

Mineração de Dados: um investimento viável

Yá-Sin Barcelos Mghazli - Graduado em Ciências Contábeis
FACC/UFRJ
yasinbarcelos@hotmail.com

Vinicius Mothé Maia - Mestre em Administração
Professor FACC/UFRJ e Doutorando IAG/PUC-Rio
viniciusmothemaia@gmail.com.br

Frederico Otávio Sirotheau Cavalcanti - Mestre em Controladoria e Contabilidade Estratégica
Professor FACC/UFRJ e Doutorando University of Minho
fred@fredcavalcanti.com.br

RESUMO

A mineração de moedas digitais tem crescido a cada dia, diante disso questionamentos acerca de quais modelos de negócio seriam viáveis para os mineradores surgem e despertam o interesse de acadêmicos e agentes atuantes nesse mercado. Buscou-se então responder qual é o arranjo de negócio viável para os pequenos e médio investidores na mineração de uma moeda virtual. Optou-se pela análise da mineração do Ethereum, moeda virtual em ascensão atualmente. As variáveis identificadas como chave para o projeto são o preço da moeda virtual, sua dificuldade de mineração e o consumo de energia elétrica. Utilizou-se de simulações para projetar os ganhos e perdas futuras da mineração de dados. Os resultados sugerem que a mineração de Ethereum é viável para o pequeno e médio empreendedor, seja com um arranjo de negócio simples ou complexo.

Palavras-chave: Mineração de dados, Ethereum, Moeda Digital.

1. INTRODUÇÃO

As moedas digitais são pautadas na mineração de dados e no sistema ponto a ponto (*peer-to-peer* em inglês), permitindo assim que sejam moedas descentralizadas, ou seja, sem órgão emissor, como um banco central. Mineração de dados é o processo de explorar grandes quantidades de dados à procura de padrões consistentes e o sistema ponto a ponto faz com que cada ponto na rede seja tanto cliente como servidor (NAKAMOTO, 2016).

A transferência ponto a ponto foi importante para a criação da primeira moeda digital, o Bitcoin. A transferência de informações direta entre usuários permitiu que o Bitcoin fosse transferido diretamente de uma pessoa a outra sem a necessidade de um intermediário. Tem-se assim: uma plataforma descentralizada com baixo custo, transferências de dinheiro quase instantânea e impossibilidade de cancelamento da conta dos usuários (OTTO, 2016).

Em meio a criação de tantas moedas digitais com diversas utilidades, surgiu o Ethereum. Essa moeda usa um modelo similar ao das demais moedas digitais, mas enquanto cada aplicação anterior tinha uma função específica, o Ethereum veio com a unificação de todas as utilidades. A plataforma do Ethereum permite a unificação através de simples ou complexos códigos de programação para criar desde contratos digitais inteligentes à aplicações descentralizadas. Outro ponto interessante, é que incrementos feitos na rede ficam gravados permanentemente, diferente de outras moedas digitais que precisam criar aplicações externas para então conseguir usar a rede após atualizações.

Segundo os desenvolvedores do Bitcoin, a mineração é o ato de verificar as transações através do processamento de informações, trazendo confiança e segurança. A mineração é algo fundamental para o funcionamento das moedas virtuais devido ao fato de serem programas descentralizados, é necessário que alguém valide as transações feitas na internet. O papel do minerador é fazer tais validações para que não ocorram fraudes, por exemplo, um gasto duplo. O minerador é então recompensado pelo seu trabalho com as taxas de transação.

As atividades de mineração têm se tornado mais atrativas. Porém, igual ocorre em uma mina de ouro, cada vez mais surgirão mais interessados procurando ouro naquele lugar. O mesmo ocorre na mineração de dados e com isso a dificuldade na obtenção da moeda aumenta. Outro problema é que algumas moedas digitais apresentam volatilidade elevada. Por exemplo, no dia 15/01/2016 de acordo com a Exchange Poloniex, bolsa de valores digital, o Bitcoin abriu ao valor de 428 dólares e fechou a 362 dólares. No dia 29/05/2016 abriu a 491 dólares e fechou 551 dólares. Tais variações trazem preocupações, afinal um vendedor não quer ao final de uma tarde ter sua receita reduzida em função da variação cambial.

Tendo em mente o exposto, busca-se nessa pesquisa avaliar a viabilidade de se ter uma mineradora de Ethereum. Por envolver diversas variáveis, sua avaliação envolve um esforço em identificar as variáveis chave (*key drivers* em inglês) desse negócio. A relevância do estudo está na dificuldade de decisão em utilizar moedas digitais por conta dos benefícios que se pode alcançar em contrapartida as desvantagens que se pode ter. Desta forma é necessário identificar as desvantagens e problemas especificamente do Ethereum para que se possa ajudar o usuário a fazer a sua melhor decisão e minimizando os riscos envolvidos.

Os resultados sugerem que a mineração de Ethereum é viável desde que seja feito em um projeto de um ano e ao fim desse período se faça a venda das máquinas e equipamentos, sendo necessário a renovação destes e um novo projeto caso se queira continuar com a mineração de Ethereum.

2. REVISÃO DA LITERATURA

As moedas digitais são um meio de troca como as moedas tradicionais, mas a sua essência traz a troca de informações ao invés de uma troca física, esse processo é possível graças aos princípios da criptografia, assim como também protege as transações e limita a quantidade de moedas produzidas (GRAYDON, 2014).

As moedas tradicionais dos países, cunhadas e impressas através de um Banco Central, são chamadas de moedas Fiat. Elas são caracterizadas por serem emitidas por uma autoridade governamental que é responsável por controlar o valor e a produção de novas unidades para injetar na economia. Por outro lado, a moeda digital se diferencia por ser descentralizada, não podendo ser controlada pelo governo ou qualquer outra entidade. A produção das moedas digitais em sua maioria é pré-definida e ao longo do tempo se diminui sua quantidade no mercado, fazendo com que se crie uma capitalização de mercado sobre elas (GRAYDON 2014).

O Bitcoin foi a primeira moeda digital a ser criada, a especificação do Bitcoin e prova de conceito foi iniciado em 2009 por um desenvolvedor chamado Satoshi Nakamoto (Bitcoin.org, 2016). O Bitcoin é uma rede que funciona de forma consensual onde foi possível criar uma nova forma de pagamento e também uma nova moeda completamente digital. A principal característica do Bitcoin é a sua essência descentralizada (ponto-a-ponto) onde os usuários é que gerenciam o sistema, sem necessidade de intermediador ou autoridade central e desta maneira as taxas de transação são baixíssimas, você pode usar em quase todos os países, não se precisa de requisitos para abrir uma conta e também não pode ser cancelada a conta (ULRICH, 2016).

