoin como ativo de investimento se baseia no estudo do risco e retorno do Bitcoin como um ativo individual e em sua contribuição numa

carteira de investimento, segundo o modelo de Markowitz, formada por moedas reais e o índice ibovespa. A implementação do modelo conforme a teoria de Markowitz foi calculada através do software Microsoft Excel.

5. RESULTADOS

5.1. Análise dos ativos disponíveis para investimentos

Nessa seção será apresentada a análise dos ativos de forma individual analisando o retorno e risco de 2012 a 2016 calculados para cada ano do período.

Tabela 1 – Retorno dos ativos

Retorno					
	2012	2013	2014	2015	2016
Bitcoin	11,78%	277,46%	18,72%	-8,98%	1,95%
Dólar	1,14%	1,25%	0,88%	3,60%	-1,12%
Euro	1,13%	1,52%	-0,07%	2,31%	-1,40%
Libra	1,38%	1,35%	0,37%	3,23%	-2,55%
Ibovespa	0,27%	-1,25%	0,72%	-0,76%	3,60%

Fonte: Autora

Para o cálculo do retorno de cada ativo foi utilizado a expressão:

$$R_i = \frac{S_i(1) - S_i(0)}{S_i(0)} \quad (5.1)$$

Para o cálculo dos ativos financeiros em cada ano, foi realizado primeiro o cálculo do retorno dos 12 meses de cada ano, ou seja, foi calculado de forma individual a rentabilidade mês a mês de todos os ativos financeiros para todos os anos do período estudado. Através dos valores gerados foi possível calcular a matriz de covariância para todos os anos.

Tabela 2 – Risco dos ativos

Risco					
	2012	2013	2014	2015	2016
Bitcoin	14,98%	146,70%	21,60%	18,54%	11,88%
Dólar	3,86%	3,63%	3,74%	5,84%	5,27%
Euro	3,05%	3,32%	2,62%	5,83%	4,36%
Libra	3,11%	3,90%	2,98%	5,10%	6,91%
Ibovespa	5,59%	4,41%	5,88%	5,82%	7,99%

Fonte: Autora

O valor do risco de cada ativo, apresentado acima, é dado pela raiz quadrada da variância, isto, pelo desvio-padrão da taxa de retorno do ativo. O cálculo do risco dos ativos financeiros

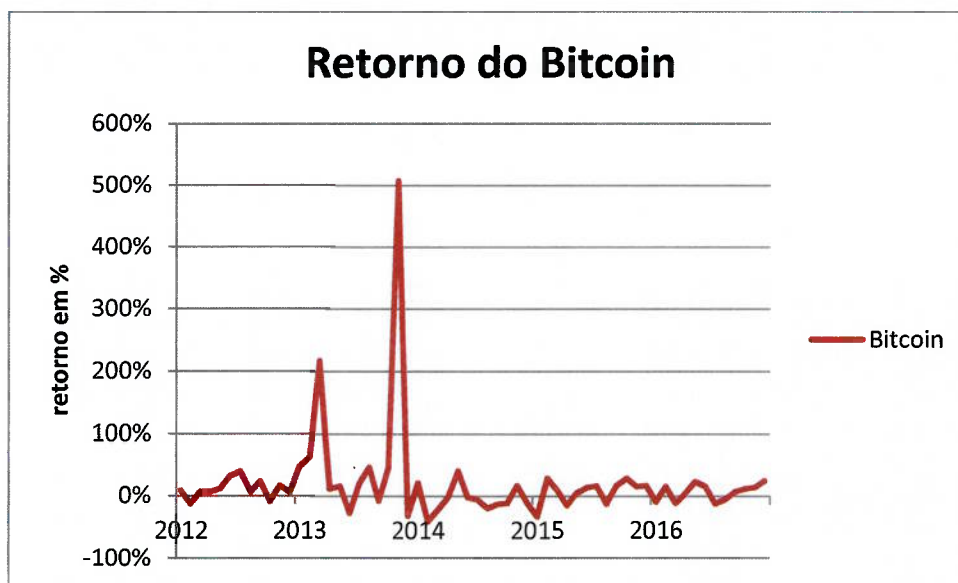
foi feito a partir do desvio-padrão dos retornos calculados para cada ano de cada ativo financeiro para o período da análise.

