

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS E HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
CURSO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS

CONTRIBUIÇÃO DO BITCOIN NA MELHORA DE DESEMPENHO DE PORTFÓLIOS DE
INVESTIMENTOS OTIMIZADOS PELO MODELO ELTON-GRUBER

Trabalho de Conclusão de Curso

Derick Moraes de Carvalho¹

Augusto Cezar Cunha Filho²

RESUMO

Com o avanço das criptomoedas e o aumento da procura por investimentos cada vez mais alternativos que maximizem a rentabilidade dos investidores, o presente estudo tem como objetivo analisar o comportamento do Bitcoin em carteiras formadas com ativos brasileiros pertencentes ao IbrX50 já otimizadas pelo método de Elton-Gruber. A pesquisa tem abordagem quantitativa e compreende observações mensais dos ativos pertencentes ao Índice Brasil 50 e do Bitcoin, no período entre janeiro de 2015 e dezembro de 2019. Os dados foram coletados da plataforma Economática e os portfólios foram otimizados seguindo o modelo de Elton-Gruber. Foram montadas carteiras sem Bitcoin e mais cinco carteiras com as respectivas porcentagens de alocação da criptomoeda 1%, 5%, 10%, 20% e 50% para cada ano estudado e também de forma consolidada. Os resultados apontaram que o Bitcoin aumentou o desempenho das carteiras no ano de 2015, 2016, 2017 e 2019 segundo o índice de Sharpe, enquanto que em 2018 houve uma piora, exatamente no ano em que a criptomoeda teve retorno negativo. Desse modo, a inclusão do Bitcoin se mostrou vantajosa para investidores que confiam no seu potencial de gerar altos retornos.

Palavras-Chave: criptomoeda, Bitcoin, Elton-Gruber.

1 INTRODUÇÃO

Durante os séculos XIX e XX, as moedas mais bem-sucedidas do mundo eram lastreadas em uma certa quantidade de ouro ou outros metais preciosos. Entre os anos de 1920 e 1970 esses metais preciosos não acompanharam a evolução da economia mundial e deram espaço para as moedas fiduciárias (YERMARCK 2015). Esse avanço permitiu que essa nova moeda fosse controlada pelos bancos centrais e governos, que definiram que o seu valor não estaria mais atrelado a nenhum ativo físico.

Simser (2015) aponta que devido a crise de 2008, a desconfiança nas instituições financeiras e o aumento da insatisfação da sociedade propiciou o surgimento do Bitcoin como forma de acabar

com todos esses problemas. O Bitcoin surge como uma alternativa para pagamentos e transferências sem a interferência de nenhuma autoridade ou intermediários utilizando da criptografia para garantir a segurança de suas transações (LO; WANG, 2014).

Os Bitcoins são transferidos de computador para computador por meio de um sistema criptográfico e protegidos por meio de uma chave pública-privada. Seus usuários armazenam a moeda em uma carteira, que pode ser um software instalado em seu computador ou em uma conta na web. Cada transação é transmitida para a rede e incluídas em uma espécie de livro-razão, onde a moeda não pode ser gasta duas vezes (BAL, 2015).

Pesquisas como a de Blaur, Lee e Hong (2015) apontam que a maioria dos usuários de Bitcoin, utilizam a moeda como uma forma de investimento devido a sua alta volatilidade e também por acreditarem que competir com uma moeda fiduciária como meio de pagamento, iria gerar uma grande ameaça para estabilidade financeira. O Bitcoin, então, passou a ser encarado como uma alternativa de investimento e vem crescendo o número de pesquisas que utilizam a criptomoeda em conjunto com ativos tradicionais com o objetivo de melhorar a eficiência de uma carteira de investimentos. (BRIERE; OOSTERLINCK; SZAFARZ, 2015; WU; PANDEY, 2014; STAVROYIANNIS, 2019).

Boa parte da literatura utiliza a moderna teoria das carteiras de Markowitz como referência no processo de otimização de portfólios. Este método leva em conta que o investidor toma sua decisão considerando a média e a variância, sempre optando por uma carteira com maior retorno esperado para um determinado nível de variância que que esteja disposto a aceitar, ou seja, para se obter maior retorno, o investidor deve se expor a mais risco.

Posteriormente, após esse método de Markowitz ter sido uma referência para o surgimento de diversas outras teorias, os autores Elton e Gruber sugeriram uma nova técnica para construir portfólios otimizados, tendo como uma característica bastante significativa, a simplificação dos cálculos para a criação de carteiras ótimas.

Neste trabalho pretende-se construir carteiras otimizadas pelo modelo de Elton-Gruber, a partir de dados mensais durante o período compreendido entre 2015 e 2019 das ações pertencentes ao IbrX50. Em seguida, adicionaremos Bitcoins a essas carteiras para verificarmos a relação risco-retorno do investimento e responder o seguinte problema: incluir Bitcoin em um portfólio otimizado pelo modelo de Elton-Gruber gera mais benefícios econômicos ao investidor?

Embora o tema de otimização e formação de portfólios tenha sido objeto de diversas pesquisas, a relevância desse estudo se dá devido a utilização de uma nova classe de ativo de investimento, que são as criptomoedas, que recentemente vêm crescendo bastante e despertando o interesse de diversos investidores que estão em busca de altos rendimentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DIVERSIFICAÇÃO DE CARTEIRAS E O MODELO DE ELTON-GRUBER

Uma carteira de investimentos para ser eficiente, deve oferecer o máximo de retorno esperado para uma certa medida de risco, ou que ofereça um baixo nível de risco para um determinado retorno

que o investidor deseja (SARI; LESMANA; SETIAWATY, 2017). Se compararmos com um investimento individual, um portfólio apresenta a vantagem de diversificação ao compensar as grandes variações e perdas entre os ativos componentes da carteira (PEYLO, 2012). Risco e retorno são as duas variáveis de interesse do investidor. O primeiro é o elemento indesejável e o segundo é o desejável. Por exemplo, em uma carteira com retornos iguais, sempre será preferível aquela carteira que possuir menor risco (MARKOWITZ, 1952)

Maximizar o retorno e minimizar o risco é o principal objetivo da diversificação de investimentos. Quando um investidor opta por diferentes ativos, eles reagem de maneira diferente perante ao mesmo evento. É interessante que a diversificação não se limite apenas a ações de um mesmo segmento ou fora dele, mas que também o investidor opte por incluir diferentes classes de ativos (MANGRAM, 2013).

