

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**COMO VALORAR O BITCOIN
UMA REVISÃO DOS MÉTODOS**

CHRISTIAN GAZZETTA
matrícula nº 113139500

ORIENTADOR: Francisco Eduardo Pires de Souza

JUNHO 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**COMO VALORAR O BITCOIN
UMA REVISÃO DOS MÉTODOS**

CHRISTIAN GAZZETTA
matrícula nº 113139500

ORIENTADOR: Francisco Eduardo Pires de Souza

JUNHO 2020

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do autor

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, devo a meus pais o gosto pelos estudos e pela transversalidade das ciências, que tanto as aproxima das artes.

Agradeço a meu irmão pelos inúmeros debates interdisciplinares que tivemos e teremos; a minha irmã, pelo imenso carinho e estímulo; e a minha avó, por todo o apoio para fazer do conhecimento minha prioridade nos últimos anos.

A Gabriel Contarini, agradeço pelas inúmeras conversas sobre criptoativos, pelos primeiros conhecimentos em Python e pelos auxílios providenciais na área da Ciência de Dados.

À Impactus - Liga de Finanças da UFRJ - e seus membros, pelo trabalho esforçado e voluntário que me ajudou a desenvolver o interesse e o conhecimento na área das inovações financeiras.

A Eduardo Ávila, pelo apoio quando “criptoativo” era ainda um interesse exótico das minhas horas livres. Por sua indicação como presidente da Impactus, à época, para o Grupo de Estudos que coordenei, o que considero meu primeiro passo nesta área de conhecimento.

Agradeço também a Alessandro Pacanowski e André Carvalho, que me convidaram para meu primeiro trabalho como analista de criptoativos. Além de preciosas amizades, o cargo me ofereceu vastas oportunidades de aprendizado.

Agradeço a outros colegas de trabalho e estudo que, nos últimos anos, me ajudaram a me aproximar do tema, seja por meio da motivação ou pela expansão das minhas possibilidades de pesquisa e análise.

Agradeço, por fim, a meu orientador, por sua ajuda para transformar uma série de ideias nas páginas que se seguem.

INTRODUÇÃO	8
CAPÍTULO I - SURGIMENTO E EVOLUÇÃO DO BITCOIN: PRECEDENTES, CONCEITOS, TECNOLOGIA	10
I.1 - Origens	10
A internet e a economia digital	10
O problema das transferências internacionais	11
O surgimento dos pagamentos digitais	12
Primeiras moedas digitais	13
Da “bolha ponto-com” à crise de 2008	14
I.2 - A tecnologia do Bitcoin	17
P2P	17
Escassez	18
Registro Distribuído	18
Consenso	20
Emissão	21
Governança	21
I.3 - Breve história do Bitcoin	22
CAPÍTULO II - Taxonomia e Valoração de ativos tradicionais	27
II.1 - Taxonomia	27
II.2 - Introdução à Valoração	28
Valoração por Múltiplos	30
Valoração por Fluxos de Caixa Descontados (FCD)	31
Valoração por Custos Evitados	33
Valoração por Custos	34
Valoração de Redes	35
CAPÍTULO III - Taxonomia e Valoração do Bitcoin - metodologias de valoração	37
III.1 - Taxonomia	37
Superclasses	37
Classes de Ativos	39

Outras Classificações	40
III.2 - Valoração	41
Custo de Produção	42
Lei de Metcalfe	45
Preço Realizado	45
Razão Estoque-Fluxo	46
NVT	47
Custos Evitados Líquidos	48
Outras metodologias	49
CONCLUSÃO	51
ANEXO	52
Metodologia	52
Dados	53
Gráficos e Tabelas	55
Resultado	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

RESUMO

Neste trabalho, apresentam-se os insumos para a discussão sobre o valor do Bitcoin. No primeiro capítulo, narra-se a origem da demanda por moedas digitais e das tecnologias que as tornaram possíveis; depois apresenta, resumidamente, o funcionamento do Bitcoin e a história deste ativo e seu mercado, desde sua criação em 2008. O segundo capítulo assenta as bases da discussão sobre a bibliografia de valoração no mercado tradicional. Por fim, o terceiro capítulo demonstra como modelos podem ser adaptados para valorar o Bitcoin e mostra alguns modelos propostos especificamente para este ativo, incluindo uma contribuição original para o debate.

Palavras-chave: valoração, Bitcoin, criptoativos, criptomoedas.

INTRODUÇÃO

Após pouco mais de uma década, o Bitcoin tem se firmado como um dos ativos mais voláteis e controversos em circulação.

Em sua curta história, tornou-se um ícone de ideologias como o anarcocapitalismo e o centro de um ecossistema chamado “criptoeconomia”; foi discutido em todos os meios de comunicação em massa; chamou a atenção dos principais órgãos nacionais e supranacionais do planeta; e apreciou-se ao ponto de usurpar das tulipas holandesas do século XVII o infame título de “maior bolha da história”.

Mas a ampla ignorância que o rodeia é quase tão ilustre quanto o próprio ativo: a tecnologia que o torna possível, as especificidades de seu mercado e mesmo as razões de sua existência são desconhecidas pela maior parte da população mundial.

Ainda mais grave: a complexidade e a novidade do Bitcoin e seu respectivo mercado tornam praticamente impossível uma compreensão total das forças que neles operam, o que explica a incrível divergência das tentativas de estimar seu valor.

Neste trabalho, serão discutidas algumas destas tentativas, com foco nas suposições subjacentes a cada uma e sem a pretensão de eleger uma favorita. Para tanto, assumimos a modesta hipótese de que as metodologias não podem englobar todos os fatores relevantes e que, portanto, guardam alguma razão que nunca será absoluta.

Neste processo, veremos que toda discussão sobre valor está baseada em determinadas conjecturas, com maior ou menor nível de semelhança com o mundo observável. Algumas delas são, inclusive, necessárias para justificar a própria escrita e leitura deste trabalho:

A primeira nos diz que o valor dos ativos pode diferir dos respectivos preços. Ou seja, que os processos de comunicação e processamento das informações relevantes em um mercado, assim como os mecanismos de arbitragem, podem não bastar para que um ativo seja sempre negociado pelo que verdadeiramente vale.

A segunda propõe que o valor é numericamente aproximável por meio de modelos que simulem a percepção de valor por parte dos agentes econômicos.

Quanto aos modelos em si, suas hipóteses basilares se referem aos fatores determinantes do valor e à natureza da interação deste com os primeiros. Veremos que alguns fatores podem produzir efeitos lineares ou exponenciais, por exemplo, e que sua influência pode se desdobrar em diferentes intervalos de tempo, a depender de como os agentes os percebem e reagem a eles.

Antes de examinar os modelos de valoração, porém, será necessário compreender quais demandas são supridas pelo Bitcoin e como estas se originaram. Por isso, no primeiro capítulo deste trabalho, será apresentada a evolução das tecnologias digitais, desde a criação da internet, e das crescentes preferências por eficiência e privacidade que têm acompanhado este processo.

Em seguida, será feita uma introdução à tecnologia do Bitcoin, mostrando como este pode resolver algumas questões importantes para as transações digitais. Por último, apresentamos resumidamente a evolução do Bitcoin e do ecossistema que tem se erguido à sua volta.

O segundo capítulo tratará das metodologias tradicionais de valoração. Mostraremos como os ativos têm sido divididos em categorias, de acordo com a natureza econômica dos seus determinantes de valor, para garantir que a aplicação dos modelos quantitativos seja justificada por hipóteses razoáveis.

Neste ponto, a enorme variedade de metodologias disponíveis impede que as análises sejam demasiado extensas. Nos limitamos a expor as suposições descritivas em que se baseiam para discutir os cuidados necessários a sua aplicação.

Sob este enquadramento, o terceiro capítulo trará o Bitcoin à análise: mostraremos sua inconformidade com as categorias anteriormente estabelecidas e alguns esforços que se empenharam na última década para descrever sua natureza econômica.

Esta última discussão nos permitirá, finalmente, justificar a aplicação de metodologias tradicionais e o surgimento de outras, incluindo nossa contribuição para este debate na forma de uma métrica de valoração.

Ao final do trabalho, um anexo traz o resultado de algumas das métricas discutidas. Ilustramos, com alguns gráficos, suas capacidades para identificar momentos de desvio entre preço e valor. Por fim, levantamos algumas provocações para trabalhos posteriores, propondo formas de expandir e combinar as ferramentas analíticas expostas.

Esperamos que este trabalho contribua para um debate sobre valor mais profundo e amplo, o que - acreditamos - será necessário para um ecossistema mais eficiente.

CAPÍTULO I - PRECEDENTES, TECNOLOGIA E HISTÓRIA DO BITCOIN:

I.1 - Origens

A transição para o século XXI foi marcada pelo desenvolvimento das telecomunicações. Em especial, a internet e a telefonia móvel apresentaram um potencial transformador que segue impactando padrões culturais, organizacionais e econômicos ao redor do mundo - processo definido pela OCDE (2019) como transformação digital.

Mas o que confere a essas tecnologias tamanho potencial disruptivo? O que as define é a transmissão de informações entre pontos geográficos, o que por sua vez permite a interação praticamente instantânea entre pessoas e organizações.

Nesse sentido, o principal papel exercido hoje pela telefonia móvel é nos conectar à internet em tempo praticamente integral. Recebendo via satélite o sinal que antes se restringia aos cabamentos das empresas de telefonia, hoje trocamos por meio da internet a maior parte das informações que orientam nossa vida social, política, profissional e econômica.

A internet e a economia digital

A internet, em sua definição mais crua, é um sistema interligado de redes de computadores. Em termos ligeiramente mais técnicos, é uma composição de protocolos de comunicação para troca de fragmentos de informação - chamados pacotes - entre máquinas, como nossos microcomputadores e celulares¹.

Baseia-se em conceitos propostos por Leonard Kleinrock e Joseph Licklider, no início dos anos 1960, mas só ganhou vida em 1969, quando um grupo de pesquisadores financiado pela DARPA² conectou um computador da Universidade da Califórnia em Los Angeles a outro na Stanford Research Institute (Leiner *et al.*, 2009).

Este projeto, chamado ARPANET, visava proteger da ameaça nuclear soviética a comunicação entre entidades militares estadunidenses. A redundância das informações armazenadas permitiria que, mesmo após ataques a um ou mais computadores conectados, não se perdessem os registros mantidos.