A descentralização, principal característica das moedas digitais, traz algumas vantagens, como: rapidez e facilidade no pagamento. Por outro lado, existem algumas desvantagens, como: a irreversibilidade de pagamentos errados, não ser amplamente aceito em todos os estabelecimentos e também o risco de se perder a carteira onde se guarda o Bitcoin (LIE, 2016).

Existem diversas formas de se obter moedas digitais. Pode-se comprá-las através de sites especializados, trocá-las por bens, serviços e outras moedas em sites de câmbio, por fim pode-se conseguir moedas digitais através da mineração.

Segundo os desenvolvedores do Bitcoin, a mineração é o ato de verificar as transações através do processamento de informações, trazendo confiança e segurança ao sistema. Para muitas moedas digitais a mineração é algo fundamental para o funcionamento da mesma, devido ao fato de serem programas descentralizados, é necessário que alguém valide as transações feitas na internet. O papel do minerador é fazer tais validações para que não ocorram fraudes, por exemplo, um gasto duplo. O minerador é então recompensado pelo seu trabalho com as próprias moedas virtuais (Bitcoin.org, 2016).

Em abril de 2011, surgiu a Namecoin, sendo a primeira *altcoin*, nome esse dado para as moedas digitais subsequente ao Bitcoin (Prezi, 2016). No início era possível qualquer pessoa que tivesse um computador usar a sua CPU (Unidade Central de Processamento) para minerar o Bitcoin e obter um retorno com a mineração. Com o passar o tempo era necessária grande quantidade de energia e foram criados ASIC, que são circuitos orientados para implementação de tarefas específicas.

Em outubro de 2011, a Litecoin foi lançada e foi a primeira moeda bem-sucedida a usar o algoritmo SCRYPT ao invés do SHA-256, usado anteriormente. Com o novo algoritmo, tornou-se novamente viável usar o computador pessoal através de seu CPU ou GPU (Unidade de Processamento Gráfico) para minerar o Litecoin. Porém com o passar do tempo foram criados novas ASIC específicos para o novo algoritmo e com isso o computador pessoal deixou de ser rentável, pois a dificuldade de minerar aumentou consideravelmente e as despesas passaram a ser maior que o que era minerado

Desde então já foram criadas mais de 700 novas moedas digitais e cada uma com suas peculiaridades, como novos algoritmos que viabilizam tanto para os processos utilizando o CPU ou o GPU (Coinmarketcap, 2016).

Uma das mais recentes moedas digitais é a Ethereum (Github, 2016), lançada no mercado em 2015. É uma moeda e uma plataforma que executa contratos inteligentes e aplicações descentralizadas (Guia do bitcoin, 2016). Em menos de 2 anos o Ethereum chegou a valor de mercado na faixa de 1 bilhão de dólares (Etherscan, 2016), ficando atrás apenas do Bitcoin com valor de mercado na casa dos 10 bilhões de dólares (Coinmarketcap, 2016). A moeda também chamou atenção por participar do terceiro maior financiamento coletivo (Adital, 2016) da história em que permitiu *startups* obterem capital para iniciativas com interesses diversos (G1, 2016).

O algoritmo de mineração usado para o Ethereum é o Dagger Hashimoto (Github, 2016), com esse novo método veio também novas possibilidades, novamente a viabilidade de mineração usando uma CPU ou GPU aparentam serem rentáveis. Há então a possibilidade de usar o computador pessoal para conseguir uma renda extra. Neste novo algoritmo tem-se algumas limitações onde não é qualquer GPU que pode ser usada para minerar o Ethereum. É necessário que se tenha um sistema operacional de 64 bits (Cryptocompare, 2016) e ao longo do tempo que se aumente o tamanho da memória da GPU.

O minerador ao utilizar o seu computador para verificar as transações da rede, tanto usando CPU quanto GPU terá um valor que representa sua unidade média de poder de processamento da rede, essa unidade é chamada de *hash rate* (Etherscan, 2016). De acordo

com a quantidade de *hash rate* na rede, a dificuldade de mineração se ajusta proporcional, tornando mais fácil ou difícil a obtenção da moeda.

A quantidade que um minerador consegue obter de Ethereum está diretamente ligada à sua *hash rate* e a dificuldade atual da mineração de um bloco (Piropo B, 2016). Um bloco é um arquivo que contém algumas informações, como: as transações realizadas naquele período e uma quantidade de Ethereum que será enviada para o minerador responsável por aquele bloco. O montante enviado costuma ser de 5 Ethereum e a rede determina a cada quanto tempo deve ser gerado um novo bloco, também chamado de tempo de bloco (Etherscan, 2016).

O preço do Ethereum é dado de acordo com a Lei da Oferta e Demanda (Cabral Gabriela, 2016), onde a oferta e quantidade de moedas disponíveis no mercado e a demanda sendo o interesse relacionado com ela. A moeda é negociada em diversas bolsas de valores regulamentadas nos Estados Unidos (Marques Diego, 2016), sendo a Poloniex a mais influente de todas devido ao seu volume de negociações (Coinmarketcap, 2016).

A literatura referente a mineração de Bitcoin buscando avaliar a viabilidade da mineração de moedas virtuais ainda é escassa, sendo o Bitcoin a mais estudada em razão de ter sido a primeira a ser lançada (NAKAMOTO, 2016).

Na publicação “Bitcoin a moeda na era digital”, Fernando Ulrich explica o que é o Bitcoin, seus benefícios, desafios, a sua regulamentação e legislação, contextualiza a moeda e conta a sua história. Ulrich (2014) também explica o contexto econômico em que o bitcoin está envolvido, falando sobre a sua intangibilidade, mostra que o bitcoin é o meio de troca, seu valor intrínseco, explica a falta de lastro do bitcoin e mostra que as moedas tradicionais perderam seu lastro no ouro, dentre diversos outros conceitos que ajudam a compreender as moedas digitais.

Com o crescimento das moedas digitais, tem-se levado cada vez mais tempo para se conseguir minerar um bloco de moedas, podendo levar anos dependendo de sua capacidade de mineração. Para resolver essa questão de espera as *pools* foram criadas. Elas são grupos de pessoas que reúnem sua capacidade de mineração para obter o bloco, reduzindo assim o tempo de processamento do bloco e posterior divisão de acordo com a contribuição de cada minerador. No trabalho de Rosenfeld (2011) explica a necessidade de uso das *pools* devido à alta variação das recompensas, porém mostra que os métodos usados para distribuir as recompensas por algumas *pools* estão distantes do ideal. Rosenfeld (2011) termina por propor novas possibilidades de estruturação das *pools* e consequente melhoria do serviço.