Markowitz (1952) mostra que o risco de um portfólio não se dá somente pela volatilidade dos ativos e sim também pela maneira como esses ativos se relacionam. Os riscos de um portfólio podem ser controlados se diversificarmos os investimentos, esse controle dependerá da correlação e covariância dos ativos que compõem a carteira. O risco na teoria do portfólio pode ser medido utilizando diversas fórmulas matemáticas e reduzido através da diversificação, que tem como objetivo selecionar adequadamente um conjunto de ativos de investimento que juntos apresentam menores riscos do que qualquer outro investimento. Colocar todo seu dinheiro em investimentos que tenham retornos altamente correlacionados não é uma estratégia de investimento muito prudente (FABOZZI; GUPTA; MARKOWITZ, 2002).

Nem todo risco pode ser diversificado, como é o caso do risco sistemático, pois ele afeta a economia no geral. Inflação, taxas de juros, níveis de desemprego, taxas de câmbio são exemplos de risco sistemático. O risco não sistemático é uma forma de risco que afeta especificamente um único ativo ou um grupo restrito de ativos, como por exemplo, uma reportagem negativa na mídia ou uma greve que afete uma determinada empresa. Este tipo de risco pode ser reduzido pela diversificação de ativos dentro de uma carteira (MCCLURE, 2010).

Elton et al. (1976) demonstram a importância do trabalho de Markowitz (1952) para a comunidade, mas apontam diversas dificuldades para o desenvolvimento desse modelo, tais como: a complexidade em se estimar os dados necessários; a alta demanda de tempo e o elevado custo associado ao processo inteiro de formação das carteiras já que as soluções necessitam de uma programação quadrática. Outra desvantagem que os autores abordam sobre o modelo, é a dificuldade em ensinar aos gestores das carteiras a importância da relação risco e retorno a partir das taxas de retorno, covariância e desvio padrão.

Devido a esses problemas, Elton e Gruber (1995) sugeriram um novo modelo de seleção de carteiras de investimentos que veio para facilitar os cálculos necessários para a construção do portfólio e também mostrar para os seus usuários o porquê de determinado ativo compor uma carteira ótima. O método possui o Índice de Atratividade de Treynor como parâmetro para identificar quais ativos serão escolhidos e também tem como uma de suas finalidades obter resultados semelhantes aos obtidos com o uso de programação quadrática.

A utilização do índice de atratividade manifesta que o investidor não deve ficar esperando ser remunerado pelo seu investimento por assumir um risco não sistemático, pelo fato de que este risco

pode ser eliminado facilmente durante um bom processo de diversificação. Sendo assim, o que o investidor deverá utilizar como parâmetro para avaliar sua remuneração é o risco não diversificável ou risco sistemático. Ou seja, quanto maior for o índice de atratividade maior será a rentabilidade excedente por unidade de risco sistemático (TOSTA DE SÁ, 1999).

Posteriormente, classificam-se as ações de acordo com seu índice de atratividade, em ordem decrescente, em seguida, efetua-se o cálculo do ponto de corte com o objetivo de coletar as ações que irão compor o portfólio ótimo. Os ativos que apresentarem índice de atratividade inferior ao ponto de corte serão excluídas da carteira e as que apresentarem um índice maior serão adicionadas. Elton e Gruber (1995) mostram que o valor do ponto de corte é obtido a partir das características dos ativos que irão fazer parte da carteira ótima. Sua determinação consiste em calcular o seu valor como se existissem diferentes números de ações na carteira. Na última etapa do processo, calculam-se os percentuais a serem investidos em cada ação selecionada.

2.2 BITCOIN COMO UMA ALTERNATIVA DE INVESTIMENTO

As transações na internet quase sempre dependem de instituições financeiras que realizam o processo desses pagamentos. Um ponto negativo dessa mediação é que ocasiona um custo e limita os valores dessas transações. A Bitcoin surge com a ideia de eliminar terceiros dessa operação, passando a ser uma rede ponto a ponto utilizando da criptografia para manter a segurança dos usuários e das transações (NAKAMOTO, 2008).

O Banco Central Europeu (2012), define O Bitcoin como um tipo de dinheiro não regulamentado, emitido e controlado pelos seus desenvolvedores e aceito entre os membros de uma comunidade virtual específica. O Bitcoin é o primeiro sistema de pagamento global descentralizado. No ponto de vista tecnológico, o Bitcoin funciona como um banco de dados onde todas as pessoas têm acesso.

Os pagamentos com Bitcoin podem ser efetuados entre qualquer pessoa por meio de computadores, celulares ou tablets. É importante lembrar que a moeda não pode ser considerada como um tipo de dinheiro digital, pelo motivo de que os Bitcoins não têm suas unidades armazenadas em um computador, por exemplo. Ela deve ser considerada como fundos em uma conta e o processo do pagamento não consiste em simplesmente enviar a moeda digital para o destinatário e sim no processo de débito da conta do remetente e crédito na conta do destinatário (SEGENDORF, 2014).

A tecnologia de ponto a ponto permite que os usuários colaborem entre si, sem depender de nenhum controle centralizado através de redes virtuais na internet, trazendo como benefício a não dependência de um investimento em um servidor central para realizar esse compartilhamento de dados entre os usuários (KAMIENSKI et al., 2005). Todas as transações envolvendo a moeda são anônimas e seguras através da blockchain, que funciona como um banco de dados que é compartilhado por todos que participam do sistema. Cada usuário possui duas chaves, uma pública e outra privada e o processo de compra funciona da seguinte forma. O comprador envia sua chave pública para o vendedor e em seguida o vendedor adiciona a sua chave privada e as moedas são transferidas eletronicamente por meio de um hash das transações anteriores (SIMSER, 2015). Todas essas transações envolvendo

Bitcoins são registradas na blockchain, onde são reguladas e verificadas pelos próprios usuários para que não ocorra o problema de gasto duplo da moeda (ULRICH, 2014).