Com o sucesso dos primeiros testes, a ARPANET foi ampliada para outros centros de pesquisa e a ideia passou a ser adotada em diversos lugares, especialmente na Europa. Mas foi só em 1989 que Tim Berners-Lee criou a World Wide Web (www), um sistema de

¹ Uma definição criteriosa foi publicada em outubro de 1995 pela FNC - Federal Networking Council: *"Internet" refers to the global information system that -- (i) is logically linked together by a globally unique address space based on the Internet Protocol (IP) or its subsequent extensions/follow-ons; (ii) is able to support communications using the Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) suite or its subsequent extensions/follow-ons, and/or other IP-compatible protocols; and (iii) provides, uses or makes accessible, either publicly or privately, high level services layered on the communications and related infrastructure described herein.*

² Defense Advanced Research Projects Agency, órgão estadunidense de defesa que em alguns períodos foi chamado de Advanced Research Projects Agency (ARPA)

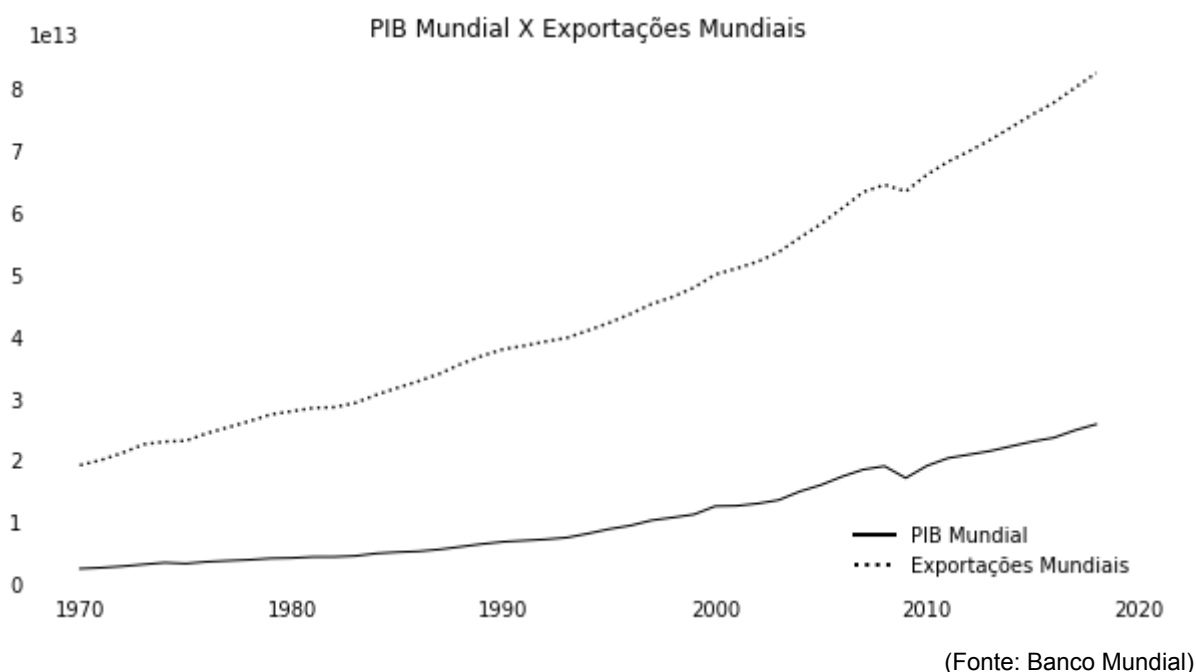
endereços virtuais que permitiria interligar as redes de computadores estabelecidas até então.

Dessa forma, conectando pontos geográficos quase instantaneamente, a internet ensejou o surgimento de novíssimos empregos, empresas e mercados. Com seus efeitos sobre o comércio - inclusive varejo - de longa distância e a internacionalização das cadeias de valor, a decorrente revolução tecnológica impulsionou o tráfego internacional de trabalhadores e mercadorias.

A relação causal entre esses fluxos e o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) global, discutida por Busse (2012) e Krugman (1990), não cabe ao escopo deste trabalho. Entretanto, vale destacar alguns potenciais efeitos positivos do comércio internacional sobre alocação de recursos; difusão de conhecimento e desenvolvimento tecnológico; e economias de escopo e escala, fatores que por sua vez tendem a impulsionar o potencial de uma economia.

Nesse sentido, especialmente nas últimas duas décadas, quando os avanços das telecomunicações foram de fato assimilados ao cotidiano nas principais economias, é notável a sincronia das elevadas taxas de crescimento da economia global com a intensificação dos fluxos de comércio internacional - vide gráfico 1.

GRÁFICO 1 - CRESCIMENTO DO PIB E DAS EXPORTAÇÕES MUNDIAIS



O problema das transferências internacionais

Entretanto, à medida que a transformação digital e a integração de mercados se desdobram, com o decorrente desenvolvimento da economia digital, enfrentam-se barreiras de naturezas diversas.

No que se refere ao trânsito de bens e serviços, um importante fator é a eficiência dos sistemas de transferências internacionais para facilitar, por exemplo, a importação de

mercadorias, a remuneração de trabalhos remotos e as remessas por trabalhadores expatriados a seus países de origem.

Isso porque essas transações enfrentam barreiras técnicas como a distância geográfica, a multiplicidade de fusos horários e moedas e a frequente dependência de intermediários, o que tende a torná-las mais lentas e caras (Bollen, 2007).

Por isso, é natural que as últimas décadas tenham assistido ao surgimento de novas soluções para o fluxo global de valores. Esta busca não surgiu com a internet, é claro, mas se torna mais urgente à medida que avança a globalização. No sentido oposto, os avanços tecnológicos que explicam a globalização costumam oferecer os insumos necessários para se desenvolverem os sistemas de transferências.

A história da Western Union, empresa líder do mercado de remessas internacionais, ilustra bem este ponto: fundada em 1851 para prover sistemas telegráficos nos EUA, em 1871 começou a aproveitar sua infraestrutura para oferecer serviços de transferência, a princípio apenas em território estadunidense.

Nos anos seguintes, adquiriu mais de quinhentos concorrentes para se firmar como uma das maiores empresas do país e a maior de seu ramo. Até o fim do século XIX, instalaria milhões de quilômetros de cabos, inclusive submarinos para facilitar remessas internacionais.

Outra empresa digna de nota é a SWIFT, criada em 1973 por um consórcio de 239 bancos em 15 países. Hoje, líder absoluta no seu ramo, era um projeto visionário que visava aproveitar as novas facilidades de telecomunicação para oferecer um sistema virtual de comunicação entre instituições bancárias. Garantia, assim, a integridade das mensagens trocadas, e, portanto, a validade das transações entre bancos de diferentes países.

As duas companhias citadas têm em comum, além da excelência nas tecnologias de comunicação, a posição de liderança em seus nichos de mercado. Isso se explica, em parte, pelo papel essencial da confiança em suas operações.

Desafiando o *status quo*, um crescente número de empresas de menor porte têm oferecido novíssimas soluções digitais intensivas em tecnologia. Assim, para manter sua posição oligopolista, as principais companhias do setor se inserem na corrida tecnológica para desenvolver sistemas de transferência cada vez mais rápidos e baratos.

O surgimento dos pagamentos digitais

O que explica o estado atual desse mercado vai além da busca por eficiência técnica: desde a popularização dos aparelhos conectáveis à internet, tem se tornado cada vez mais relevante o papel do varejo na demanda por meios de pagamento e transferência.

Em especial após a década de 1990, quando o acesso à internet passou a fazer parte do cotidiano nas principais economias, a filosofia *customer-centric* transformou os modelos de negócios neste mercado. A seguir, mostraremos como essa tendência culminou na invenção do Bitcoin, em 2009.

Em 1994, a Stanford Federal Credit Union estabeleceu a primeira linha de serviços financeiros *online*. Apesar de inovador, o sistema era tecnicamente complexo, exigindo capacitação específica para se realizarem operações como transferências e pagamentos, o que limitava o público-alvo das soluções.

No mesmo ano, contudo, surgiram outros importantes avanços nesse mercado que de fato introduziram o varejo na economia digital: o lançamento da Amazon - pioneira no ramo de *e-commerce* - e das entregas da Pizza Hut solicitadas *online*.

Em 1995, a Digital Equipment Corporation³ deu início à Milicent, uma das primeiras provedoras de pagamentos pela internet. À época, seu objetivo era permitir a compra *per-use*⁴ de mídias e outros ativos digitais.

O PayPal, hoje principal processador de pagamentos no mundo, foi fundado em 1998 sob o nome Confinity. Em seu primeiro triênio, enfrentou a concorrência da plataforma de *e-commerce* eBay e processos jurídicos por bancos que alegavam desconfiar que o sistema fosse de fato seguro.

Primeiras moedas digitais

Vimos acima que as tecnologias financeiras se apoiam, essencialmente, em protocolos de comunicação. Outra característica comum às soluções apresentadas até aqui é o poder dos provedores sobre o fluxo de informação e, portanto, sobre os dados de seus clientes - o que demanda o depósito de grande confiança em tais empresas.

Essa questão intrigava estudiosos à época, que já desde os anos 1970 buscavam criar soluções de privacidade para os usuários da internet. Nesse contexto, David Chaum - importante criptógrafo dos primórdios da internet - publicou um artigo (1982) que propunha um sistema de pagamentos não rastreáveis no sistema bancário tradicional.

A tecnologia, chamada *blind signature*, permitia a uma instituição bancária verificar a validade das operações de seus clientes e executá-las mesmo sem conhecer as informações mais relevantes, como destinatário, remetente e valor a ser transferido.

Em 1990, Chaum incorporou as *blind signatures* à DigiCash, sua companhia recém fundada. Seus serviços foram oferecidos aos clientes do estadunidense Mark Twain Bank, entre 1995 e 1998, e algumas outras parcerias foram estabelecidas com bancos da Europa e Austrália, mas as vantagens oferecidas não lograram atrair grande atenção do público.

Por outro lado, a tecnologia e o uso de uma moeda própria - o eCash - atraíram a atenção de outros cientistas e empreendedores. Ainda na mesma década, a divisão de criptografia da NSA (Law *et al.*, 1997) publicaria um artigo com diretrizes para a criação de dinheiro eletrônico⁵ e diversas outras moedas semelhantes foram propostas.

³ Conhecida como DIGITAL, foi uma das maiores produtoras de computadores, sistemas e *software* entre a década de 1960 e 1998, quando foi adquirida pela Compaq.

⁴ Também chamada de *pay-as-you-go*, modalidade em que o usuário paga separadamente por cada unidade de produto ou serviço consumida, em oposição aos esquemas de assinatura.

⁵ *National Security Agency Office of Information Security Research and Technology*

O termo criptomoeda foi cunhado por Wei Dai, que em 1998 propôs a B-money como um meio de pagamento digital escasso. No mesmo ano, o ilustre criptógrafo e jurista Nick Szabo criou o Bit Gold, outra moeda digital cujo mecanismo de validação - Prova de Esforço, do inglês *Proof of Work* - seria aproveitado pelo Bitcoin.

Da “bolha ponto-com” à crise de 2008

Como vimos acima, nos anos 1990 a internet transformou os serviços financeiros, mas muitos outros setores seriam igualmente abalados. Durante a segunda metade da década, as promessas de disrupção fizeram desta tecnologia uma panaceia - o que nos levaria à bolha conhecida como “ponto-com”.

A “bolha ponto-com” demonstraria as grandes expectativas do mercado em torno de soluções digitais. Dez anos depois, a fragilidade do sistema financeiro global ante fenômenos especulativos, como bolhas e pânicos, ficaria clara com a chamada “Crise dos Subprimes”.

O Bitcoin foi lançado no fim desta última, testemunhando os esforços para atenuar os efeitos sistêmicos da crise financeira. Analisar os anos precedentes nos permitirá i) compreender o surgimento da demanda pelo Bitcoin, com a difusão da internet e de ideologias como o anarcocapitalismo; e ii) entender a dinâmica de bolhas especulativas, como as que seriam vistas na primeira década do Bitcoin e de seu ecossistema.

Voltemos, pois, aos anos 1990: com a crescente diversidade de aplicações comerciais para a internet, novas empresas surgiam a todo momento, buscando abocanhar uma parte do grande fluxo de capital aplicado em rodadas de investimento anjo, *private equity* e, em alguns casos, oferta pública de ações - *IPOs*, do inglês *Initial Public Offerings*.