Na publicação “*Bitcoin and the Future of Digital Payments*”, Luther (2016) conclui que o bitcoin é um avanço tecnológico nos pagamentos digitais, porém acredita que em meio a um futuro incerto esse avanço não será duradouro para o bitcoin ou qualquer moeda digital, pois a longo prazo ele acredita que algo melhor irá surgir e substituirá esse modelo. Caso não seja criado nenhum modelo alternativo, as transações com moedas virtuais devem aumentar em função do aumento da demanda por processamento de dados.

Chávez e Rodrigues (2015) apresentam um trabalho com a proposta de um algoritmo simples para a mineração entre *pools*, sendo 46% mais eficiente se comparando com os mineradores que usam um único *pool*, modelo atual. Por fim eles deixam um caminho para que os desenvolvedores possam propor novos projetos.

O trabalho de Rodrigues e Silva (2016) se relaciona a presente pesquisa. Em seu artigo, os autores buscam analisar a rentabilidade do Bitcoin e do Litecoin no Brasil. Os resultados apontam para uma prevalência do Litecoin devido aos custos menores envolvidos no processamento e maior demanda pelo processamento de blocos de informação.

3. METODOLOGIA

Para a classificação quanto aos tipos de pesquisa, utiliza-se a categorização de níveis apresentada por Vergara (1990), que é dividida em dois aspectos: quanto aos fins e quanto aos meios.

Quanto aos fins, a pesquisa é descritiva e exploratória. Descritiva porque, busca-se expor características do Ethereum e analisar a correlação entre as possíveis variáveis chaves e defini-las. Exploratória, devida a natureza de atualidade do Ethereum e o conhecimento acumulado ainda se mostra pequeno, então busca-se uma investigação mais a fundo a fim de sondagem podendo então surgir novas linhas de investigação ao final da pesquisa.

Quanto aos meios, a pesquisa é classificada como de campo e investigação *ex post facto*. Pesquisa de campo porque, será uma investigação empírica e se terá a observação da mineração e dos possíveis problemas a envolvendo. Investigação *ex post facto*, porque as variáveis estudadas não podem ser controladas e são referentes a fatos que já ocorreram.

Com intuito de atingir o objetivo proposto, utilizou-se de simulação para projetar o valor futura da moeda virtual. Optou-se por esse método em virtude das infinitas possibilidades de cenários futuros gerados, evitando-se assim um cenário estático de avaliação.

Assim como explicado no referencial teórico, pode-se minerar o Ethereum através de CPU e GPU, para fins das simulações considerou-se o processo via GPU, pois de acordo com o site Cryptocompare esse meio tem se mostrado mais eficiente ao longo do tempo. Da mesma forma, comparando com diversos outros equipamentos a GPU Radeon Rx 480 mostra-se atualmente com o melhor *payback*, com 28 Mhs de *hash rate* de desempenho, por isso foi escolhido esse modelo para o projeto.

A mineração de Ethereum é similar a mineração de metais em alguns aspectos, na extração de metais as mineradoras têm seus custos, despesas e investimentos para se conseguir obter o ouro, por exemplo. Da mesma maneira acontece na mineração de moedas digitais, é necessário um investimento inicial em equipamentos e existem custos associados a operação. As variáveis chaves identificadas nesse negócio foram:

- Dificuldade de mineração: baseada na quantidade de pessoas que estão minerando a moeda virtual, quanto mais pessoas estão na rede maior será a dificuldade de obtê-la.
- Preço da Energia (kWh): a mineração de moedas digitais requer que o equipamento permaneça ligado 24 horas por dia, então o maior custo de manter o sistema operando é a energia elétrica.
- Preço da moeda virtual: o preço de venda da moeda age como uma variável crítica por impactar diretamente a receita do projeto e em função da alta volatilidade das moedas.

Faz-se então necessária especial atenção na estimação dessas variáveis. Estimar a dificuldade requer conhecer o comportamento da *Network Hash rate* (Nhr) e *Block Time* (Bt), sendo seu cálculo exposto na fórmula (1), segundo os desenvolvedores da moeda. As variáveis Nhr e Bt têm comportamento previsível em virtude da própria rede se adapta para melhor responder a quantidade de mineradores

$$Diff = (Nhr * 1,00E + 09) * \left(\frac{60}{Bt} * 5\right) * 1440 \quad (1)$$

A estimativa do preço da moeda virtual por outro lado tem comportamento imprevisível, visto que os fatores que influenciam são exógenos a rede. Quem dita o preço do Ethereum é o mercado, através do mecanismo de oferta e demanda.

Devido a isso foi escolhido modelar o Ethereum através de um processo estocástico. Analisou-se o comportamento passado e realizou-se os testes necessário para identificar qual

processo estocástico seria mais adequado, conforme Bastian (2009). O processo escolhido foi o Movimento de Reversão a Média (MRM) que é melhor para a parametrização das variáveis que mostram um comportamento cíclico, buscando um equilíbrio de longo prazo (BASTIAN, 2009).

Para a estruturação dos modelos de negócio, optou-se por um voltado para o pequeno investidor e outro para o médio. O primeiro projeto, voltado para o pequeno investidor, é apresentado a seguir:

- O projeto 1, com baixa complexidade operacional e partiria do pressuposto que o usuário tivesse um computador e o usasse para complementar a renda.

A composição de equipamentos para esse modelo de negócio requer é exposta na tabela 1:

Tabela 1 – Composição: Projeto 1

Quantidade	Nome	Valor (USD)	Referência
1	Computador com entrada PCI- Express Disponível	-	-
1	GPU Radeon Rx 480	229	Ebay
1	Fonte de energia de 400 Watts	4	Ebay
1	Cabo Riser PCI-Express	60	Ebay
-	Total	293	-

Fonte: Ebay (dia 30/11/2016)

Nesse primeiro projeto tem-se uma média 29,2 MHS para mineração de Ethereum ao custo de 293 dólares, ou 10,03 dólares por MHS, utilizando em média 177 Watts de energia (Cryptomining, 2016).

O segundo projeto visou os médios investidores, sendo a ideia do projeto e a composição dos equipamentos apresentada a seguir:

- O projeto 2 requer uma estrutura dedicada para a mineração, requerendo assim um maior desembolso e aumentando a complexidade.

Tabela 2 – Composição: Projeto 2

Quantidade	Nome	Valor(USD)	Referencia
1	Placa Mãe H81 Pro BTC	69	Newegg
1	Processador G3260	63	Ebay
7	GPU Radeon Rx 480	1603	Ebay
1	Memoria Ram 8GB	41	Ebay
1	SSD 120 GB	46	Ebay
1	Fonte de 1200 Watt	250	Ebay
7	Cabo Riser PCI-Express	28	Aliexpress
1	PCIe Switch/Hub	27	Ebay
1	HDMI Dummy plug	16	Ebay
-	Total	2143	-

Fonte: Ebay, Newegg e Aliexpress (dia 30/11/2016)

No segundo projeto tem-se uma média de 204,5 MHS para mineração de Ethereum ao custo de 2143 dólares, ou 10,47 dólares por MHS, utilizando em média 1000 Watts de Energia (Fórum Bitcointalk, 2016).