Analisando os valores encontrados para o ano de 2012 o Bitcoin apresenta o maior retorno dentre todos os ativos, devido à volatilidade em seu preço no decorrer do ano começando em R\$8,85 e terminando em R\$27,61, com isso assumindo o maior risco dentre os ativos financeiros da carteira de investimento. Entre as moedas reais, a libra esterlina apresenta o maior retorno e o índice ibovespa para o ano apresenta a menor rentabilidade, devido a quedas bruscas em alguns meses do ano, se comparado com os outros ativos da carteira.

O ano de 2013 para o mercado do Bitcoin foi extremamente rentável, seu preço apresentou um aumento significativo em 2 momentos do ano, sendo o primeiro, saltando de R\$ 66,15 para R\$209,44 entre os meses de março e abril, e o segundo no período de outubro e novembro, com preço inicial R\$ 460,44 para o preço final de R\$2.798,00. É possível verificar através do gráfico o ponto de retorno mais alto, quando chega a 507,71% no fechamento do mês de outubro para novembro. O risco do Bitcoin é o mais alto do período.

Segundo Presse (2013) uma possível causa para a repentina valorização da moeda foi o aumento da compra do Bitcoin por investidores russos, afim de proteger seus euros por conta da crise financeira. Para Piropo (2014) o motivo da alta foi a compra pelos investidores russos, porém com essa alta do preço, nas operações e na expansão da moeda, acabou assustando o mercado que fez com que ele recuasse, ou seja, impulsionaram as vendas. O preço do Bitcoin começou a cair de um mês para o outro no final de 2013.

Figura 3 – Retorno do Bitcoin



Fonte: Autora

Para o ano de 2014 o Bitcoin permanece com um retorno significativo, mesmo apresentando muita volatilidade em seu preço no decorrer do período, principalmente em relação ao começo no ano valendo R\$2.290,51 e terminando com seu preço avaliado em R\$852,34. O euro apresenta um retorno negativo para esse ano, segundo Caleiro (2015) as razões são devido à queda em relação ao dólar, ou seja, o fortalecimento generalizado da moeda americana e a injeção de recurso na economia europeia pelo Banco Central Europeu (BCE). A libra esterlina para o ano de 2014 apresentou uma queda em relação aos outros anos, por conta de uma crise na união europeia.

O Bitcoin fechou o ano de 2015 com um retorno de -8,98%, segundo Coelho (2015) é possível identificar os três catalisadores que influenciaram a queda do mercado, sendo o primeiro o encerramento de uma grande corretora causada por hackers que contabilizou a perda de mais de 5 milhões de dólares em Bitcoin, com esse grande golpe a corretora encerrou suas operações, causando uma forte desconfiança no mercado. O segundo corresponde ao encerramento das operações por uma empresa de mineração de Bitcoin, causada pela baixa dos preços e falta de rentabilidade. Por fim, o terceiro efeito sobre a moeda ocorreu por conta da eliminação de sites de Bitcoin pela Rússia, onde a mesma já ameaçava tornar o Bitcoin ilegal.

O índice ibovespa fechou negativo em 2015 atrelado a problemas políticos internos e a interferência do mercado internacional nas operações negociadas em bolsas. As demais moedas subiram em relação ao ano anterior.

Para o último ano da análise, 2016, o Bitcoin e o índice ibovespa voltam a subir. As moedas reais para esse ano fecham com retorno negativo, com algumas especulações de influência sobre os resultados, como problemas políticos internos, influência do mercado internacional e as operações da bolsa.

5.2. Análise do impacto do Bitcoin em carteiras ótimas

Nessa seção será apresentado o Bitcoin nas carteiras de investimentos de cada ano, com isso demonstrando seu peso em cada carteira, sendo a carteira ótima e de mínima variância global. Para o retorno das carteiras ótimas foi estipulado como referência o ativo com menor retorno do ano anterior, contudo para o ano de 2012 foi estipulado o ativo com menor retorno do mesmo ano para início da análise.

Aplicando o modelo de Markowitz no ano de 2012, encontraram-se os seguintes resultados, levando em consideração a carteira com e sem o Bitcoin.

