

CRIPTOATIVOS: UMA NOVA OPORTUNIDADE DE INVESTIMENTO NO BRASIL?

Daniel Henrique Prestes Bun

RESUMO: A expansão de transações comerciais ou financeiras via computadores, junto com o desenvolvimento de computadores com alta capacidade de processamento gerou uma série de invenções de meios de pagamentos digitais descentralizados, mais conhecidos como criptomoedas. A mais famosa das criptomoedas é a Bitcoin, inventada por Satoshi Nakamoto em 2008. A fora do normal valorização dos criptoativos durante o período de 2014-2021 chamou muito atenção dos investidores visando uma rentabilidade acima das taxas de retorno dos ativos tradicionais, porém a singular volatilidade dos preços do Bitcoin traz relevantes desafios a gestão de carteira de investidores que aplicam em criptoativos. A partir das séries históricas entre janeiro 2015 a junho 2021 dos preços do Bitcoin, o presente artigo investiga os momentos estatísticos e os comovimentos com os ativos tradicionais no Brasil (Ações, Fundos Imobiliários, Renda Fixa, Dólar, Ouro e Commodities) para fazer uma análise baseada na Teoria Moderna de Portfolios (Markowitz) sobre os investimentos em criptomoedas. Na nossa análise, o investimento em Bitcoin agregou valor na razão retorno/risco, entretanto várias peculiaridades estatísticas nas séries históricas causam cautela para fazer inferências sobre criptoativos baseada unicamente em Teoria Moderna de Portfolio.

Palavras-chave: Criptoativos, Gestão de Investimentos, Teoria Moderna de Portfolios.

Introdução da Pesquisa

O período entre janeiro 2015-2021 foi observado uma valorização relevante nos ativos negociados no mercado financeiro tradicional dos EUA. Especialmente no Brasil, o ciclo de aumento dos preços foi observado a partir de 2016, e o aumento dos preços se deu em quase todas as classes de ativos, seja em renda fixa, renda variável, moedas estrangeiras ou commodities.

Para exemplificar a valorização dos ativos no Brasil, nós fazemos uma simulação a partir dos retornos diários acumulados desde janeiro/15 a junho/21. Usando essa simulação constatamos que quem investiu 100 reais em um ETF de Renda Variável no Brasil ao começo de 2015, em junho de 2021 teria direito a receber 260 reais. Quem investiu 100 reais em um título de renda fixa pós-fixado corrigido pela inflação (NTN-B) com vencimento 2026, em junho/21 teria quase 210 reais. Entretanto um investimento em criptomoedas obteve uma valorização bem acima dos outros ativos. Quem aplicou 100 reais em Bitcoin ao começo de 2015, em junho 21 teria aproximadamente 981,17 reais. O Gráfico 1 e o Gráfico 2 mostram o retorno acumulado das principais classes dos ativos no Brasil (ETF do Ibovespa, NTN-B principal com vencimento de 2026 e vencimento em 2035, ETF de empresas que comercializam Commodities, ETF do SP500, Ouro, ETF fundos imobiliários, ETF de empresas boas pagadoras de dividendos e o Bitcoin) no período de 01/01/2015 a 09/06/2021. Os dados foram obtidos da base de dados da Bloomberg para todos os ativos menos o Bitcoin, os dados do Bitcoin foram obtidos a partir da base de dados da Coingecko.com. Foram feitos dois gráficos pois o Bitcoin tem um retorno acumulado bem superior aos outros ativos e o análise do leitor ficaria destorcida contendo um gráfico com o Bitcoin.

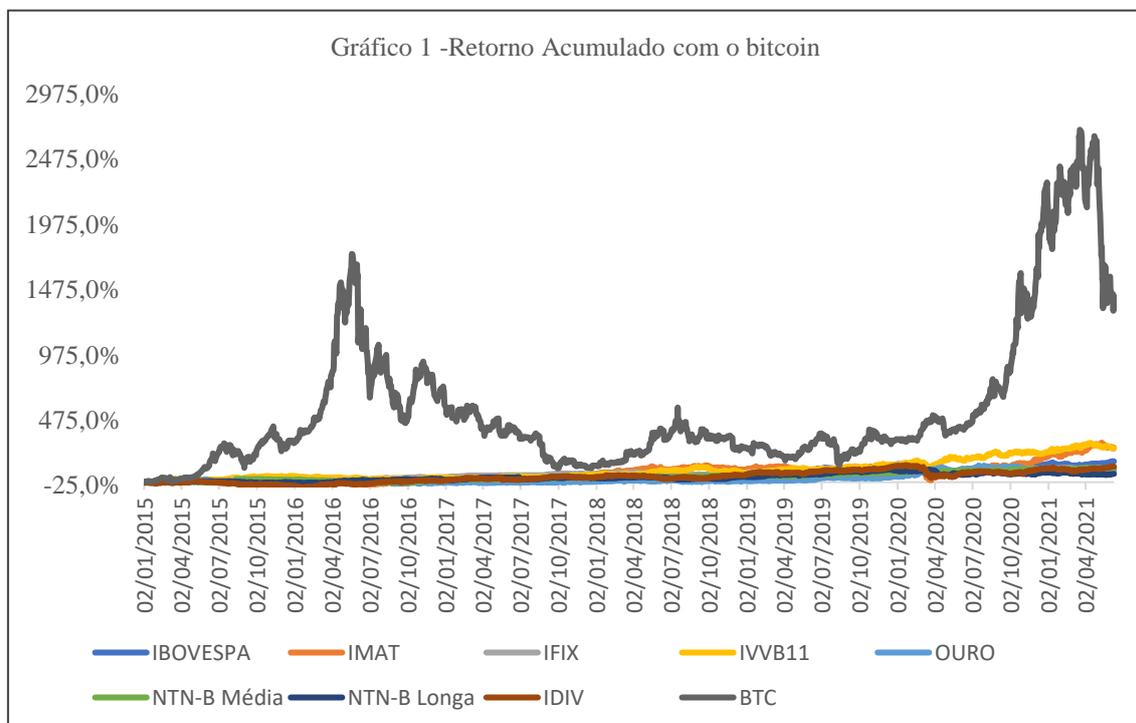


Gráfico -1 – Fonte: Dados da Bloomberg , Coingecko.com (BITCOIN)). Confeção do gráfico pelo autor