Foi definido o local de mineração nos Estados Unidos para minimizar outros problemas como a variação cambial entre o dólar e o real, diferentes taxas de importações de acordo com os produtos e seus valores.

A análise dos dados foi feita de acordo a necessidade de cada variável, para se estimar o tamanho da rede e o tempo de bloco, foi escolhido fazer regressão de maneira que o valor futuro em “t” seja explicado pelo valor passado de “t-1”. Para o preço da energia foi escolhido

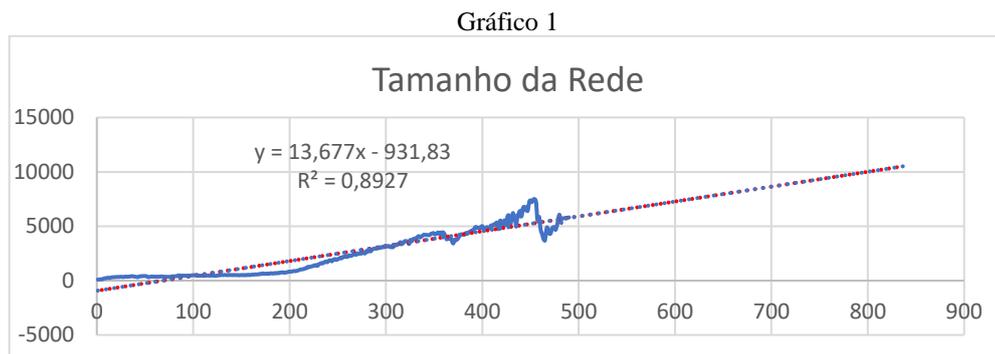
usar o preço médio por ter sido constante nos últimos anos, porém devido a alta variação de seu preço entre os estados, uma análise de sensibilidade foi feita para se verificar o quanto o preço da energia pode impactar o projeto. Para estimar o valor futuro do preço de venda do ethereum, o processo de Movimento de Reversão a Média (MRM) se mostrou mais adequado como exposto nos resultados.

Por se considerar a operação nos Estados Unidos, a taxa de juros usada foi a London Interbank Offered Rate (ou LIBOR) a doze meses de 1,73%a.a coletada em 22/05/2017.

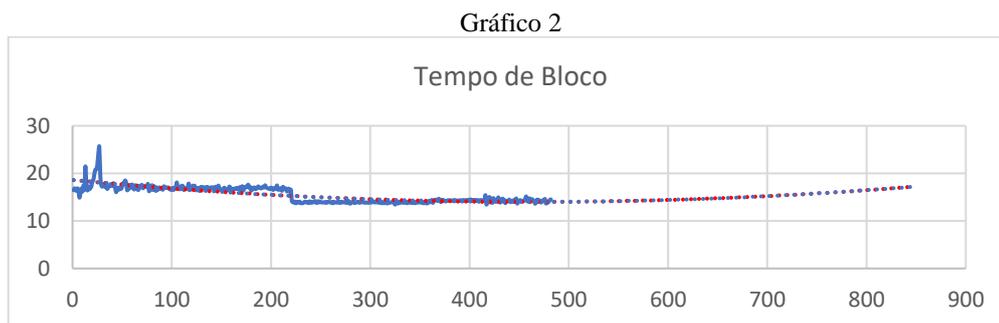
Para se avaliar os projetos, se escolheu usar o Valor Presente Líquido(VPL) para se calcular o valor da série de rendimentos diários descontando a taxa juros (Libor), outro método utilizado foi o Retorno sobre Investimento (ROI), para se obter uma métrica da taxa de lucro que os projetos proporciona.

4. RESULTADOS

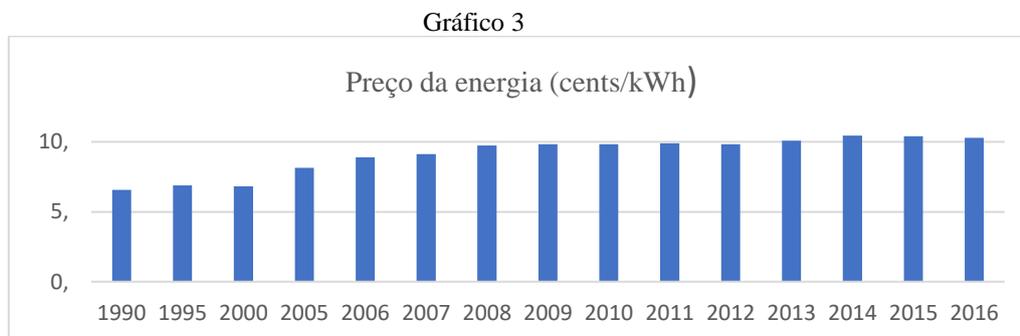
A dificuldade de mineração está ligada ao tamanho da rede e sua capacidade de mineração, estimar o tamanho da rede é um ponto importante na mineração do Ethereum. Para fazer tal estimativa se escolheu uma regressão linear visto que o comportamento da do tamanho da rede apresenta um comportamento previsível e por isso uma regressão onde o valor de “t-1” explica o valor de “t” é uma estimativa razoável. O poder de explicação da regressão (R^2) foi de 0.8927 como pode ser visto no gráfico 1.



A dificuldade de mineração está também relacionada ao Tempo entre Blocos ou Tempo de Bloco, esse indicador revela a cada quando tempo um novo bloco contendo 5 Ethereum foi liberado na rede para a mineração. Desde 07/08/2015 a 30/11/2016 o Tempo de Bloco apresentou uma média de 14,99 segundos, apesar do coeficiente de variação ser baixo, fazendo com que a média fosse uma medida razoável para essa variável, preferiu-se utilizar uma regressão polinomial para estimar os próximos valores, no gráfico 2 pode-se acompanhar uma tendência de crescimento do *Block Time*.