O Yahoo!, fundado em 1994, foi um bom exemplo disso: no dia em que suas ações foram listadas, em abril de 1996, fecharam em alta de aproximadamente 270% frente ao preço do IPO - encerrando o dia a US\$ 33,00 após alcançar alta de US\$ 43,00. Em janeiro de 2000, as ações do Yahoo! chegaram a ser negociadas por US\$ 500,13. Dois meses depois, a Nasdaq encontraria sua alta histórica e teria início um duro processo de queda.

Já em dezembro de 1996, o então presidente do FED⁶, Alan Greenspan, alertara sobre os sintomas de sobrevalorização nos mercados financeiros⁷. Apesar de sua usual cautela em pronunciamentos - conhecida como *greenspeak* - o economista definiu o entusiasmo dos investidores com o termo “exuberância irracional”, gerando imediata pressão vendedora nas principais bolsas.

A expressão deu nome a um livro publicado por Robert Shiller (2000) sobre bolhas especulativas em mercados financeiros. O trabalho busca elucidar as razões para este tipo de comportamento entre investidores, que mais recentemente - e, em especial, entre os entusiastas de criptoativos - seria conhecido como FOMO⁸.

⁶ *Federal Reserve System*, órgão americano equivalente a um Banco Central

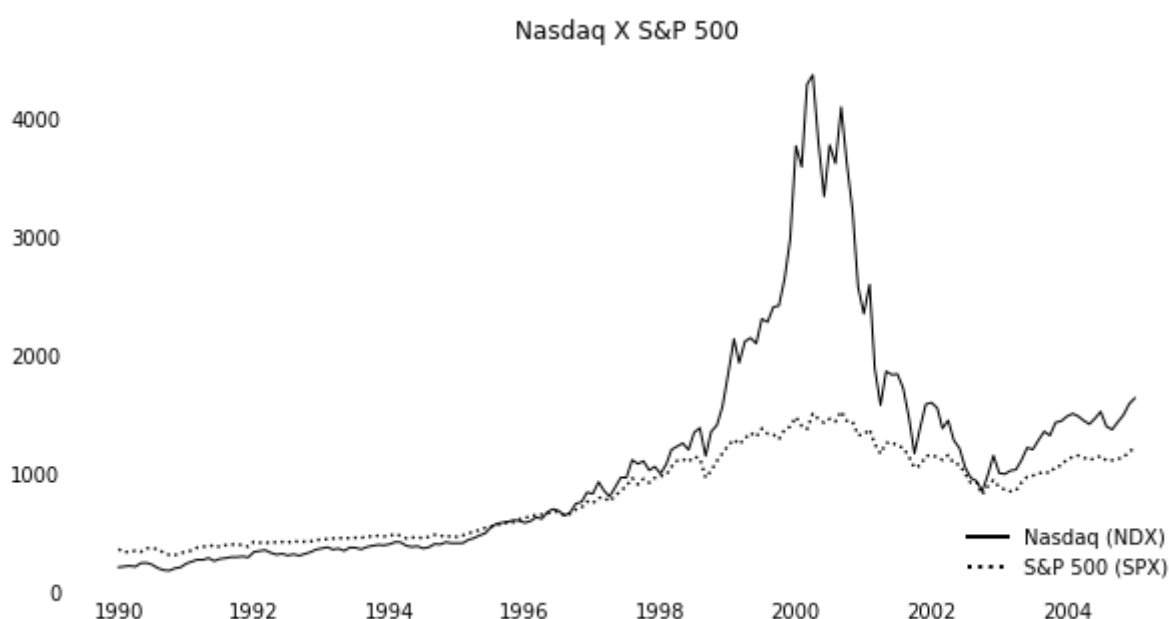
⁷ A fala completa de Greenspan está disponibilizado pelo FED neste link: <https://www.federalreserve.gov/boarddocs/speeches/1996/19961205.htm>

⁸ Do inglês, *Fear-of-Missing Out*

Também no final de 2000, ficou claro que a euforia dos mercados havia chegado ao fim. Após um longo ciclo de otimismo, empresários e investidores perceberam que grande parte das promessas da internet ainda levaria anos para se consolidar. Muitas empresas, justificadas por prospecções desmedidas quanto ao nível de demanda, cessaram ou reduziram suas atividades.

O gráfico 2 ilustra o ciclo de otimismo na década de 2000 em torno das empresas de tecnologia, algumas das quais listadas na Nasdaq, e o forte impacto da queda na virada do milênio:

GRÁFICO 2 - ÍNDICES DE AÇÕES DOS EUA: GERAL E DE TECNOLOGIA



(Fonte: Investing.com)

Mas é de se questionar se a lição foi de fato aprendida: nos anos seguintes, a facilidade de crédito e a desregulamentação do setor financeiro estadunidense incitaram a formação de uma bolha no setor imobiliário - acompanhada de crescente endividamento doméstico por meio de hipotecas e securitização das dívidas contraídas (Wray, 2007).

Diferentes autores apontam causas distintas para a crise, como a desregulamentação e a acelerada globalização dos fluxos de capital (Marichal, 2016). A leitura de Minsky (1982) também sugere um componente cíclico envolvido na formação desse fenômeno: superada a “bolha ponto-com”, a relativa estabilidade permitia maior confiança no cenário econômico, gerando expectativas crescentemente otimistas - e, assim, instabilidade (Wray, 2007).

Em seu famoso discurso, em 1996, Greenspan abordara esta questão com um argumento semelhante: dado que o valor de empresas é ponderado por uma taxa de desconto, conforme veremos mais adiante, a manutenção de baixas taxas de inflação e juros implica menores fatores de desconto para o preço presente de empresas, o que pressiona à alta das ações.

Seja como for, o estouro da bolha imobiliária teve impacto global e precipitou uma série de falências no setor financeiro. Os bancos mais alavancados foram à falência ou liquidados, como o Lehman Brothers e o Merrill Lynch, enquanto outros com elevado risco sistêmico receberam recursos do Tesouro estadunidense para se reerguer.

Esta prática deu origem ao termo *too big to fail*, utilizado para se referir àqueles bancos que não tiveram de pagar por sua imprudente gestão de risco. Também afetou a confiança do público nos bancos e nas políticas utilizadas para conter os efeitos sistêmicos.

I.2 - A tecnologia do Bitcoin

Foi precisamente neste contexto que surgiu o Bitcoin. A 31 de outubro de 2008, sob o pseudônimo Satoshi Nakamoto, foi enviado a uma lista de e-mails o artigo (Nakamoto, 2008) que descrevia tecnicamente o primeiro sistema de dinheiro eletrônico desintermediado.

De forma prática, o Bitcoin surgiria em 3 de janeiro do ano seguinte. Para atestar a data e o momento histórico de sua criação, o primeiro registro na rede - chamado bloco gênese - trazia uma manchete do dia no jornal britânico The Times: *“Chancellor on brink of second bailout for banks”*.

Cypherpunks e outros ideólogos do anarcocapitalismo interpretam a citação como uma provocação sobre a instabilidade do sistema bancário mundial. Alguns afirmam ser aquele o início de uma nova era do capitalismo, em que a confiança nos intermediários será substituída por algoritmos a serem governados por seus próprios usuários.

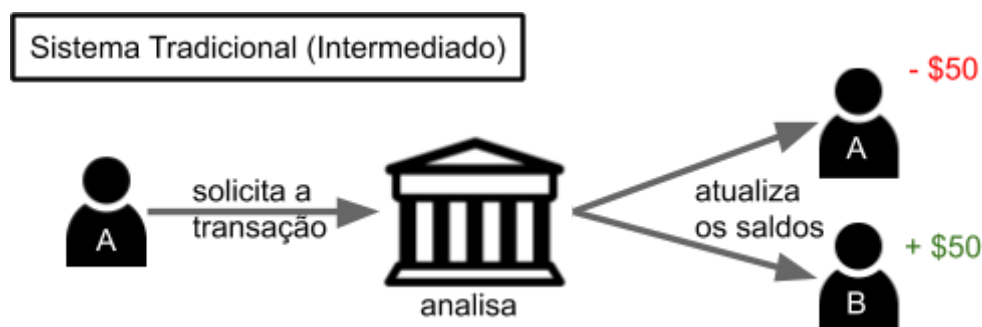
Veremos, a seguir, uma breve explanação desta tecnologia.

P2P

Conforme vimos acima, os primeiros anos da internet já haviam instigado a busca por meios de pagamento e outros sistemas financeiros que dispensassem o papel de intermediários.

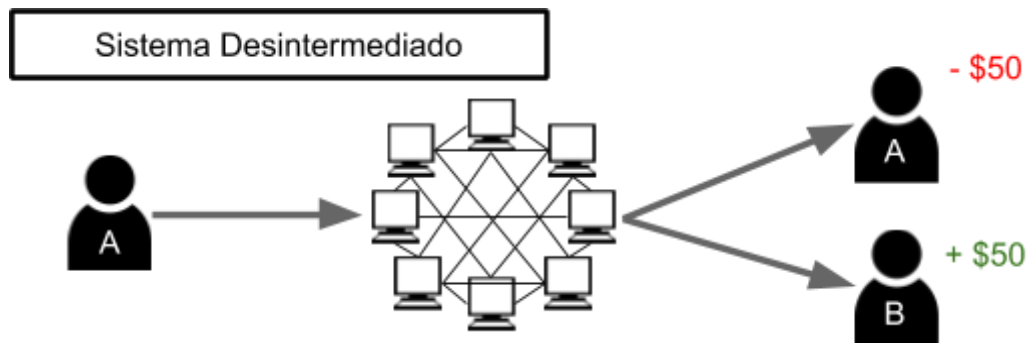
Por isso, o ponto de partida das criptomoedas é o conceito de meio de pagamentos desintermediado. Em termos práticos, isso significa um sistema suficientemente seguro para que os próprios usuários sejam responsáveis por validar, executar e armazenar as operações - papel tradicionalmente exercido por bancos.

Para compreender a importância e novidade dessa tecnologia, vejamos o que ocorre em um sistema bancário tradicional: a cada transação solicitada, o banco confere i) se o saldo do solicitante é suficiente; e ii) se este tem o direito de movimentar aqueles recursos - o que se faz pela apresentação de senha, biometria ou *token*. Após a verificação, a transação é executada e os saldos se atualizam no sistema.



Assim, os usuários apenas solicitam as operações e visualizam o resultado em suas respectivas contas. Em uma rede distribuída, pelo contrário, os próprios usuários fornecem os recursos computacionais necessários para manter e atualizar o registro. Para isso,

recebem taxas e outros incentivos econômicos, de forma a alinhar o interesse individual com a integridade do sistema de pagamentos.



Escassez

Mas, se as primeiras formas de dinheiro - como sal, gado ou conchas - não exigiam intermediários, por que tardou tanto em surgir uma moeda digital desintermediada? A dificuldade é imposta pelos próprios fundamentos técnicos da internet: toda comunicação por esse meio envolve a cópia dos “pacotes” de informação a serem trocados entre, por exemplo, um usuário de um site e o servidor acionado.

Para trazer exemplos do cotidiano, podemos pensar nos arquivos de imagem ou texto que se anexam a um e-mail: invariavelmente, o remetente preserva seu “exemplar”, enquanto a máquina do destinatário recebe as instruções para reproduzir localmente aquele ativo digital. O resultado é que, a cada compartilhamento, a “oferta” daquele bem virtual se expande.