Tabela 3 – Portfólio de investimento 2012

Portfólio com Bitcoin			Portfólio sem Bitcoin		
2012			2012		
Carteira Ótima		Mínima Variância Global	Carteira Ótima		Mínima Variância Global
μ	1,13%	0,48%	μ	1,13%	0,66%
σ^2	0,022%	0,015%	σ^2	0,035%	0,016%
Bitcoin	3,60%	-1,81%	Dólar	12,77%	79,66%
Dólar	63,48%	79,48%	Euro	-38,98%	23,09%
Euro	23,92%	14,95%	Libra	97,42%	-45,07%
Libra	-28,07%	-35,90%	Ibovespa	28,78%	42,32%
Ibovespa	37,06%	43,28%			

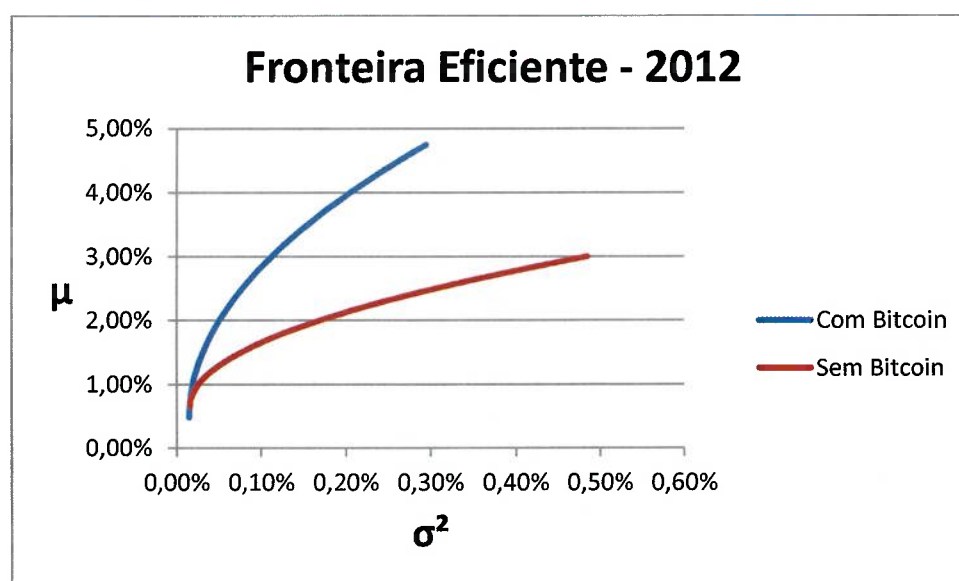
Fonte: Autora

Para esse ano, o retorno desejado (parâmetro para entrada do modelo de média-variância) ficou estipulado em 1,13%, que corresponde ao ativo de menor rentabilidade para o ano, que foi o euro.

Analisando os resultados é possível perceber pouca participação do Bitcoin na carteira de variância mínima global, pode-se entender que é devido ao seu alto nível de risco em relação aos outros ativos, mas aparece de forma vendida na carteira, acreditando que haverá possibilidade de queda em seu valor. O Bitcoin ganha um destaque maior quando o nível de retorno da carteira ótima aumenta se comparado com a carteira de variância mínima global, com isso saindo da posição de vendido para comprado com um peso maior.

A carteira de investimento que não possui o Bitcoin apresenta uma carteira de mínima variância global com retorno e risco maior do que a carteira de investimento que possui o Bitcoin, possivelmente porque o ativo financeiro de maior risco não compõe a carteira de investimento, com isso minimizando o risco e aumentando o retorno. A carteira de mínima variância global aloca a maior parte dos recursos em dólar que apresenta o segundo maior retorno e risco de forma individual. Para a carteira ótima a participação do dólar diminui, com isso a libra esterlina aumenta a sua participação, sendo o ativo financeiro de forma individual a possuir o maior retorno, ou seja, sai de uma posição vendida para ficar comprada com peso maior. Logo o euro com menor risco, sai de uma posição comprada para uma posição vendida com maior peso.

Figura 4 - Fronteira Eficiente 2012



Fonte: Autora

A fronteira eficiente com o Bitcoin começa a partir do ponto de risco 0,015% com retorno de 0,48%, já a carteira de investimento sem o Bitcoin começa a partir do risco 0,016% com retorno em 0,66%. A partir das fronteiras eficientes, é possível perceber que as carteiras ótimas para o caso sem o Bitcoin assumem riscos maiores para os mesmos retornos, quando comparadas as carteiras ótimas no caso em que o Bitcoin está disponível para investimento.