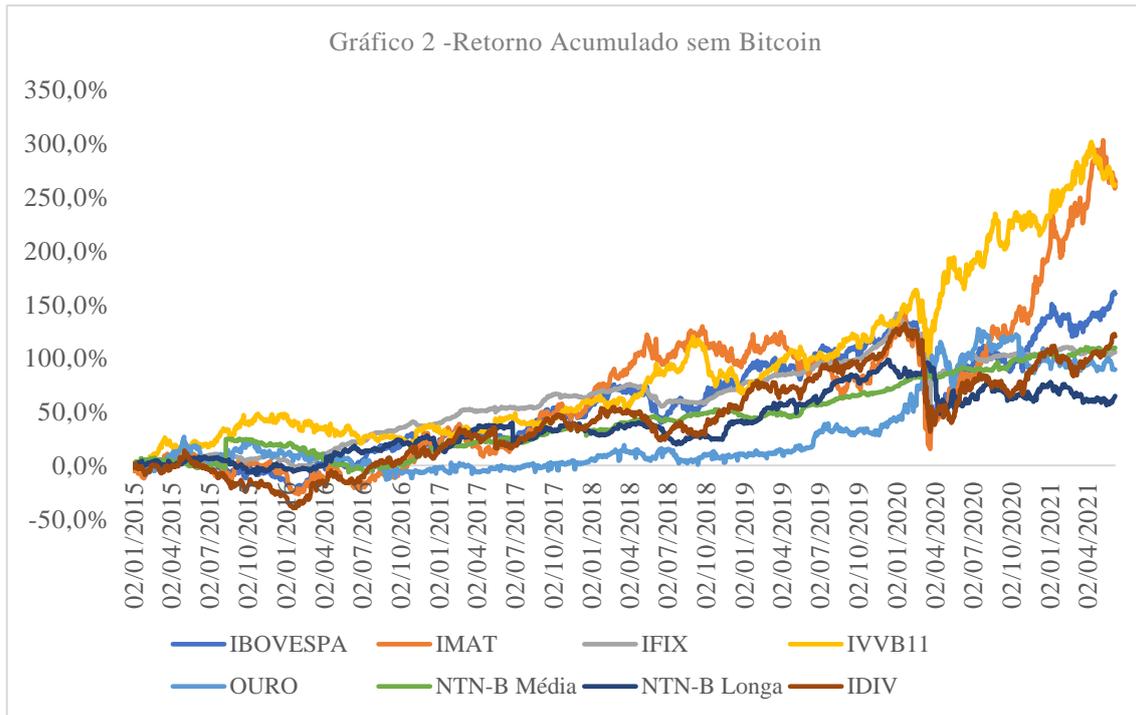


Figura -2 Fonte dos Dados: Bloomberg. Confeção do gráfico pelo autor do estudo.

Apesar do retorno acima da média obtido no investimento com o Bitcoin, a volatilidade, ou o desvio padrão dos retornos diários, do investimento em Bitcoin foi também bem acima da média. Por exemplo o gráfico 3 mostra a volatilidade EWMA mensal dos ativos analisados na pesquisa. O Bitcoin, em todo período analisado, possuiu a volatilidade mensal acima da comparada dos outros ativos analisados na pesquisa. Durante o período de analisado, o Bitcoin teve volatilidade média de 19,07% a.m, o segundo ativo mais arriscado ou volátil foi o Ouro, com volatilidade média de 7,73% a.m. O maior valor da série histórica de volatilidade do Bitcoin foi 51,88% a.m, enquanto o maior valor da série histórica do ETF do Ibovespa foi 33,79% a.m.

As volatilidades mensais foram emitidas a partir da metodologia EWMA (riskmetrics), essa metodologia foi utilizada para observar um dos fatos estilizados da série histórica financeira: A existência de cluster de volatilidade.

O investimento em Bitcoin foi mais arriscado quando comparados aos outros investimentos, essa conclusão mostra que o investidor precisa ter ferramentas de gestão de risco e de carteira que limitem as perdas da carteira de investimento, caso o investidor deseje investir em Bitcoin.

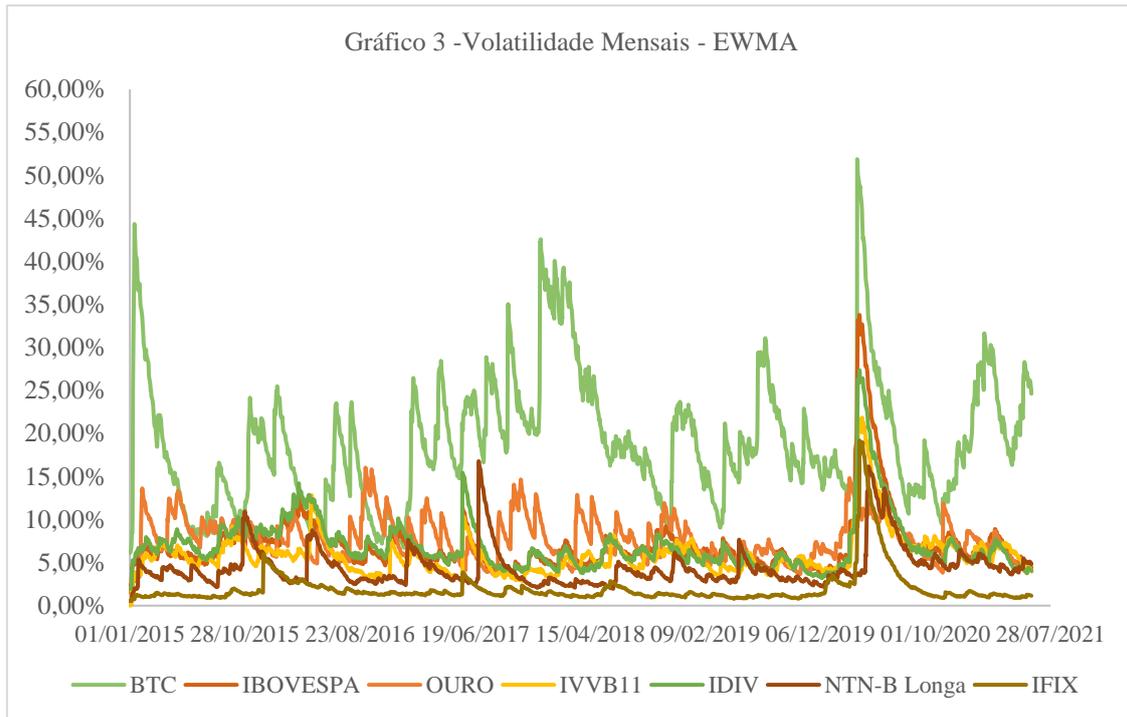


Figura -3 Fonte dos dados: Coingecko.com (BTC), outros ativos Bloomberg. Gráfico do autor.

A partir das séries históricas plotadas acima, observamos que existe uma oportunidade de retorno quando investimos no Bitcoin, entretanto o investidor precisa ter boas ferramentas para gerenciar o risco de sua carteira. O presente estudo pretende utilizar os parâmetros da Teoria de Carteira de Markowitz para examinar se o investimento em Bitcoin agrega valor ao investidor, nos termos da razão de Sharpe. De maneira mais clara, queremos estudar se o investidor que aplica em Bitcoin consegue fazer uma carteira diversificada com um retorno acima da carteira sem o Bitcoin, mantendo o nível de volatilidade da carteira.

