UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

César Luiz Fogaça da Costa Filho

VIABILIDADE ECONÔMICA DA CRIPTOMOEDA BITCOIN E DE AÇÕES LISTADAS NA B3 S.A.

Santa Maria, RS
2018

César Luiz Fogaça da Costa Filho

VIABILIDADE ECONÔMICA DA CRIPTOMOEDA BITCOIN E DE AÇÕES LISTADAS NA B3 S.A.

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Roos

Santa Maria, RS
2018

VIABILIDADE ECONÔMICA DA CRIPTOMOEDA BITCOIN E DE AÇÕES LISTADAS NA B3 S.A.

ECONOMIC FEASIBILITY STUDY FOR INVESTMENTS IN THE CRYPTOCURRENCY BITCOIN AND STOCKS LISTED IN B3 S.A.

César Luiz Fogaça da Costa Filho[1], Cristiano Roos[2]

RESUMO

O Bitcoin vem atraindo investidores com sua valorização como ativo financeiro. Porém, este é um investimento especulativo, similar ao mercado de ações. Este trabalho tem o objetivo de analisar a viabilidade econômica de investimentos em Bitcoins, e nas ações FIBR3 e MGLU3 utilizando o índice Ibovespa como referência de *benchmark*. Foram coletados dados dos preços diários de cada um dos ativos entre 2013 e 2018. Depois, foram gerados modelos GARCH de previsão de preços para 5 dias. Juntando os dados coletados e as previsões, foram montados fluxos de caixa para cada ativo em cenários de curto e longo prazo. Na sequência, calculou-se VPL e TIR para cada fluxo de caixa. Os resultados apontam maiores valores de VPL e TIR no cenário de longo prazo. A melhor performance neste cenário é do Bitcoin. Além disso, neste cenário todos os valores de VPL foram positivos e de TIR superaram à TMA. No curto prazo, o Bitcoin apresentou valores negativos de VPL e TIR, enquanto as ações indicaram valores positivos. Conclui-se com o presente estudo que todos os produtos analisados apresentaram viabilidade econômica no longo prazo, porém, no cenário de curto prazo, a volatilidade nos preços do Bitcoin implicou em inviabilidade econômica deste ativo.

Descritores: Análise de investimento; Modelos GARCH; Bitcoin; Ações.

ABSTRACT

Given Bitcoin's recently valuation, investors have considered it as an investment opportunity. Even though, the Bitcoin market is as much risky as the stock market. This paper aims to analyze the economic feasibility of investments in these markets, applying the Ibovespa Index as MARR. There were analyzed the stocks FIBR3 and MGLU3 besides the Bitcoin. Data corresponding to the daily closing price of these assets was collected between 2013 and 2018. Based on these data, GARCH Models were generated and were executed out of sample forecasts for 5 days for each asset. Combining data collected with the forecasted values, two cash flows (long-term and short-term) were arranged for each asset. Then, NPV and IRR were calculated for them in the two scenarios. The results indicate positive NPV values for all the assets in the long-term scenario, and IRR greater than the MARR suggested. In this case, the best results stand for Bitcoin. In short-term, Bitcoin has shown negative NPV and IRR, while the stock's values remain positive. In summary, the assets presented economic viability in the long-term scenario, but in the short-term scenario, the price volatility of Bitcoin led to losses.

Keywords: Investment analysis; GARCH models; Bitcoin; Stock market.

[1] Graduando em Engenharia de Produção, autor; Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Centro de Tecnologia – UFSM.

[2] Engenheiro de Produção, orientador; Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina; Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – UFSM.

1 INTRODUÇÃO

Diariamente investidores buscam obter lucros nos mercados financeiros ao redor do globo. Os rendimentos que estas pessoas obtêm dependem da composição de sua carteira de investimentos. Conforme Guimarães, Araújo e Barbedo (2011), carteiras compostas por instrumentos de renda variável são mais propícias a apresentar retornos elevados, apesar dos riscos e incertezas associados. A B3 S.A. (antiga BM&FBovespa) é a bolsa de valores oficial do Brasil, responsável pela comercialização de valores mobiliários como ações e debêntures, além de títulos do governo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS, 2018). Segundo a *World Federation of Exchanges* (2017 apud ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS, 2018) a capitalização das ações listadas na B3 S.A. é cerca de R$ 3 trilhões, tornando-a uma das 20 maiores bolsas de valores no mundo. Assim, ações mostram-se um tipo de investimento popular no Brasil (PIAZZA, 2010).

No mesmo contexto, desde a invenção do Bitcoin em meados de 2008, criptomoedas também têm sido usadas como uma forma de investimento bastante popular entre os mais diversos tipos de investidores. A capitalização do mercado de Bitcoins alcançou cerca de U$ 175 bilhões no final de 2017 (KRISTOUFEK, 2018). Já o montante de transações em 2016 foi próximo de U$ 92 bilhões (LI; WANG, 2017). Isso se justifica pela grande valorização que o mesmo apresentou, além de seu sistema de funcionamento "*Blockchain*", o qual é muito seguro contra fraudes e garante anonimato a seus usuários (PENG et al., 2018). Apesar disto, questiona-se bastante se esta criptomoeda é um investimento lucrativo em longo prazo, ou se seu rendimento é apenas fruto de uma breve e passageira especulação, uma vez que esta não é regulamentada por bancos ou governos (WANG; VERGNE, 2017).

Em um cenário de incertezas, similar aos mercados apresentados, investidores buscam prever qual alternativa disponível renderá maiores lucros. Porém, considerando as incertezas e os riscos, esta tarefa mostra-se árdua. Na tomada de decisão nestes cenários, métodos de Engenharia Econômica são aplicados com o intuito de verificar a viabilidade de determinado investimento considerando riscos e incertezas (POLO, 1996). Esta aplicação da Engenharia Econômica é chamada análise de viabilidade econômica, e resulta em indicadores quantitativos que facilitam a tomada de decisão (BLAKN; TARQUIN, 2012; CASAROTTO FILHO; KOPITTKE, 2000).

Nesta conjuntura, uma análise de viabilidade econômica de criptomoedas e de ações surge como uma oportunidade para compreender estes mercados tão voláteis, além de gerar informações relevantes para auxiliar na tomada de decisões.

1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA

Este trabalho tem como temática a análise de viabilidade econômica no mercado financeiro de risco elevado. Mais precisamente, o cerne da análise é o comparativo entre ações do mercado brasileiro e o Bitcoin, utilizando o índice Ibovespa como referência de *benchmark*. A oportunidade de pesquisa sustenta-se pela escassez de informações referentes à viabilidade econômica destes ativos. Apesar de ambos serem vistos como sinônimos de exorbitantes lucros pela população em geral, uma tomada de decisão errônea nestes mercados pode resultar em prejuízos para o investidor (SMALES, 2018; SIMLAI, 2012). Deste modo, o problema levantado na pesquisa é: existe viabilidade econômica de produtos de risco elevado em análises de curto e de longo prazo?

1.2 JUSTIFICATIVAS

A relevância desta pesquisa é evidenciada na crescente demanda por Bitcoins e o número de pessoas físicas investindo no mercado financeiro. Segundo Wang e Vergne (2017), a oferta desta criptomoeda é previsível em virtude de limitações do seu sistema de *blockchain*. Porém, os autores afirmam que sua demanda mostra-se instável, uma vez que esta é facilmente afetada pela veiculação de notícias referentes à sua valorização. Neste contexto, McConnell, Brue e Flynn (2012) reiteram que o preço de venda de um ativo é diretamente proporcional à sua demanda, e inversamente à sua oferta. Nesta lógica, investidores compram Bitcoins com a expectativa de aumento em sua demanda, para assim, no futuro, venderem os mesmos obtendo lucro. Entre 2011 e 2017 a variação na demanda por Bitcoins aumentou seu preço de venda de cerca de U$ 1 para próximo de U$ 1.500 (ALVAREZ-RAMIREZ; RODRIGUEZ; IBARRA-VALDEZ, 2017). No caso, este é um investimento especulativo, termo definido por Baur, Hong e Lee (2018) como compra e venda de ativos buscando a obtenção de lucros baseados simplesmente na oscilação dos preços.

Referente ao mercado de ações, segundo a BM&FBovespa (2016 apud BONALDI, 2017) o número de investidores pessoa física na bolsa aumentou de 85.249 no ano de 2002 para 564.024 no ano de 2016. Apesar disto, o auge foi em 2010, com cerca de 600.000

investidores. Bonaldi (2017) ainda afirma que esta recente queda é relacionada à crise econômica no Brasil, além da insegurança deste tipo de investidor no mercado acionário.

Neste âmbito, a tomada de decisão torna-se complexa. Assim, Casarotto Filho e Kopittke (2000) reiteram que a Engenharia Econômica permite a análise em cenários de incerteza e risco, oferecendo soluções otimizadas e coerentes. Desta forma, a principal justificativa para a pesquisa é a oportunidade de apresentar resultados relevantes para a tomada de decisão em um setor de comprovada demanda. Aliado a isto, cita-se a oportunidade desta pesquisa no tocante ao enriquecimento da literatura. A fim de evidenciar esse ensejo foi criado o Quadro 1. Este apresenta o total de artigos levantados com os temas deste estudo. A busca foi realizada em 30 de novembro de 2018. Salienta-se que não foram pesquisados conjuntamente termos em línguas distintas, sendo esses espaços representados por "Não Pesquisado" no quadro. Os portais de busca utilizados foram: Periódicos CAPES, *Emerald*, *Science Direct*, Scielo, e Google *Scholar*. Nota-se que os termos "Bitcoin", "Ações" e "*Stock Market*" sozinhos apresentam um número elevado de estudos, porém quando os termos são pesquisados em conjunto ou aliados aos temas "Viabilidade Econômica" e "*Economic Feasibility"*, os números diminuem.

Quadro 1: Resultados de busca com os termos abordados no estudo.

Termo Pesquisado	**Bitcoin**	**Ações**	**Viabilidade Econômica**	***Stock Market***	***Economic Feasibility***
Bitcoin	69.224				
Ações	719	3.048.489			
Viabilidade Econômica	192	157.467	271.017		
Stock Market	10.462	Não Pesquisado	Não Pesquisado	4.785.882	
Economic Feasibility	5.345	Não Pesquisado	Não Pesquisado	371.050	3.418.158

Fonte: Autores (2018).

Ao pesquisar pelos três termos em conjunto tanto em língua portuguesa quanto inglesa ("Viabilidade Econômica Bitcoin Ações" e "*Economic Feasibility Bitcoin Stock Market*"), os números comprovam a escassez dessa temática específica na literatura, com 166 e 2.196 resultados obtidos respectivamente. Comparando estes números com os apresentados no Quadro 1, confirma-se a oportunidade de enriquecer a literatura com o estudo proposto.

1.3 OBJETIVOS

Por conseguinte, o objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade econômica do Bitcoin e de duas ações presentes na B3 S.A. utilizando o índice Ibovespa como referência de *benchmark,* em períodos de curto e de longo prazo, para assim facilitar a tomada de decisão neste cenário. A fim de atingir tal objetivo, necessita-se atender antes os seguintes objetivos específicos: 1. Identificar quais são as técnicas de análise de viabilidade econômica mais apropriadas para estudos similares a este trabalho; 2. Coletar dados sobre o Bitcoin e sobre as duas ações escolhidas para o desenvolvimento deste trabalho; 3. Definir cenários para simulações e análises mais abrangentes; 4. Desenvolver as análises de viabilidade econômica na ótica do investidor baseando-se em fluxos de caixa; 5. Concluir sobre os resultados das análises de viabilidade econômica dos cenários.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção aborda as definições de Mercado Financeiro, Índice Ibovespa, Renda Variável e Ações, Criptomoedas e Bitcoin, Engenharia Econômica, Taxa Mínima de Atratividade, Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, e Modelos de Heterocedasticidade Condicional Autorregressiva Generalizada (GARCH). Além disso, é realizado um levantamento de estudos que abordaram problemas de pesquisa similares ao deste trabalho.