O processo de verificação funciona com o usuário reunindo todas as transações que ocorreram nos últimos dez minutos, essas transações coletadas são chamadas de bloco e os usuários adicionam cada novo bloco a blockchain (SEGENDORF, 2014). Essas transações são verificadas na blockchain utilizando recursos computacionais para resolver problemas matemáticos (NAKAMOTO, 2008). Uma vez que esses problemas são resolvidos, um computador gera uma chave que é transmitida para o resto da rede e a transação pode ser compensada em no máximo uma hora. Para incentivar a sobrevivência do sistema, os usuários que forneceram o uso dos seus computadores para verificar as transações na blockchain, são recompensados com Bitcoins, estes usuários são chamados de mineradores. Conforme aumenta o número de mineradores, o trabalho realizado pelas máquinas fica mais complexo e as recompensas vão diminuindo gradativamente até que o limite de 21 milhões de Bitcoins determinados pelo criador da moeda, sejam alcançados (SIMSER, 2015).

Embora o Bitcoin venha crescendo ano após ano, os seus usuários vêm se preocupando com a possibilidade de uma repressão do governo. A moeda por ser anônima e descentralizada facilita vários crimes como lavagem de dinheiro, evasão fiscal, comércios ilegais online e isso vem chamando a atenção das autoridades mundiais (GRINBERG, 2011). A vantagem da descentralização do Bitcoin pode ser considerada também como um ponto fraco da moeda, o anonimato das transações e a falta de um agente externo torna praticamente impossível identificar quem as possui e mensurar o quanto. Devido a isso, a tecnologia envolvida na moeda abre espaço para práticas ilícitas, alguns países como a Bolívia, Equador e Bangladesh tiveram a moeda considerada ilegal e o seu uso foi proibido (ANTUNES; FERREIRA; BOFF, 2015). Outros países também optaram pela proibição do uso e circulação da moeda, na Islândia por exemplo, a pena para esse tipo atividade são aplicações de multas enquanto na Rússia o indivíduo pode até chegar a ser preso. A justificativa dos países para a proibição é que o Bitcoin pode ser considerado como um substituto monetário (FOBE, 2016).

Alguns autores destacam que ainda o Bitcoin tem uma força muito baixa para ser utilizada como uma moeda nos dias de hoje, alguns fatores como sua alta volatilidade e a sua baixa aceitação na sociedade impede que a moeda avance e dispute espaço com as já existentes no mundo (GRINBERG, 2011; SEGENDORF, 2014, LUTHER E WHITE, 2014; GLASER et al., 2014). Alonso (2018) destaca em sua pesquisa que em 2015 apenas 6 mil estabelecimentos no mundo aceitavam Bitcoin como meio de pagamento. Em 2018 esse número avançou para 12 mil estabelecimentos, mas mesmo com esse processo de expansão de aceitação da moeda, esse número ainda é inexpressivo quando se trata de uma aceitação global.

Por outro lado, alguns estudos (WU, PANDLEY, 2014; BRIERE, OOSTERLINCK E SZAFARZ, 2015; DYHBERG, 2015; STAVROYANNIS, 2019) avaliam a capacidade da moeda como uma alternativa de investimento e avaliam o desempenho do ativo em portfólios diversificados e também sua capacidade de ser um hedge financeiro contra os mercados mais populares.

2.3 ESTUDOS ANTERIORES

Bruni et al. (2009) analisaram a possibilidade de se obter desempenhos superiores nas estratégias de investimentos utilizando o modelo de Elton-Gruber, no Brasil, no período de 2000-2006. Na metodologia, o modelo foi aplicado nas vinte ações mais líquidas da Bovespa para a criação do portfólio e seus desempenhos foram comparados ao índice Ibovespa. Os autores identificaram que o modelo se apresentou eficaz quando superou a carteira de mercado em vários aspectos. Por fim, concluem que devido à sua simplicidade na metodologia, o modelo de Elton-Gruber se caracteriza como uma ótima ferramenta para investidores, tendo em vista que o método indica as razões de um ativo permanecer ou não em um portfólio ótimo.

Silva, Samohyl e Costa (2001) exploraram o modelo CAPM para encontrar ações subavaliadas e sobreavaliadas no mercado, bem como o modelo de Elton-Gruber para a seleção de um portfólio ótimo, utilizando um conjunto de ações cotadas na Bolsa de Valores de São Paulo no período de 1999-2000, em seguida, testes de desempenho foram aplicados com o objetivo de identificar qual carteira seria mais vantajosa. O estudo apresentado mostrou que o modelo desenvolvido por Elton e Gruber se mostrou eficaz pelo motivo de ter conseguido diminuir o risco não sistemático do portfólio e por ter alcançado desempenho superior à carteira de mercado.

Ferreira e Santos (2014) se propuseram a investigar dois tipos de metodologia para a formação de carteira ótimas, o modelo de Graham e o de Elton-Gruber. Com a finalidade de se escolher uma carteira ótima para os dois métodos, foram utilizadas ações da Bovespa no período de 2008-2010. Considerou-se um investimento hipotético de R\$ 100.000,00 para posteriormente, os desempenhos das duas carteiras serem comparados por meio de índices de risco/retorno. Os autores destacam que ambos os métodos têm como característica principal, a simplicidade nos cálculos sem comprometer a eficiência. Por fim, concluem que ambos os métodos produziram carteiras mais eficientes do que investimentos alternativos como a carteira de mercado e ativos livre de risco. O modelo de Graham se mostrou mais vantajoso do que o modelo de Elton-Gruber embora as duas carteiras apresentaram-se com índices bem próximos e pouca diferença significativa.

Santos, Coroa e Bandeira (2008) investigaram a possibilidade de se obter desempenhos superiores ao Índice de Sustentabilidade (ISE), nas estratégias de investimentos utilizando o modelo de Elton-Gruber. A amostra de ações que foram utilizadas para formar as carteiras ótimas foram compostas pelas ações das empresas que compunham o ISE de 2005 e 2006. Por fim, os autores obtiveram resultados que indicaram que apesar de não haver significância estatística entre os retornos das duas carteiras, a carteira do ISE apresentou maior retorno enquanto o portfólio montado pelo modelo Elton-Gruber levou vantagem no fator risco.