Essa forma de compartilhamento é eficaz para grande parte dos arquivos que circulam no meio digital, mas incompatível com a raridade que se espera de qualquer forma de dinheiro. Basta imaginar, por exemplo, o valor que as moedas teriam se nos fosse possível criá-las indefinidamente e com tanta facilidade.

Por isso, deve-se garantir que nenhum usuário será capaz de gastar a mesma unidade de moeda mais de uma vez após recebê-la - problema conhecido como gasto duplo. E, sem um intermediador que vigie o comportamento dos demais, esse papel de fiscalização deve ser distribuído entre os participantes da rede.

Registro Distribuído

É por isso que o registro do Bitcoin é compartilhado com seus usuários: em lugar de recorrer a um registro central, controlado por uma instituição financeira, **cada usuário pode** baixar o histórico para **conferir a validade de todas as transações passadas**. A partir deste ponto, também torna-se apto a policiar as novas transações que se executam na rede, contribuindo para a validação das operações futuras.

Assim, permite-se que um grande número de máquinas examine as transações antes que estas sejam executadas e armazenadas. O próximo passo é propagá-las para que todos os

usuários contem com a mesma versão do registro até o momento - ou seja, com o mesmo histórico de transações e os saldos decorrentes.

Mas propagar transações contínua e individualmente exigiria comunicação rápida e estável entre todos os nós da rede, já que diferenciais no intervalo de propagação entre os usuários poderiam ser aproveitados de forma oportunista⁹. Por isso, as novas transações são agrupadas em unidades, chamadas blocos, que se formam em intervalos de aproximadamente dez minutos e podem conter milhares de transações.

Cada bloco compreende as informações essenciais das transações nele contidas: quantia, assinatura digital dos remetentes, endereços de origem e destino. A integridade destes dados é garantida atribuindo a cada bloco um código *hash*.

Hashes são códigos de comprimento fixo atribuídos a conjuntos de dados. Boas funções *hash* garantem que i) qualquer alteração dos dados, sutil ou não, gere um *hash* inteiramente diferente; e ii) não haja coincidência de *hash* entre quaisquer dos conjuntos - fenômeno conhecido como colusão, que no caso do Bitcoin possibilitaria a alteração de elementos armazenados no registro¹⁰.



Como esse código é sensível a qualquer alteração nos dados que lhe dão origem, a corrupção de dados armazenados em um bloco gera um *hash* inteiramente diferente para o conjunto de informações¹¹.

E, sendo o bloco anterior um dos insumos para o *hash* de cada bloco, a alteração de qualquer dado passado invalida todo o histórico subsequente em um “efeito dominó”: um agente mal intencionado poderia modificar o destinatário ou o valor de uma transação guardada no registro, mas isso alteraria o código *hash* do bloco em que aquela transação está armazenada e, por consequência, o *hash* de todos os blocos subsequentes.

⁹ O intervalo de propagação, chamado latência, varia de acordo com a distância entre as máquinas e a infraestrutura de comunicação. A princípio, os usuários com maior latência sofrem com assimetrias temporárias de informação que poderiam ser exploradas pelos demais. Uma solução é adotar sistemas síncronos de propagação: as interações são agrupadas em períodos longos o bastante para que, até a próxima propagação, todos tenham recebido o último bloco de informações.

¹⁰ Outra propriedade importante de funções *hash* é que a computação do *hash* a partir dos dados é consideravelmente mais custosa do que a necessária para se comprovar a correspondência entre o *hash* e os dados. A complexidade do algoritmo torna impraticável a engenharia reversa - obtenção dos dados a partir de seu *hash*. Desta forma, ainda que haja possíveis colusões a serem exploradas, o esforço computacional exigido para encontrá-las é estatisticamente proibitivo.

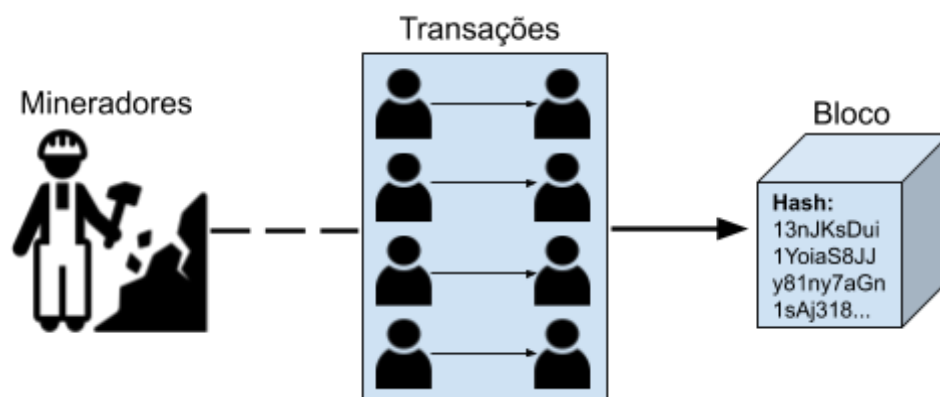
¹¹ Uma visualização compreensível deste sistema está disponível no site de Anders Brownworth, ex-professor do MIT - Massachusetts Institute of Technology - e engenheiro de software da Circle: <https://andersbrownworth.com/blockchain/>

É por essa concatenação das informações armazenadas que a tecnologia do Bitcoin - *blockchain* - é considerada um registro imutável.

Consenso

A criação de blocos é, portanto, vital para a manutenção da plataforma. Para garantir sua continuidade ao longo do tempo, essa atividade é remunerada com taxas de transação e com a inflação da rede: a cada bloco, certo montante de novas moedas é emitido e passado a um usuário responsável, chamado minerador.

O papel de um minerador é descobrir o código *hash* correspondente ao conjunto de transações aprovadas. Assim, diz-se que o minerador “encontra” um bloco: seus processadores testam, de forma aleatória, a maior variedade possível de *hashes* até obter aquele compatível com o conjunto de recém-validadas.



Dado que o número de tentativas é proporcional à qualidade e à quantidade dos equipamentos dedicados, a probabilidade de cada minerador “encontrar” o próximo bloco é proporcional a seu poder computacional empenhado - medido em *hashes* por segundo, ou H/s. Desta forma, analogamente ao que ocorre com metais preciosos, os mineradores competem em esforço - neste caso, computacional - para conquistar as novas unidades.

Cabe aqui uma observação: a “descoberta” do próximo *hash* depende da capacidade computacional devotada pelos mineradores, mas também de um componente aleatório - pode ocorrer em intervalo maior ou menor que os desejados dez minutos, descolando temporariamente a curva de emissão daquela prevista pelo código. Analisadas em períodos suficientemente longos, estas flutuações apresentam efeitos desprezíveis sobre a taxa de inflação projetada.

Por outro lado, aumentos no nível de poder computacional reduzem o intervalo de tempo entre os blocos - acelerando a emissão. Para superar esses desequilíbrios no longo prazo, a rede tem um sistema de ajuste automático: a cada 2016 blocos - aproximadamente 14 dias -, o comprimento do *hash* de cada bloco é alterado para que se torne mais ou menos difícil de encontrar, levando o intervalo médio entre blocos de volta aos 10 minutos.

Emissão

Dessa forma, a plataforma consegue manter estável a taxa de inflação e o intervalo de tempo esperado para se incluir uma transação no registro.

No que toca a taxa de inflação, essa previsibilidade é um importante diferencial em comparação com o ouro e as moedas fiduciárias: o ritmo de expansão da base monetária está determinada no protocolo da rede, em oposição aos fatores aleatórios e discricionários, respectivamente, que regem a emissão dos meios de pagamento citados.

Entretanto, a escassez característica dos metais preciosos é observada de forma semelhante no Bitcoin: a emissão de bitcoins por bloco é reduzida à metade todo quadriênio e será, no futuro, tão reduzida frente à oferta circulante que a inflação será praticamente nula¹². Neste momento, o incentivo para a atuação dos mineradores será esperado das taxas de transação.

Governança

Mas essa e outras especificações da plataforma podem ser revistas pelos usuários. Sendo o código do Bitcoin aberto à leitura, crítica e edição por qualquer um, é possível implementar mudanças que tornem a rede mais eficiente ou alinhada com os interesses de seus usuários.

O mecanismo de governança, no entanto, não é a votação. É por adesão que os participantes decidem as melhorias que devem ser implementadas no protocolo, o que leva a eventuais bifurcações - *forks* - na comunidade de usuários e no próprio histórico da rede.

Isso porque uma proposta de alteração pode ser aderida por certos usuários e rejeitada pelos demais. Se essa mudança impossibilitar que os dois grupos sigam interagindo por meio da plataforma, a rede será duplicada e cada registro de transações será, a partir de então, independente do outro. Este fenômeno, conhecido como *hard fork*, dá origem a uma nova rede com histórico e base monetária idênticos aos daquela original.

Mas as dinâmicas de demanda dos ativos “gêmeos” serão, provavelmente, suficientemente diversas para diferenciar os preços de mercado. Poderão derivar da percepção pública sobre fatores fundamentalistas quantitativos ou qualitativos, mas também de decisões menos embasadas pelos agentes econômicos envolvidos.

¹² Considerando, ainda, que não há qualquer mecanismo para reaver senhas ou bitcoins enviados para endereços errados, a perda de moedas é uma realidade da rede - o que poderá tornar a rede deflacionária, quando a emissão por período for menor do que as quantias perdidas por usuários.

I.3 - Breve história do Bitcoin

GRÁFICO 3 - PREÇO DO BITCOIN



(Fonte: Coin Metrics)

2008 a 2010 - O Gênesis

Como dito anteriormente, no dia 31 de outubro de 2008, o artigo “*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*” foi enviado a uma lista de e-mails sob o pseudônimo Satoshi Nakamoto. A identidade do(s) autor(es) nunca foi descoberta.

Em 3 de janeiro de o ano seguinte, teve início a cadeia de blocos do Bitcoin, com a mineração do primeiro bloco (chamado *Genesis block*) por Satoshi Nakamoto.

Em novembro, Satoshi iniciou o site bitcointalk.org, um fórum online dedicado às questões sobre o Bitcoin, seu ecossistema e sua tecnologia.

A primeira transação real a utilizar a rede ocorreu em 2 de maio de 2010, quando o programador Laszlo Hanyecz pagou 10 mil BTC por uma pizza. Como não havia, à época, pizzeria que aceitasse bitcoins, um usuário do Bitcoin Talk se dispôs a receber a quantia em bitcoins e repassá-la em dólares à pizzeria Papa John. Ainda hoje, essa data é lembrada como “*Bitcoin Pizza Day*” e comemorada pelos entusiastas da criptomoeda.

2010 - 2014 - O início do mercado e a primeira crise

Em março de 2010, lançou-se o bitcoinmarket.com, a primeira bolsa de negociação¹³ de bitcoins. Logo surgiram concorrentes, como a Mt. Gox, que viria a ser a maior empresa do mercado nos anos seguintes.

Em fevereiro de 2011, o Bitcoin atingiu a paridade com o dólar (1 BTC = 1 USD). Poucos meses depois, surgiam os primeiros criptoativos alternativos ao Bitcoin - *altcoins*: destacamos o Namecoin, considerado a primeira *altcoin*, e o Litecoin, que pretendia exercer, com relação ao Bitcoin, o papel da prata nos padrões bimetálicos centrados no ouro.

Em 2013, o ecossistema do Bitcoin já começava a crescer em relevância. A Mt. Gox exercia um papel central neste cenário, sendo responsável por aproximadamente 70% do volume global de negociações em BTC.