2.1 DEFINIÇÕES EM MERCADO FINANCEIRO

Para o desenvolvimento deste trabalho é crucial compreender as variáveis a serem analisadas, tais como os mecanismos e as leis que regem seu comportamento. Na sequência, cada uma destas será analisada individualmente.

2.1.1 Índice Ibovespa

Segundo a Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais (2018), o Ibovespa é o principal indicador de resultados da bolsa de valores de São Paulo. Piazza (2010) afirma que o índice é baseado em uma metodologia específica, a qual cria uma carteira teórica com as ações de maior volume de negociação e representação listadas na bolsa

brasileira. O rendimento desta carteira é utilizado como indicador de desempenho médio do mercado de ações brasileiro (BM&FBOVESPA, 2018; NARDY et al., 2014).

2.1.2 Renda Variável e Ações

A Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais (2018) afirma que instrumentos de renda variável apresentam rendimentos não atrelados a taxas pré-fixadas. Já o termo ações refere-se a produtos financeiros que garantem a seus titulares, participações no capital social das empresas (PIAZZA, 2010). Além disto, Assaf Neto (1999) e Hess (1979) afirmam que o rendimento de ações é volátil. Assim, ações são consideradas como o principal produto de renda variável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS, 2018).

Segundo Hess (1979), ação é um instrumento de mobilização de capital com intuído de constituir uma sociedade anônima ou saciar carências de infraestrutura. O autor ainda afirma que ações são representadas por certificados que conferem ao dono destes, participação no controle da empresa, além de obrigações legais. Estes certificados podem ser vendidos para terceiros, transferindo assim as ações para um novo proprietário (PIAZZA, 2010).

Santos (1999) classifica ações como ordinárias e preferenciais. Substancialmente, ações ordinárias garantem o direito de voto em assembleias da empresa nas decisões de nível estratégico (TOLEDO FILHO, 2006). Já ações preferenciais são prioritárias nas participações dos lucros da companhia e pagamento de dividendos (HESS, 1979).

Assaf Neto (1999) afirma que os lucros obtidos por acionistas podem ser em virtude da variação entre os preços de compra e venda em negociações de ações, além de outros dois mecanismos específicos: bonificações e dividendos. Conforme Toledo Filho (2006), as bonificações referem-se ao recebimento de novas ações proporcionais ao número de ações possuídas pelo investidor quando há um aumento de capital devido à incorporação de reservas ou valorização de ativos. Já dividendos, segundo Piazza (2010), correspondem à distribuição de lucros líquidos da organização. Referente à tributação, a alíquota de imposto de renda incide sobre 15% do lucro obtido pelo investidor na venda de ações, ou 20% em negociações de *daytrade*, sendo que montantes menores que R$ 20.000,00 são passíveis de isenção do imposto de renda (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS, 2018; RECEITA FEDERAL DO BRASIL, 2015).

2.1.3 Criptomoedas e Bitcoin

De acordo com Bariviera et al. (2017) o termo criptomoeda refere-se a um ativo negociável, além de uma moeda de troca digital baseada em acordos privados e anônimos na *internet*. O autor destaca ainda a existência de diversas criptomoedas, porém dentre estas a mais conhecida é o Bitcoin em virtude de seu volume de negociação e capitalização. Este foi lançando em 2008 por um criador anônimo utilizando o pseudônimo Satoshi Nakamoto (ACUNA; PULLAS, 2016).

Segundo Nakamoto (2008) o Bitcoin é uma versão digital de dinheiro utilizada para pagamentos entre pessoas sem intermédio e regulamentação de instituições financeiras e governos. Além disso, o mesmo autor destaca que esta criptomoeda é baseada em um sistema de funcionamento muito seguro, o *blockchain*. Este sistema, conforme Li e Wang (2017), utiliza um esquema de autenticação decentralizado para prevenir fraudes. Basicamente, esta criptomoeda é uma corrente de dados representando entradas e saídas contábeis. No sistema, transações são representadas por blocos de dados ou "*blocks"* (CIAIAN; RAJCANIOVA; KANCS, 2018). Cada bloco contém informação referente ao remetente, destinatário, e montante transferido, além do "*hash*" do bloco, e o "*hash*" do bloco anterior na corrente (LI; WANG, 2017). O termo "*hash"* em informática é definido por Dobai, Korenek e Sekanina (2017) como um conjunto de letras e números representando dados criptografados.

Conforme Leon et al. (2017), toda solicitação de transação é enviada para a rede onde vários computadores, chamados de "mineradores", validam ou não a transação em troca de criptomoeda. A validação, segundo Bariviera et al. (2017), é feita checando os valores de "*hash*" do bloco em análise e da corrente inteira conforme o algoritmo pré-determinado. Após a validação, o "*block*" é adicionado à cadeia, gerando assim o termo "*blockchain*" (LI; WANG, 2017).

A segurança do sistema é comprovada, pois para fraudar o "*blockchain*" é necessário burlar o "*hash"* da corrente inteira num intervalo de tempo menor que o de validação dos mineradores (BARVIERA et al., 2017; GANDAL et al., 2018). Em virtude de limitações tecnológicas nos computadores atuais e do algoritmo do *blockchain,* a oferta máxima de Bitcoins possível é de 21 milhões de unidades (WANG; VERGNE, 2017; HAYES, 2017).

Segundo Li e Wang (2017) e Parker (2017) Bitcoins são negociados em plataformas digitais geridas pela iniciativa privada as quais funcionam como bolsas de valores. Existem diversas empresas oferecendo este serviço, entretanto muitas são fraudulentas em virtude da ausência de fiscalização de instituições regulamentadoras, sendo assim suscetíveis a fraudes e

manipulações (GANDAL et al., 2018). Destacam-se como corretoras fidedignas: Bitfinex, *Bitstamp*, e *Coinbase* (KRISTOUFEK, 2018; LI; WANG, 2017). Para comprar Bitcoins, Hayes (2017) afirma que basta se cadastrar no *website* de alguma corretora e então solicitar a criação de uma "carteira de Bitcoin", ou *wallet*. Após isto, podem-se iniciar as negociações, efetuando pagamentos com cartão de crédito ou débito (PARKER, 2017; PENG et al., 2018).

2.2 DEFINIÇÕES EM ENGENHARIA ECONÔMICA

O papel da Engenharia Econômica segundo Newnan, Lavelle e Eschenbach (2014) é fornecer meios para analisar problemas de natureza econômica e monetária. Esta seção apresenta conceitos capazes de ajudar analistas a tomarem decisões envolvendo a Engenharia Econômica.

2.2.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Blank e Tarquin (2012) afirmam que a TMA é uma taxa percentual estabelecida de maneira coerente visando avaliar e selecionar diferentes alternativas de investimento. Esta taxa deve representar o rendimento mínimo aceitável dentro das condições econômicas contextualizadas para o projeto em análise (THUESEN; FABRYCKY, 2001).

Nesse contexto, Newnan, Lavelle e Eschenbach (2014) apresentam três componentes de custo para o dinheiro: o custo de empréstimo (custos para obter o dinheiro que financiará o projeto), o custo de capital (juros atribuídos ao dinheiro no decorrer do tempo) e o custo de oportunidade (o que é perdido quando não se opta por outra alternativa de investimento). Esta fonte ainda afirma que a TMA deve ser maior ou igual ao maior destes custos, com a finalidade de garantir uma análise coesa. Em situações de risco e incerteza, a TMA deve ser elevada (PEREZ JR; OLIVEIRA; COSTA, 2009). Entretanto, quando esta é muito elevada, oportunidades podem ser desperdiçadas, e quando muito baixa, o lucro pode ser comprometido (CASARTOTTO FILHO; KAPITTKE, 2000).

2.2.2 Valor Presente Líquido (VPL)

Polo (1996) define VPL como uma técnica de equivalência de capital no tempo para a análise de investimentos. Esta técnica converte os valores de um fluxo de caixa para um único valor corrigido pela TMA até o instante inicial de tempo. Segundo Petković et al. (2016), esta

técnica é uma das mais aplicadas e importantes na analise de viabilidade pela sua praticidade. Todavia, o VPL é suscetível aos parâmetros estabelecidos nas premissas, logo a veracidade do resultado depende de estimativas realísticas e de dados confiáveis. O mesmo é computado através da Equação 1 descrita por Thuesen e Fabrycky (2001). Caso seu resultado seja positivo, a viabilidade econômica do projeto é comprovada (NEWNAN; LAVELLE; ESCHENBACH, 2014).

$$VPL = \sum_{t=1}^{n} \left(\frac{FC_t}{(1+i)^t} \right) - FC_o \tag{1}$$

Onde: VPL é o fluxo de caixa do investimento [R$]; FC_t é o valor do fluxo de caixa no período t [R$]; FC_o é o valor do investimento incial [R$]; n é o número de períodos da análise; t é o período atual; i é a taxa mínima de atratividade TMA [%].

2.2.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Na análise de diferentes alternativas de investimentos a TIR mostra-se como um meio capaz de identificar a opção mais rentável através da análise dos fluxos de caixa (CUTHBERT; MAGNI, 2016). Segundo Newnan, Levalle e Eschenbach (2014), a TIR é diretamente proporcional à remuneração paga em rentabilidade para o investimento. Assim, ao confrontar diferentes taxas internas de retorno, o valor mais elevado representa o investimento mais viável.

Conforme Thuesen e Fabrycky (2001), a TIR refere-se à taxa capaz de reduzir o valor do VPL a zero. Esta faz com que as entradas de dinheiro no fluxo de caixa sejam equivalentes a saída no decorrer do tempo. O cálculo da TIR é representado na Equação 2.

$$0 = \sum_{t=1}^{n} \left(\frac{FC_t}{(1+r)^t} \right) - FC_o \tag{2}$$

Onde: r é a taxa interna de retorno TIR [%]; $\mathrm{FC_t}$ é o valor do fluxo de caixa no período t [R$]; $\mathrm{FC_o}$ é o valor do investimento inicial [R$]; n é o número de períodos da análise; t é o período atual.

2.3 APLICAÇÕES DE ENGENHARIA ECONÔMICA NO MERCADO FINANCEIRO

Nesta subseção realizou-se uma busca na literatura para identificar aplicações de Engenharia Econômica em estudos com a temática de mercado financeiro. Essa revisão

procurou trabalhos abordando problemas de pesquisa similares ao deste estudo a fim de esclarecer conceitos e a maneira pela qual outros autores abordaram essas situações.

Lobos et al. (2015) destacam que o uso de técnicas como o VPL e a TIR podem resultar em respostas pouco coerentes em virtude dos riscos e unicidades de cada tema. A fim de sanar este problema, os autores realizaram uma simulação estocástica para avaliar a rentabilidade da produção de mirtilo (*Vaccinium corymbosum L.*) no Chile, considerando a volatilidade de seu preço. No estudo foram simulados 10.000 cenários baseados em distribuições estatísticas ajustadas, resultando indicadores de viabilidade. Os resultados apontam a viabilidade do projeto pela grande probabilidade de VPL positivo.