Marcos, Silva e Nakamura (2016) exploraram o modelo de Elton-Gruber como uma opção para diversificar e diminuir o risco do investimento. Foram coletados dados das empresas brasileiras listadas no IboX50 e chinelas do IPSA no período 2011-2015 para a montagem das carteiras e posteriormente avaliar seus desempenhos através da análise envoltória de dados. Os autores chegaram a conclusão de que o risco não sistemático é o que determina o percentual a ser aplicado em determinada ação e que o desempenho do portfólio formado pelas empresas chilenas foi superior ao portfólio brasileiro.

Os autores Brière, Oosterlinck e Szafarz (2015) investigaram o uso do Bitcoin como um investimento no ponto de vista de um investidor norte-americano com um portfólio diversificado no

período de 2010-2013. Na metodologia foi utilizada testes de amplitude de média-variância e análise de regressão. Os autores identificaram que até mesmo uma pequena parcela de Bitcoins na carteira pode melhorar as características de risco-retorno do investimento. Por fim, concluem que as criptomoedas precisam ser levadas a sério pelos analistas financeiros.

Kajtazi e Moro (2018) exploraram o papel do Bitcoin em carteiras de ativos americanos, europeus e chineses. A metodologia consistiu numa variação da teoria do portfólio para a formação dos portfólios e testes de desempenho dessas carteiras. Os autores constataram que o desempenho das carteiras que possuíam Bitcoin eram melhores do que as carteiras que não tinham esse ativo. Por fim concluíram que essa melhoria de desempenho se devia mais ao aumento dos retornos que o Bitcoin oferecia para a carteira do que a minimização da sua volatilidade.

Os autores Wu e Pandey (2014) examinam o papel do Bitcoin como uma moeda e sua utilidade como um ativo de investimento utilizando dados financeiros como índices dos principais mercados mundiais e também das maiores moedas existentes no planeta. A metodologia se baseia na construção de várias carteiras com pesos aleatórios distribuídos entre os ativos e análises de retorno, risco e desempenho dos portfólios. Os autores encontraram resultados que mostram que em curto prazo, a carteira com Bitcoins se tornou a ideal para a relação risco-retorno. Por fim, eles destacam a facilidade de investir em uma moeda virtual e os benefícios de alocar pequenas quantidades de Bitcoins em um portfólio diversificado.

O autor Stavroyiannis (2019) examina se o Bitcoin melhora de forma significativa um portfólio de investimentos constituído pelas cinco maiores empresas do índice Dow Jones no ano de 2017. A metodologia se configurou na formação de vários portfólios com pesos diferentes entre os ativos e a utilização do Sharpe como medida de desempenho. Os resultados indicaram que o Bitcoin melhora significativamente o desempenho dos portfólios.

Eisl, Gasser e Weinmayer (2015) estudam o impacto de um investimento em Bitcoin pode ter em um portfólio diversificado na visão de um investidor norte-americano entre o período de 2011-2015. Eles utilizaram a metodologia baseada no valor em risco condicional (CvaR) para montar os portfólios otimizados e medir o desempenho do risco-retorno das carteiras. Os autores encontraram resultados satisfatórios que indicam que a contribuição do retorno que mesmo que o Bitcoin aumente o risco da carteira, este risco é recompensado por altos retornos.

3 METODOLOGIA

3.1 Seleção da amostra e coleta de dados

O universo da pesquisa compreende observações mensais das ações das empresas componentes do IbrX50 durante o período de 2015 a 2019 e da criptomoeda Bitcoin também no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2019. O índice foi escolhido por ele ser composto das ações mais bem negociadas da bolsa e seria interessante analisar o efeito da criptomoeda em portfólios formados já com bons ativos. As empresas financeiras e as que não possuíam dados durante boa parte do

período trabalhado foram retiradas, restando assim, 41 ativos mais o Bitcoin para serem explorados na pesquisa durante todo o período escolhido.

A escolha do período para a investigação se deu por motivo de ser uma época anterior à pandemia e também devido a limitação de acesso aos dados do Bitcoin. A taxa livre de risco utilizada para aplicação do método foi a SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia coletada através do site do Banco Central do Brasil. As cotações referentes à criptomoeda, taxa de retorno de mercado e os dados das demais variáveis foram coletados da base de dados Econômica.

3.2 Formação das carteiras pelo modelo de Elton-Gruber

Com base nos dados coletados, as variáveis necessárias para a aplicação do modelo são as seguintes:

- R_i - retorno esperado de cada ação
- β - beta de cada ação
- R_F - retorno do título de renda fixa sem risco
- σ_{ei} - risco diversificável de cada ação
- σ_M - risco da carteira de mercado

Na primeira etapa do modelo calcula-se o retorno esperado por cada ação, os retornos excessivos ($R_i - R_F$), os betas e o índice de atratividade de Treynor ($\frac{R_i - R_F}{\beta}$), que é o quociente do retorno excessivo sobre o beta de cada ação.

Em seguida, classificamos os ativos em ordem decrescente do índice de atratividade para encontrarmos o ponto de corte (C^*). Para uma carteira com i ativos, C_i pode ser visualizado através da seguinte fórmula:

$$C_i = \frac{\sigma_M^2 \sum_{i=1}^n \frac{R_i - R_F}{\sigma_{ei}^2} \beta_i}{1 + \sigma_M^2 \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{\sigma_{ei}^2}}$$

Onde:

C_i - Valores calculados para as carteiras construídas somente com o primeiro ativo (C_1), com os dois primeiros ativos (C_2), etc.

Para calcularmos o C^* necessita-se calcular valores de C_i , supondo que o portfólio ótimo seja preenchido somente da ação de maior índice de atratividade, em seguida das duas ações melhores classificadas, e assim sucessivamente. O ponto de corte será o último valor obtido de C_i para qual ele ultrapasse o índice de atratividade da última ação incluída no portfólio.

Na última fase do processo, após determinarmos quais ações deverão compor a carteira ótima, seguiremos com o cálculo dos percentuais que deverão ser investidos em cada ação. Para isso utiliza-se a seguinte fórmula:

$$X_i = \frac{Z_i}{\sum Z_i}$$

Essa expressão representa a escala de peso de cada um dos ativos de modo que sua soma seja igual a um, garantindo a integralização dos recursos.

$$Z_i = \frac{\beta_i}{\sigma_i^2} \left(\frac{R_i - R_F}{\beta_i} - C^* \right)$$

Em seguida calculamos Z_i para cada um dos ativos que compõem o portfólio ótimo. Essa expressão representará a aplicação referente a cada ativo.