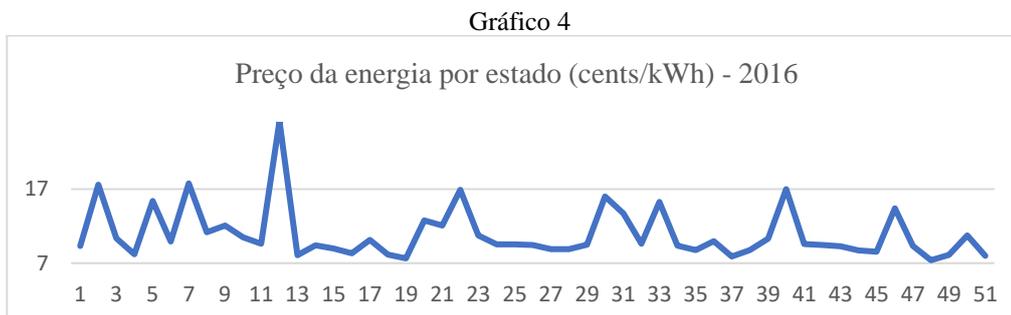


A mineração de Ethereum das moedas virtuais ocorre ao longo de todo o dia, diferente do mercado financeiro que opera apenas durante um período do dia. Em vista disto se percebe a relevância da energia elétrica. Uma análise do preço por kw/h nos últimos anos mostrou que o preço médio da energia nos Estados Unidos gira em torno de 0,1 USD, no gráfico 3 pode-se acompanhar um crescimento pequeno no último ano para o preço médio.



Fonte: elaborado pelos autores

No gráfico 3, nota-se uma constância no preço médio da energia dos Estados Unidos. Por outro lado, quando se observa o preço da energia por estado no gráfico 4, se nota uma grande variação, como por exemplo no Hawaii que alcançou o valor médio de 26,17cents/kWh em 2016, enquanto em Washington o valor médio em 2016 e de 7,4 cents/kWh.

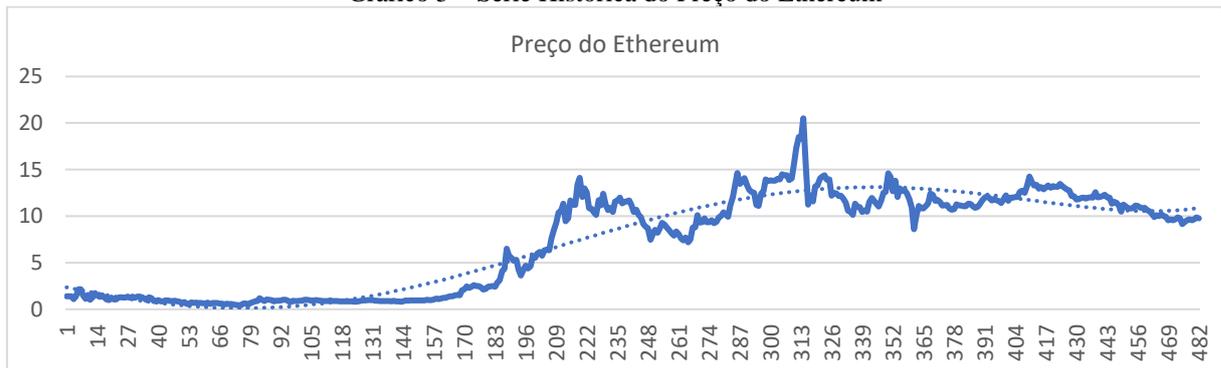


Fonte: elaborado pelos autores

O preço da energia para o projeto, foi escolhido o valor de 10,04 cents/kWh com base na média de 2008 a 2016 por se mostrar mais consolidada no mercado. O projeto 1 terá um custo diário de energia elétrica de 0,4418 USD enquanto o projeto 2 terá um custo diário de energia elétrica de 2,496 USD.

Diante de todas as variáveis listadas anteriormente, o preço do Ethereum talvez seja a mais importante delas, visto que é o mercado que determina a sua cotação, trazendo um problema que envolve as demais variáveis. Uma vez que as demais variáveis seguem padrões conhecidos de comportamento, suas estimativas são facilitadas, entretanto o Ethereum não segue nenhum padrão aparente. No gráfico 5 é apresentada a série histórica do Preço do Ethereum entre as datas de 07/08/2015 a 30/11/2016 retirada da Exchange Poloniex.

Gráfico 5 – Série Histórica do Preço do Ethereum



Fonte: Etherscan

Não se pode concluir nenhuma movimentação aparente a partir da visualização do gráfico. Nota-se uma leve tendência de reversão a média a partir do dia 200. Seguiu-se então a análise de série histórico, sendo a estatística descritiva apresentada na tabela 3:

Tabela 3 – Estatística descritiva

Total de dados	476
Mínimo	0.429
Máximo	20.510
Média	7.197
Mediana	9.363
Variância	27.315
Desvio Padrão	5.226
Assimetria	-0.114
Curtose	-1.591

Fonte: elaborado pelos autores

Com o intuito de analisar como se comporta a série histórica e assim escolher o processo estocástico que melhor explicar esse comportamento deve ser analisado o gráfico da série histórica, os testes de raiz unitária e gráfico do coeficiente de variância. Ainda que todos os resultados não apontem para uma conclusão perfeita, eles darão pistas do modelo a se escolher. Como visto anteriormente, o gráfico da série histórica aponta para um possível Movimento de Reversão a Média. Os resultados dos testes de raiz unitária Aumentado de Dickey-Fuller e KPSS são apresentados na tabela 4 e os resultados do teste de Coeficiente de Variância no gráfico 4.

Considerando um alfa de 1%, os testes discordam. O teste Aumentado de Dickey-Fuller aponta para a série histórica ter uma raiz unitária, o que sugeriria um Movimento Geométrico Browniano (MGB), enquanto que o KPSS aponta que a série é estacionária (não tem raiz unitária) e por isso um Movimento de Reversão a Média (MRM) seria mais adequado para sua modelagem. Brooks (2016) trata que o teste KPSS é mais acurado que o teste Aumentado de Dickey-Fuller, sendo preferível dar mais peso ao seu resultado.