A produção de tomates na cidade de Cambuci, Rio de Janeiro, foi analisada no estudo de Carvalho et al. (2014). Este produto sofre atenuadas variações de preço, causando incerteza para os investidores. Os autores executaram uma análise de sensibilidade via simulação de Monte Carlo para calcular o VPL e a TIR. Esta análise resultou em uma baixa probabilidade de VPL negativo.

Minas de ouro foram analisadas por Marin et al. (2016) via simulação de quatro cenários baseados em premissas de diferentes estratégias de gestão de operações para um sítio de pequeno porte. Foram calculados e comparados o VPL, a TIR e o *Payback* em cada cenário. Os resultados apontaram que a estratégia de reserva mínima foi a mais viável. Minas de ouro também foram analisadas por Giovanni, Capuzano e Cindy (2017), que simularam dois cenários combinando os métodos de Monte Carlo e o modelo de custos de O'Hara, baseados nas distribuições de probabilidade de variáveis que afetam o VPL. O preço do ouro mostrou-se o parâmetro mais decisivo para o cálculo do VPL, confirmando o elevado risco neste tipo de investimento.

Os investimentos analisados até este ponto da subseção são produtos agrícolas e metais preciosos, porém os métodos usados mostram-se uteis para estudos de produtos financeiros, pois compartilham ferramentas de simulação, além do uso da estatística nas análises. Um exemplo disso é o estudo de Sato (2013). Este autor comparou a volatilidade de dois portfólios de ações de companhias aéreas americanas e europeias através da combinação dos métodos *Value at risk* (VAR*)*, e *Generalized* ARCH (GARCH). O autor destaca que o método GARCH é adequado para modelar estes ativos. Os resultados indicam grande volatilidade gerada tanto por razões internas e externas ao setor de aviação para ambos os portfólios. Ademais, a crise financeira de 2008 impactou a performance das ações americanas.

Rosillo, Giner e De La Fuente (2014) simularam mercados compostos por ações do índice *Standard & Poor's* 500. A modelagem foi feita pelo método GARCH, e os mercados

foram divididos conforme a volatilidade e a sensibilidade a tendências. As operações de *trading* foram executas por inteligência artificial via *Support Vector Machine* (SVM). Dentre os mercados simulados o SVM apresentou sumos resultados quando há grande volatilidade.

Já a análise de viabilidade econômica do Bitcoin mostra-se um tema não tanto explorado na literatura, conforme o Quadro 1 mostrou. Todavia, Berengueres (2018) realizou um estudo com o tema para a atividade de "mineração" de criptomoedas pelo método *Net Coin Value* (NCV). Este é uma variação do VPL que considera questões técnicas de computação e os valores no fluxo de caixa na moeda a ser minerada. O autor concluiu que a atividade é inviável para novos mineradores pelo elevado custo de implantação. Já mineradores consolidados têm custos estabilizados que viabilizam o projeto.

Na linha de estudos analisando a compra de Bitcoin como investimento, os autores Baur, Dimpfl e Kuck (2017) compararam os rendimentos deste ativo com títulos, moedas, metais preciosos e ações. Isto foi feito distribuindo os valores diários de rendimentos destes entre 2010 e 2017. Além disso, modelagens em GARCH foram efetuadas. O comparativo dos ativos indica que o Bitcoin não está correlacionado com classes de ativos tradicionais.

O estudo de Chan et al. (2017) compara o Bitcoin pela sua taxa de câmbio em relação ao dólar. Distribuições paramétricas foram ajustadas, identificando uma distribuição hiperbólica. Guesmi et al. (2018) analisou a volatilidade do Bitcoin e indicadores financeiros usando o método GARCH multivariado, considerando a correlação variável no tempo. Os autores concluem que o Bitcoin pode oferecer benefícios de diversificação e *hedge*. O método GARCH também foi aplicado por Dyhrberg (2016) para avaliar o Bitcoin como um *hedge* através da variação de seu preço. Conclui-se que o mesmo pode ser usado como *hedge* contra ações, além do dólar em curto prazo. Basicamente, autores aplicam ferramentas estatísticas para modelar e simular o comportamento de preços no mercado de Bitcoin.

Finalizando, vale destacar que esta revisão não encontrou aplicações de Engenharia Econômica no comparativo entre Bitcoin e ações. Todavia, a revisão é capaz de identificar ferramentas aplicadas em análises singulares para cada um destes ativos. Além disso, identifica métodos estatísticos e de simulação mais aplicados em modelagens de comportamento volátil. Todas estas informações foram consideradas para definir os procedimentos metodológicos deste trabalho.

2.4 MODELO DE HETEROCEDASTICIDADE CONDICIONAL AUTORREGRESSIVA GENERALIZADA (GARCH)

Modelos GARCH, segundo Sharma e Vipul (2018), são demasiadamente aplicados em séries temporais que apresentam volatilidade significante, sendo eficientes para modelagens, simulações e previsões no mercado financeiro. Conforme Wang, Chen e Wang (2018), este modelo estatístico foi apresentado por Bollerslev em 1986, baseado no modelo de Heterocedasticidade Condicional Autorregressiva (ARCH). Os autores ainda afirmam que este é uma alternativa para modelagem de volatilidade, a qual considera que a função da variância condicional abrange dados de variâncias passadas.

Paul e Sharma (2017) tal como Gaio et al. (2007) afirmam que em previsões envolvendo volatilidade, pode-se desenvolver um modelo GARCH a partir dos resíduos de um modelo Autorregressivo Integrado de Médias Móveis (ARIMA) caso os retornos da série temporal analisada apresentem uma autocorrelação serial. Conforme Araújo e Leite Filho (2012) a seleção do modelo conforme a ordem a ser estimada (p,q) é dada a partir dos critérios *Akaike Information Criterion* (AIC) e *Bayesian Information Criterion* (SBC).

Bollerslev (1986) apresentou a equação que representa o modelo GARCH (p,q), sendo esta ilustrada na Equação 3.

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=I}^{q} \alpha_i \, \varepsilon_{t-1}^2 + \sum_{j=I}^{p} \beta_j \, \sigma_{t-j}^q \qquad (3)$$

Onde: σ_t^2 é a variância; α mede a extensão de um choque; (αI + βI) indica a medida de persistência de um choque na volatilidade; ε_t^2 é o erro da variância; $\alpha i > 0$; i = 1,2,...q; $\beta j > 0$; j = 1,2,..,p; $(\alpha i + \beta j) < 1$.

Caso o somatório dos componentes αI e βI da Equação 3 resulte em um valor próximo de zero, o choque sobre a volatilidade afetará de maneira responsiva a série temporal apresentada na Equação 3, e assim a variância convergirá para a média rapidamente (BOLLERSLEV, 1986). O mesmo autor afirma que se o valor do somatório for próximo de um, o choque demora a se dissipar, logo a variância demora sua conversão em torno da média. Caso este somatório for maior que um, pode-se assumir que os choques terão um longo período de duração afetando a série temporal (ARAUJO; LEITE FILHO, 2012).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente seção aborda os métodos de pesquisa aplicados no desenvolvimento deste estudo. Serão definidos e apresentados: o cenário, os métodos e as etapas de pesquisa.

3.1 CENÁRIO

Este estudo tem como cenário a bolsa de valores brasileira B3 S.A. e as mais relevantes corretoras de criptomoedas da atualidade. Conforme a BM&FBovespa (2018) a sigla B3 significa "Brasil, Bolsa, e Balcão", fazendo uma alusão aos serviços prestados pela organização: bolsa de ações e balcão de negociações de títulos públicos e privados. A fonte ainda apresenta a localização da empresa na cidade de São Paulo, e seu órgão regulador, a Comissão de Valores Mobiliários (CVM). A B3 S.A. surgiu da fusão entre a CETIP S.A. e a BM&FBovespa em 2017, e assim a empresa tornou-se apta a oferecer serviços da CETIP de registro, negociação e liquidação de ativos e títulos de renda fixa, mantendo as características da BM&FBovespa de bolsa de ações, *commodities* e futuros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS, 2018).

Quanto às corretoras de criptomoedas, a Bitfinex, sediada em Hong Kong, destaca-se por estar desde 2014 atuando com grande volume de transações (LI; WANG, 2017; BARIVIERA et al., 2017). Em virtude da falta de regulação e constante tentativa de ataque por *hackers*, corretoras de criptomoedas são suscetíveis a fraudes e a manipulações de preços (GANDAL, 2018; BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2014). Entre 2010 e 2013 a Mt. Gox foi a maior corretora de Bitcoins, responsável por 70% das transações globais, entretanto após um ataque cibernético a mesma decretou falência ao final de 2013 (ALVAREZ-RAMIREZ; RODRIGUEZ; IBARRA-VALDEZ, 2017). Sendo assim, para o cenário de pesquisa do presente trabalho considera-se necessário adicionar bancos de dados que forneçam informação de um grande número de corretoras, servindo assim como fonte fidedigna. Dentre estes bancos de dados destacam-se *Altcoin Charts,* Bitcoin *Charts*, *Coin Gekko*, e *Coin Desk* (LI; WANG, 2017; BARIVIERA et al., 2017; PENG et al., 2018; GANDAL, 2018; WANG; VERGNE, 2017; GKILLAS, 2018).

3.2 MÉTODOS DE PESQUISA

Segundo Ede (2014) a pesquisa é um processo com finalidade de responder perguntas, entender conceitos ou resolver problemas. Na concepção de Gil (2010) a pesquisa é um processo que resulta em respostas para problemas propostos através de métodos racionais e sistemáticos divididos em etapas. Portanto, a pesquisa é baseada em um método reflexivo e crítico que constitui um caminho para solucionar problemas (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Em virtude dos mais diversos propósitos e temas abordados em pesquisas, Gil (2010) classifica as pesquisas em virtude de sua área de conhecimento, finalidade, objetivos, e métodos empregados. A pesquisa a ser desenvolvida neste trabalho de conclusão de curso é classificada como uma pesquisa de Engenharia, com finalidade aplicada, uma vez que é voltada a encontrar a solução para um problema específico (RODRIGUES, 2007). Referente a seus objetivos, a pesquisa apresenta características descritivas, pois identifica relações entre variáveis (GIL, 2010). Ainda, pode-se classificar este estudo perante seu procedimento técnico como de modelagem e simulação, pois empregou variáveis em um modelo matemático simulando cenários (MIGUEL, 2012). O mesmo autor define ainda métodos de pesquisa axiomáticos quantitativos, que obtém soluções mensuráveis esclarecendo problemas modelados baseados em premissas e comportamento de variáveis, tal como os métodos deste estudo.

3.3 ETAPAS DE PESQUISA

Com o intuito de facilitar seu desenvolvimento, este estudo foi dividido em seis etapas: 1. Contextualização; 2. Revisão bibliográfica; 3. Definição dos procedimentos metodológicos; 4. Desenvolvimento do estudo aplicado; 5. Análise dos resultados; 6. Conclusões.

A primeira etapa tem caráter informativo, introduzindo os objetos e os objetivos de pesquisa. Esta fase levantou informações na literatura em geral, além de utilizar noções dos autores sobre os temas. A etapa seguinte buscou autores que abordam os temas de mercado financeiro, ações, Bitcoin, e Engenharia Econômica na literatura. O propósito da segunda etapa foi de agregar informações relevantes para o desenvolvimento do estudo, como possíveis bancos de dados, além de definir e justificar o problema de pesquisa. A revisão da literatura utilizou fontes tanto da língua inglesa quanto da portuguesa, como livros e artigos de periódicos. Os principais portais para a busca nessa etapa foram os mesmos supracitados na

seção 1.2: Periódicos CAPES, *Emerald*, *Science Direct*, Scielo, e Google *Scholar*. Também foram utilizados estudos de órgãos e entidades relacionados ao mercado financeiro brasileiro como a Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais (ANBIMA). Similarmente, referente ao Bitcoin e criptomoedas levantou-se dados com entidades como a Bitcoin *org*.