Depois das ações serem selecionadas e os recursos serem devidamente alocados, prosseguimos com os cálculos de retorno esperado e risco do portfólio. A equação do retorno esperado é a seguinte:

$$R_p = X_1 R_1 + X_2 R_2 + \dots + X_n R_n$$

Onde R são os retornos médio dos ativos e X são as porcentagens a serem aplicados na carteira.

O beta do portfólio pode ser mensurado com a finalidade de analisar a volatilidade do investimento de acordo com a seguinte expressão:

$$\beta_p = X_1 \beta_1 + X_2 \beta_2 + \dots + X_n \beta_n$$

Onde β são os coeficientes betas de cada ativo.

Após encontrarmos o beta da carteira, o risco total do portfólio pode ser definido através da equação:

$$\sigma_p^2 = \beta_p^2 \sigma_M^2 + X_1^2 \sigma_1^2 + X_2^2 \sigma_2^2 + \dots + X_n^2 \sigma_n^2$$

Onde $\beta_p^2 \sigma_M^2$ está associado à variação do retorno da carteira com a carteira de mercado e a segunda parte da fórmula, $X_n^2 \sigma_n^2$, associa a variação do retorno da carteira com o risco residual de cada ação componente do portfólio.

Com a carteira já otimizada, replicaremos ela alterando os percentuais investidos em cada ativo para poder adicionar Bitcoin. Testaremos participações de 1%, 5%, 10%, 20% e 50% da criptomoeda no portfólio e em seguida prosseguiremos com cálculos relacionados ao desempenho da carteira, como os índices de Sharpe e Treynor, que podem ser expressados da seguinte forma:

$$\text{Sharpe} = \frac{R_M - R_F}{\sigma_M}$$

$$\text{Treynor} = \frac{R_M - R_F}{\beta_M}$$

4 ANÁLISE EMPÍRICA

Com o objetivo de analisar o comportamento do Bitcoin, foi feito, na Tabela 1, uma estatística descritiva dos retornos mensais dos ativos trabalhados na pesquisa durante o período de 2015 a 2019.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos retornos médios do período 2015-2019

Ações	Média	Máximo	Mínimo	Mediana	Desvio-Padrão
VALE3	2,90	30,44	-27,78	1,68	12,95
PETR4	3,38	62,45	-27,76	2,71	15,08
ABEV3	,50	13,85	-15,60	1,10	5,57
RENT3	3,13	29,27	-20,25	3,75	9,21

GGBR4	2,71	84,70	-28,68	,56	16,99
JBSS3	2,20	30,20	-21,17	,67	12,05
LREN3	3,12	21,29	-16,74	3,34	7,70
CSAN3	2,44	32,67	-17,30	,34	8,77
SBSP3	3,28	37,68	-25,63	4,55	9,89
HYPE3	1,79	28,00	-18,71	3,14	8,36
CMIG4	1,63	54,05	-20,40	-,68	13,48
KLBN11	1,07	17,07	-15,04	,76	7,12
NTCO3	2,26	30,59	-21,09	,22	10,54
CSNA3	4,48	83,78	-50,23	3,72	21,92
BRFS3	-,42	37,09	-23,70	-1,08	10,65
CYRE3	2,65	35,94	-18,43	1,08	10,88
USIM5	4,34	104,54	-45,16	-1,14	24,55
BRAP4	3,71	51,86	-33,47	,11	16,12
BRKM5	2,59	30,65	-18,12	2,94	11,80
CCRO3	1,30	34,58	-18,95	1,07	10,64
EMBR3	,12	28,38	-20,89	-,39	8,70
AMER3	2,88	39,02	-27,74	2,81	15,14
MRVE3	3,23	25,35	-17,27	2,76	10,53
OIBR3	-,19	119,10	-46,00	-2,93	24,14
PDGR3	2,06	266,34	-62,50	-6,90	52,59
QUAL3	2,12	28,67	-22,50	2,92	12,30
VIVT3	1,08	13,09	-10,50	1,69	5,89
TIMS3	,98	21,49	-15,36	-,25	8,13
YDUQ3	3,06	56,17	-21,16	3,16	13,84
WEGE3	2,18	19,29	-14,20	2,65	6,91
EQTL3	2,94	18,33	-14,56	2,64	6,27
RADL3	2,91	19,41	-13,27	4,27	8,00
CPFE3	1,69	17,37	-23,67	1,12	6,89
GOAU3	2,05	100,83	-45,05	-,50	21,39
ENBR3	2,17	19,71	-14,10	1,60	6,32
EGIE3	1,93	26,74	-9,98	1,05	6,13
ELET3	4,98	60,50	-23,86	2,70	18,60
MGLU3	9,36	99,89	-29,41	5,93	23,31
VIIA3	3,27	82,93	-64,68	,07	22,34
TAEE11	1,92	34,90	-11,69	1,86	6,88
GOLL4	4,27	66,52	-39,29	-1,42	22,73
BITCOIN	9,80	115,37	-34,95	6,70	29,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 1, ao analisarmos a média do retorno mensal, notamos uma grande diferença dos números do Bitcoin em relação à praticamente todos os demais ativos. A Magazine Luiza (MGLU3)

apresentou um retorno bastante semelhante com o da criptomoeda, resultado esse explicado pela grande valorização que o papel teve entre o período de 2015 a 2016.

Em relação ao desvio-padrão, o Bitcoin figura entre os maiores da amostra, parâmetro esse que evidencia o risco e a volatilidade do ativo. A construtora PDG (PDGR3) foi o papel que apresentou a maior variação em relação ao seu retorno, chegando a apresentar 52,59% de desvio-padrão.

Na Tabela 2, são demonstrados os resumos das carteiras otimizadas com e sem Bitcoin para o ano de 2015.

Tabela 2 - Carteiras otimizadas para o ano de 2015.