No ano de 2013 aplicando o modelo de Markowitz encontraram-se os seguintes resultados:

Tabela 4 – Portfólio 2013

Portfólio com Bitcoin			Portfólio sem Bitcoin		
2013			2013		
Carteira Ótima		Mínima Variância Global	Carteira Ótima		Mínima Variância Global
μ	1,13%	-0,50%	μ	1,13%	0,21%
σ^2	0,043%	0,037%	σ^2	0,073%	0,038%
Bitcoin	0,31%	-0,27%	Dólar	11,91%	57,29%
Dólar	51,33%	58,64%	Euro	90,89%	28,44%
Euro	41,89%	22,07%	Libra	-16,68%	-29,04%
Libra	-35,47%	-22,47%	Ibovespa	13,88%	43,31%
Ibovespa	41,94%	42,03%			

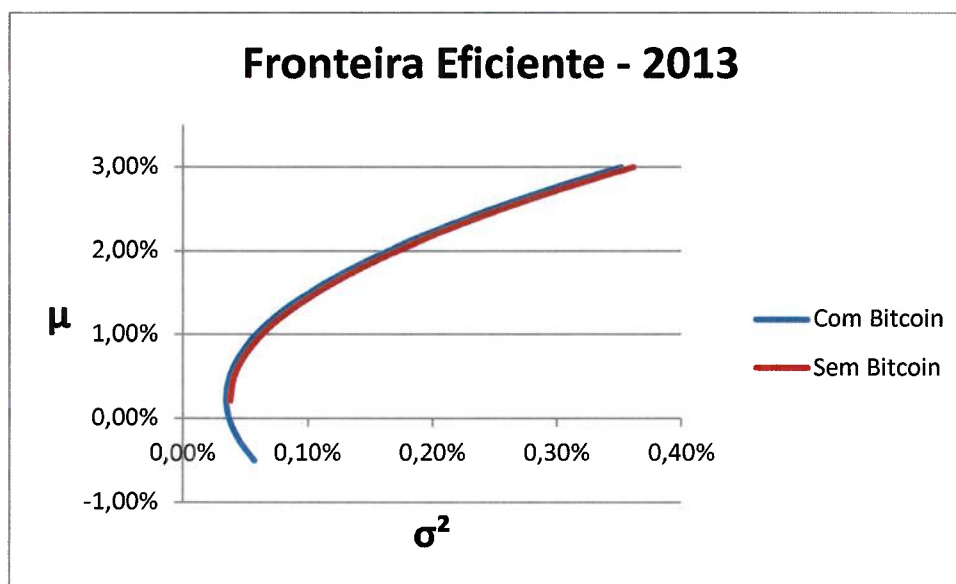
Fonte: Autora

Observando os resultados da carteira de investimento com o Bitcoin, ele praticamente não tem participação na carteira, devido uma situação atípica onde ocorreu o boom do Bitcoin no mercado e o seu preço saltou de forma extraordinária, com isso o risco do ativo alavancou para 146,70% nesse ano. Com isso ao se obter a carteira de variância mínima global o retorno para esse ano fica negativo em -0,50% devido à influência do Bitcoin.

Nesse ano, a carteira de investimento que não possui o Bitcoin tem como principal e dominante ativo o euro, dado o maior nível de retorno e por ser o ativo com menor risco na carteira se observado de forma individual, porém na carteira mínima variância global os ativos estão bem diversificados.

Analisando as carteiras de variância mínima global com e sem o Bitcoin, é possível perceber que os riscos das carteiras estão bem próximo um do outro, porém com a presença do Bitcoin a carteira apresenta um retorno negativo.

Figura 5 - Fronteira Eficiente 2013



Fonte: Autora

A fronteira eficiente com o Bitcoin começa a partir do risco 0,037% com retorno -0,50%, já para a carteira de investimento sem o Bitcoin a fronteira eficiente começa a partir do risco 0,038% com retorno 0,21%. Nesse ano, devido à baixa participação do Bitcoin nas carteiras ótimas, é possível ver que os retornos e os riscos das carteiras de investimentos com e sem o Bitcoin ficam próximas, mas não coincidem. Também é possível perceber que as carteiras ótimas sem o Bitcoin apresentam para dado nível de retorno o risco maior do que no caso com o Bitcoin.

Para o ano de 2014 os resultados apresentados foram:

Tabela 5 – Portfólio 2014

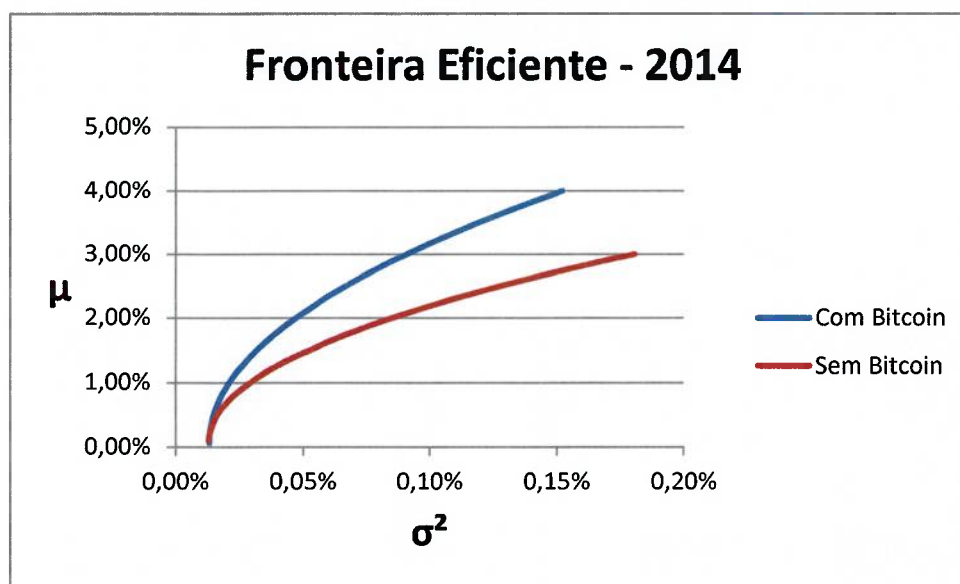
Portfólio com Bitcoin			Portfólio sem Bitcoin		
2014			2014		
Carteira Ótima		Mínima Variância Global	Carteira Ótima		Mínima Variância Global
μ	1,25%	0,06%	μ	1,25%	0,10%
σ^2	0,026%	0,013%	σ^2	0,040%	0,013%
Bitcoin	3,92%	-0,27%	Dólar	52,37%	-36,33%
Dólar	-3,69%	-35,73%	Euro	-108,22%	41,90%
Euro	-13,80%	40,91%	Libra	114,22%	66,52%
Libra	78,67%	67,21%	Ibovespa	41,64%	27,91%
Ibovespa	34,90%	27,87%			

Fonte: Autora

Analisando o Bitcoin em 2014, sua participação na carteira ótima é maior do que nos outros anos, devido à busca por um retorno maior do que anos anteriores, porém na carteira de variância mínima global sua participação permanece baixa por causa do alto risco.

Na carteira ótima sem o Bitcoin é possível ver que para o mesmo nível de retorno 1,25%, o risco é maior do que com o Bitcoin, devido ao baixo retorno dos ativos de forma individual. Para esse ano todos os ativos financeiros que integram a carteira de investimento apresentaram o menor retorno de todos os anos estudados. Para a carteira de variância mínima global é possível ver que sem a presença do Bitcoin o retorno é maior, dado o mesmo nível de risco 0,13%.

Figura 6 – Fronteira Eficiente 2014



Fonte: Autora

A fronteira eficiente com o Bitcoin começa a partir do ponto de risco 0,013% com o retorno de 0,06%, já para a carteira de investimento sem o Bitcoin começa a partir do risco 0,013% com retorno em 0,10%. Assim como em 2012, para as carteiras ótimas sem o Bitcoin é possível ver que para dado nível de retorno o risco é maior do que no caso com o Bitcoin.

Para o ano de 2015 os resultados obtidos foram:

Tabela 6 – Portfólio de 2015

Portfólio com Bitcoin		
2015		
Carteira Ótima		Mínima Variância Global
μ	2,31%	1,72%
σ^2	0,092%	0,090%
Bitcoin	-7,47%	-5,10%
Dólar	68,29%	78,02%
Euro	-12,75%	4,09%
Libra	-3,22%	-36,67%
Ibovespa	55,16%	59,66%

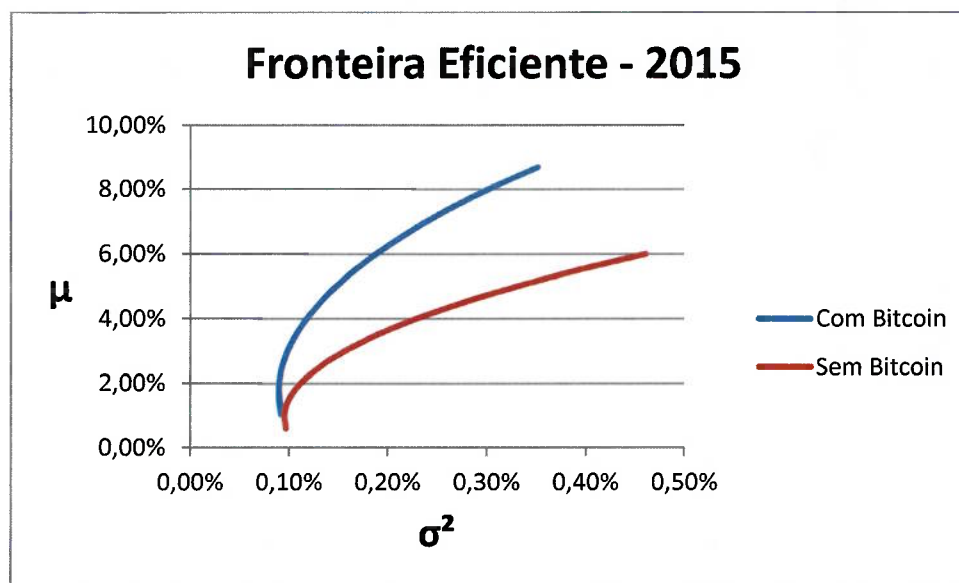
Portfólio sem Bitcoin		
2015		
Carteira Ótima		Mínima Variância Global
μ	2,31%	0,93%
σ^2	0,122%	0,095%
Dólar	80,39%	94,14%
Euro	-48,25%	17,48%
Libra	26,25%	-73,81%
Ibovespa	41,61%	62,19%