A etapa seguinte definiu os métodos a serem aplicados no desenvolvimento do trabalho tal como a sequência das tarefas a serem executadas. Primeiro, com o entendimento dos conteúdos levantados na revisão bibliográfica, foram definidos quais métodos de modelagem, simulação e de análise de viabilidade econômica deveriam ser aplicados no estudo. Também foram definidas taxas cambiais, taxas de correções monetárias e períodos de análise. Além disso, foram escolhidos os bancos de dados a serem utilizados. Referente ao Bitcoin definiu-se o banco de dados Bitcoin *Charts*. Isto se justifica pelo fato da maioria dos autores na literatura pesquisada como Li e Wang (2017), Gandal (2018), e Bariviera et al. (2017) terem utilizado esta ferramenta composta com dados de diversas corretoras de criptomoedas. A fim de manter o uso de bancos de dados fidedignos no desenvolvimento deste estudo, referente aos dados levantados das ações listadas na B3 S.A. utilizou-se informação das séries históricas disponíveis na página *web* da bolsa de valores brasileira conforme já realizado por Silva e Famá (2011) e Santos et al. (2017). Outra fonte utilizada foi o banco de dados do Yahoo *Finance* como feito por Silva et al. (2010).

Ao acessar estes bancos de dados, iniciou-se a etapa de desenvolvido da pesquisa aplicada com a definição das ações a serem analisadas. Foram selecionadas duas ações da B3 S.A. para serem comparadas com o Bitcoin como ativo de investimento. A primeira é a ação da empresa varejista Magazine Luiza, a "MGLU3" do tipo ordinária. A escolha desta ação foi intencional. Esta ação apresentou elevada valorização entre 2016 (de cerca de 500%) e 2017 (próxima de 560%) conforme os bancos de dados. Durante este período o Bitcoin aumentou seu valor em mais de 3000%. Destaca-se que a ação MGLU3, no biênio supracitado, também atingiu essa mesma valorização. Assim, este investimento mostra-se tão atrativo quanto criptomoedas no que tange a sua elevação de preços.

Entretanto, a ação MGLU3 não fazia parte da carteira do Ibovespa até 2018, sendo assim considerada de baixa liquidez. A fim de compensar este risco de liquidez, foi selecionada para a análise uma ação componente do Ibovespa. Para selecionar esta ação, foram identificadas as ações com maior valorização anual componentes do Ibovespa entre 2013 e 2017, período de longo prazo de análise deste estudo. Estas ações são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Ações componentes no Ibovespa com maior valorização por ano.

Ano	Ação	Variação do preço no ano
2013	KROT3	+67,65%
2014	KROT3	+75,17%
2015	FIBR3	+71,44%
2016	BRAP4	+199,92%
2017	USIM5	+ 121,95 %

Fonte: Autor (2018)

Após identificadas estas ações, calculou-se a valorização de cada um destes ativos no período entre 2013 e 2018. Foi selecionada assim a ação de maior valorização, a FIBR3 do tipo ordinária da empresa do ramo de celulose, a Fibria. Esta escolha é justificada pela alta liquidez dos ativos componentes do índice, compensando o risco de liquidez dos outros ativos analisados. No Quadro 3 pode-se visualizar as ações de maior valorização listadas no Ibovespa por ano, bem como seu aumento percentual no preço para o período definido.

Quadro 3: Ações componentes no Ibovespa com maior valorização no período de análise.

Ativo	Valorização entre janeiro de 2013 e agosto de 2018
FIBR3	278,24%
KROT3	148,05%
BRAP4	26,50%
USIM5	-37,99%

Fonte: Autor (2018)

Após definir os produtos a serem analisados, foram coletados os dados de variação diária no preço de cada ativo entre agosto de 2013 e agosto de 2018. Com estes dados foram gerados modelos de previsão GARCH no *software Eviews* 9® para cada um dos três ativos. A partir dos modelos, foram executadas previsões dos preços de cada ativo para 5 dias. Com os resultados das previsões juntamente com os dados levantados para desenvolver os modelos GARCH, foram montados fluxos de caixa para cenários de curto e longo prazo. O cenário de longo prazo teve o horizonte de tempo entre agosto de 2013 e setembro de 2018. Já o de curto prazo considerou o período entre janeiro de 2018 a setembro de 2018.

Depois, foram calculados TIR e VPL em cada um dos fluxos de caixa no *software Excel* 2016®. O investimento inicial considerado foi de R$ 100.000,00 para todos os fluxos de caixa. Visando simplificar o estudo, a questão tributária do mercado de ações foi ignorada para as análises. A taxa de conversão para moedas atribuída foi de U$ 1 equivale a R$ 3,85

conforme valor médio levantado no Yahoo *Finance* em agosto de 2018. Esta simplificação foi necessária pela grande volatilidade que o dólar americano tem apresentado no ano de 2018 em relação ao real brasileiro, podendo assim se tornar mais uma fonte de incerteza no estudo. A TMA atribuída foi correspondente ao valor médio do Ibovespa entre 2013 e 2018, resultando no valor de 6,76% ao ano ou 0,547% ao mês. Sendo assim, esses procedimentos resultaram em cálculos da viabilidade econômica de cada ativo para cenários de longo e curto prazo. Finalmente, a última etapa trouxe as conclusões sobre os resultados obtidos no estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A quarta seção deste estudo abordará primeiro a coleta e o tratamento de dados conforme os modelos propostos anteriormente. Finalmente, irá apresentar a análise de viabilidade econômica exposta nos objetivos deste trabalho, além de analisar os resultados obtidos.

4.1 COLETA DE DADOS

Foram coletados dados referentes ao preço de fechamento ajustado das ações FIBR3 e MGLU3 em reais brasileiros entre os dias 01/08/2013 e 31/08/2018, totalizando 1270 dados da FIBR3 e da MGLU3, sendo comercializados somente em dias úteis na B3 S.A. Destaca-se que estes valores são ajustados, uma vez que seu valor de fechamento diário é alterado a fim de garantir a correção proveniente da distribuição de dividendos. Referente ao Bitcoin, coletou-se o preço de fechamento entre 01/08/2013 e 31/08/2018, gerando um total de 1857 dados, uma vez que este ativo é comercializado todos os dias da semana. Vale destacar que o preço do Bitcoin foi coletado em dólares americanos, sendo convertido para reais brasileiros conforme a taxa de conversão supracitada.

4.2 TRATAMENTO DE DADOS E MODELOS

Após a coleta, foram realizados testes de raiz unitária para as séries temporais de cada um dos ativos. Checou-se assim a hipótese se as séries de preços dos ativos, ou suas diferenças, eram estacionárias. Isso deu-se pela análise do “p-valor”, o qual deveria ser menor que 0,05 para garantir a hipótese. Após confirmar a estacionariedade das diferenças, foram desenvolvidos modelos ARIMA para cada um dos ativos, e com seus resíduos foram testados

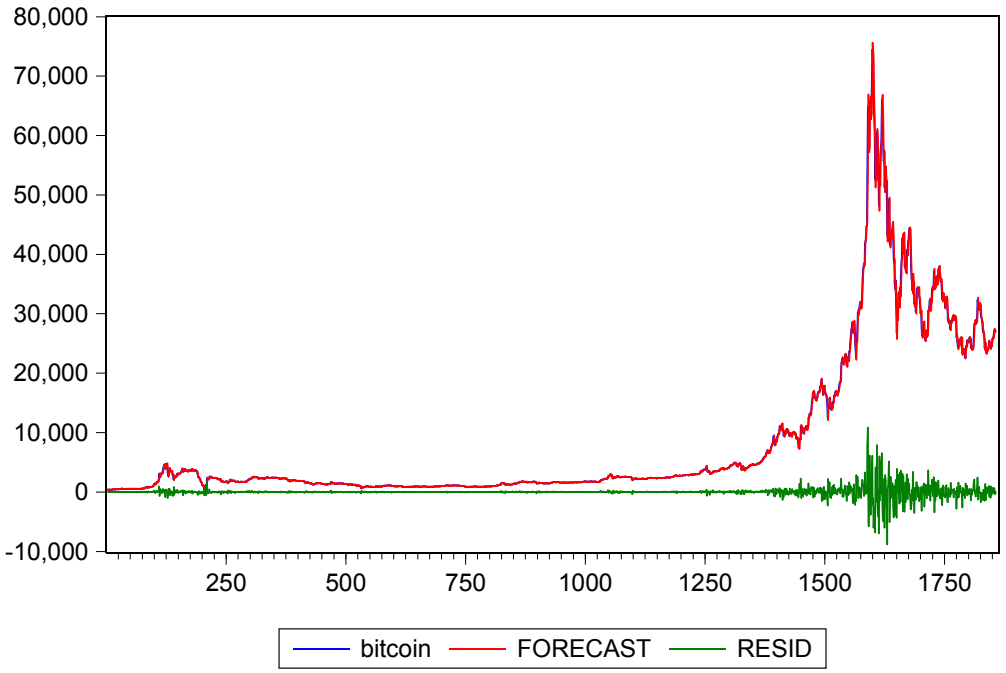
e selecionados modelos GARCH. A seleção de modelos foi baseada nos coeficientes de cada modelo gerado, sendo que estes deveriam ser em módulo menores que 1. Também, cada modelo deveria apresentar um “p-valor” menor que 0,05 para ser aprovado. Finalmente, a seleção entre os modelos aprovados foi baseada no menor valor de AIC como proposto por Araújo e Leite Filho (2012).

4.2.1 Bitcoin: Modelo e previsão

Foi gerado e aprovado um modelo ARIMA (1,1,1), e baseado em seus resíduos, um modelo GARCH (1,0) foi aprovado para as simulações deste ativo. Na Figura 1 pode-se observar um comparativo entre o modelo GARCH (1,0) proposto e o preço real do Bitcoin, além dos resíduos deste ativo. A série em vermelho “FORECAST” apresenta uma boa aproximação do comportamento real apresentando na série em azul “bitcoin”. Vale destacar que quando existe grande volatilidade o modelo apresenta os maiores erros, pois não consegue amortizar as alterações de preço elevadas.

Com este modelo foram realizadas previsões para 5 dias no preço, e como este ativo é comercializado todos os dias, foram previstos dados para 1 a 5 de setembro de 2018. A Figura 2 mostra um comparativo entre a previsão deste modelo com os dados reais. Destaca-se que na previsão da Figura 2 o menor erro proveniente da diferença entre o preço real e o preço previsto foi referente ao dia 1 de setembro, sendo de 3,53%. Finalmente, o erro acumulado no total da previsão foi de 8,06%. Previsões GARCH são eficientes para curtos prazos, e ao analisar a Figura 2 pode-se confirmar isso. A previsão conseguiu, nos 3 primeiros dias, identificar a tendência dos preços.