2015	Elton- Gruber	EG + 1%BTC	EG + 5%BTC	EG + 10%BTC	EG + 20%BTC	EG + 50%BTC
Retorno médio	4,44%	4,47%	4,58%	4,72%	5,00%	5,84%
Beta da carteira	0,99	0,96	0,85	0,71	0,44	-0,38
Risco da carteira	0,17	0,17	0,15	0,13	0,09	0,10
Sharpe	0,18	0,18	0,21	0,26	0,40	0,42
Treynor	0,03	0,03	0,04	0,04	0,08	-0,12

Fonte: Dados da pesquisa.

No ano de 2015, apenas 8 ativos foram selecionados para compor a carteira otimizada pelo modelo de Elton-Gruber, fato esse explicado pelo péssimo ano que o Brasil sofreu em relação à sua economia. A inflação chegou a fechar em 10,67%, a maior desde 2002 e o PIB teve seu pior resultado nos últimos 25 anos.

Em contrapartida, o Bitcoin se figurou como uma alternativa para os investidores que buscavam retornos fora do mercado tradicional de capitais. Com um retorno de 7,23% anual, a criptomoeda desempenhou um papel importante no portfólio otimizado que resultou em um aumento de 1,4% no retorno da carteira com 50% de Bitcoin em relação à carteira sem a criptomoeda

Tabela 3 - Carteiras otimizadas para o ano de 2016.

2016	Elton- Gruber	EG + 1%BTC	EG + 5%BTC	EG + 10%BTC	EG + 20%BTC	EG + 50%BTC
Retorno médio	7,75%	7,74%	7,67%	7,59%	7,43%	6,96%
Beta da carteira	0,96	0,94	0,85	0,75	0,53	-0,11
Risco da carteira	0,39	0,39	0,35	0,31	0,22	0,08

Sharpe	0,19	0,19	0,21	0,24	0,32	0,83
Treynor	0,07	0,08	0,08	0,09	0,13	-0,60

Fonte: Dados da pesquisa.

No ano de 2016, como podemos ver na Tabela 3, o retorno dos portfólios foi diminuindo à medida que se acrescentava Bitcoins. A carteira otimizada, diferentemente do ano anterior, foi composta por 23 ativos do IbrX50 e alguns papéis como o da Raia Drogasil (RADL3) e a CPFL Energia (CPFE3) apresentaram uma relação de risco-retorno mais atrativo do que o Bitcoin, fazendo com que o portfólio otimizado sem a criptomoeda se tornasse mais interessante para o investidor que busca um maior retorno.

Por outro lado, o risco dos portfólios vem diminuindo quando se aloca Bitcoins nas carteiras, o que faz com que o Sharpe, indicador de desempenho, apresente uma alta em relação à carteira sem Bitcoins, o que significa que o portfólio com maior Sharpe se torne mais atraente para o investidor que busca um retorno ajustado ao risco.

Tabela 4 - Carteiras otimizadas para o ano de 2017.

2017	Elton-Gruber	EG + 1%BTC	EG + 5%BTC	EG + 10%BTC	EG + 20%BTC	EG + 50%BTC
Retorno médio	4,01%	4,29%	5,41%	6,82%	9,63%	18,08%
Beta da carteira	0,56	0,55	0,47	0,38	0,20	-0,33
Risco da carteira	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	0,24
Sharpe	0,35	0,38	0,54	0,74	0,88	0,71
Treynor	0,06	0,06	0,10	0,16	0,43	-0,52

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 4, conseguimos ver o alto potencial de retorno que o Bitcoin tem. Em 2017 a criptomoeda atingiu 32,15% de retorno médio anual e conseguiu fazer com que o portfólio otimizado com 50% da criptomoeda aumentasse 14,07% de retorno em relação à carteira sem Bitcoin.

Observa-se também que o risco do portfólio teve uma alta considerável, isso se deve à alta variância que a criptomoeda sofreu nesse período chegando a atingir 22,59%, mas mesmo assim a relação risco-retorno se manteve atrativa ao observarmos o índice de Sharpe desse período. O Sharpe expressa o retorno médio excedente por unidade de risco total da carteira, ou seja, quanto maior o risco, mais ganhos devem ser esperados, enquanto opções menos arriscadas diminuem o potencial de retorno.

Tabela 5 - Carteiras otimizadas para o ano de 2018.

2018	Elton- Gruber	EG + 1%BTC	EG + 5%BTC	EG + 10%BTC	EG + 20%BTC	EG + 50%BTC
Retorno médio	4,41%	4,29%	3,81%	3,21%	2,00%	-1,62%
Beta da carteira	1,10	1,08	0,99	0,88	0,65	-0,03
Risco da carteira	0,29	0,30	0,27	0,24	0,18	0,09
Sharpe	0,13	0,12	0,11	0,10	0,07	-0,21
Treynor	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,58

Fonte: Dados da pesquisa.

No ano de 2018, como mostra a Tabela 5, foi um ano bastante negativo para os portfólios. Apesar de 2017 ter sido um ano bastante favorável da criptomoeda, no ano seguinte ela conseguiu se manter no positivo apenas nos meses de fevereiro, abril e julho. Seu pior resultado foi em novembro, com uma queda de aproximadamente 34% que potencializou o ano bastante negativo do Bitcoin.

A carteira sem Bitcoin se mostrou bem mais interessante para os investidores com destaque para os papéis das Lojas Americanas (AMER3) e Magazine Luiza (MGLU3) onde ambas apresentaram respectivamente 6,54% e 7,56% de retorno médio durante o período.

Tabela 6 - Carteiras otimizadas para o ano de 2019.

2019	Elton- Gruber	EG + 1%BTC	EG + 5%BTC	EG + 10%BTC	EG + 20%BTC	EG + 50%BTC
Retorno médio	5,31%	5,34%	5,45%	5,59%	5,87%	6,70%
Beta da carteira	0,84	0,82	0,74	0,64	0,44	-0,14
Risco da carteira	0,15	0,15	0,13	0,12	0,09	0,12
Índice Sharpe	0,32	0,33	0,37	0,43	0,57	0,51
Índice Treynor	0,05	0,06	0,06	0,08	0,12	-0,42

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 6, o Bitcoin também melhora o desempenho do portfólio otimizado, o beta diminui consideravelmente à medida que inserimos Bitcoins nas carteiras. O beta é um indicador bastante utilizado nas análises de investimentos, seu objetivo é estimar a sensibilidade de um ativo comparando-

o com o índice de referência do mercado, que no caso da pesquisa é o Ibovespa. O valor negativo do beta representa que a carteira tem um desempenho oposto ao mercado.