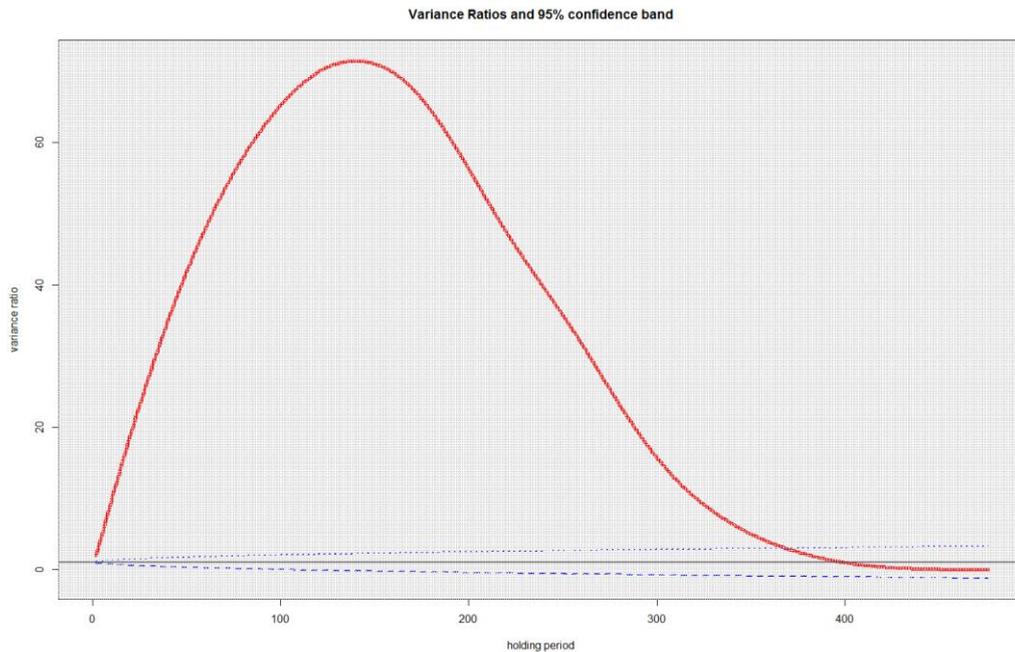
O teste do Coeficiente de Variância corrobora o resultado do teste KPSS, pois a reversão do valor para 0, como visto no gráfico, sugere um MRM, ainda que fraco, devido a convergência ter ocorrido lentamente.

Tabela 4 – Testes de raiz unitária Aumentado de Dickey-Fuller e KPSS

Nome do Teste	P-valor
Dickey-Fuller Aumentado	0.8645
KPSS	0,01

Fonte: elaborado pelos autores.

Gráfico 6 – Teste do Coeficiente de Variância



Fonte: elaborado pelos autores.

Optou-se então pela modelagem de um MRM através de um dos seus processos clássicos, o processo de Ornstein-Uhlenbeck. Esse processo também funciona como um indicativo de a modelagem através de um MRM é adequada ou não, pois a meia vida do processo deve ser inferior a 2 para indicar a boa adequação do modelo. No caso, os parâmetros calculados apontam para uma meia vida de 0.2290918, inferior a 2. Os parâmetros calculados a partir do processo de Ornstein-Uhlenbeck são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros do MRM

Media de longo prazo (Beta)	7.95393593
Volatilidade (Sigma)	11.6784844
Velocidade de reversão a média (Alfa)	3.0256311
Tamanho do passo (dt)	0.00273973

Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da equação 2 foi simulado 100 mil caminhos com 365 passos em cada um dos caminhos, sendo esses passos representando o preço em cada dia do ano. O número de simulações foi escolhido levando em conta a estabilidade do preço simulado, pois um baixo número de simulações levaria o valor do projeto a variar conforme se gerasse a variável aleatória do processo padrão de Weiner (dW). A partir de cada um dos 100 mil caminhos simulados, calculou-se o Valor Presente Líquido (VPL) daquela simulação, sendo a média das simulações o VPL do projeto.

$$\text{Variação do preço} = \text{Alpha}(\text{Beta} - \text{Preço no tempo anterior}) * dt + \text{sigma } dW \quad (2)$$

A quantidade minerada (Q_m) de Ethereum obtida por dia utilizou as estimativas de *Network Hash Rate* (N_{hr}) e *Block Time* (Bt), a quantia minerada foi vendida ao valor estimado para cada dia, sendo este valor o preço do dia anterior mais a variação do dia. A formula 3 será utilizada para calcula a quantidade de Ethereum minerado no dia:

$$Qm = \frac{hr*1,00E+06}{(Nhr*1,00E+09)*\left(\frac{60}{Bt}*5\right)*1440} \quad (3)$$

A fórmula 4 apresenta a Receita total (Rt) diária obtida auferindo a quantidade minerada do dia multiplicando pela estimativa do preço (Ep) para esse dia através do MRM

$$Rt = Qm * Ep \quad (4)$$

A Rentabilidade total esperada é calculada como Receita Total menos Despesas, sendo a principal despesa a energia elétrica. Por sua vez a custo da energia é dada utilizando a potência do equipamento (P), em watts, multiplicando pelo valor do Kwh (V_{kwh}) e tempo (t) de uso do equipamento. A fórmula 5 apresenta a rentabilidade diária em valor absoluto.

$$Re = Rt * \frac{P}{1000} * V_{kwh} * t \quad (5)$$

Os resultados dos projetos 1 e 2 são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Resultado da Avaliação dos Projetos

	Projeto 1	Projeto 2
Investimento	293	2143
Preço de venda (85%)	249,05	1821,55
VPL	148,89	1244,22
ROI	52,68%	59,99%
% VPL sobre investimento	50,81%	58,05%

Fonte: elaborado pelos autores.

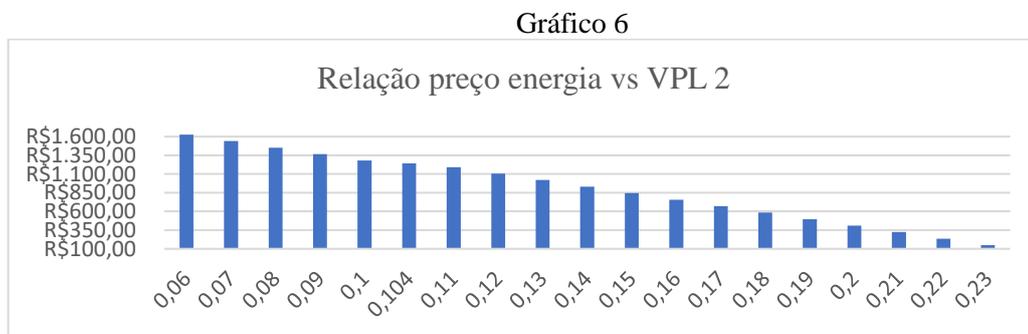
A princípio se acreditava que o projeto 1 pudesse ter uma maior rentabilidade devido ao fato de dispensar algumas despesas e utilizar um computador já a disposição. Ao fim das simulações feitas, os resultados apontaram para o outro lado. Ambos os projetos foram elaborados com a finalidade de funcionamento por um ano, foi escolhido esse prazo pois é a média da garantia das máquinas e equipamentos comprados, ao fim do período todas as peças são vendidas, a depreciação para esse tipo de equipamento está prevista para 10% por ano (Instruções Normativas SRF n.ºs. 162/98). Para uma maior liquidez foi considerado que ao final de um ano todos os equipamentos fossem vendidos por 85% do valor que foram adquiridos.

O projeto 1 mostrou um desempenho considerável, porém inferior ao projeto 2. Na perspectiva de retorno sobre o investimento os projetos 1 e 2 tiveram respectivamente um percentual 52,68% e 59,99% mostrando que ambos são investimentos se comparando ao mercado, porém a diferença de rentabilidade do projeto 2 para o projeto 1 é 13,87% maior, mostrando ser o segundo muito melhor que o primeiro.