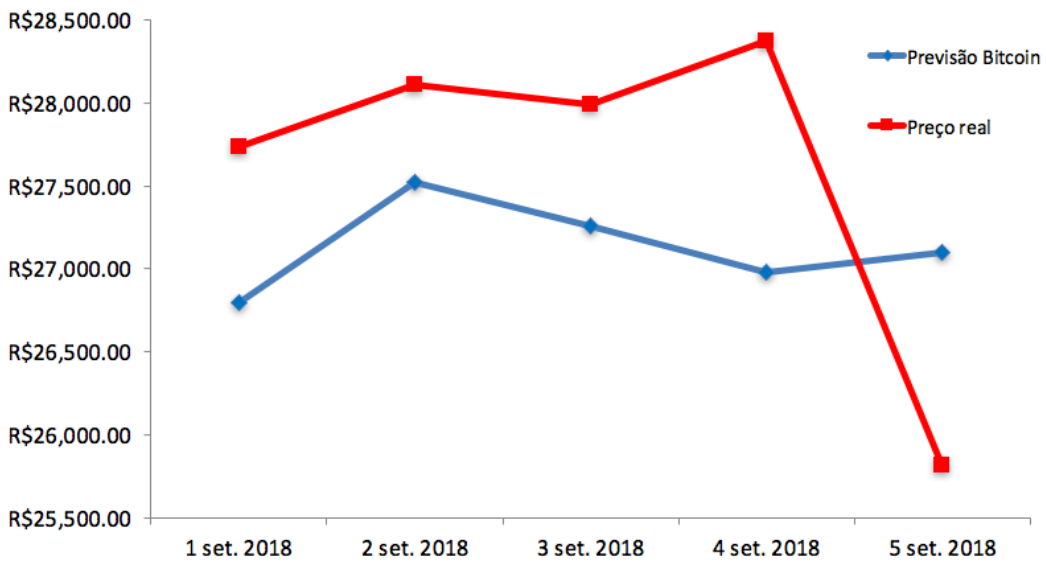
Figura 1: Comparativo modelo e dados reais do Bitcoin.



Fonte: Autor (2018)

Para os 5 dias a previsão não foi capaz de prever a queda significante que ocorreu na prática, logo pode-se considerar que previsão seria confiável somente até o dia 3 de setembro.

Figura 2: Comparativo previsão e dados reais do Bitcoin.

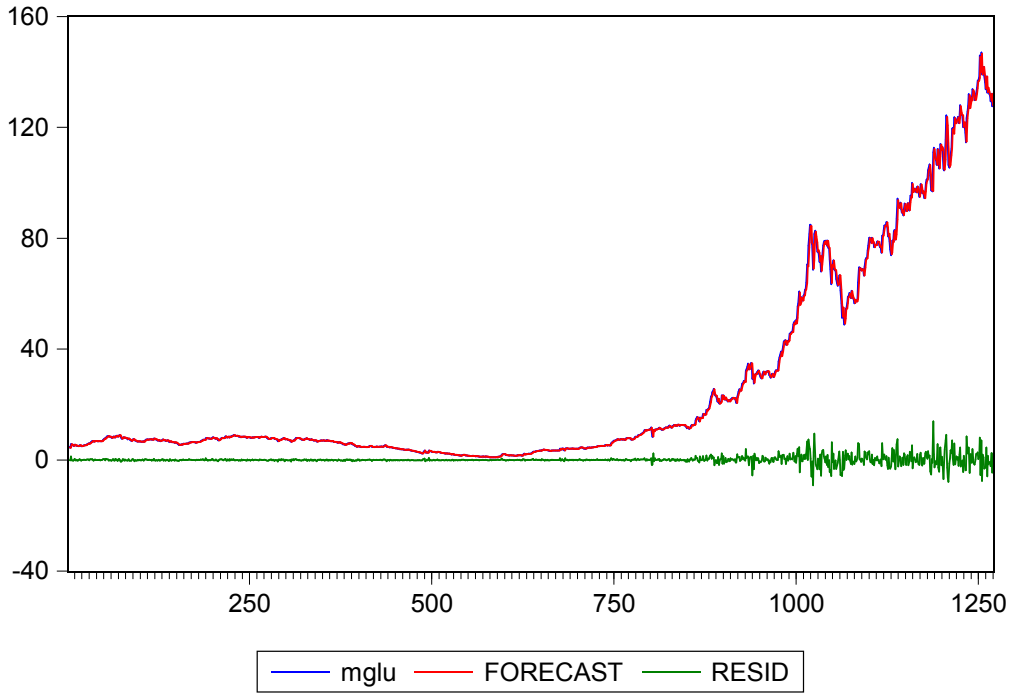


Fonte: Autor (2018).

4.2.2 MGLU3: Modelo e previsão

Referente ao ativo MGLU3, o modelo selecionado também foi o ARIMA (1,1,1). Entretanto, seus resíduos levaram a um modelo GARCH (2,0) o qual foi aprovado pelos critérios e selecionado para modelagem e simulação. No caso das duas ações objetos deste estudo, a previsão de 5 dias contemplou os dias 3, 4, 5, 6 e 10 de setembro, pois a B3 S.A. não executa operações em finais de semana e feriados, o que não gerou dados nos dias 1, 2, 7, 8 e 9 de setembro. Um comparativo entre uma série baseado no modelo GARCH (2,0) para o preço do ativo e seu preço real esta disponível na Figura 3.

Figura 3: Comparativo modelo e dados reais da ação MGLU3.

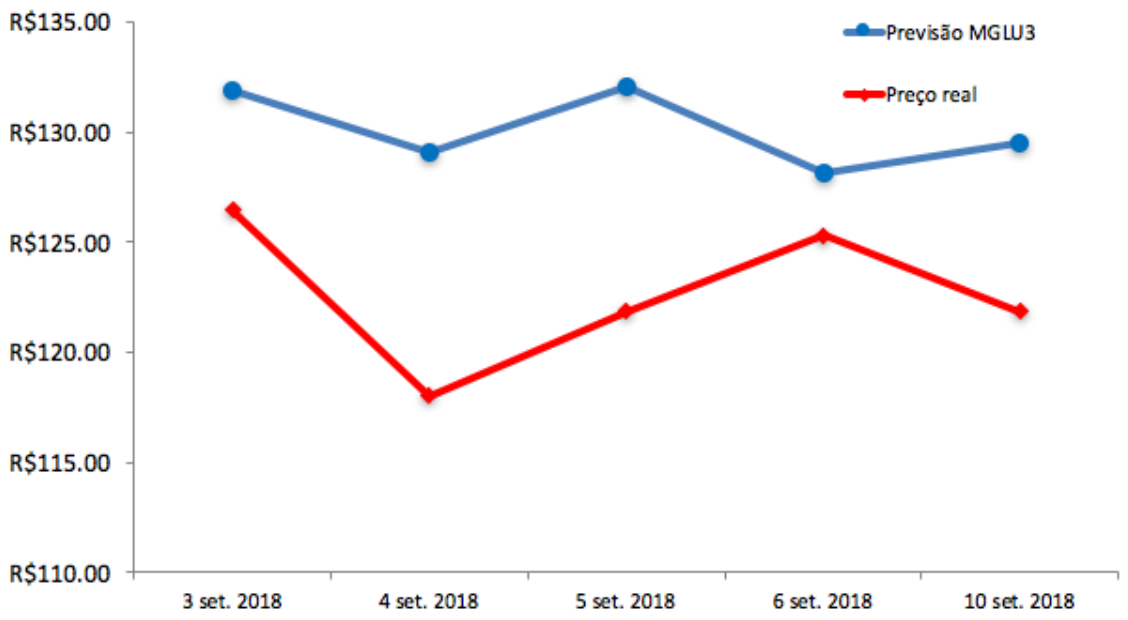


Fonte: Autor (2018).

A modelagem representada em vermelho por "FORECAST" apresenta uma boa aproximação, e destaca-se que, de maneira similar ao Bitcoin, em momentos de grande variação nos resíduos o modelo e a série real apresentam grande diferença em virtude da volatilidade elevada. A previsão de 5 dias para este ativo esta representada na Figura 4, e destaca-se que esta previsão conseguiu prever o comportamento real da série para 3 dias. Quanto ao erro da previsão, o menor valor foi de 2,26% para o dia 6 de setembro. O erro

acumulado para a previsão foi elevado se comparado com a previsão do Bitcoin, ficando próximo de 30%. Em geral, ao longo dos 5 dias foi possível prever a queda no preço.

Figura 4: Comparativo previsão e dados reais da ação MGLU3.



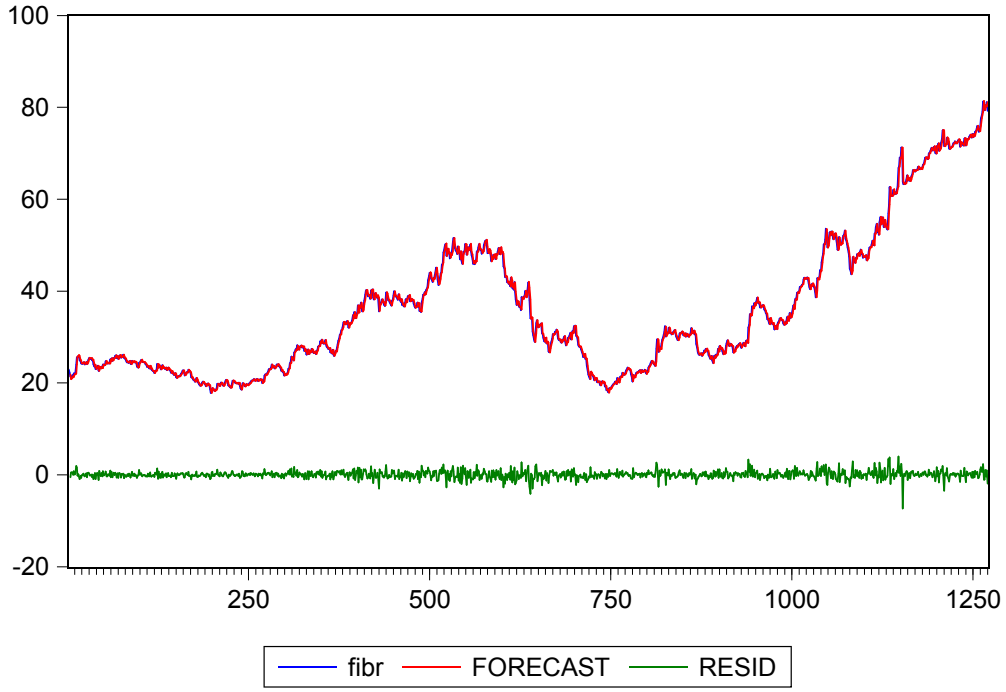
Fonte: Autor (2018).

4.2.3 FIBR3: Modelo e previsão

O último ativo modelado foi a ação FIBR3, sendo que o modelo ARIMA (1,2,2) foi selecionado para este ativo. Após testar e selecionar os modelos de heterocedasticidade condicional autorregressiva generalizada para este ativo, o modelo GARCH (2,2) atendeu os requisitos e apresentou o menor AIC. A série temporal correspondente a este modelo é comparada com a série do preço real do ativo na Figura 5. Dentre todos os modelos desenvolvidos, este apresentou a melhor aproximação, pois este ativo apresenta a menor variação em seus resíduos, e assim são menores os picos de grande variação no preço, os quais não são amortizados de maneira rápida pelo modelo.

A previsão em geral, apresentada na Figura 6, não foi capaz de identificar a tendência de queda, e só acertou nos dias 4 e 10 de setembro a tendência. Referente a previsão de 5 dias, o menor erro foi de 0,39% no dia 3 de setembro.