O objetivo da pesquisa é estudar a aplicabilidade de um modelo de gestão de carteiras, que incorpore conceitos da Teoria Moderna de Portfolio de Markowitz, a uma carteira de investimento compostos por ativos financeiros tradicionais e pelo investimento em Bitcoin.

Ao estudar a praticabilidade, pretende-se verificar se, a Teoria Moderna de Portfolio de Markowitz pode servir como uma ferramenta que auxilie o investidor de uma carteira mista no difícil trabalho de arbitrar os pesos dos ativos que compõem a carteira e construir uma carteira mais rentável e menos arriscada, quando comparada uma carteira composta sem o Bitcoin.

O presente estudo começa explicando resumidamente os criptoativos como meios de pagamentos, sua aplicabilidade na vida real das pessoas, depois descreve rapidamente a características técnicas do Bitcoin e de criptoativos, depois demonstra a Teoria Moderna de Portfolios e sua aplicabilidade com o investimento em Bitcoin, depois analisamos as estatísticas descritivas e das correlações das séries históricas dos ativos tradicionais e do Bitcoin e ,por fim, apresentamos a carteira eficiente com e sem a presença do Bitcoin e

chegamos a um veredito se a presença do Bitcoin agrega mais retorno ao investidor com mesmo nível de risco.

Criptoativos como meios de pagamentos – Uma abordagem econômica.

Moeda é normalmente definida pelos economistas como tendo três atributos: funciona como um meio de troca, uma unidade de conta e uma reserva de valor. Fizemos uma descrição básica do que já foi discutido na literatura econômica sobre adequação do Bitcoin na aplicação dos três atributos da Moeda.

Meio de troca: Como o Bitcoin não tem valor intrínseco, seu valor depende, em última análise, de sua utilidade como uma moeda na economia de consumo. A maioria das classificações dos principais comerciantes que aceitam bitcoins são dominados por empresas de software e hardware venda de produtos focados estritamente em aplicações de bitcoin e por mercados ou bolsas que fornecem serviços de investidores para especuladores de bitcoin. Quanto mais comerciantes aceitarem transações via bitcoin, as validações via mineração de bitcoin serem mais rápidas, mais o Bitcoin será aceito como Meio de Troca e o valor do Bitcoin tenderá a se estabilizar, bem como a volatilidade do preço da moeda irá decair visivelmente. Segundo **Yermack 2015 p.42** “*A legitimidade do Bitcoin como moeda também deve depender de sua integração na web de pagamentos internacionais e transações de gestão de risco.*”

Unidade de conta: Segundo **Yermack 2015 p. 38** “*Para que uma moeda funcione como uma unidade de conta, os consumidores devem tratá-la como um numerário ao comparar os preços de produtos de varejo alternativos.*”

Um dos principais obstáculos do Bitcoin se tornar uma útil unidade de conta é a alta volatilidade diária observada em seus preços. Como o valor do Bitcoin, comparados a outros papéis moedas, variam consideravelmente diariamente, comerciantes que aceitam Bitcoin têm que recalcular os preços de seus produtos frequentemente, tal procedimento será muito custoso para o consumidor e causará muita confusão para o consumidor.

Reserva de valor: A função de reserva de valor pode ser resumida com a capacidade da moeda manter o poder de compra com o passar do tempo. Quem vende bens ou serviços em troca de uma quantidade moeda, pode, em qualquer período futuro, usar a mesma quantidade de moeda para comprar os mesmos bens e serviços.

Novamente a volatilidade do preço do Bitcoin aparece como empecilho na aplicação das funções do papel moeda. Um estudo descrito por **Yermack, 2015 p. 40** demonstra que a volatilidade do Bitcoin foi a maior do que a volatilidade de outras moedas. No período de análise (2013-2015), o Bitcoin possui volatilidade diária igual a 1,50%, enquanto a segunda forma de pagamento mais volátil foi o Ouro, com volatilidade igual a 0,20%, um valor muito menor comparado ao Bitcoin. Quando um consumidor lida com uma incerteza no poder de compra da moeda que porta, ele possui muito incentivos para abandonar o uso de uma moeda. Para manter a utilidade do Bitcoin como moeda, investidores e entusiastas do Bitcoin precisam criar mecanismo para diminuir a volatilidade do valor da moeda digital.

Características do Bitcoin

Descentralização: Similarmente aos meios de pagamentos convencionais que são negociados digitalmente, Bitcoin pode ser usado para comprar bens, fungíveis ou não, e serviços eletronicamente. Diferentemente de qualquer papel moeda ou plataforma de pagamentos digitais, Bitcoin é descentralizado. De maneira mais resumida, a rede de negociação do Bitcoin não é regulada ou controlada por um único grupo de pessoas ou instituição. A oferta do Bitcoin é regida por um algoritmo que qualquer usuário pode acessar via internet.

Flexível: Carteiras de pagamento em Bitcoin podem ser configuradas online, sem quaisquer custos de transação ou regulação. Outro ponto que pode ser destacada é a velocidade e a acurácia que transações ocorrem, independentemente da localização geográfica das partes envolvidas na transação financeira.

Transparência: De acordo com **Lee,Chuen,Guo e Wang 2018** *“Qualquer transação será transmitida para a inteira network do Bitcoin. Mineradores validam e registram as transações na Blockchain e transcrevem para outros mineradores o bloco de registro da transação. Cada registro de transação é guardado na Blockchain. Como a Blockchain é aberta e distribuída para todos os mineradores, cada minerador tem a cópia de cada transação e pode verificar a autenticidade dessa transação”*.

Rapidez: De acordo com **Lee,Chen, Guo e Wang, 2018** *“Transações são transmitidas dentro de poucos segundos e pode ser verificada, em média, em 10 minutos por parte de mineradores. Portanto, um agente do mercado pode transferir bitcoins de qualquer lugar no mundo e a transação financeira será completa em poucos minutos depois da aprovação.”*

Oferta Limitada: Tal como o Ouro ou outro metal precioso, Bitcoin não pode ser arbitrariamente criado, ele precisa sofrer um processo de extração. Enquanto os metais preciosos precisam ser extraídos do solo terrestre, Bitcoin precisa ser “minerado” por algoritmos computacionais.

Bitcoin possui um parâmetro em seu Código fonte: A oferta fixa e limitada de moedas. Segundo dados da *Coingecko.com*, em junho de 2021 a oferta de Bitcoin é aproximadamente 18,74 milhões de bitcoins disponíveis rede mundial de computadores, com uma capitalização de mercado de aproximadamente US\$ 705 bilhões.

Segundo **Guo e Lee, 2015, p.15** *“Os argumentos mais comuns contra o Bitcoin são (i) a falta de uma autoridade emissora central, como a de um banco central, (ii) sua oferta fixa e natureza deflacionária por definição, (iii) dúvidas que o preço é estável o suficiente para funcionar como uma moeda, e (iv) o risco associado a ele.”*

Teoria Moderna de Portfólios de Markowitz.