Fonte: Autora

Nesse ano o retorno da carteira de variância mínima global com e sem o Bitcoin foi maior do que o ativo financeiro com menor retorno do ano de 2014, por isso para a análise o retorno da carteira ótima foi estimada com o menor retorno do ano de 2015, sendo o euro com retorno de 2,31%. Nesse ano especialmente, a carteira de variância mínima global com o Bitcoin apresenta um risco menor para dado nível de retorno, em relação a carteira de variância mínima global sem o Bitcoin, pode ser devido a rentabilidade negativa e a diminuição do risco do Bitcoin.

Para a carteira ótima com o Bitcoin é possível ver a participação maior da moeda virtual em relação aos anos anteriores, já para a carteira ótima sem o Bitcoin para o mesmo nível de retorno o risco assumido é maior. O dólar assume a maior participação na carteira ótima e na carteira variância mínima global, por ser o ativo financeiro com o maior retorno e risco para o ano.

Figura 7 – Fronteira Eficiente 2015



Fonte: Autora

A fronteira eficiente com o Bitcoin começa a partir do ponto de risco 0,090% dado o retorno de 1,72%, para a carteira de investimento sem o Bitcoin começa a partir do risco 0,095% com retorno em 0,93%. Assim como em 2014, para a carteira de investimento ótima sem o Bitcoin é possível ver que para dado nível de retorno o risco é maior do que a outra carteira.

Para o ano de 2016 os resultados foram:

Tabela 7 – Portfólio de 2016

Portfólio com Bitcoin		
2016		
Carteira Ótima		Mínima Variância Global
μ	2,31%	0,63%
σ^2	0,084%	0,022%
Bitcoin	7,99%	14,31%
Dólar	117,39%	-14,97%
Euro	-22,25%	110,75%
Libra	-53,01%	-33,99%
Ibovespa	49,88%	23,90%

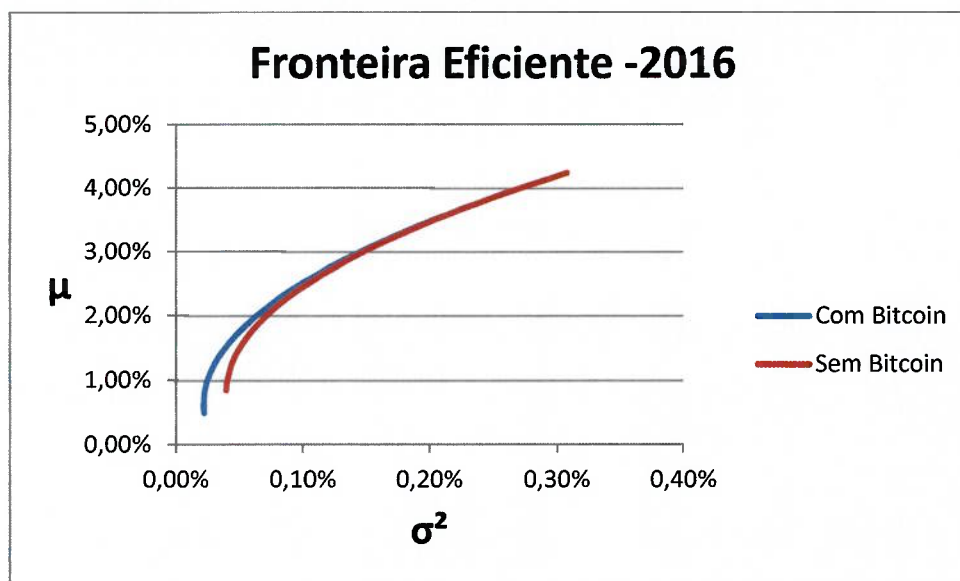
Portfólio sem Bitcoin		
2016		
Carteira Ótima		Mínima Variância Global
μ	2,31%	0,85%
σ^2	0,090%	0,040%
Dólar	153,11%	62,50%
Euro	-52,73%	42,04%
Libra	-53,48%	-37,25%
Ibovespa	53,10%	32,71%