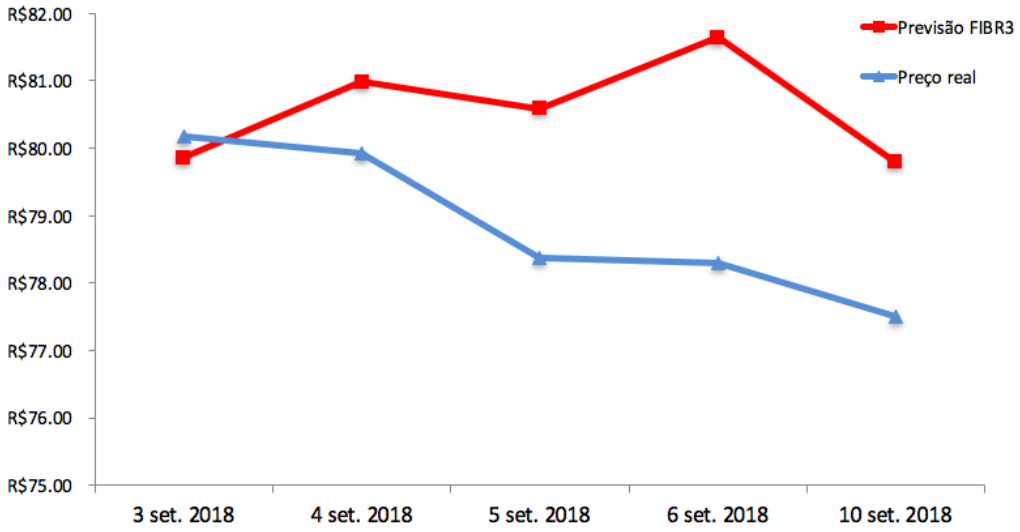
Figura 5: Comparativo modelo e dados reais da ação FIBR3.



Fonte: Autor (2018).

O erro acumulado para esta previsão foi de cerca de 11%, apresentando um erro menor que a previsão do ativo MGLU3, porém maior que o do Bitcoin.

Figura 6: Comparativo previsão e dados reais da ação FIBR3.



Fonte: Autor (2018).

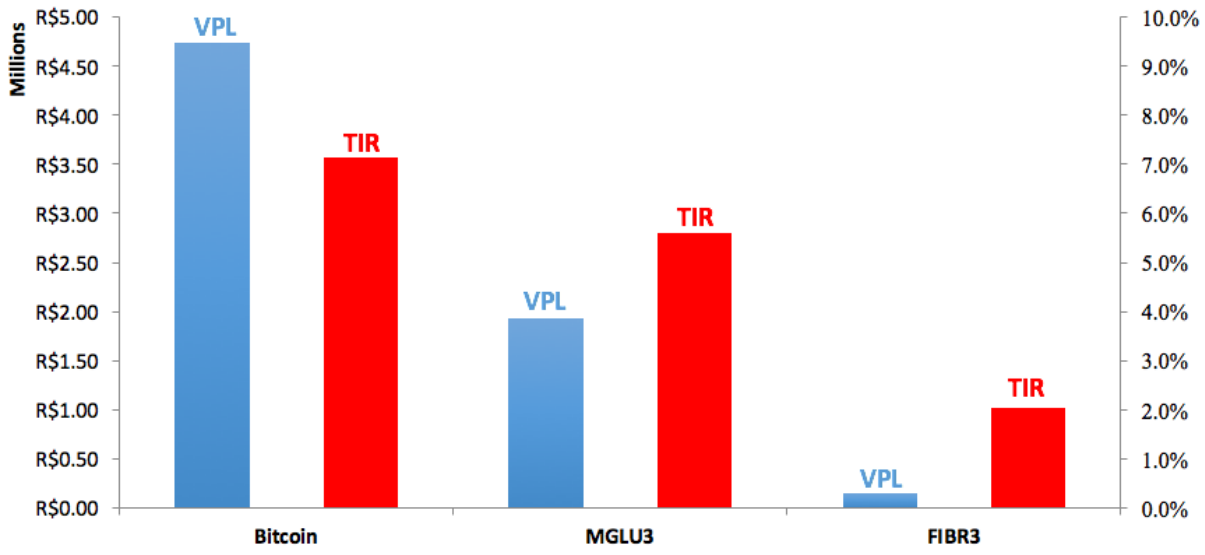
4.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Depois de realizadas as previsões para os preços, foram realizadas análises de viabilidade econômica de investimento de cada um dos ativos. Foram montados fluxos de caixa de curto e logo prazo para cada um dos produtos deste estudo. Depois, calculou-se VPL e TIR. A seguir serão apresentados os resultados obtidos.

4.3.1 Análise de Viabilidade Econômica: Cenário de Longo Prazo

Com os dados coletados e as cinco previsões de preço, montou-se um fluxo de caixa para cada ativo considerando o horizonte mensal para variação nos preços. Este fluxo considerou um investimento inicial no mês zero, e um valor resgatado após o final do período de análise. Para isso, aplicou-se a TMA de 0,547% ao mês em um período de análise de 61,34 meses, iniciando em 01/08/2013 e terminando em 10/09/2018. Finalmente, os valores de VPL e TIR resultantes de cada produto para o cenário de longo prazo foram computados considerando o primeiro e o último período do fluxo de caixa. A Figura 7 apresenta um gráfico com os resultados obtidos no cenário de longo prazo.

Figura 7: Comparativo resultados de VPL e TIR no Cenário de Longo Prazo.



Fonte: Autor (2018).

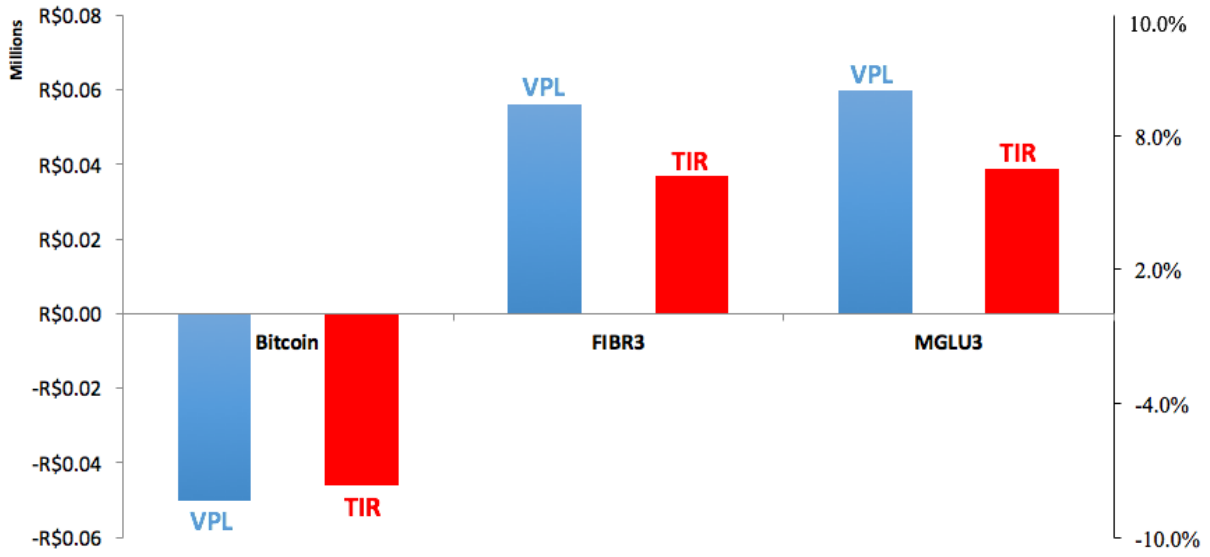
O Bitcoin apresentou os melhores resultados de viabilidade econômica no longo prazo, com um VPL de R$ 4.742.646,14 e TIR de 7,15% ao mês, superando o valor proposto de

TMA de 0,547% ao mês. O pior resultado entre os ativos foi apresentando pela FIBR3 com TIR de 2,05% ao mês e VPL de R$ 148.091,26. Ressalta-se ainda que neste cenário todos os valores de TIR superaram a TMA, e todos os valores de VPL foram positivos, o que viabilizou todos os investimentos propostos.

4.3.2 Análise de Viabilidade Econômica: Cenário de Curto Prazo

Similarmente ao cenário de longo prazo, montou-se aqui um fluxo de caixa para cada ativo considerando intervalos mensais. Atribuiu-se a TMA de 0,547% ao mês novamente. Entretanto, para o cálculo dos valores de VPL e de TIR considerou-se o período de 01/01/2018 a 10/09/2018, totalizando 8,13 meses. Na Figura 8 podem-se observar os resultados obtidos para a análise do presente cenário.

Figura 8: Comparativo resultados de VPL e TIR no Cenário de Curto Prazo.



Fonte: Autor (2018).

Analisando a Figura 8, constata-se que o Bitcoin apresentou VPL e TIR negativos, respectivamente de R$ 49.974,27 e de 7,66% ao mês. Assim, este investimento no curto prazo tornou-se um fluxo de caixa deficitário e consequentemente uma alternativa inviável. Já as ações apresentaram VPL positivo, além de que seus valores de TIR superaram a TMA sugerida no presente estudo, o que viabilizou o projeto neste contexto. A FIBR3 apresentou os

melhores resultados com um VPL de R$ 59.668,32 e TIR de 6,50% ao mês. A MGLU apresentou um VPL similar, R$ 56.054,27 e uma taxa interna de retorno de 6,20% mensais.

Estão disponíveis na seção de Apêndices A, B, C e D deste estudo os gráficos que apresentam o comportamento do VPL e da TIR ao decorrer do tempo em meses referente à análise realizada neste estudo. Ao analisá-los, ressalta-se a influência que a variação dos preços das ações e do Bitcoin exerce sobre a viabilidade econômica deste tipo de investimento. Isto é, pode-se confirmar que se trata de produtos de alta volatilidade.

Em virtude de os fluxos de caixa apresentarem somente um investimento no período de tempo zero e um valor de resgate ao final do prazo de análise, o VPL basicamente acompanhou o comportamento da variação de preços das ações. Assim, a tendência do gráfico de VPL para longo prazo (apresentado no Apêndice A) é similar aos gráficos apresentados nas Figuras 1, 3 e 5 com modelos e preços reais de cada ativo. No Apêndice B o gráfico do VPL no cenário de curto prazo ressalta que a queda no preço deste ativo no ano de 2018 resultou somente em valores negativos, enquanto as ações apresentam uma tendência de aumento no ano. Finalmente, em virtude do formato do fluxo de caixa, a TIR apresentada nos Apêndice C e D apresentou um comportamento de convergir para valores próximos de zero ao decorrer do tempo. No cenário de longo prazo este comportamento é mais explícito como se pode visualizar no Apêndice C.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi capaz de responder à questão proposta no objetivo geral desta pesquisa que era analisar economicamente a viabilidade de investimentos hipotéticos de compra e venda de ativos financeiros de risco elevado. Na seção inicial deste artigo levantou-se o problema de pesquisa, onde se questionou sobre a viabilidade econômica de produtos de risco elevado em análises de curto e de longo prazo. Os resultados obtidos indicam que para cenários de longo prazo todos os produtos de risco analisados apresentaram viabilidade econômica. Todavia, no cenário de curto prazo, um dos produtos, o Bitcoin, não apresentou viabilidade econômica. Para obter estes resultados foram aplicadas técnicas de modelagem e simulação propostas na literatura para análises de ativos com grande volatilidade.

Ademais, vale ressaltar que os métodos aplicados neste artigo mostram-se como uma ferramenta de auxilio na tomara de decisão em cenários de risco e incerteza. Os modelos GARCH aliados à análise de viabilidade econômica geraram informações relevantes, as quais facilitam o processo decisório em contextos envolvendo investimentos de risco.

Findando as considerações sobre os ativos analisados neste estudo, o Bitcoin, mostrou-se uma alternativa muito lucrativa no longo prazo. Este apresenta os melhores resultados de VPL e TIR, apesar do risco envolvido neste tipo de investimento. Entretanto, no curto prazo este ativo apresentou os piores resultados dentre os produtos analisados, mostrando-se como uma alternativa que levaria o investidor a prejuízos monetários, isto é, confirmando os riscos existentes no mercado das criptomoedas.