Inicialmente o problema de quem aplica em ativos financeiros é descobrir quanto investir em cada ativo disponível de modo a maximizar o retorno sobre o investimento.

Para parametrizar o modelo de otimização de portfólios, Markowitz (1952, p.84-97) tem a premissa de que o retorno de uma carteira, representado pelo retorno médio

esperado (μ) e o risco, representado pelo desvio padrão dos retornos σ são os parâmetros de interesse do investidor. Para cada nível de risco desejado pelo investidor, há um diferente nível de retorno esperado, de modo que, quanto maior o risco assumido maior a expectativa de retorno.

As equações para o retorno de um ativo individual e do retorno de carteira são definidas pela equação abaixo:

$$R_{(t)} = \ln\left(\frac{P_{(t)}}{P_{(t-1)}}\right) \quad (1)$$

$$Rp_{(t)} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot R_{(t)} \quad (2)$$

Ou seja, o retorno individual equivale ao logaritmo natural da divisão entre o preço atual de cada ativo e o preço anterior e o retorno da carteira equivale a média ponderada entre o retorno individual de n-ativos e os pesos (na equação 2 é igual a w). Por definição a soma dos pesos de uma carteira é igual a 1.

A variância de uma carteira é descrita pela equação abaixo:

$$\sigma_t^2 = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n w_i w_j \sigma_{i,j} \quad (3)$$

Em que $\sigma_{i,j}$ é a covariância entre os ativos i e j e w_i, w_j são os pesos aplicados nos ativos i e j na carteira, respectivamente. Quando temos mais de 3 ativos em uma carteira, fica mais fácil a obtenção da variância da carteira via utilização de cálculos matriciais.

A definição de fronteira eficiente usada nesse estudo vem de **Luenberger 1998** “O melhor portfólio para cada nível de risco definido é aquele que maximiza a esperança dos retornos, sendo infactível alcançar retornos maiores e indesejado esperar retornos menores que esse máximo.”

É possível confeccionar a fronteira eficiente com apenas dois portfólios eficiente, isso dois portfólios onde se obtêm o máximo retorno a partir de um nível de risco. Todos os portfólios eficientes podem ser construídos através da diversificado entre quaisquer dois portfólios eficientes com diferentes níveis de retorno.

A melhor forma para mensurar a performance de uma carteira de investimentos segundo a Teoria Moderna de Carteira é usando o Índice de Sharpe. Tal índice foi criado por William Sharpe em 1966 e mensura a relação Risco x Retorno de uma carteira de investimentos. A fórmula do índice de Sharpe segue abaixo:

$$S = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_p} \quad (4)$$

Em que: $E(R_p) - R_f$: Retorno acima do ativo livre de risco e σ_p é igual o desvio padrão da carteira.

O Índice de Sharpe foi o parâmetro utilizado para verificar a performance das carteiras confeccionadas no estudo, de tal forma que a carteira que gerou maior Índice de Sharpe foi aquela que será melhor classificada.

Estatísticas descritivas das séries históricas dos ativos da pesquisa.

Abaixo mostramos uma tabela com as estatísticas descritivas dos ativos selecionados para a confecção da carteira. O período de coleta das informações foi de 02 de janeiro de 2015 a 09 de junho de 2021. As séries históricas para o Bitcoin foram obtidos a partir dos dados presentes na CoinGecko e os dados para os ativos tradicionais foram obtidos a partir do banco de dados Bloomberg.

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas dos ativos tradicionais

Ativo	Média	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Drawdown	Máximo	Rho
BTC	0,23%	4,06%	-0,7031	10,6186	-33,85%	30,40%	-0,0287
IBOVESPA	0,08%	1,74%	0,2052	13,6148	-15,99%	13,02%	-0,0806
IMAT	0,12%	2,02%	-0,8047	1,4903	-17,21%	12,97%	-0,2154
IFIX	0,05%	0,62%	-0,1234	-1,1556	-14,19%	5,66%	0,0943
IVVB11	0,09%	1,36%	0,3088	7,1767	-9,14%	9,78%	-0,0618
OURO	0,06%	1,73%	-0,0286	5,793	-9,73%	13,34%	-0,0762
NTN-B Média	0,05%	0,09%	0,1523	3,4798	-7,00%	27,98%	0,334
NTN-B Longa	0,04%	0,13%	0,2188	3,9729	-13,39%	5,37%	-0,0287
IDIV	0,09%	1,57%	0,1523	-1,0419	-13,01%	9,74%	0,025

O Bitcoin teve performance melhor quando comparamos com os outros ativos selecionados quando analisamos a média dos retornos diários. O segundo ativo com maior média foi o IMAT, mesmo assim o retorno ficou, aproximadamente, 0,14% abaixo da média dos retornos obtidos com o investimento em Bitcoin. A retorno anualizado da média dos retornos diários foi de $0,2259 \times 252$ (Nº dias úteis em um ano) = 56,93%, tal valor é muito maior quando comparamos os retornos anualizados dos outros ativos analisados na pesquisa. Constatamos que a volatilidade dos retornos diários do Bitcoin foi a maior do que os ativos selecionados na pesquisa, podemos citar também que o maior drawdown da amostra foi o do Bitcoin.

Outro fato que chama a atenção é que o Bitcoin possui assimetria negativa, adicionado ao alto desvio padrão observado na série histórica, constatamos que existe o Risco de Cauda na série histórica desse ativo. 3 dos 9 ativos selecionados na amostra possuíram assimetria negativa.

Quando analisamos a Curtose e assimetria das séries históricas, os retornos diários da série do Bitcoin se desviam razoavelmente de uma distribuição normal, o que faz sentido quando analisamos um ativo que ainda não está consolidado no mercado por vários anos.

Para análise do lag-autocorrelação, descrito na tabela2 como Rho, a maioria dos coeficientes são baixos, denotando uma falta de previsão (*Fama 1970*), tal fato foi também descrito em *Chuen, Guo, Wang 2018* em ativos analisados nos EUA.

A partir da observância das estatísticas descritivas do Bitcoin, principalmente da assimetria e da curtose da série histórica, podemos observar que as futuras análises dos retornos do Bitcoin feitas a partir da assunção da distribuição normal dos retornos são incompletas devido a não aderência aos princípios estatísticos da distribuição normal.

Análise da matriz de correlações dos ativos da pesquisa.

Abaixo mostramos uma matriz de correlações entre 9 ativos analisados na pesquisa. Mostramos a tabela da correlação para poder entender o potencial do poder de diversificação na confecção de carteiras de investimento. Quanto menor for a correlação entre ativos, maior será o poder da diversificação da carteira e por consequência maior será a diferença positiva entre a média ponderada dos retornos individuais dos ativos da carteira e a média ponderada das variâncias individuais dos ativos. Por consequência, quanto maior o poder de diversificação, maior será a razão Sharpe da carteira e maior a utilidade do investimento.