No mesmo ano, o poder computacional dedicado à rede Bitcoin teve um crescimento acentuado. Equipamentos projetados especificamente para a mineração¹⁴ começavam a operar em larga escala, reduzindo drasticamente as recompensas obtidas por processadores comuns - CPUs.

Em outubro, o FBI impôs o fim de um mercado digital ilegal chamado Silk Road, que aceitava Bitcoin e oferecia soluções de privacidade para seus usuários. Acusado de criar o *site* em 2011, Ross William Ulbricht foi preso e condenado à prisão perpétua.

No início de 2014, os clientes da Mt. Gox enfrentavam dificuldades para realizar saques. Após uma série de interrupções por alegadas questões técnicas, a empresa declarou o sumiço de 850 mil BTC, sendo 750 mil pertencentes às carteiras de clientes. Em março, a empresa foi falida.

Os últimos meses haviam impactado a confiança dos investidores em Bitcoin: com uma onda de vendas, o preço de mercado caiu aproximadamente 50% e não se recuperaria até 2016.

2014 a 2017 - Ethereum, ICOs e a segunda crise

Independente das dinâmicas de preço, o ecossistema do Bitcoin se desenvolvia de forma rápida e profusa.

Para proteger os investidores das fortes oscilações do mercado, surgiam os primeiros criptoativos lastreados em moedas fiduciárias. Chamados *stablecoins*, permitem evitar as fricções e custos envolvidos na movimentação digital de moedas soberanas. Neste nicho se destaca o Tether, hoje responsável por mais de 50% do volume de negociação de Bitcoin - dados ajustados do coinmarketcap.com a 21 de março de 2020.

¹³ No mercado tradicional, o papel de bolsas e corretoras é claramente dividido: as primeiras fornecem o ambiente de negociação dos ativos, com um livro de ordens unificado, enquanto as corretoras são responsáveis pela custódia e transferência dos ativos entre os agentes. No ecossistema do Bitcoin, entretanto, é comum confundir o papel de bolsas e corretoras porque ambas as funções costumam ser desempenhadas pela mesma instituição.

¹⁴ *Application Specific Integrated Circuits - ASICs* -, aparelhos desenhados para tarefas específicas. É o caso de calculadoras e controles-remoto, em oposição aos microcomputadores domésticos.

No que se refere às aplicações da tecnologia, buscava-se expandir a segurança do registro a protocolos que realizassem operações na rede de forma automática. Estes protocolos logo adotaram o nome de contratos inteligentes, aproveitando o conceito proposto em 1994 por Nick Szabo.

Mas esbarravam em uma limitação das criptomoedas como o Bitcoin: priorizando a segurança e a simplicidade das operações, Nakamoto limitara as funcionalidades da rede àquelas esperadas de um meio de pagamento, o que a qualifica como uma plataforma descentralizada de uso específico - assim como a calculadora é um computador de uso específico.

Uma ampliação radical das aplicações da tecnologia exigia o desenvolvimento de plataformas de uso geral¹⁵, o que ensejou o trabalho de programadores de todo o mundo. Uma iniciativa deste tipo se destaca desde então: a plataforma Ethereum, lançada em julho de 2015, é hoje conhecida como “o maior computador do mundo”. Sua flexibilidade permite, além dos contratos inteligentes, a criação de outros criptoativos e de organizações descentralizadas.

Outros avanços foram propostos, em 2015, para impulsionar a atividade do Bitcoin: SegWit¹⁶, uma alteração na forma que se armazenam as assinaturas digitais no registro, permite maior escalabilidade; e Lightning Network¹⁷, uma solução para micropagamentos com mais rapidez e mais privacidade.

Em 2016, teve início o desenvolvimento de um ambiente financeiro mais complexo em torno do Bitcoin: a plataforma de derivativos BitMEX lançou os primeiros swaps Bitcoin-dólar.

No ano seguinte, o lançamento de tokens - *ICOs*, do inglês *Initial Coin Offerings* - no Ethereum atingiu grande popularidade. Como a plataforma não está baseada em jurisdição alguma, descobriu-se que desta forma seria possível driblar as exigências de reguladores do mercado de capitais - o que atraiu uma variedade de projetos de tecnologia.

Até o final de 2017, quando o preço do Bitcoin atingiu sua alta histórica, seriam captados aproximadamente US\$ 6 bilhões por meio de ICOs. Em 2018, dois projetos - EOS e Telegram - encerravam seus ICOs com aproximadamente US\$ 7 bilhões captados.

Mas a virada do ano concluía, também, uma fase de otimismo extremo: em agosto, o Bitcoin sofreu sua última grande bifurcação, com a criação do Bitcoin Cash - BCH; em setembro, agentes reguladores da China preocupados com a especulação proibiam a atividade de *exchanges* e ICOs.

Em dezembro, o lançamento dos contratos futuros de Bitcoin pela CME¹⁸ marcou o fim da fase altista. O evento era antecipado por investidores como um marco no amadurecimento

¹⁵ Conhecidas como *Turing-complete*, em homenagem a Alan Turing

¹⁶ Proposto no github do Bitcoin no link a seguir: <<https://github.com/bitcoin/bips/blob/master/bip-0141.mediawiki>>

¹⁷ As principais informações do projeto são mantidas no site <<https://lightning.network/#intro>>

¹⁸ Plataforma de derivativos da CME Group Inc, opera nas bolsas de Chicago e Nova York.

do mercado, gerando euforia ao longo do ano, mas a plataforma abriu suas atividades com um enorme volume de vendas - instaurando uma longa e intensa queda de preço.

2018 até hoje - A institucionalização

O ano de 2018 começou com a derrocada dos preços, mas ainda haveria outras pressões contra o mercado: ainda em janeiro, a Coreia do Sul proibia a negociação de criptomoedas anônimas¹⁹; o Facebook proibiu anúncios virtuais focados em criptoativos, medida que, em março, seria adotada pelo Twitter e pelo Google.

Autoridades nacionais reagiam de formas diversas: o presidente da Rússia, Vladimir Putin, prestou elogios à tecnologia *blockchain*; e o governo venezuelano lançou em fevereiro a criptomoeda estatal Petro, que nunca alcançou sucesso comercial.

Por outro lado, a FINMA²⁰ (2018) divulgou sua diretriz para identificar os criptoativos e ICOs que lhe cabe regular; a SEC (2018)²¹ também se agitava para frear ICOs fraudulentos; o Bank of England salientava os riscos envolvidos por criptoativos; e, poucos meses depois, o governo chinês ameaçaria fechar as plataformas de negociação baseadas no país.

Grandes empresas aproveitavam o momento de mercado para se posicionar: a ICE²² anunciava seus primeiros passos para estabelecer uma plataforma de derivativos de Bitcoin, firmando parcerias com gigantes, como Microsoft e Starbucks. Em setembro, surgia a primeira *stablecoin* regulada nos EUA - Gemini Dollar, mantida por uma subsidiária da Goldman Sachs.

Aproximadamente onze meses após atingir a região dos US\$ 20 mil, o Bitcoin encerrava o mês de novembro com preço inferior a US\$ 4 mil.

No início de 2019, importantes avanços marcavam o cenário institucional em torno do BTC: em fevereiro, um fundo de pensão na Virgínia, EUA, começou a investir em criptoativos por meio da Morgan Creek Digital firm; no mês seguinte, a SEC encerrou deliberações de 4 anos sobre a natureza econômica do Ether, concluindo que este não é um ativo mobiliário - e, portanto, não cabe a seu escopo regulatório.

Mas, ainda em março, os usuários da *stablecoin* Tether perceberam uma mudança suspeita no *site* oficial da companhia: na declaração sobre as reservas referentes ao montante emitido, a empresa agora admitia não manter todos os recursos em dinheiro, mas em “*traditional currency and cash equivalents*”.

¹⁹ A exemplo de Monero e ZCash, criptomoedas com soluções de privacidade que permitem a seus usuários transacionar sem expor informações sensíveis (como quantias, destinatários e saldo na plataforma).

²⁰ FINMA - Autoridade Federal de Vigilância do Mercado Financeiro -, órgão regulador suíço com atribuições semelhantes às da CVM.

²¹ Securities and Exchanges' Commission, órgão regulador estadunidense com atribuições semelhantes às da CVM - Comissão de Valores Mobiliários. O relatório anual de 2018 da instituição demonstra a importância, à época, de se conter os riscos dos ICOs.

²² Intercontinental Exchange, controladora de importantes empresas como a New York Stock Exchange.

Em abril, a Procuradoria Geral de Nova York abria um processo contra a iFinex - controladora da Tether Limited -, acusando-a de emitir US\$ 850 milhões em *stablecoin* para cobrir perdas de sua outra subsidiária, a Bitfinex. Em sua resposta à acusação, a empresa afirmou que suas reservas em espécie representavam 74% do total de Tether (USDT) emitido, sendo o restante composto de títulos de dívida.

A 7 de maio, a Binance, maior *exchange* de criptoativos, assumiu perdas equivalentes a US\$ 40 milhões após um roubo a uma de suas carteiras virtuais. A resposta foi crucial para a empresa consolidar sua posição no mercado cripto, especialmente no ano em que iniciou suas operações com derivativos, passou a negociar dezenas de moedas soberanas e abriu suas portas para investidores dos EUA.

Também no início de maio, o Facebook anunciava seu plano de captar US\$ 1 bilhão para desenvolver uma moeda digital em parceria com gigantes como Visa e MasterCard. A empreitada atraiu a atenção de diversas empresas interessadas em colaborar, assim como a desconfiança de órgãos nacionais e internacionais.

Sua suspensão foi decretada em julho pelo Congresso estadunidense, que alegava “*privacy, trading, national security, and monetary policy concerns for not only Facebook’s over 2 billion users, but also for investors, consumers, and the broader global economy*”²³. Nos meses seguintes, importantes parceiros como o PayPal renunciariam sua participação no projeto.

Neste contexto, o preço do Bitcoin ultrapassara a marca dos US\$ 10 mil pela primeira vez em 15 meses. Mas ao final de julho, com o colapso da *exchange* americana Coinbase, a fase de apreciação daria lugar a mais uma intensa queda.

Em setembro, eram negociados os primeiros contratos futuros da Bakkt, plataforma de negociação criada pela ICE.

Em novembro, a mineração de criptoativos deixava de ser considerada um obstáculo para a política industrial chinesa. A decisão coube à Comissão de Reforma e Desenvolvimento Nacional da China, que havia anunciado em abril sua intenção de controlar a atividade no país.

Outra notícia positiva vinha da Índia: o banimento absoluto de criptoativos, pretendido anteriormente pelo governo, fora adiado e se divulgaram os planos de se criar uma moeda digital nacional.

²³ A carta completa, escrita por Maxine Waters em nome do Comitê de Serviços Financeiros do Congresso, pode ser encontrada no *link*: <https://financialservices.house.gov/news/documentsingle.aspx?DocumentID=404009>

CAPÍTULO II - TAXONOMIA E VALORAÇÃO DE ATIVOS TRADICIONAIS

Neste capítulo, apresentam-se algumas ferramentas tradicionais de taxonomia e valoração. Visamos, no capítulo seguinte, compreender sob que hipóteses esses modelos podem ser aplicados ao Bitcoin e que adaptações serão necessárias.

No que se refere aos ativos tradicionais, em primeiro lugar será discutida a taxonomia utilizada para classificá-los de acordo com as forças econômicas a que estão sujeitos. Dessa forma, poderemos assentar algumas hipóteses sobre a origem e derivação de valor desses ativos.