O valor presente líquido também confirma que o projeto 2 seja melhor que o projeto 1, o projeto 1 foi elaborado ao custo de 293 dólares e traz um VPL da mineração de 148,89 dólares ou 50,81% do valor investido, enquanto o projeto 2 que foi elaborado ao custo de 2143 retorna um VPL da mineração de 1244,22 ou 58,05% do valor investido, mostrando então que o projeto 2 tem um VPL 14,24% maior que o projeto 1.

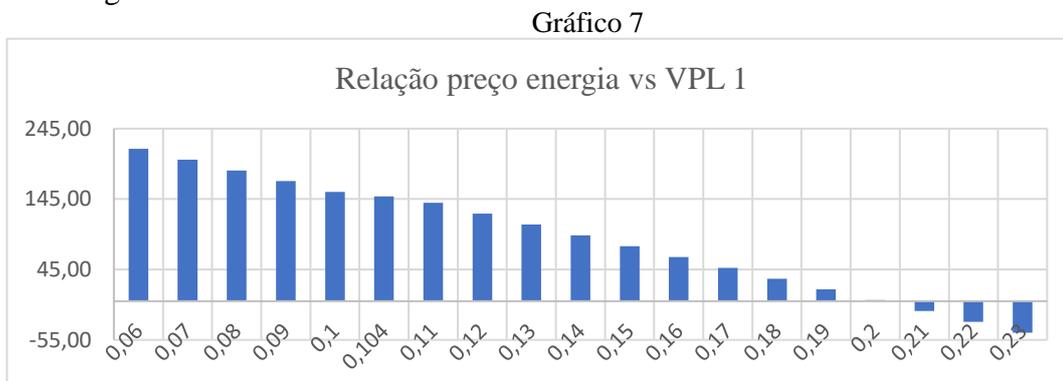
Ao analisar o preço da energia, se percebeu uma grande variação de acordo com o estado, devido a esse fator se decidiu fazer uma análise de sensibilidade, fixando todas as demais variáveis e modificando apenas o preço da energia, para verificar se o projeto teria viabilidade para os demais estados e não apenas aos quais estava próximo a média de preço dos Estados Unidos.

Como pode-se ver no gráfico 6, o valor presente líquido do projeto 2 cresceu consideravelmente de acordo com a redução do preço da energia, enquanto que também ocorreu uma queda considerável quando o preço da energia se mostrou maior. De maneira geral o projeto 2 se mostrou rentável independente do preço varia entre 0,06 a 0,23 centavos de dólar.



Fonte: elaborado pelos autores.

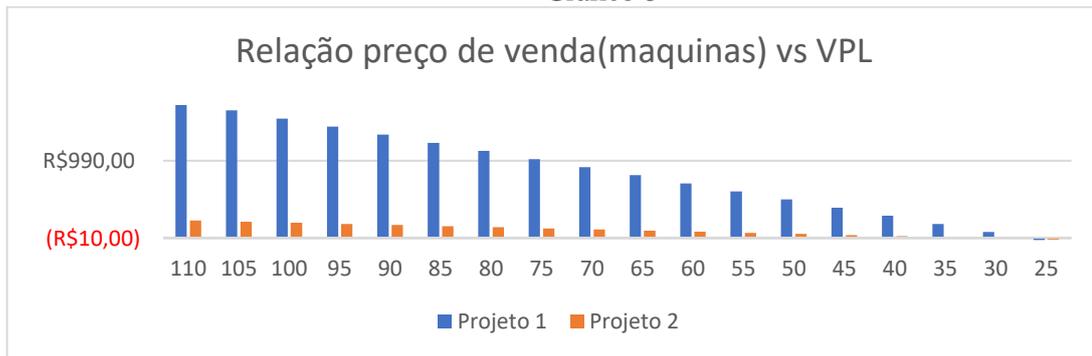
Ao se analisar a relação do preço da energia com o valor presente líquido do projeto 2, nota-se no gráfico 7 que existe um crescimento similar do VPL ao projeto 1 de acordo com a queda do preço da energia. No entanto, quando o preço da energia ultrapassa o valor de 0,2 centavos de dólar, atinge-se um valor presente líquido negativo, desta forma gerando prejuízo ao investidor. Nesse projeto, o preço da energia é uma variável chave para o investidor e não devendo ser ignorada.



Fonte: elaborado pelos autores.

Para ambos os projetos se foi considerado um prazo de execução de um ano, um problema identificado ao final desse período e não conseguir vender os equipamentos por 85% do valor adquirido. Para se verificar tal possibilidade, foi escolhido fazer uma análise de sensibilidade, fixando as demais variáveis e variando o preço de venda dos equipamentos entre 110% a 25% do valor de compra. Observa-se no gráfico 8 que o VPL se mostrou positivo para o projeto 2 até atingir 30% do valor de compra, enquanto para o projeto 1 se tornou negativo ao alcançar 25% do preço de compra.

Gráfico 8



Fonte: elaborado pelos autores.

Ambos os projetos mostraram-se consistentes. Era esperado um VPL negativo relacionado a um percentual do preço de venda maior. Entretanto o preço de venda dos equipamentos se mostrou uma variável chave para a mineração, não devendo ser feita a venda dos equipamentos ao final do projeto por um valor inferior a 30% do que foi adquirido.

5. CONCLUSÕES

Os seguintes resultados podem ser destacados: (1) a mineração de Ethereum é viável durante o período de um ano, sendo importante renovar as máquinas e equipamentos ao final do projeto para que se tenha um melhor aproveitamento do capital; (2) a eficiência energética de projetos maiores mostra ser melhor que projetos com menor capacidade de mineração, isso é explicado pelo custo fixo atrelado ao sistema que suporta a mineração, quanto maior a quantidade de GPU atrelada a um computador maior será a eficiência energética visto que a energia usada deste computador está fixa e rateada para as demais placas de vídeo; (3) a energia elétrica é um risco para os mineradores com conjunto de uma placa de vídeo, próximo ao final de um ano o projeto começa apresentar prejuízo pois a quantidade minerada não paga mais o custo da energia, enquanto no conjunto com mais placa, devido a eficiência energética esse tempo costuma ser maior; (4) o preço de venda das máquinas não se mostrou tão relevante quanto se esperava, mostrando que o retorno principal do projeto vem da mineração; (5) considerando a venda diária das moedas mineradas, o preço de venda do Ethereum não apresentou grandes riscos mesmo possuindo uma alta volatilidade, a sua velocidade de reversão à média compensa o retorno ao longo da série; (6) o valor presente líquido e o retorno sobre o investimento confirmam a alta rentabilidade para ambos os projetos mesmo atrelados a riscos mitigáveis.