Tabela 7 - Consolidado das carteiras otimizadas para o período 2015-2019.

2015- 2019	Elton- Gruber	EG + 1%BTC	EG + 5%BTC	EG + 10%BTC	EG + 20%BTC	EG + 50%BTC
Retorno médio	3,18%	3,24%	3,48%	3,78%	4,39%	6,19%
Beta da carteira	0,71	0,69	0,61	0,51	0,31	-0,29
Risco da carteira	0,21	0,20	0,18	0,15	0,11	0,17
Sharpe	0,11	0,11	0,14	0,19	0,32	0,31
Treynor	0,03	0,03	0,04	0,05	0,11	-0,18

Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, verificamos na Tabela 7, o consolidado dos resultados referentes ao período estudado na pesquisa. O retorno oferecido pela criptomoeda faz praticamente dobrar o rendimento do portfólio quando comparamos o com 50% com a carteira sem Bitcoin.

Mesmo tendo um ano bastante ruim em 2018 a criptomoeda se manteve bastante atrativa para os investidores nesse período de 5 anos, a relação de recompensa-risco aumentou em quase todas as carteiras, o que corrobora que o Bitcoin funciona como um excelente diversificador e oferece altos retornos para quem detêm esse ativo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É bastante notório o avanço das criptomoedas sendo utilizadas como uma forma de investimento, investidores que estão dispostos a buscar altos rendimentos sem aversão ao risco estão recorrendo a esse tipo de ativo, principalmente o Bitcoin. Esse fato faz surgir a necessidade de entender realmente como esse ativo se comporta em portfólios de investimentos. Diante desse cenário a pesquisa teve como objetivo analisar se o uso do Bitcoin melhoraria uma carteira de investimentos brasileira já otimizada pelo modelo de Elton-Gruber

Com o uso de dados compreendidos de 2015 a 2019 das ações que compunham o IbrX50, foram montadas carteiras que segundo o método dos professores Edwin Elton e Martin Gruber só seriam selecionados os ativos que oferecessem uma maior rentabilidade excedente por unidade de risco sistemático. Posteriormente, após a inclusão de diferentes quantidades de Bitcoin no portfólio, foi observado que a criptomoeda apresentou uma melhora no desempenho de algumas carteiras, mais precisamente nos anos de 2015, 2016, 2017 e 2019 onde o Bitcoin apresentou retornos significativos que compensaram o risco que é oriundo de sua volatilidade. O índice de Sharpe foi utilizado para medir

esse desempenho, que apresentava números maiores à medida que o Bitcoin era incluído na carteira, exceto para o ano de 2018.

A presente investigação traz como contribuição o estudo sobre a viabilidade do uso das criptomoedas, em especial o Bitcoin, como uma nova forma de investimento. Conforme o referencial teórico do presente trabalho, diversos pesquisadores apontaram que há benefícios em utilizar a criptomoeda em portfólios formados com ativos tradicionais, seja pelo fato dela oferecer grandes retornos ou pela baixa correlação com esses ativos que faz com que o Bitcoin se comporte como um ótimo diversificador. Ademais, vale ressaltar que a pesquisa trabalhou com carteiras já otimizadas pelo modelo de Elton-Gruber, o que significa que além de já serem ótimas opções de investimento, o Bitcoin fez com que melhorasse ainda mais o desempenho delas.

No que se refere as limitações da pesquisa deve ser ressaltado a limitação de dados referentes à criptomoeda, visto que é algo recente, carece de estudos e dificulta um tempo maior de análise para a pesquisa. Para sugestões futuras, podem ser feitas pesquisas utilizando outras criptomoedas além do Bitcoin e trabalhar com outras modalidades de ativos na formação dos portfólios.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WU, C. Y.; PANDEY, V. K. The Value of Bitcoin in Enhancing the Efficiency of an Investor's Portfolio. **Journal of Financial Planning**, v. 27, n. 9, p. 44–52, 2014.

SIMSER, J. Bitcoin and modern alchemy: in code we trust. **Journal of Financial Crime**, v. 22, n. 2, p. 156–169, 2015.

YERMACK, D.. Is bitcoin a real currency? An economic appraisal. Amsterdam: Elsevier, 2015.

BRIÈRE, M.; OOSTERLINCK, K.; SZAFARZ, A. Virtual currency, tangible return: Portfolio diversification with bitcoin. **Journal of Asset Management**, v. 16, n. 6, p. 365–373, 2015.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 60, p. 77–91, 1952.

MANGRAM, Myles E. A simplified perspective of the Markowitz portfolio theory, **Global Journal of Business Research**, SMC University, Switzerland, 2013.

FABOZZI, F.; GUPTA, F.; MARKOWITZ, H. The legacy of modern portfolio theory. **The journal of Investing**, v. 11, n. 3, p. 7-22, 2002.

ELTON, E. J., GRUBER, M. J., PADBERG, M. W. (1976). Simple Criteria for Optimal Portfolio Selection. **Journal of Finance**, 31 (5), pp. 1341-1357.

ELTON, Edwin J.; GRUBER, Martin J., **Modern Portfolio Theory and Investment Analysis**, 5th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1995.

TOSTA DE SÁ, Geraldo. **Administração de Investimentos: Teoria de Carteiras e Gerenciamento do Risco**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1999. 376 p.

NAKAMOTO, S. **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. p. 1–9, 2008. Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>.

Banco Central Europeu. Virtual Currency Schemes, (2012). Recuperado em 28 setembro, 2016, de <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemes>

SEGENDORF, B. **What is Bitcoin?** Sveriges Riksbank Economic Review, 2014.

KAMIENSKI, Carlos et al. **Colaboração na Internet e a Tecnologia Peer-to-Peer**. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, São Leopoldo, RS, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/255653983_Colaboracao_na_Internet_e_a_Tecnologia_Peer-to-Peer>. Acesso em: 1 nov. 2022.

ULRICH, F. **BITCOIN - A moeda na era digital**. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises Brasil, 2014

LUTHER, W. J; WHITE, L. H. **Can Bitcoin Become a Major Currency?**. George Mason University, Department of Economics, Working Paper No. 14-17, 2013. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2446604>.