Tabela 2 - Matriz de correlação dos ativos

	IBOVESPA	IMAT	IFIX	IVVB11	OURO	NTN-B Média	NTN-B Longa
IBOVESPA	1	0,7068	0,46	0,1622	-0,0366	0,0069	-0,0059
IMAT	0,7068	1	0,3553	0,3494	-0,0536	0,0028	-0,0088
IFIX	0,46	0,3553	1	0,1079	-0,0044	0,0121	-0,0045
IVVB11	0,1622	0,3494	0,1079	1	-0,0471	-0,0066	0,0517
OURO	-0,0366	-0,0536	-0,0044	-0,0471	1	0,0472	0,0125
NTN-B Média	0,0069	0,0028	0,0121	-0,0066	0,0472	1	-0,0052
NTN-B Longa	-0,0059	-0,0088	-0,0045	0,0517	0,0125	-0,0052	1
IDIV	0,9314	0,653	0,4304	0,0768	-0,0317	0,0057	0,0051
BTC	0,0447	0,0997	0,0564	0,0149	0,004	-0,0099	0,0156

De maneira geral todos os ativos têm correlação quase irrelevante com o Bitcoin, a maior coeficiente de correlação do Bitcoin foi com o IMAT, com valor de 0,0997. Todos os coeficientes de correlação envolvendo séries do Bitcoin não foram maiores a 0,1, 6 ativos da amostra possuíram coeficientes menores a 0,05 e em até alguns ativos foram constatados coeficientes de correlação negativos. A constatação dos baixos coeficientes de correlação demonstra que o Bitcoin pode ter um poder de diversificação de carteiras e por consequência, diminuir o risco de cada carteira e aumentar a utilidade da carteira para o investidor.

Curva Eficiente com e sem os criptoativos.

Examinamos a performance de uma carteira de investimentos diversificada com e sem a adição do Bitcoin na carteira. A carteira inicial contém tradicionais ativos como o **BOVA11** (ETF que replica a performance do Ibovespa), **IDIV** (índice que replica uma carteira teórica com empresas boas pagadoras de dividendos), **IFIX** (índice que valoriza o mercado de fundos imobiliários), **Ouro**, **IVVB11** (ETF que replica o SP500 e tem uma certa proteção cambial) **IMAT** (Índice que replica uma carteira de empresas com empresas de materiais básicos), uma **NTN-B principal vencimento 2026**, uma **NTN-B principal vencimento 2035**. Primeiramente foi confeccionada a uma fronteira eficiente sem a presença do Bitcoin, logo após confeccionamos uma fronteira eficiente com a adição do Bitcoin a carteira, após a confecção das duas fronteiras eficientes fizemos um teste multivariado descrito por *Huberman e Kandel (1987)*, para saber se a adição do Bitcoin gerou algum efeito estatisticamente significativo na fronteira eficiente sem a adição do Bitcoin.

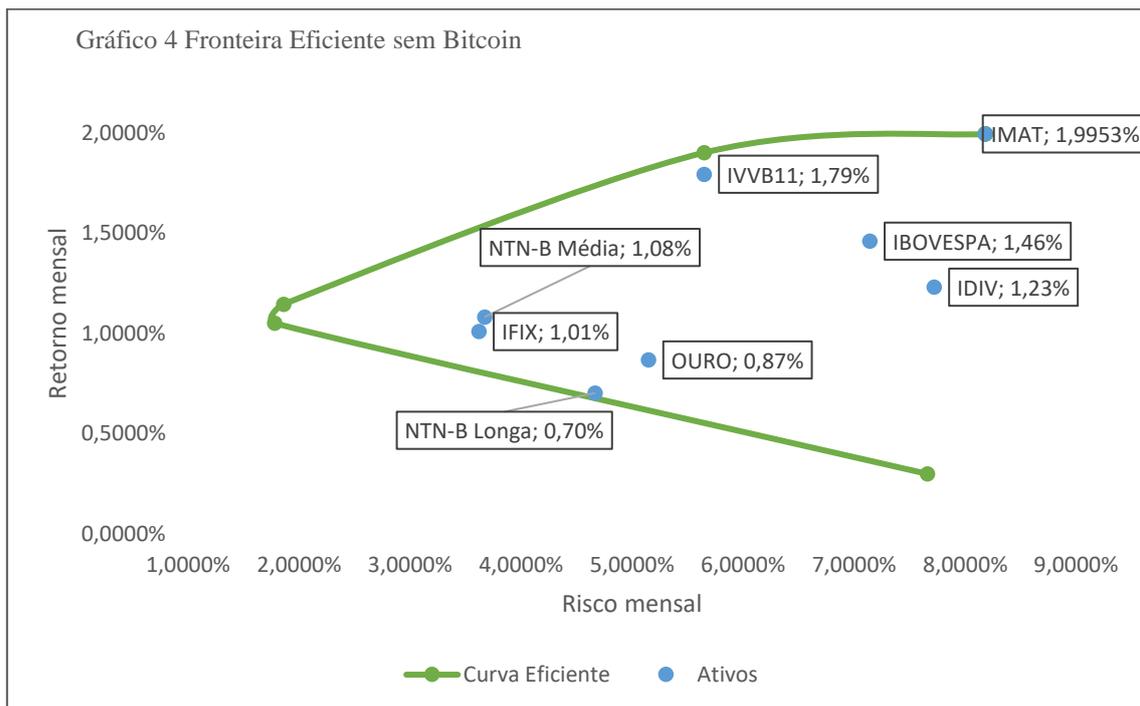
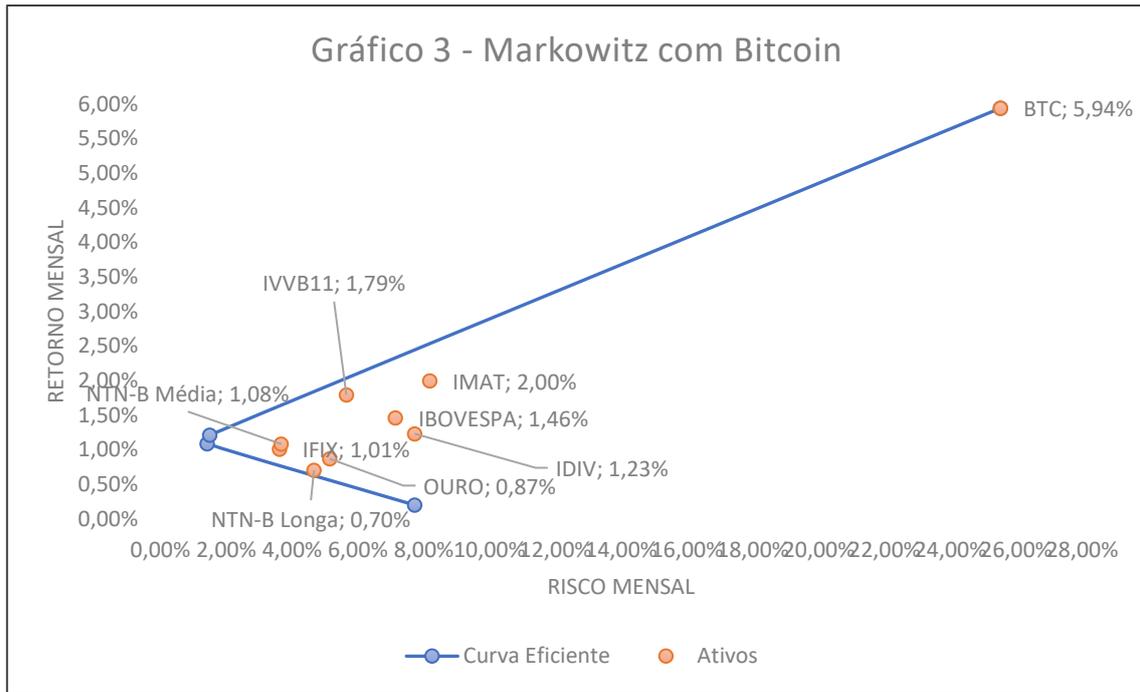
Nas Fronteiras eficientes confeccionadas no estudo não foi estipulado a presença de venda a descoberto em qualquer ativo nas, para dar maior similaridade à realidade cotidiana dos investidores. Caso a restrição a venda a descoberto fosse relaxada, o efeito positivo da diversificação seria muito mais visível nas fronteiras eficientes, conforme foi descrito por *Wang, Sarkar e Li 1999*. Entretanto como os custos de ficar vendido são altos e os instrumentos financeiros para sintetizar a venda a descoberto de todos ativos não são acessíveis a todos investidores, o estudo decidiu por colocar uma vedação na venda a descoberto nas fronteiras eficientes.