Em seguida, exploramos os modelos de valoração mais utilizados no mercado tradicional. Discutiremos os pressupostos de cada metodologia, os casos em que são aplicáveis e alguns riscos provenientes de seu uso.

II.1 - Taxonomia

Não é possível valorar um ativo sem considerar, primeiro, os determinantes do seu valor e a natureza de suas interações. Por isso, veremos a seguir como os sistemas de classificação nos servem para garantir que cada modelo quantitativo será baseado em prerrogativas cabíveis.

No seminal artigo “What are asset classes, anyway?”, Robert Greer define uma classe de ativo como “um conjunto de ativos que guardam similaridades econômicas fundamentais entre si e têm características que os distinguem dos demais” (Greer, 1977, tradução nossa). O artigo estabeleceu as chamadas “superclasses de ativos”, se distinguindo entre i) ativos de capital; ii) consumíveis/transformáveis; e iii) reservas de valor.

Um ativo de capital, como os títulos de dívida e propriedade, gera receitas para seus detentores. Pela escolha intertemporal implícita entre seu preço de aquisição e as rendas futuras, em sua valoração é sujeito a taxas de desconto pelos investidores - este último conceito será explorado mais a fundo a seguir, na discussão sobre valoração.

A segunda classe se define pela ausência de fluxos de caixa, assim como pela possibilidade de consumo ou transformação dos ativos. É o caso das commodities, como milho, petróleo e minérios: suas flutuações de preço respondem menos a determinantes do “valor intrínseco” do que aos níveis de oferta e demanda.

Por último, Greer define residualmente as reservas de valor como ativos que não garantem rendas futuras nem se podem consumir/transformar. São, contudo, utilizados para preservar ou incrementar riqueza acumulada. Alguns dos casos mais conhecidos são as obras de arte, os vinhos e as moedas.

Mais recentemente, porém, o autor observa que nem sempre os ativos de uma classe terão altos níveis de correlação entre si ou baixa correlação com os demais. As “similaridades

econômicas fundamentais” se referem aos determinantes, isto é, à natureza das forças a que seu valor está exposto (Greer, 2018).

Além disso, as fronteiras entre essas classes não são sempre claras: imóveis, por exemplo, podem ser usados como reservas de valor ou para gerar renda, por meio de aluguel; o ouro, por sua vez, pode ser transformado pela indústria ou entesourado para servir como reserva de valor.

Uma abordagem mais prática, então, divide os ativos investíveis entre categorias mais específicas, mutuamente excludentes: títulos de propriedade - *equity* -, títulos de dívida - *bonds* -, imóveis, *commodities*, derivativos, moedas e investimentos alternativos.

No próximo capítulo, discutiremos mais a fundo as particularidades do Bitcoin que o aproximam e, ao mesmo tempo, o excluem de cada uma dessas categorias. Antes, porém, exploramos as metodologias desenvolvidas para a valoração de algumas destas classes, estabelecendo as bases sobre as quais poderemos discutir métodos cabíveis a uma criptomoeda.

II.2 - Introdução à Valoração

Nesta seção, exploramos a base teórica de alguns métodos de valoração, explorando os casos de aplicação e as limitações de cada modelo.

Para investidores, modelos de valoração são particularmente relevantes para apontar ativos subvalorizados ou com grande potencial de apreciação; no caso de empresas, servem ainda aos processos de fusão e aquisição e aos procedimentos das finanças corporativas, que visam maximizar o valor das companhias para seus acionistas (Damodaran, 2012).

Os métodos se dividem, primeiramente, em duas abordagens: intrínseca e relativa. A primeira busca os fatores que conferem valor a um ativo, como os custos e os fluxos de caixa que permite gerar; já os métodos relativos têm como referência os preços de ativos similares, ponderados por um fator considerado relevante para o valor (Damodaran, 2012).

Os resultados sempre dependerão de certas hipóteses, assumidas para simplificar o processo de valoração ou mesmo para torná-lo possível. Seja para escolher o modelo, os parâmetros, o período de tempo a analisar ou a ponderação dos diferentes modelos, será preciso conferir a validade dos pressupostos implicados.

E não bastará provar que o valor foi estimado de forma criteriosa: para o sucesso de uma estratégia baseada nesses cálculos, será preciso supor que o mercado é capaz de i) perceber o valor atribuído ao ativo e ii) fazer o preço convergir para aquela região²⁴.

Neste sentido, a Teoria Geral de Keynes (1936) já identifica alguns efeitos que podem distanciar o preço dos ativos de seu valor percebido. Um deles, conhecido como “*beauty*

²⁴ Utilizamos o termo “região” reconhecendo a dificuldade de se identificar um número exato para o preço-alvo. Normalmente, a diversidade dos perfis de risco e dos parâmetros utilizados - junto com os limites à arbitragem - fará com que mesmo os ativos mais líquidos e amplamente estudados sejam acomodados em faixas de preço suficientemente largas para comportar os diferentes resultados encontrados por diferentes agentes.

contest”, descreve como agiriam os leitores de um jornal se tivessem de apontar o rosto que ganhará um concurso de beleza, o que os faria pensar menos sobre as próprias preferências do que nas dos demais.

Estudos deste tipo têm sido reproduzidos nos últimos anos²⁵, demonstrando sua crescente importância para a compreensão de comportamentos econômicos. São úteis nos mercados financeiros porque, além de atentar para os fatores fundamentalistas relevantes, os agentes geralmente têm de antecipar o julgamento e as decisões dos demais antes de se posicionar.

O trabalho de Hyman Minsky aponta, ainda, outros motivos de cautela para um analista em busca de oportunidades de investimento: original por seus modelos com oferta de moeda endógena que conectam o crédito à macroeconomia, demonstra como os ciclos econômicos afetam o valor percebido nas companhias por meio da oferta de crédito, da alavancagem das empresas e das preferências por liquidez (Khan, 2016).

Já no que se refere à atuação dos agentes econômicos, as abordagens comportamentais têm ganhado particular importância nos últimos anos. Utilizando a extensa base teórica proposta pelos psicólogos Amos Tversky e Daniel Kahneman, visam identificar os motivos que levam analistas - mesmo os mais experientes - a agir de forma diferente daquela prevista para agentes racionais.

Neste sentido, Barberis e Thaler (2003), identificam: i) os “limites à arbitragem” - fatores que impedem o proveito das oportunidades geradas pelo diferencial entre preço e valor -; e ii) os efeitos psicológicos responsáveis por alterar a percepção de valor em um ativo.

Os limites à arbitragem se apresentam quando há suficiente desincentivo para se apostar na convergência preço-valor. Isto ocorre quando é mais vantajoso seguir o comportamento “irracional” dos demais agentes (*noise trading* ou efeito *beauty contest*) ou quando os custos de implementação superam o ganho esperado para a operação²⁶ (Barberis & Thaler, 2003).

Com relação às restrições cognitivas, os autores citam, por exemplo: o pensamento otimista, que sobrevaloriza as prospecções positivas e subestima os riscos; o excesso de confiança dos analistas em suas expectativas e a resistência para se adaptarem à frustração das mesmas; e a heurística de representatividade, que os leva a atribuir maior probabilidade aos eventos que se conformam em uma narrativa coerente.

Outro efeito importante é a “ancoragem”: estimativas são facilmente afetadas por números que podem não ter relação alguma com a grandeza que queremos medir. Um analista

²⁵ Bons exemplos são encontrados nos seguintes trabalhos: R. Thaler, “*Giving Markets a Human Dimension, Mastering Finance in Financial Times*”, (1998); e Teck Ho, Colin Camerer & Keith Weigelt, “*Iterated Dominance and Iterated Best Response in Experimental ‘p-Beauty Contests’*”, 88 AM. ECON. REV. 947 (1998).

²⁶ Os custos de implementação podem ser custos transacionais, como as taxas de corretagem e o preço de aluguel de ações, ou ainda os recursos e esforços empenhados para se identificar uma oportunidade, por exemplo. Por sua vez, o conceito de limite à arbitragem também engloba restrições de natureza não-econômica, como regulações que restringem determinadas operações financeiras.

poderia, por exemplo, iniciar seus cálculos com um valor em mente e usar os modelos apenas para ajustar seu resultado em torno do número inicial - a “âncora”.

Todos os efeitos citados acima são observados continuamente nos mercados financeiros, mas ainda podem ser ampliados por circunstâncias que agravem a imprevisibilidade. Quando se apresentam inovações radicais em tecnologia ou modelos de negócios, por exemplo, os investidores podem ainda não contar com ferramentas validadas para quantificar o valor das empresas inovadoras.

Isto ocorreu com o surgimento da Amazon, do Uber e do AirBnb, que surgiram com modelos de negócios sem par nos respectivos mercados. Outros exemplos históricos se encontram durante a expansão das ferrovias na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos²⁷, em meados do século XIX; com a chamada “bolha ponto-com” na virada para o terceiro milênio (Damodaran, 2012) e pelo menos uma vez na primeira década do Bitcoin.

Agora, prevenidos dos riscos de se usarem cegamente os métodos de valoração existentes, passaremos à análise dessas métricas para compreender as hipóteses implicadas por cada um e os respectivos casos de aplicação.

Esclarecemos que a valoração por opções reais não será abordada. Apesar de sua importância e clara aplicabilidade ao Bitcoin, esta metodologia exigiria, por sua complexidade, análise demasiado extensa para o escopo deste trabalho. Abordaremos as valorações por múltiplos, fluxos de caixa, custos evitados, custos e tamanho de rede.

Valoração por Múltiplos

Esta abordagem é bastante comum para valoração de empresas, graças a sua relativa facilidade de aplicação e compreensão. É aplicada como complemento à valoração por fluxos de caixa, ou ainda quando a escassez de tempo ou dados impede uma formulação da referida metodologia.

Propõe identificar um fator relevante para o valor de uma companhia e, então, usá-lo para ponderar comparações do preço desta com o de outras semelhantes.

$$\text{Múltiplo} = \text{Preço de mercado} / \text{Fator determinante de valor}$$

Para que a comparação seja válida, se supõe que: i) existe um conjunto de empresas com perfil de risco e crescimento semelhante; e ii) estas empresas têm sido precificadas de forma eficiente pelo mercado, sem manter grande desvio preço-valor (Khan, 2016).

Também se pode comparar o nível de um múltiplo ao seu histórico. Assumindo que, ao longo do tempo, os preços se ajustam para manter o múltiplo próximo a seu patamar médio ou ótimo, podem se antecipar os movimentos de convergência do preço para o valor (Damodaran, 2012).

²⁷ Documentada por Odlyzko, Andrew. “*Collective Hallucinations and Inefficient Markets: The British Railway Mania of the 1840s*”

Sendo a comparação entre empresas ou intertemporal, o fator de ponderação é sempre crucial: deve apresentar uma relação consistente com o valor intrínseco da companhia.

No caso de empresas nascentes, com fluxos de caixa imprevisíveis, inexpressivos ou até negativos²⁸, observamos que: i) a valoração por fluxos de caixa pode ser incerta ou impossível; e ii) múltiplos baseados em indicadores de tração comercial devem apresentar melhores resultados.

Já empresas maduras podem ser ponderadas por seu lucro, valor contábil ou pelos dividendos pagos a seus acionistas: a razão P/E - *Price per Earnings* ou preço por dividendos -, por exemplo, supõe que os ganhos dos acionistas são os principais motores do valor - hipótese comum ao método dos Fluxos de Caixa Descontados ao acionista.