GLASER, Florian; ZIMMERMANN, Kai; HAFERKORN, Martin; WEBER, Moritz; SIERING, Michael. **Bitcoin – Asset or Currency? Revealing Users’ Hidden Intentions**. Twenty Second European Conference on Information Systems, Tel Aviv. 2014. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/286338705_Bitcoin_-_Asset_or_currency_Revealing_users%27_hidden_intentions>. Acesso em: 11 set. 2022.

DYHRBERG, A. H. Bitcoin, gold and the dollar – A Garch volatility analysis. **Journal of Finance Research Letters**. v. 16, pp. 85–92, 2015.

SILVA, W. V.; SAMOBYL, R. W.; TAMBOSI FILHO, E. Formulação e gerenciamento de portfólios baseados nos modelos Capital Asset Price Model (CAPM) de Elton & Gruber. **Revista de Negócios**, v. 6, n. 3, p. 19-27, 2001.

KAJTAZI, A.; MORO, A. **Bitcoin and Portfolio Diversification**: Evidence from Portfolios of U.S., European and Chinese Assets. SSRN Electronic Journal, p. 1–44, 2018. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3095172>.

BAL, Aleksandra. **How to Tax Bitcoin?**. Handbook of Digital Currency: Bitcoin, Innovation, Financial Instruments, and Big Data. Amsterdam: Academic Press, 2015. cap. 14, p. 267-282. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012802117000014X>>. Acesso em: 14 set. 2022.

LO, Stephanie; WANG, J. Christina, **Bitcoin as Money?. Current policy perspectives**, Boston, p. 1-28, 2014. Disponível em: <<https://www.bostonfed.org/publications/current-policy-perspectives/2014/bitcoin-as-money.aspx>>. Acesso em: 11 out. 2022.

STAVROYIANNIS, Stavros. **Can Bitcoin diversify significantly a portfolio?**. International Journal of Economics and Business Research v. 18, p. 399-411, 2019. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/ids/ijecbr/v18y2019i4p399-411.html>>. Acesso em: 7 nov. 2022

SARI, T. N. et al. International Journal of Engineering and Management Research. **Performance Analysis of Optimal Portfolio of Sharia and Conventional Stocks Using Constant Correlation Model**, Indonesia, v. 7, n. 5, p. 31-35, 2017. Disponível em: <<https://www.ijemr.net/DOC/PerformanceAnalysisOfOptimalPortfolioOfShariaAndConventionalStocksUsingConstantCorrelationModel.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2022.

PEYLO, Benjamin Tobias. **A Synthesis of Modern Portfolio Theory and Sustainable Investment**. The Journal of Investing p. 33-46, 2012. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/317053772_A_Synthesis_of_Modern_Portfolio_Theory_and_Sustainable_Investment>. Acesso em: 22 nov. 2022.

MCCLURE, Ben. **Modern Portfolio Theory: Why It's Still Hip**. 2022. Disponível em: <<https://www.investopedia.com/managing-wealth/modern-portfolio-theory-why-its-still-hip/#:~:text=Modern%20portfolio%20theory%20says%20that,return%20of%20one%20particular%20stock.&text=The%20risk%20in%20a%20portfolio,stocks%20are%20not%20directly%20related>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

GRINBERG, Reuben. Bitcoin: **An Innovative Alternative Digital Currency**. Hastings Science & Technology Law Journal, v. 4, 2011. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1817857>. Acesso em: 4 out. 2022.

ANTUNES, Felipe da Silva et al. **Bitcoin: Inovações, impactos no campo jurídico e regulação para evitar crimes na internet**. Congresso internacional de direito e contemporaneidade, Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: <<https://egov.ufsc.br/portal/conteudo/bitcoin-%E2%80%93-inova%C3%A7%C3%B5es-impactos-no-campo-jur%C3%ADdico-e-regula%C3%A7%C3%A3o-para-evitar-crimes-na-internet>>. Acesso em: 6 nov. 2022.

FOBE, Nicole Julie. **O Bitcoin como moeda paralela: Uma Visão econômica e a multiplicidade de desdobramentos jurídicos**, 2016. 122 p. Dissertação de Mestrado - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/15986/2016.03.22_Disserta%C3%A7%C3%A3o_Nicole_Fobe_Vers%C3%A3o%20Protocolo.pdf?sequence=3&isAllowed=y%2520fobe>. Acesso em: 31 out. 2022.

NASCIMENTO, Sérgio Luiz. **Carteiras de investimentos uma aplicação a partir do modelo Elton-Gruber**. 2011. 100 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Administração) - Universidade Metodista de São Paulo, São Bernardo do Campo, 2011. Disponível em: <<http://tede.metodista.br/jspui/bitstream/tede/15/1/SERGIO%20LUIZ%20NASCIMENTO.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2022.

FERREIRA, Romualdo Luis da Silva. **Análise do desempenho dos filtros de Graham e o modelo de Elton-Gruber para o Brasil entre 2008 a 2012**. Revista Brasileira de Administração Científica, v. 5, ed. 3, 2014. Disponível em: <<https://www.sustenere.co/index.php/rbadm/article/view/SPC2179-684X.2014.003.0011>>. Acesso em: 1 nov. 2022.

MARCOS, Cleyson et al. **Eficiência do Desempenho Financeiro em Carteiras de Ações formadas pelo Índice de Atratividade de Empresas Brasileiras e Chilenas**. Building knowledge in accounting, 2016. Disponível em: <<https://congressosp.fipecafi.org/anais/16UsplInternational/286.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2022.

DOS SANTOS, Tatiana Gargur et al. **A aplicação do modelo de formação de carteira eficiente de Elton-Gruber em empresas socialmente responsáveis no mercado de ações brasileiro**. V CONVIBRA – Congresso Virtual Brasileiro de Administração, Bahia, 2007. Disponível em: <https://convibra.org/congresso/res/uploads/pdf/209_0.pdf>. Acesso em: 31 out. 2022.

EISL, Alexander et al. Caveat Emptor: **Does Bitcoin Improve Portfolio Diversification?**. Institute for Finance, Banking and Insurance, 2014. Disponível em: <<https://research.wu.ac.at/en/publications/caveat-emptor-does-bitcoin-improve-portfolio-diversification-5>>. Acesso em: 30 out. 2022.