O período de captação dos dados foi de 02/01/2015 a 09/06/2021 e a fonte dos dados foram obtidos no banco de dado da Bloomberg. As fronteiras eficientes foram feitas a partir dos retornos mensais de cada ativo. As principais estatísticas descritivas seguem abaixo:

Tabela 3 – Estatísticas Descritivas dos ativos analisados na pesquisa. Fonte Bloomberg Coingecko.com

	<i>IBOVES PA</i>	<i>IMA T</i>	<i>IFIX</i>	<i>IVVB 11</i>	<i>OUR O</i>	<i>NTN-B Média</i>	<i>NTN-B Longa</i>	<i>IDIV</i>	<i>BTC</i>
Média	1,46%	2,00 %	1,01 %	1,79 %	0,87 %	1,08%	0,70%	1,23 %	5,94 %
Desvio Padrão	7,14%	8,18 %	3,62 %	5,65 %	5,15 %	3,67%	4,67%	7,72 %	25,52 %

Os gráficos 3 e 4 mostram como ficaram as fronteiras eficientes com e sem a adição do Bitcoin. A inclusão do Bitcoin eleva a fronteira eficiente sem o Bitcoin. Isso significa que, no mesmo nível de risco, um portfólio com Bitcoin tem retorno maior quando comparado a uma carteira de investimento sem a inclusão do Bitcoin no período de análise do estudo.



As análises da curva eficiente se baseiam no princípio da dominância de ativos, o princípio da dominância diz que se um ativo possuir o mesmo nível de retorno, mas com níveis de risco diferentes, o investidor irá sempre investir com menor risco. O equivalente serve para o retorno, ativos com mesmo nível de risco, o investidor irá escolher o ativo com maior nível de retorno.

Existem três pontos na curva eficiente que valem a pena analisar: Ponto de mínimo risco global (mínima variância), o ponto de máxima eficiência e o ponto de máximo retorno. Abaixo 2 tabelas contendo os principais pares ordenados das 2 curvas.

<i>Tabela 4 - Pontos específicos da Fronteira Eficiente - Carteira com o BTC</i>			
	Ponto de Mínimo Risco	Ponto de Máximo Sharpe	Ponto de Máximo Retorno
Retorno	1,0890%	1,2100%	5,9427%
Risco	1,4181%	1,4950%	25,5230%
Índice de Sharpe	0,7680	0,8093	0,2328

<i>Tabela 5 - Pontos específicos da Fronteira Eficiente - Carteira sem o BTC</i>			
	Ponto de Mínimo Risco	Ponto de Máximo Sharpe	Ponto de Máximo Retorno
Retorno	1,051%	1,146%	1,995%
Risco	1,781%	1,861%	8,183%
Índice de Sharpe	0,5903	0,6158	0,2438

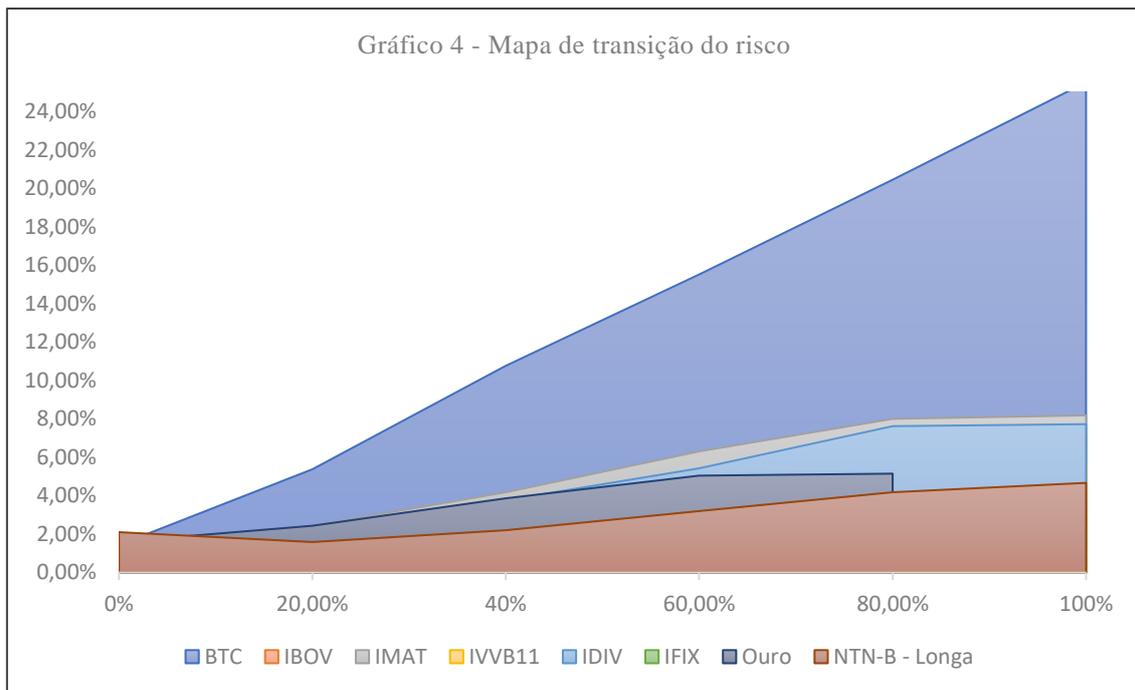
Para curva com a inclusão do Bitcoin, vimos que o ponto de mínimo risco tem um par ordenado (x,y) de 1,4181% e 1,089%, o ponto de máxima eficiência tem um par ordenado de 1,21% 1,4950% e o ponto de máximo retorno e de 5,9427%,25,523%. O ponto de máximo retorno coincidiu com o par ordenado do Bitcoin, ativo mais arriscado e rentável da carteira de investimento analisada.