Sugere-se para pesquisa futura, a análise das principais moedas digitais, fatores que as influenciam, estimativas de valor futuro dos equipamentos e outros riscos envolvidos no negócio, como roubo dos equipamentos etc.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adital, **Financiamento colectivo viabiliza ideas con complicidad**. Disponível em: < <http://site.adital.com.br/site/noticia.php?lang=ES&cod=79203&grv=N> > Acesso em 21 de outubro de 2016.

Bitcoin, **Como o bitcoin funciona**. Disponível em: < https://bitcoin.org/pt_BR/como-funciona > Acesso em 20 de outubro de 2016.

- Bitcoin, **Perguntas Frequentes**. Disponível em: < https://bitcoin.org/pt_BR/faq > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- Bitcoin, **Some Bitcoin words you might hear**. Disponível em: < <https://bitcoin.org/en/vocabulary#hash-rate> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- Bitcoinwisdom, **Dificuldade**. Disponível em: < <https://bitcoinwisdom.com/litecoin/difficulty> > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- Blockchain, **Dificuldade**. Disponível em: < <https://blockchain.info/pt/charts/difficulty> > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- Brasil Escola, **Lei da Oferta e Procura**. Disponível em: < <http://brasilecola.uol.com.br/economia/lei-da-oferta-e-procura.htm> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- BROOKS, C., **Introductory Econometrics for Finance**, Cambridge University Press: New York, third ed, 2014.
- CHÁVEZ, J. J. G e RODRIGUES C. K. S., **A Simple Algorithm for Automatic Hopping among Pools in the Bitcoin Mining Network**, The SIJ Transactions on Computer Networks & Communication Engineering (CNCE), Vol. 3, No. 2, February, 2015 Disponível em: <<http://www.thesij.com/papers/CNCE/2015/February/CNCE-03020040101.pdf> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- Coinmarketcap, **Crypto-Currency Market Capitalizations**. Disponível em: < <https://coinmarketcap.com/all/views/all/> > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- Coinmarketcap, **Ethereum**. Disponível em: < <http://coinmarketcap.com/> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- Coinmarketcap, **Poloniex**. Disponível em: < <http://coinmarketcap.com/exchanges/poloniex/> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- Cryptocompare, **How to mine Ethereum on a Windows PC**. Disponível em: < <https://www.cryptocompare.com/mining/guides/how-to-mine-ethereum/> > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- Cryptomining, **Testing the AMD Radeon RX 480 for Ethereum Mining**. Disponível em: < <http://cryptomining-blog.com/8033-testing-the-amd-radeon-rx-480-for-ethereum-mining/> >
- Ethereum, **Ethereum Launches**. Disponível em: < <https://blog.ethereum.org/2015/07/30/ethereum-launches/> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- Etherscan, **Ethereum**. Disponível em: < <https://etherscan.io/charts/blocks> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- Forexat, **Fiat Moedas**. Disponível em: < <http://www.forexat.info/portugese/fiat-moedas/> > consultado em 20 de outubro de 2016.
- Github, **Dagger-Hashimoto**. Disponível em: < <https://github.com/ethereum/wiki/blob/c02254611f218f43cbb07517ca8e5d00fd6d6d75/Dagger-Hashimoto.md> > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- Github, **Ethereum Wiki**. Disponível em: < <https://github.com/ethereum/wiki/wiki> > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- GRAYDON, Carter, **What is Cryptocurrency** Disponível em: < <https://www.cryptocoinsnews.com/cryptocurrency/> > consultado em 16 de Outubro de 2016.
- JANSEN, **Apesar de falhas, plataforma Ethereum atrai cada vez mais investidores**. Disponível em: < <https://guiadobitcoin.com.br/apesar-de-falhas-plataforma-ethereum-atrui-cada-vez-mais-investidores/> > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- DIEGO, Marques, **Ethereum entra na mira dos grandes bancos**. Disponível em: < <https://guiadobitcoin.com.br/ethereum-entra-na-mira-dos-grandes-bancos/> > Acesso em 21 de outubro de 2016.

- Ibape, **Estudo de Vidas Úteis**. Disponível em: < http://www.ibape-sp.org.br/arquivos/ESTUDO_DE VIDAS_UTEIS.apresentacao.pdf > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- LIE, Cilene. **Vantagens e desvantagens do bitcoin**. Disponível em: < <http://originaleexclusivo.com.br/vantagens-e-desvantagens-do-bitcoin/> > Acesso em 20 de Outubro de 2016.
- LUTHER, W. **Bitcoin and the Future of Digital Payments**. Disponível em: < http://www.independent.org/pdf/tir/tir_20_03_12_luther.pdf > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- NAKAMOTO, S. **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. Disponível em: < <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- OTTO, Carlos. **Redes Peer-to-Peer** Disponível em: < https://www.gta.ufrj.br/grad/04_1/p2p/ > Acesso em 17 de Novembro de 2016.
- Poloniex, **Ethereum Exchange**. Disponível em: < https://poloniex.com/exchange#usdt_eth > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- Prezi, **Namecoin**. Disponível em: < <https://prezi.com/snbcoa3ajwck/namecoin/> > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- RODRIGUES C. K S e SILVA G. A B. S.. **Mineração individual de bitcoins e litecoins no mundo**. Disponível em: < <http://sbseg2016.ic.uff.br/pt/files/anais/wticg/ST1-3.pdf> > Acesso em 21 de dezembro de 2016.
- ROSENFELD, M. **Analysis of Bitcoin Pooled Mining Reward Systems**. Disponível em: < <https://arxiv.org/pdf/1112.4980.pdf> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- Significados, **Significado de Hardware**. Disponível em: < <https://www.significados.com.br/hardware/> > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- Stackexchange, **What is the current DAG size? When do we expect to hit GPU limits?** Disponível em: < <http://ethereum.stackexchange.com/questions/426/what-is-the-current-dag-size-when-do-we-expect-to-hit-gpu-limits> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- Techtudo, **Bitcoin: os Blocos e sua Cadeia**. Disponível em: < <http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2014/01/bitcoin-os-blocos-e-sua-cadeia.html> > Acesso em 21 de outubro de 2016.
- TRIGUEIROS, F. S., **Dinheiro no Brasil**, 2.^a ed., Rio de Janeiro, Léo Cristiano Editorial, 1987.
- ULRICH, Fernando. **BITCOIN - A moeda na era digital**. Disponível em: < <http://fasam.edu.br/wp-content/uploads/2016/06/Bitcoin-A-Moeda-na-Era-Digital.pdf> > Acesso em 20 de outubro de 2016.
- VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2006.
- Whattomine, **Ethereum(ETH)**. Disponível em: < <https://www.whattomine.com/coins/151-eth-ethash> > Acesso em 21 de outubro de 2016.