Diferentemente da abordagem de FCD, no entanto, esta metodologia não supõe que toda alteração nos fluxos de caixa seja transmitida ao valor. Assume a possibilidade de que todo um nicho se sub ou sobrevalorize frente a seus fluxos de caixa esperados sem perturbar a precificação relativa entre as empresas (Damodaran, 2012).

Em casos deste tipo, supondo correta a estimação por FCD, o uso de múltiplos poderá ocultar oportunidades de investimento ou impor perdas significativas. Isso porque a precificação das empresas pelo mercado pode se manter ineficiente por longos períodos, gerando desvios preço-valor consistentes - e portanto, grandes imprecisões para as abordagens relativas.

As empresas comparadas ainda podem apresentar diferenças relevantes em fatores ignorados pelo modelo, caso em que os múltiplos demandam alguns ajustes (Damodaran, 2012, p. 27) - estes também serão úteis em comparações intertemporais, em que se confronta o atual estado da empresa com contextos inteiramente distintos.

Outros desafios surgem quando o denominador do múltiplo é negativo ou muito próximo de zero, por exemplo; ou quando não há firmas com perfil suficientemente parecido, o que é comum ao se valorarem empresas monopolistas ou aquelas inovadoras em modelos de negócios (Damodaran, 2012).

Essa questão se fez presente em diversos casos recentes, como do Uber, Netflix e WeWork. A dificuldade de se encontrarem companhias semelhantes nos mercados até então existentes encerrava os analistas em hipóteses que permitem alguma estimativa de valor, mas reduzem sobremaneira a acurácia dos cálculos.

Também destacamos que nem sempre será fácil escolher o critério de ponderação mais apropriado. Voltando ao caso de empresas inovadoras, pode ser que estas sejam sujeitas a forças econômicas até então pouco exploradas, demandando o uso de uma variável pouco comum como denominador do múltiplo.

²⁸ Empresas nascentes, em especial aquelas com grande potencial de crescimento - as *startups* -, costumam apresentar lucro baixos ou negativos por um largo período antes de atingirem a escala necessária para romper o *break-even*.

Valoração por Fluxos de Caixa Descontados (FCD)

Esta abordagem é basilar na literatura de valoração de empresas, servindo, inclusive, como ponto de partida para outras metodologias (Damodaran, 2012). Propõe que o valor de um ativo é igual à soma das rendas futuras que garante a seu detentor, sendo aplicável a qualquer ativo gerador de renda - como imóveis, títulos de dívida e propriedade²⁹.

Para ponderar os fluxos futuros, utiliza-se uma taxa chamada fator de desconto, que representa o custo de oportunidade e o risco do investimento. O papel deste fator é “atualizar” cada fluxo, apresentando seu valor presente. Em outras palavras, quantificar o ágio que exigiríamos sobre certo montante para aceitar recebê-lo depois, descontados os efeitos da inflação ou das taxas de juros.

Este fator, portanto, se conforma ao risco envolvido pelo ativo analisado: títulos de dívida, por sua relativa liquidez e estabilidade, podem ser descontados à taxa básica de uma economia - a “taxa livre de risco” -, enquanto ações e outros ativos de renda variável exigem a escolha de um fator mais alto³⁰.

O valor de um ativo, segundo esse modelo, é dado pela seguinte fórmula:

$$\sum_{t=1}^{t=n} \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \text{ em que:}$$

t = intervalo de tempo

CF_t = fluxo de caixa no período t

r = taxa de desconto

A composição do numerador (FC) e o fator de desconto (r) dependerão do que se quer estimar: para estimar o valor integral de uma firma, consideramos todos os seus Fluxos de Caixa³¹, ponderando-os ao custo médio de capital - ou seja, à remuneração dos instrumentos de dívida e participação³².

Já o valor devido pelos acionistas desta firma é dado pelos Fluxos de Caixa após o resultado líquido da dívida³³, descontados à taxa de retorno esperada pelos acionistas. Em

²⁹ Estes modelos, portanto, não se aplicam a moedas porque não se esperam fluxos de caixa de um meio de pagamento puro. O valor de uma moeda será melhor entendido pela demanda para i) transacionar bens e serviços (liquidez); ii) reter o valor da riqueza ao longo do tempo; ou iii) especular acerca das flutuações de câmbio.

³⁰ Enquanto os detentores de uma dívida tomam somente o risco de crédito (*default*), acionistas de uma empresa se deparam com uma gama de riscos mais extensa: aqueles micro e macroeconômicos, os relativos à operação, os de natureza regulatória, política e tributária.

³¹ Fluxos de Caixa da Operação deduzidos de despesas, requerimentos de capital e impostos.

³² Um terceiro método, chamado Valor Presente Ajustado, analisa a firma em partes: primeiro, pondera os Fluxos de Caixa da firma apenas pelo retorno aos acionistas - supondo que esta seja financiada apenas por participação; em seguida, desconta os possíveis custos de falência e soma os benefícios fiscais por se financiar com dívida.

³³ Resultado Líquido da Dívida = Pagamento de Juros - Benefício Fiscal da Dívida

outras palavras, assume que os sócios retêm o valor não apropriado por credores, ponderando-o ao seu custo de oportunidade.

Assim, a abordagem de FCD é adaptável e oferece uma visão coerente do valor de um ativo, mas seu uso deve ser precedido de observações importantes:

Em primeiro lugar, porque pressupõe a estabilidade e previsibilidade dos fluxos de caixa: custos, preços e níveis de demanda voláteis agravam o risco fundamentalista. Segundo, porque a complexidade do modelo pode exigir investimentos consideráveis de tempo e recursos, além de permitir maior variedade de erros que podem se amplificar ao longo do processo.

Ainda destacamos que a escolha dos parâmetros pode comprometer todo o resultado: um fator de desconto demasiado baixo nos fará sobrevalorizar os ativos por subestimar a expectativa de inflação, taxa de juros, rendimento dos ativos alternativos ou das preferências por liquidez³⁴.

Outras vezes, o maior problema será estimar o crescimento das variáveis relevantes, como preço, custo, níveis de renda e demanda dos consumidores, no caso de uma firma. Em mercados com fortes efeitos de rede, por exemplo, como os de mídias sociais e tecnologias de comunicação, os níveis de demanda poderão crescer em ritmo exponencial.

De qualquer forma, em sua formulação original, a projeção de fluxos de caixa não é aplicável ao Bitcoin, já que este não gera quaisquer fluxos de caixa. Veremos, a seguir, como uma adaptação desta metodologia pode aproveitar a intuição aqui apresentada para valorar ativos não geradores de caixa.

Valoração por Custos Evitados

Esta metodologia toma a contramão daquelas vistas até aqui: valora um ativo de acordo com as perdas, custos ou riscos incorridos em sua ausência. É aplicada, principalmente, a ativos intangíveis e elementos naturais dos ecossistemas.

No que se refere a bens naturais, esta abordagem propõe que se considerem os efeitos negativos esperados pela ausência do ativo. No caso de corais e matas ciliares, por exemplo, se calculam as perdas esperadas por alagamentos e deslizamentos de terra, respectivamente.

Já no ambiente corporativo, se aplica a tecnologias e outros ativos intangíveis, por exemplo, estimando os custos para se desenvolver internamente uma alternativa, os custos operacionais evitados, o ganho esperado de produtividade e os custos de oportunidade.

Nestes casos, será preciso considerar também os custos de substituição e reprodução, depreciação e obsolescência, além de potenciais efeitos fiscais. Estes fatores serão

³⁴ Minsky identifica um componente contra-cíclico nas taxas de desconto, o que significa que os investidores se tornam menos avessos a riscos à medida que o resultado das empresas se desloca na fase ascendente do ciclo econômico.

observados, frente aos ganhos de produtividade esperados, para se considerar a aquisição do referido ativo (Beecher, 1996).

No próximo capítulo, mostraremos como esta metodologia pode ser aplicada ao Bitcoin para calcular as economias em taxas de transação por aqueles que o utilizam como meio de pagamento.

Valoração por Custos

Esta abordagem remete à Riqueza das Nações, de Adam Smith: o autor defendia que, em mercados competitivos, os preços de *commodities* gravitam em torno de um “preço natural”, dado pelo custo de produção. Uma análise marginalista nos permite demonstrar esta afirmação (Varian, 2006):

Em primeiro lugar, nos mercados de *commodity* é comum que as diferenciações de produto sejam desprezíveis e as empresas detenham, cada qual, uma fatia irrelevante da demanda. Sendo assim, a incapacidade de afetar preços condiciona a maximização de lucros à prática do preço de mercado, determinado exogenamente:

$$Receita\ Marginal = Preço\ de\ Mercado$$

Isto significa que, sob as condições acima, cada empresa que tente aumentar seu preço irá enfrentar perdas via redução de demanda.

No que se refere aos custos, a restrição de curto prazo de certos fatores de produção, como máquinas e imóveis, faz com que cada unidade a mais seja produzida com custos maiores do que a anterior. Este caráter crescente do custo marginal fará com que, para maximizar seus ganhos, a empresa opere no nível em que o custo de se produzir uma nova unidade é igual à receita correspondente:

$$Receita\ Marginal = Custo\ Marginal$$

Abaixo deste nível, seria possível ampliar o lucro via aumento da produção; e, acima, a escalada dos custos imporia prejuízo, contrariando flagrantemente a racionalidade da firma.

Lembremos, contudo, que a última igualdade pressupõe restrição dos fatores produtivos. E esta condição, observável no curto prazo, será flexibilizada quando o horizonte temporal da decisão se expandir, já que se torna possível alterar o estoque de bens de capital, por exemplo.

Portanto, a decisão de longo prazo envolve a totalidade dos custos de produção, incluindo aqueles que não variam de acordo com a quantidade produzida em cada período - chamados fixos e semi fixos. Como esta análise se aplica a cada unidade de produto, estes custos serão divididos pela quantidade produzida e chamados de custos médios.

$$Preço = Receita\ Marginal \geq Custo\ Médio$$

As demonstrações acima diziam respeito à decisão de quanto uma firma deve produzir. A existência de produtores com níveis diferentes de custos fará com que, à medida que o preço flutua, plantas produtoras menos eficientes sejam acionadas ou desativadas de

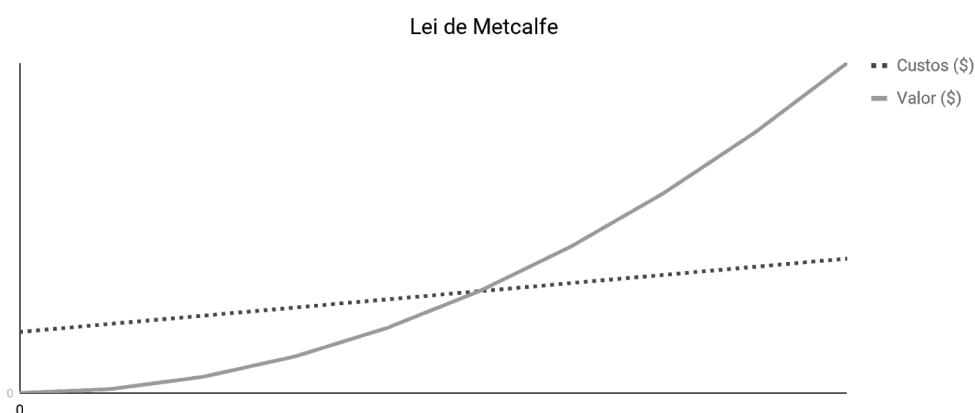
acordo com as respectivas expectativas de lucro, o que em nível agregado faz com que os custos sigam as variações de preço.