Para a curva sem a inclusão do Bitcoin, o ponto de mínimo risco tem par ordenado de (1,781%,1,051%), o ponto de máximo razão retorno/risco tem par ordenado de 1,861%, 1,146% e o ponto de máximo retorno tem par de 8,183%;1,995%.

Comparando a razão de Sharpe (Retorno dividido pelo Risco da carteira) dos pontos de máxima eficiência das duas fronteiras estimadas, vemos que a fronteira com a carteira do Bitcoin tem razão de Sharpe com valor de 0,81, enquanto a fronteira da carteira sem a inclusão do Bitcoin tem razão Sharpe de valor 0,62.

Conforme a metodologia descrita por *Chuen, Guo, Wang 2018* seria interessante fazer uma análise do risco de cada ativo via mapas de transição de risco. Podemos caracterizados mapas de transição como uma ferramenta frequentemente usada para descrever muitos aspectos do processo de otimização do portfólio; de backtesting a

variações sobre o risco, fornecendo uma verificação rápida de como um portfólio está gerenciando a alavancagem, o risco, bem como a própria alocação. Tradicionalmente, os mapas de transição são mostrados como um espectro contínuo de risco. Mapas de transição mostram o risco de uma carteira otimizada tomando como premissa a alocação mínima em cada ativo. O Gráfico 4 mostra o mapa de transição de uma carteira com todos os ativos analisados na pesquisa, incluindo o Bitcoin. Os desvios padrão da amostra foram calculados com base na série histórica analisada e foram computados mensalmente.



De acordo com o mapa de transição da carteira analisada o IMAT, o IDIV e o BTC dominam o risco total da carteira, enquanto os outros ativos analisados contribuem para o risco quando o risco já está baixo. Dentre os investimentos analisados na pesquisa, o IFIX e o Ouro contribuíram muito pouco para o aumento do risco da carteira. Investidores com uma tolerância de risco menor que 10% ao mês, não devem aplicar mais do que 40% da sua carteira em Bitcoin e investidores com uma tolerância de risco menor que 20% ao mês não devem aplicar mais do que 80% da sua carteira em Bitcoin. O Bitcoin foi o ativo gerador de risco de cada carteira otimizada. Mesmo uma carteira com alocação mínima de 20%, a carteira teve um risco maior qualquer outra combinações dos ativos a qual a aplicação do Bitcoin foi igual a zero.

Após a análise de pontos específicos da fronteiras-eficiente das duas carteiras analisadas e do mapa de transição do risco, achamos que é válido saber se utilidade do investidor avesso ao risco aumenta com significância estatística. Para responder tal questão, o estudo aplicou um tipo de mean-variance spanning-test discutido no paper de *Hubberman e Kandel 1987*.

Na análise de portfólio, muitas vezes se está interessado em descobrir se um conjunto de ativos de risco pode aumentar a razão retorno/risco de outro conjunto de

ativos de risco. Se um investidor escolhe carteiras com base na média e variância, então a questão é se adicionar um novo conjunto de ativos de risco pode permitir ao investidor melhorar a fronteira de variância mínima de um determinado conjunto de ativos de risco. *Hubberman e Kandel 1987* propuseram um teste multivariado com a hipótese de que a fronteira de eficiente de um conjunto de K-ativos mais adição N-ativos tem um retorno maior em todos níveis de risco quando comparamos um apenas o conjunto de K-ativos.

Resumindo o teste multivariado proposto por *Hubberman e Kandel 1987*, observamos uma relação linear entre o retorno da carteira composto por K+N e carteira composta por N ativos. Abaixo demonstramos a estrutura da equação de regressão linear analisada:

$$R_{n+k} = \alpha + \beta R_n + \varepsilon_t \quad (5)$$

Os focos de interesses da análise estatística desse teste são a inferência estatística sobre o α da equação, o erro padrão do α da equação e a significância geral da regressão estimada. Caso o α da regressão for estatisticamente significativo maior a zero, podemos inferir que existe uma mudança positiva no retorno da carteira sem a presença de uma maior variância, ou risco, da carteira. Ou seja, após a análise do Teste de Huberman e Kandel 1987, podemos fazer uma inferência acerca da dominância dos ativos analisados.

Abaixo mostramos a tabela com a descrição dos testes para a carteira com o Bitcoin. O nível de confiança da regressão foi de 95%.

Tabela 6 - Spanning Tests para o Efeito na carteira com a inclusão do Bitcoin

Ativo	Alpha	Delta	F-Test	p-Value
BTC	0,0051	0,0002	24,34967	0,0002

O alfa estimado na regressão foi maior a zero com significância estatística, com F-Test consistente e p-valor menor que o nível de significância. Podemos inferir que a carteira com a inclusão do Bitcoin, teve uma dominância sobre a carteira sem a inclusão do Bitcoin. Constatamos que a inclusão do Bitcoin desempenhou um papel significativo no progresso da performance da carteira proposta no estudo. Ou seja o investidor que usou uma carteira otimizada com o bitcoin ganhou um retorno adicional sem uma quantidade de risco adicional.

Conclusão

Na primeira parte do artigo explicamos se o Bitcoin faz funções clássicas da moeda: Reserva de Valor, Meio de troca e Unidade de Conta. Na incipiente literatura econômica acerca de criptomoedas vemos que existem grandes desafios para dar maior estabilidade ao Bitcoin como Moeda. Os principais obstáculos para aderência do Bitcoin como moeda global são a instabilidade ou volatilidade do preço da moeda no mercado e falta de liquidez para moeda, apesar dos desafios ainda temos uma infinidade de oportunidades para a estabilização do Bitcoin como Moeda. Uns dos melhores resumos sobre o potencial do Bitcoin como moeda no mundo foi encontrado em *May 1992* “*Assim*

como a tecnologia de impressão alterou e reduziu o poder das guildas medievais e a estrutura do poder social, também os métodos criptológicos alterarão fundamentalmente a natureza das corporações e da interferência do governo nas transações econômicas. Combinada com as indústrias de informação emergentes, a criptoanarquia criará um mercado líquido para todo e qualquer material que possa ser expresso em palavras e imagens. E assim como uma invenção aparentemente menor como o arame farpado tornou possível o cercamento de vastas fazendas e fazendas, alterando assim para sempre os conceitos de terra e direitos de propriedade no ocidente, o mesmo acontecerá com a descoberta aparentemente menor de um ramo misterioso da matemática (programação de computadores) passou a ser o cortador de arame que desmonta o arame farpado em torno da propriedade intelectual”.