Fonte: Autora

Para esse ano o retorno das carteiras de investimentos permeceram com o menor retorno do ativo financeiro de 2015. Nesse ano o Bitcoin teve uma participação maior na carteira ótima, isso ocorre devido ao maior retorno esperado, pois nesse ano o Bitcoin volta a apresentar uma rentabilidade positiva, contudo apresenta uma rentabilidade bem inferior aos outros anos. Para a carteira de mínima variância global o Bitcoin ganha uma participação ainda maior, por apresentar o menor risco durante o período de análise.

Para a carteira de investimento sem o Bitcoin o dólar ganha o maior destaque assumindo a posição em 153,11% da carteira de investimento. Em relação a carteira de mínima variância global o dólar continua apresentado-se como o ativo financeiro com maior participação.

Figura 8 – Fronteira Eficiente 2016



Fonte: Autora

A fronteira eficiente da carteira de investimento com o Bitcoin surge a partir do risco 0,022% com retorno 0,63%, para a carteira de investimento sem o Bitcoin, a fronteira eficiente começa a partir do risco 0,40% e retorno 0,85%. Através do gráfico é possível perceber que as carteiras de mínima variância global começam a partir de pontos distantes em relação aos anos anteriores, porém se aproximam quando as duas carteiras assumem um risco maior. As carteiras ótimas sem o Bitcoin continuam apresentando risco maior para dado nível de retorno.

6. CONCLUSÃO

O trabalho proposto apresentou uma revisão sobre o modelo Markowitz e os seus principais cálculos para obter uma carteira de mínima variância. Além de apresentar as características, funções e criação das moedas reais e da moeda virtual, o Bitcoin, que impactou diversas áreas econômicas, sendo elas o meio de pagamento, transações, carteira de investimento, entre outros. O estudo de caso apresentado, analisou a participação do Bitcoin nas carteiras de investimentos em anos diferentes. Para análise é importante ressaltar que há limitações, visto que, não é levado em consideração o custo das transações, a legislação para a regulamentação da moeda.

A partir dos resultados obtidos no estudo, foi possível perceber a aceitação rápida da moeda ao longo dos anos, onde é visto nitidamente através da alavancagem de seu preço nos anos estudados, além de perceber a cada ano a maior participação nas carteiras de investimentos.

A participação do Bitcoin nas carteiras de investimentos está atrelada a busca cada vez maior por rentabilidade, com isso aumentado sua participação.

É possível perceber que para as carteiras ótimas com o Bitcoin, para dado nível de retorno, o risco apresentado é menor do que a carteira ótima sem o Bitcoin, pode ser entendido pela teoria da diversificação do risco entre os ativos financeiros, com isso, com um ativo financeiro a mais na carteira de investimento é possível diminuir o risco. Para a carteira de variância mínima global sem o Bitcoin é possível perceber que para dado nível de risco, os retornos e riscos são maiores do que para a carteira com o Bitcoin, podendo ser entendido pelo alto nível de risco do Bitcoin em todos os anos.

Por ser uma moeda virtual relativamente nova, não há legislação e regulamentação para a moeda e seus possíveis investimentos, com isso ficando exposto e sujeito as oscilações do mercado. A presente monografia apresenta apenas uma pequena parte do que é o Bitcoin e como se comporta na carteira de investimento. Uma sugestão de trabalho futuro é estudar a participação do Bitcoin em carteiras ótimas, no caso que não são permitidas vendas a descoberto.

REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, Alexandre. **Mercado Financeiro**. 11ª edição. Rio de Janeiro: Atlas, 2012. p.339.

Banco Central do Brasil. **Fique por Dentro**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/htms/sobre/bcuniversidade/cartilhaBancoCentral.pdf>>. Acesso em: 07 ago.2017

Banco Central do Brasil. **Funções do Banco Central do Brasil**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/conteudo/homeptbr/FAQs/FAQ%2011Fun%C3%A7%C3%B5es%20do%20Banco%20Central.pdf>>. Acesso em: 07 ago.2017.