Referente às ações, apesar de tradicionalmente serem considerados investimentos de elevado risco associado, ambas apresentaram resultados em cenários de longo e curto prazo satisfatórios, superando a TMA selecionada e com VPL positivo.

Destaca-se que foram feitas simplificações neste estudo, como ignorar a questão tributária das ações, além de considerar a taxa cambial entre o Bitcoin e o real brasileiro constante. Não se investigou quais fatores externos micro e macroeconômicos podem ter influenciado nas variações de preços dos ativos.

Também, é ressaltado que este estudo analisou somente três ativos de renda variável, sendo duas ações e uma criptomoeda. Acessando os bancos de dados utilizados, pode-se constatar a existência de diversas ações e criptomoedas distintas das selecionadas para esta análise. Assim, os resultados obtidos nesse estudo não podem servir como embasamento para os mercados de ações e criptomoedas como um todo. Por exemplo, a viabilidade econômica apontada tanto em curto ou em longo prazo é referente às ações MGLU3 e FIBR3, e não à B3 S.A. em si.

Sugere-se como continuidade do presente estudo, analisar quais fatores influenciaram as tendências de queda recente no preço da criptomoeda, e o aumento nas ações. Ainda, recomenda-se utilizar análises multicritério a fim de retratar de maneira mais realista as análises de viabilidade econômica, incorporando, por exemplo, correções monetárias e tributárias nos seus procedimentos metodológicos. Indica-se especificamente a aplicação de métodos como o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Estes podem ser aplicados utilizando como parâmetros os resultados obtidos nesse estudo como valores de VPL e TIR, tal como a duração do investimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ-RAMIREZ, J; RODRIGUEZ, E.; IBARRA-VALDEZ, C. Long-range correlations and asymmetry in the Bitcoin market. **Physica A.** v. 492, 2017.

ACUNA, G. A.; PULLAS, A. S. The digital currency challenge for the regulatory regime. **Revista chinela de derecho y tecnologia.** v. 5, 2016.

ARAUJO, J. M.; LEITE FILHO, P. A. M. Modelagem de volatilidade apresentada pelos índices IVBX-2 e SMLL em 2008 usando modelos da família ARCH. **Revista de administração Mackenzie.** 2012

ASSAF NETO, A. **Mercado financeiro.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS. **Sistema financeiro nacional e participantes do mercado.** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em <http://materiais.anbima.com.br/material-estudos/cpa10/sistema-financeiro?_ga=2.151828281.1632343486.1522080842-2080847358.1513649623>. Acesso em: 12 mar. 2018.

_____. **Instrumentos de renda variável e renda fixa.** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em <http://materiais.anbima.com.br/material-estudos/cpa10/renda-variavel-fixa?_ga=2.242743042.1632343486.1522080842-2080847358.1513649623>. Acesso em: 12 mar. 2018.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **BC esclarece sobre os riscos decorrentes da aquisição das chamadas "moedas virtuais" ou " moedas criptografadas**". Brasília, 2014. Disponível em: < http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/normativo.asp?numero=31379&tipo=Comunicado&data=16/11/2017>. Acesso em: 21 abr. 2018.

BARIVIERA, A. F. et al. Some stylized facts of the Bitcoin market. **Physica A.** v. 484, 2017.

BAUR, D. G.; DIMPFL, T.; KUCH, K. Bitcoin, gold and the US dollar – A replication and extension. **Finance research letters.** 2017.

BAUR, D. G.; HONG, K.; LEE, A. D. Bitcoin: Medium of exchange or speculative assets? **Journal of international financial markets, institutions & money**. v. 54, 2018.

BERENGUERES, J. Valuation of cryptocurrency mining operations. **Ledger.** v. 3, 2018.

BLANK, L. T.; TARQUIN, A. **Engineering economy**. 7. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2012.

BM&FBOVESPA. **Índice Bovespa (Ibovespa).** São Paulo, 2018. Disponível em:< http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/indices/indices-amplos/indice-bovespa-ibovespa.htm >. Acesso em: 26 mar. 2018.

_____. **BM&FBOVESPA: A nova bolsa**. São Paulo, 2018 Disponível em:< http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/>. Acesso em: 20 jun. 2018.

BOLLERSLEV, T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastcity. **Journal of Econometrics.** 1986.

BOLLERSLEV, T.; CHOU, R. Y.; KRONER, K. F. ARCH modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence. **Journal of Econometrics.** 1992.

BONALDI, E. V. O pequeno investidor na bolsa brasileira: ascensão e queda de um agente econômico. **Revista brasileira de ciências sociais**. v. 33, n. 97, 2017.

CARVALHO, C. R. F. et al. Economic feasibility and risk of tomato production in the municipality of Cambuci/RJ, Brazil. **Ciência rural.** v. 44, n. 12, p. 2293-2299, 2014.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

CHAN, S. et al. A statistical analysis of cryptocurrencies. **Journal of risk and financial management.** v. 10, 2017.

CIAIAN, P; RAJCANIOVA, M.; KANCS, D. Virtual relationships: short- and long-run evidence from Bitcoin and Altcoin markets. **Journal of international financial markets, institutions & money**. v. 52, 2018.

CUTHBERT, J. R.; MAGNI, C. A. Measuring the inadequacy of IRR in PFI schemes using profitability index and AIRR. **International journal of production economics.** v. 179, 2016.

DOBAI, R.; KORENEK, J.; SEKANINA, L. Evolutionary design of hash function pairs for network filters. **Applied soft computing.** v. 56, 2017.

DYHRBERG, A. H. Hedging capabilities of Bitcoin. Is it the virtual gold? **Finance research letters.** v. 16. 2016.

EDE, L**. The academic writer: a brief guide.** 3. ed. Boston: Bedford/St. Martin's, 2014.

GAIO, L. et al. Análise da volatilidade de índice Bovespa: um estudo empírico utilizando modelos da classe ARCH. **Revista contemporânea de economica e gestão.** v. 5, 2007.

GANDAL, N. et al., Price manipulation in the Bitcoin ecosystem. Journal of monetary economics. **Journal of monetary economics.** p.1-11, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIOVANNI, F.; CAMPUZANO, C.; CINDY, P. NPV risk simulation of an open pit gold mine project under the O'Hara cost model by using GAs. **International journal of mining science and technology.** v. 17, 2017.

GKILLAS, K.; KATSIAMPA, P. An application of extreme value theory to the cryptocurrencies. **Economics letters.** v. 164, p.109-111, 2018.

GUESMI, K.; et al. Portfolio diversification with virtual currency: Evidence from Bitcoin. **International review of financial analysis**. 2018.

GUIMARÃES, D. P. G.; ARAÚJO, G. S.; BARBEDO, C. H. D. É possível bater o Ibovespa com operações de análise técnica no mercado futuro? **Revista de administração contemporânea**. Curitiba, v. 15, n. 5, 2011.

HAYES, A. S. Cyrptocurrency value formation: Na empirical study leading to a cost of production model for valuing Bitcoin. **Telematics and informatics**. v. 34, 2017.

HESS, G. **Investimentos e mercados de capitais.** 1. ed. Rio de Janeiro: Forum, 1979.

KRISTOUFEK, L. On Bitcoin markets (in)effiency and its evolution. **Physica A**. v. 503, p. 257-262, 2018.

LEON, D. C. et al., Blockchain: properties and misconceptions. **Asia pacific journal of innovation and entrepreneurship**. v.11, p.286-300, 2017.

LI, X.; WANG, C. A. The technology and economic determinants of cryptocurrency exchange rates: the case of Bitcoin. **Decision support systems.** v. 95, 2017.

LOBOS, G. et al. Including risk in economic feasibility analysis: a stochastic simulation model for blueberry investment decisions in Chile. **Revista brasileira de fruticultura**. v. 37, n. 4, p. 870-882, 2015.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. São Paulo:Atlas, 2003.

MARIN, T. et al. Economic feasibility of responsible small-scale gold mining. **Journal of cleaner production.** v. 129, 2016.

MCCONNELL, C. R.; BRUE, S. L.; FLYNN, S. M. **Macroeconomics**. 19. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2012.

MIGUEL, P. A. C. (Org**.). Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

NARDY, A. et al. A verificação da ocorrência do efeito índice no Ibovespa – 2004-2013. **Revista administração.** v. 50, n. 2, p. 153-168, jun. 2015.

NAKAMOTO, S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. **Bitcoin org.** 2008. Disponível em:<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2018.

NEWNAN, D. G.; LAVELLE, J. P.; ESCHENBACH, T. G. **Engineering economic analysis.** 12. ed. Nova Iorque: Oxford Oniversity Press, 2014.

PARKER, E. Can China contain Bitcoin? **MIT technology review.** v. 21, n.1, 2017.

PAUL, S.; SHARMA, P. Improved VaR forecast using extreme value theory with the Realized GARCH model. **Studies in Economics and Finance.** 2017.

PENG, Y. et al. The best of two worlds: Forecasting high frequency volatility for cryptocurrencies and traditional currencies with Support Vector Regression. **Expert systems with applications.** v. 97, p. 177–192, 2018.

PEREZ JR, J. H.; OLIVEIRA, L. M.; COSTA, R. G. **Gestão estratégica de custos.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

PETKOVIC, D. et al. Survey of the most influential parameters on the wind farm net present value (NPV) by adaptive neuro-fuzzy approach. **Renewable and sustainable energy reviews.** v. 57, p. 1270-1278, 2016.

PIAZZA, M. **Bem-vindo à bolsa de valores.** 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

POLO, D. F. **Engenharia das operações financeiras.** 1. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

RECEITA FEDERAL DO BRASIL. Instrução normativa n. 1585, de 31 de agosto de 2015. Dispõe sobre o imposto sobre a renda incidente sobre os rendimentos e ganhos líquidos auferidos nos mercados financeiro e de capitais. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 ago. 2015. Seção 1, p. 37.

RODRIGUES, R. M. **Pesquisa acadêmica:** como facilitar o processo de preparação de suas etapas. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ROSILLO, R.; GINER, J.; DE LA FUENTE, D. Stock market simulation using Support Vector Machines. **Journal of forecasting.** v. 33, 2014.

SANTOS, B. R. et al. Sustainability of brazilian companies: a financial analysis. **Procedi**a. v. 122, 2017.

SANTOS, J. E. **Mercado financeiro brasileiro.** 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SATO, R. C. Risk assessment in airlines stocks market. **Journal of transport literature.** v. 7, n. 2, 2013.

SILVA, R. et al. Stock markets and criticality in the current economic crisis. **Physica A.** v. 389, 2010.

SILVA, J. M. A.; FAMÁ, R. Evidências de retornos anormais nos processos de IPO na Bovespa no period de 2004 a 2007: um estudo de evento. **R. Adm.** v. 46, p.178-190, 2011.

SIMLAI, P. E. Endogenous Information, Risk Characterization, and the Predictability of Average Stock Returns. **Revista Brasileira de Finanças.** v.10, n.3, 2012.

SMALES, L. A. Bitcoin as a safe haven: Is it even worth considering? **Finance Research Letters.** 2018.

SHARMA, P.; VIPUL. Forecasting stock index volatility with GARCH models: international evidence. **Studies in economics and finance.** 2018.