Os resultados da pesquisa mostram que a inclusão do Bitcoin pode ser uma boa fonte de performance de uma carteira, seja pela baixa correlação do Bitcoin com os outros ativos analisados na pesquisa (efeito diversificação) como também pelos altos retornos médios observados na série histórica. Os resultados da pesquisa mostraram que a fronteira eficiente com o Bitcoin expandiu razoavelmente a fronteira eficiente da carteira feita sem o Bitcoin.

Os testes média-variância de Huberman e Kandel feitos a partir das 2 carteiras analisada demonstraram que a inclusão do Bitcoin expandiu a fronteira eficiente com significância estatística, ou seja, pela adição do Bitcoin a carteira de investimento recebeu um retorno adicional sem uma proporcional taxa de risco.

Apesar do mercado de criptoativos ter existência (criação do Bitcoin) há mais de 10 anos, qualquer constatação ou afirmação acerca da realidade econômica do Bitcoin ainda é incerta e experimental. A série estatística do Bitcoin analisada na amostra não possuiu atributos estatísticos parecidos com a distribuição estatística normal, entretanto foram constatadas boas evidência acerca do poder positivo da inclusão do Bitcoin a uma carteira de investimento.

Existem várias fontes de risco não tradicionais no investimento em criptomoedas tais como a complexidade tecnológica do mercado de criptomoeda, a segurança de posse do ativo, a produção de relatórios financeiros a terceiros sem um custodiante ou Trustee denominado, a governança e os meios de resoluções de conflitos em um ambiente de autoridade descentralizada e autônoma. Todas as fontes de risco não tradicionais devem ser mapeadas e entendidas antes do investimento no Bitcoin.

Existem alguns desenvolvimentos da pesquisa sobre o Bitcoin na gestão de carteiras, tais como a análises de Carteiras otimizadas utilizando ativos não tradicionais, tais como os fundos de venture capital e mais ativos descorrelacionados, como os metais preciosos como paládio. Outro ponto de melhora na análise econômica é a inclusão de ferramentas de risco como Conditional VaR (CVaR) para verificar se a utilidade do investimento modifica com a mudança dos parâmetros de análise.

Uma boa análise sobre a realidade das criptomoedas, que também foi citada em **Lee,Guo,Wang (2018)**, foi a citação de **Lee et al. (2017)** : *“Embora a propriedade*

amplamente dispersa em proporção às necessidades individuais possa parecer rebuscada, o estado atual do blockchain e da criptomoeda já permite que qualquer pessoa mantenha ativos fracionários, descentralizados e fluidos que são digitais e altamente utilizáveis. Lenta, mas seguramente, a legislação também está mudando para acomodar essa nova era. Na verdade, a base de um ecossistema totalmente novo em gerenciamento de ativos digitais está sendo instalada silenciosamente. Os produtos híbridos baseados na tecnologia blockchain encontrarão seu caminho para o mainstream. A natureza inerentemente inclusiva de sua arquitetura pode mudar uma parte significativa do movimento de investimento (de impacto) de ativistas por inovações para realmente se tornarem as próprias soluções impulsionadoras. Usar uma mentalidade focada nas necessidades das pessoas ou empresas, em vez de uma abordagem de investimento focada exclusivamente na riqueza atual do investidor, pode posicionar os financiadores que pensam no futuro na linha de frente.”

Referências Bibliográficas

- CHENG, Ping; LIANG, Youguo. Optimal Diversification: Is It Really Worthwhile? **Journal of Real Estate Portfolio Management**, n.1, v. 6, p. 7-16, 2000.
- ELTON, Edwin J. et al. **Moderna Teoria de Carteiras e Análise de Investimentos**. Tradução Antonio Zoratto Sanvicente. São Paulo: Atlas, 2004. 602 p.
- Fama,E.F “ Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work”. **The Journal of Finance**, Vol.25, No.2 (1970), pp.383-417.
- Halaburda, H. “**Digital Currencies: Beyond Bitcoin.**” *DigiWorld Economic Journal*, 103 (2016), pp.77-92.
- HULL, J. C., **Options, Futures, and other Derivatives**. Prentice Hall, 4ª edição, 1999.
- HUBERMAN, G, e KANDEL, S. “Mean-Variance Spanning”. **The Journal of Finance**, vol.42, No 4 (1987) pp.873-88
- Lam, P.N and D.K.C. LEE. “Introduction to Bitcoin”. **Handbook of Digital Currency**, edited by D.K.C Lee, pp. 5-30. San Diego: Elsevier, 2015.
- GUJARATI, D.N. **Econometria básica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2004.
- LEE,David Kuo Chen; Guo, Li e Wang, Yu, “Cryptocurrency: A new investment opportunity?”. **Journal of Alternative Investment**. 20 (3), 16-40.
- LEE,DKC. **Handbok of Digital Currency**. San Diego: Elsevier,2015.
- Lee,D.K.C, H.Smorenberg, T. Wanders. “The Pursuit of Effective Pensions Solutions”. *Pensions and Investments*,2017.
- <https://www.pionline.com/article/20170626/ONLINE/170629918/the-pursuit-of-effective-pension-solutions> .
- LUENBERGER, David G. **Investment Science**. New York: Oxford USA Trade, 1997. 512.p.
- JORION, P. *Value at Risk*. New York: Mcgraw Hill, 2001
- MARKOWITZ, Harry. *Portfolio Selection*, New York: American Finance Association. **The Journal of Finance**, v.26, n.1, p.77-91, mar 1952.
- May,T, 1992. The Crypto Anarchist Manifesto. <https://www.activism.net/cypherpunk/crypto-anarchy.html> , retirado do Handbook of Digital Currency, San Diego, Elsevier pp.9.
- Nakamoto, S. “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.” 2008. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- Nirupama, D.B e D.K.C LEE. “Bitcoin Mining Technology.” **Handbook of Digital Currency**, editado por Lee, D.K.C. pp.45-65. San Diego: Elsevier,2015.
- Ong,Bm T.M Lee, L.Guo and D.K.C LEE “ Evaluating the Potential of Alternative Cryptocurrencies”. **Handbook of Digital Currency**, editado por D.K.C LEE pp.81-135. San Diego: Elsevier, 2015.

***Pesquisas e Inovações em Ciências Humanas e Sociais: Produções Científicas
Multidisciplinares no Século XXI, Volume 1***

Tetlock, P.C., Saar-Tsechansky e S. Mackassy. "More Than Words: Quantifying Language to Measure Firms' Fundamentals." **The Journal of Finance**, vol 63, No 3 (2008), pp.1437-1467.

RISKMETRICS. **Risk management: a practical guide**. 1.ed. New York: RMG, 1999

Yermack, David. "Is Bitcoin a Real Currency? An Economic Appraisal." *Handbook of Digital Currency*, 2015, editado por D.K.C. Lee. pp.31-43. San Diego: Elsevier, 2015.