Banco Central do Brasil. **História do Dinheiro no Brasil**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/htms/album/default.asp>>. Acesso em: 07 ago.2017.

Banco Central do Brasil. **Museu de Valores do Banco Central**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/htms/album/default.asp>>. Acesso em: 07 ago.2017.

CALEIRO, João Pedro. **Por que a queda do euro é uma dádiva para a Europa**. Exame. [S.I.: s.n.]. 2015. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/economia/por-que-o-desabamento-do-euro-e-otima-noticia-para-a-europa/>. Acesso em 15 jan. 2018

CARVALHO, Fernando J. Cardim de et al. **Economia Monetária e Financeira**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Campus, 2001. p.454.

COELHO, Marcus. **Por que o preço do bitcoin caiu?**. Bitcoin News. Rio de Janeiro: 2015. Disponível em: <https://www.bitcoinnews.com.br/bitcoinbrasil/por-que-o-preco-bitcoin-caiu/>. Acesso em 15 jan. 2018

COSTA, Fernando Nogueira Da. **Economia Monetária e Financeira**. 1ª edição. São Paulo: Makron, 1999. p.341.

COSTA, Oswaldo Luiz do Valle; ASSUNÇÃO, Hugo Gonçalves Vieira de. **Análise de Risco e Retorno em Investimentos Financeiros**. 1º Edição. São Paulo: Manole, 2005. p.260.

CVM proíbe fundos de investir em bitcoin e criptomoedas. Folha de São Paulo. São Paulo: 2018. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/01/1949958-cvm-proibe-fundos-de-investir-em-bitcoin-e-criptomoedas.shtml>. Acesso em 17 jan. 2018

FORTUNA, Eduardo. **Mercado Financeiro**. Revista atualizada ampliada. Rio de Janeiro: Qualitymak, 2011. p.987.

FRABASILE, Daniela. **Bitcoin estreia em mais uma bolsa e mostra amadurecimento**. Época Negócios. Dezembro de 2017. Disponível em <<http://epocanegocios.globo.com/colunas/Financas-de-Bolso/noticia/2017/12/apos-estreia-na-cme-mercado-de-bitcoin-deve-amadurecer.html>>, Acesso em: 01 jan 2018.

GREUMAUD Amaury Patrick de et al. **Manual de Economia**. Equipe de Professores da USP. 6ª edição. São Paulo: Saraiva 2011. p.680.

LOPES, João do Carmo; ROSSETI, José Paschoal. **Economia Monetária**. 7ª edição. São Paulo: Atlas, 1998. p.302.

MARKOWITZ, Harry. **Portfolio Selection**. The Journal of Finance, vol. 7. n. 1. p.77-91, mar., 1952.

MARTINS, Armando Nogueira da Gama Lamela. **Quem tem medo do Bitcoin?: O funcionamento das moedas criptografadas e algumas perspectivas de inovações institucionais**. [S.I.: s.n.]. 2016. Ano 2, nº3. 137-171.

NAKAMOTO, Satoshi. **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. Disponível em: <<http://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

PINHEIRO, Juliano Lima. **Mercado de Capitais**. 5ª Edição. São Paulo: Atlas, 2009. p.512.

PIROPO, Benedito. **Bitcoin: oscilações da cotação**. Portal G1. [S.I.: s.n.]. 2014. Disponível em <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2014/02/bitcoin-oscilacoes-da-cotacao.html>. Acesso em 15 jan. 2018

PRATES, Wladimir Ribeiro. **Teoria de Markowitz (teoria da carteira) e a fronteira eficiente**. WR Prates. Novembro de 2016. http://www.wrprates.com/teoria-de-markowitz-teoria-da-carteira-e-a-fronteira-eficiente/#A_teorias_de_Markowitz_teorias_da_carteira, Acesso em: 10 dez 2017.

PRESSE, France. **A vertiginosa valorização do bitcoin, a moeda virtual da web**. Portal G1. [S.I.: s.n.]. 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2013/04/a-vertiginosa-valorizacao-do-bitcoin-a-moeda-virtual-da-web.html>. Acesso em 15 jan. 2018

SCHLICHTER, Detlev. **Ouro ou Bitcoin - o que virá no futuro?** Disponível em <<http://www.mises.org.br/Article.aspx?id=1362>>, Acesso em: 01 dez 2017.

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

ULRICH, Fernando. **Bitcoin: a moeda na era digital**. São Paulo: Instituto Ludwig Von Mises. São Paulo. 1ª edição. 2014. p.123.