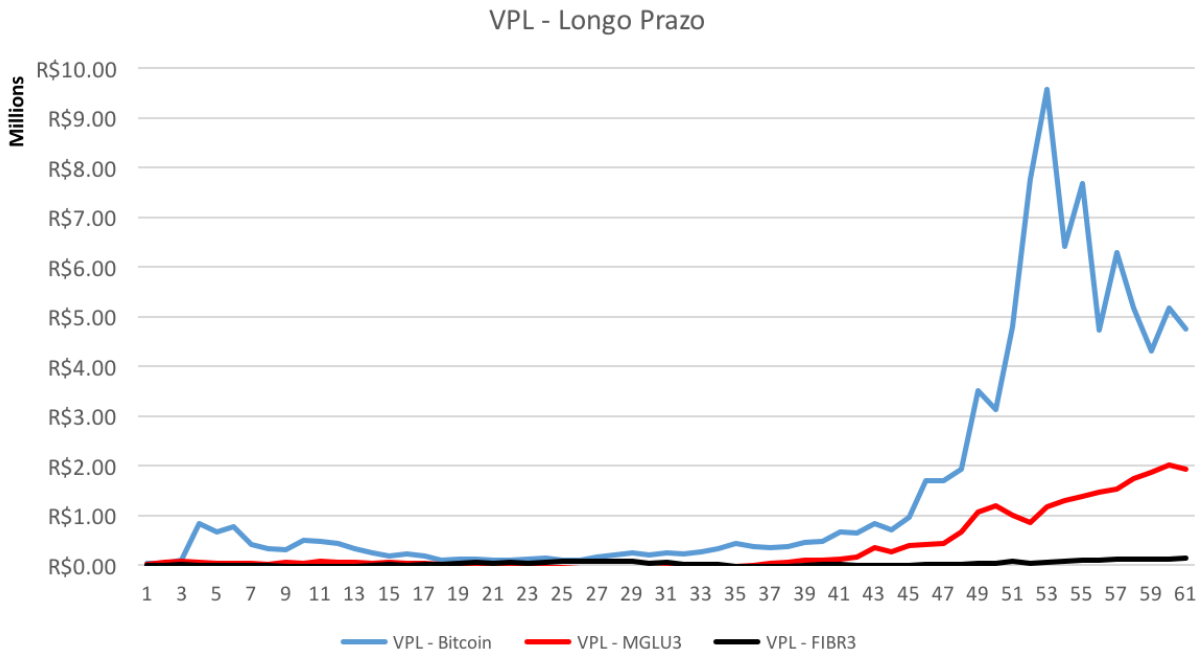
THUESEN, G. J.; FABRYCKY, W. J. **Engineering economy.** 9. ed. Nova Jérsei: Prentice Hall, 2001.

TOLEDO FILHO, J. R. **Mercado de capitais brasileiro.** 1. ed. São Paulo: Thomson, 2006.

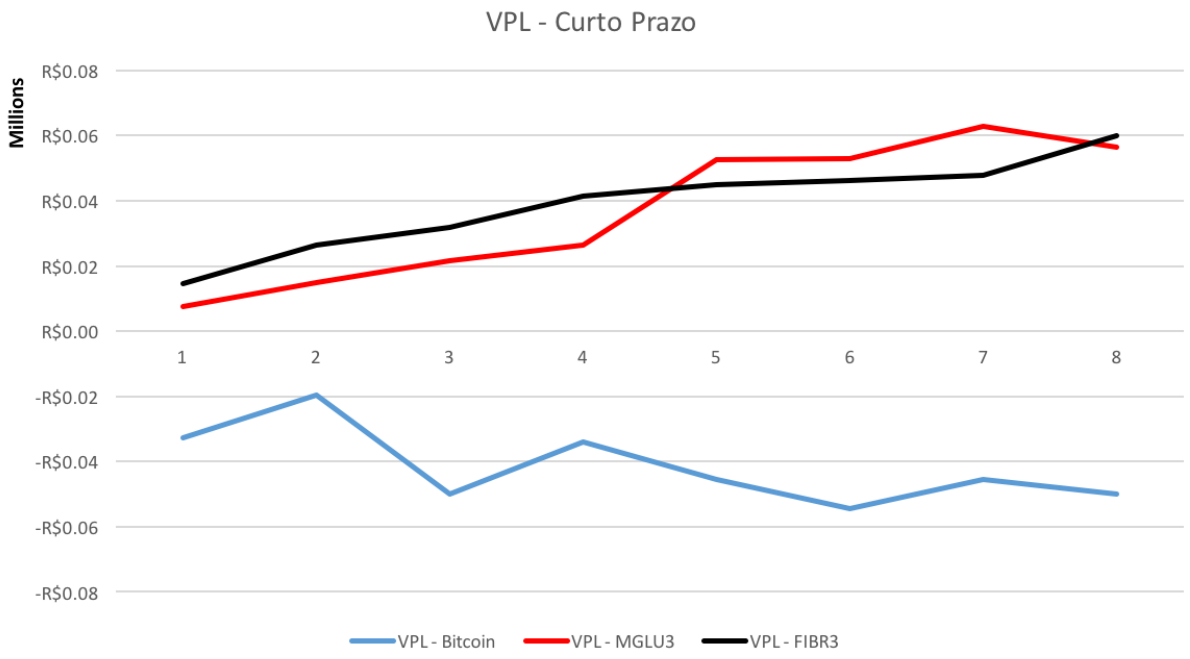
WANG, M.; CHEN, Z.; WANG, C. D. Composite quantile regression for GARCH models using high-frequency data. **Econometrics and Statistics.** v.7, 2018.

WANG, S.; VERGNE, J. Buzz factor or innovation potential: what explains cryptocurrencies' returns? **PLOS ONE.** jan. 2017.

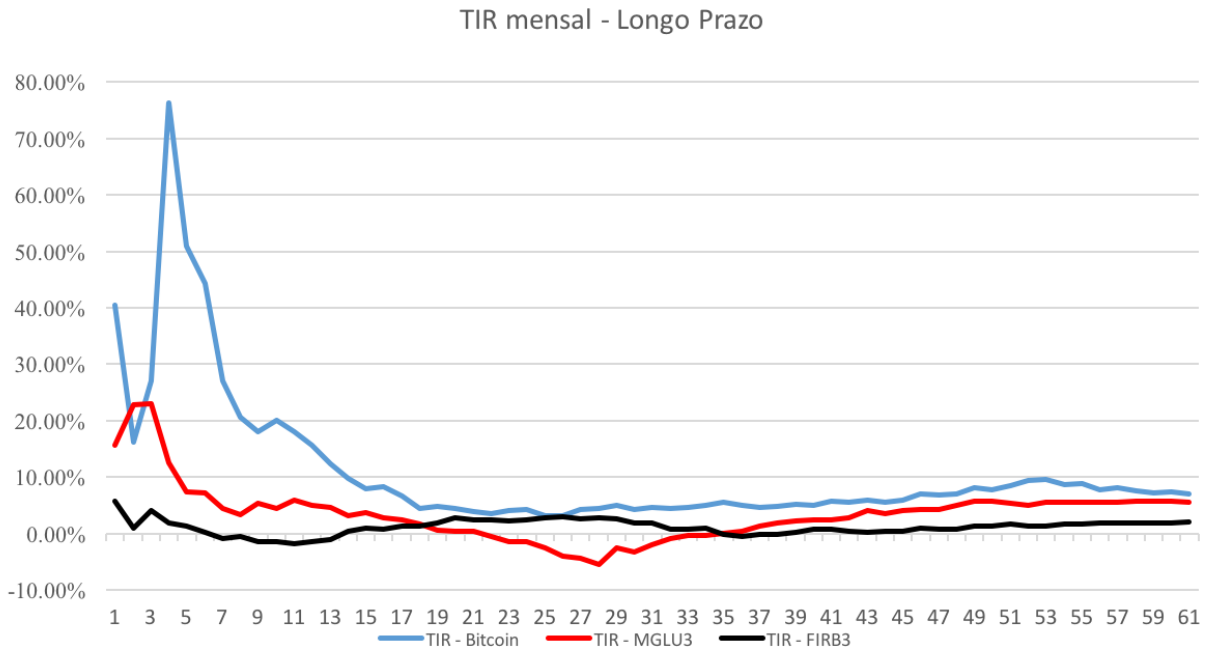
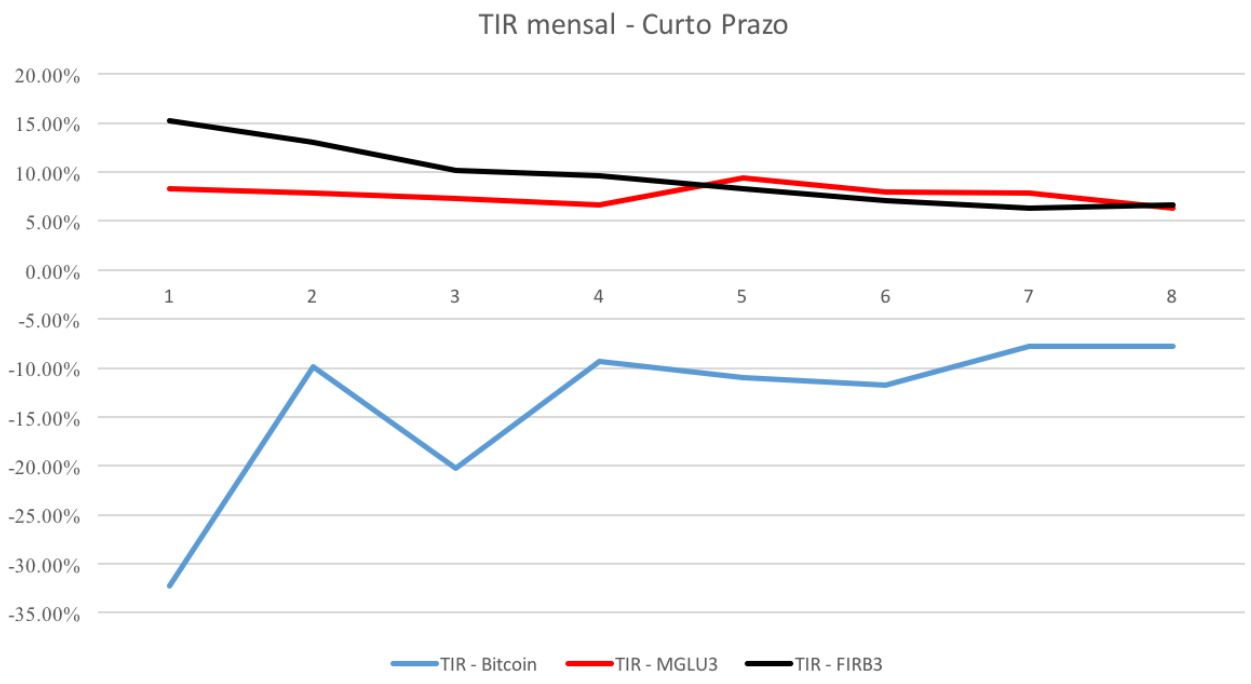
APÊNDICE A – GRÁFICO COM O COMPORTAMENTO DE VPL DOS ATIVOS AO DECORRER DO TEMPO NO LONGO PRAZO.



APÊNDICE B – GRÁFICO COM O COMPORTAMENTO DE VPL DOS ATIVOS AO DECORRER DO TEMPO NO CURTO PRAZO.



APÊNDICE C – GRÁFICO COM O COMPORTAMENTO DE TIR DOS ATIVOS AO DECORRER DO TEMPO NO LONGO PRAZO.



APÊNDICE D – GRÁFICO COM O COMPORTAMENTO DE TIR DOS ATIVOS AO DECORRER DO TEMPO NO CURTO PRAZO.