Valoração de Redes

O primeiro destes métodos fora proposto na década de 1980 por Robert Metcalfe, o criador do protocolo Ethernet. Seu objetivo era explicar o ponto em que os benefícios de uma tecnologia de telecomunicações superam os respectivos custos - *break-even*.

Metcalfe argumentava que, enquanto os custos evoluem de forma linear ante o número de usuários, o valor da rede é proporcional ao número de conexões possíveis, apresentando expansão quadrática. Mais recentemente, o autor demonstrou considerável consistência do modelo para explicar o preço de mercado do Facebook (Metcalfe, 2013).

GRÁFICO 4 - LEI DE METCALFE



$$\text{Conexões possíveis } (C_p) = (n - 1)^2 / 2$$

$$\text{Valor } (\$) = a * C_p$$

n: número de usuários conectados

a: coeficiente conexões-valor, constante no curto prazo

George Gilder tornaria este modelo famoso sob o nome Lei de Metcalfe, utilizando-o para profetizar ganhos extraordinários para as empresas da era da internet. O desempenho financeiro daquelas companhias, à época, justificou uma crescente aceitação do modelo.

Entretanto, o estouro da “bolha ponto-com” trouxe à tona uma série de questionamentos à Lei de Metcalfe. O principal deles se refere à exagerada taxa de crescimento esperada pelo modelo, já que esta supõe igual importância para todas as novas possíveis conexões entre usuários.

Um ajuste possível fora proposto pelo próprio Metcalfe, que compreendia o comportamento decrescente do coeficiente *a* ao longo do tempo. Briscoe, Odlyzko e Tilly (2006) propuseram uma forma de endogeneizar esta tendência, utilizando uma função matemática menos explosiva, intermediária entre a relação linear e a quadrática:

$$\text{Conexões relevantes } (Cr) = (n) * \log(n)$$

Os autores admitem que a relação logarítmica não pode ser provada, já que sua intuição é, a princípio, apenas um ajuste sobre a proposição de Metcalfe. Reconhecem que, para se encontrar a relação “justa” entre o crescimento da base de usuários e o do valor, seria necessário mensurar a relevância das novas conexões possíveis.

Entretanto, a teoria encontra suporte em outra formulação bastante conhecida, a Lei de Zipf: proposta pelo linguista George Kingsley Zipf (1949), originalmente para estimar a importância da n-ésima palavra mais frequente em um idioma, tem sido aplicada a diversos processos naturais e sociais para demonstrar a importância decrescente de cada nova conexão em uma rede.

Esta relação pode ser facilmente intuída ao pensarmos no crescimento gradual de uma rede: é razoável supor que o quinto usuário se comunique com todos ou a maioria dos demais, adicionando grande densidade à rede. À medida que o número de usuários cresce, a importância de cada novo ponto será “dissolvida” pela grande complexidade já existente.

E este comportamento decrescente dos acréscimos de valor seria compatível com a utilização do modelo de Briscoe.

Já no que respeita à aplicação das leis não-lineares de crescimento, identificamos duas abordagens práticas: a primeira exige encontrar um momento na história do ativo em que o preço seja considerado compatível com o valor e, a partir deste ponto, projetar o crescimento do valor com base no crescimento da rede.

A segunda forma seria menos especulativa e mais adaptativa, incorrendo nos riscos clássicos da otimização de parâmetros: rodar uma regressão polinomial para encontrar os coeficientes que minimizem os desvios entre preço esperado e observado.

Seja qual for a abordagem aplicada, é importante observar que estas Leis não-Lineares de Crescimento só consideram a potencial valorização pela expansão da base de usuários. São insensíveis aos demais fatores de demanda e a qualquer componente de oferta, sendo, por isso, limitadas à fase de maior crescimento da rede.

Depois que uma tecnologia de comunicações atinge sua maturidade, com um número mais estável de usuários, os demais fatores devem passar a um papel protagonista na determinação do valor e, por isso, se faz necessário utilizar outras metodologias de valoração.

CAPÍTULO III - TAXONOMIA E VALORAÇÃO DO BITCOIN

Este capítulo submete o Bitcoin a diferentes olhares: discutimos a classificação do ativo frente a taxonomias tradicionais e outras, mais modernas, visando verificar as hipóteses implicadas por cada modelo quantitativo.

Veremos as particularidades que o diferem dos grupos de ativos anteriormente compreendidos e os esforços empenhados para classificar os demais criptoativos. Algumas semelhanças com ativos tradicionais nos permitirão aproveitar metodologias, observadas algumas adaptações necessárias.

Veremos também que, assim como as metodologias expostas no segundo capítulo, cada estimativa para o valor do Bitcoin se baseia em uma coleção de hipóteses simplificadoras. Discutiremos como o seu poder preditivo pode ser impactado pela validade destas hipóteses. Por fim, apresentamos a nossa contribuição para este debate: a metodologia de Custos Evitados Líquidos.

III.1 - Taxonomia

Começamos submetendo o Bitcoin a duas metodologias tradicionais de classificação. Em seguida, apresentamos brevemente as taxonomias criadas por reguladores e outros agentes para lidar especificamente com criptoativos.

Superclasses

No sistema proposto por Robert Greer, o Bitcoin pode ser facilmente classificado: contrasta claramente com os Ativos de Capital por não conceder direito sobre quaisquer fluxos de caixa, como os dividendos pagos a acionistas e os juros a credores³⁵. A princípio, também não pode ser considerado um ativo Transformável/Consumível, já que seu uso não implica destruição ou transformação de qualquer natureza.

Encontramos, então, seu lugar entre as reservas de valor: a exemplo de moedas estrangeiras e obras de arte, o Bitcoin não gera fluxos de caixa, não se consome e não é usado na produção de outros bens³⁶. Seu valor deriva, assim, das dinâmicas de oferta e demanda - que por sua vez serão motivadas pela segurança do registro distribuído, das suas demandas especulativa e transacional.

Mas Burniske e White (2017) discutem a necessidade de uma nova superclasse para comportar o Bitcoin e outros criptoativos. Baseados no trabalho de Greer, os autores definiram um perfil de quatro dimensões para delimitar cada superclasse: i) características

³⁵ Outros criptoativos apresentam esta característica, como aqueles que utilizam o sistema de consenso *Proof-of-Stake* e os valores mobiliários *tokenizados*.

³⁶ É verdade que alguns protocolos na rede exigem a destruição de bitcoins, como o *Proof-of-Burn*, mas a destruição ocasional de algumas cédulas de papel moeda não implica sua classificação como ativo consumível. Também é possível diferenciar - marcar - determinadas unidades de bitcoins, como proposto pelo seminal projeto Colored Coins (https://en.bitcoin.it/wiki/Colored_Coins), mas esta prática nunca atingiu grande adoção entre os detentores.

político-econômicas; ii) correlação com outras superclasses de ativos; iii) perfil de risco-retorno; e iv) “investabilidade”.

i) As características político-econômicas do Bitcoin são singulares: a política monetária e outros aspectos da governança na rede funcionam de forma independente frente aos principais determinantes dos mercados de capitais e *commodities*.

ii) No que se refere à correlação com outras superclasses, os autores demonstraram a relativa independência do preço do Bitcoin frente aos ativos tradicionais. À exceção do ouro, com que há uma relação negativa relevante, o Bitcoin parece não responder aos mesmos determinantes que os demais ativos observados³⁷.

Tabela 1 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE O BITCOIN E SUPERCLASSES

US Bonds	-0,67						
Bitcoin	0,35	-0,28					
Ouro	0,48	0,53	-0,51				
US Real Estate	0,87	0,59	-0,39	0,45			
Petróleo	0,73	-0,52	-0,37	0,52	0,63		
Moedas de Países Emergentes	0,83	0,57	0,27	0,62	0,74	0,63	
	S&P 500	US Bonds	Bitcoin	Ouro	US Real Estate	Petróleo	Moedas de Países Emergentes

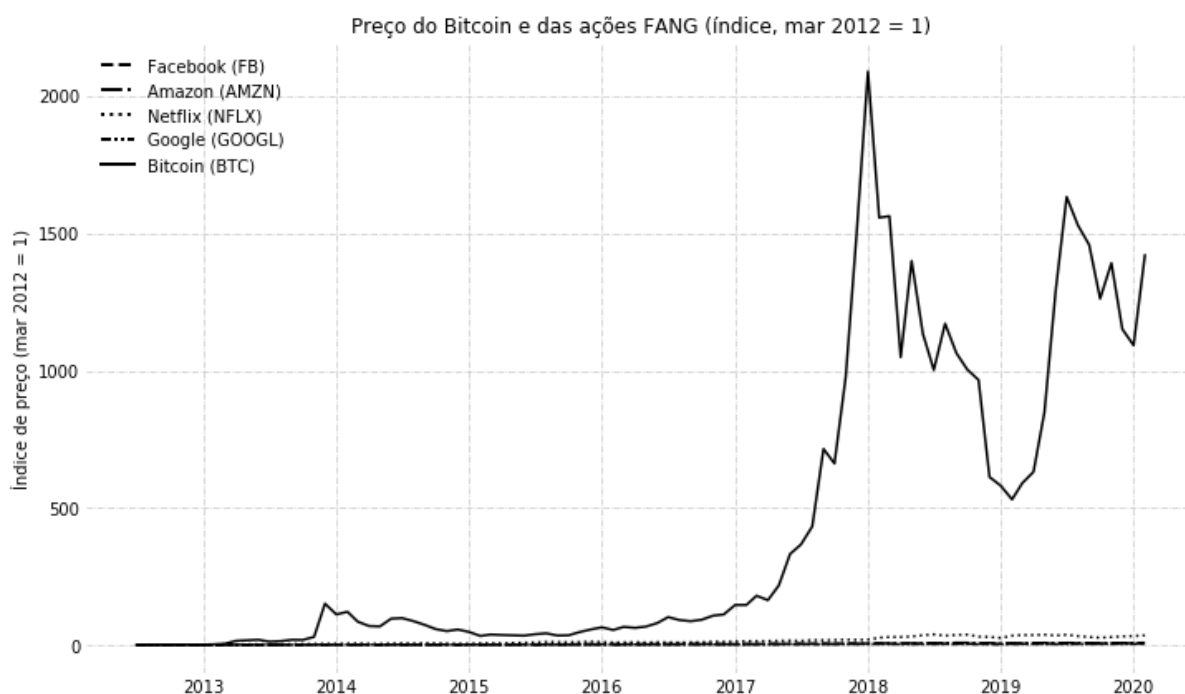
(Reproduzida a partir de Burniske & White, 2017)

iii) Já em relação ao perfil de risco-retorno, o Bitcoin se destaca ante quaisquer ativos: apresenta um histórico de valorização e volatilidade que faz parecer desprezíveis as flutuações sofridas por ações, mesmo aquelas de comportamento mais explosivo.

No gráfico abaixo, observamos o desempenho das ações FANG - Facebook, Amazon, Netflix e Google -, contrastando claramente com as intensas variações do Bitcoin.

³⁷ Reproduzido para o período 2012-20, a mesma matriz apresenta um quadro completamente diferente, conforme se pode ver no anexo.

GRÁFICO 5 - PREÇO DO BITCOIN E AÇÕES FANG



(Fonte: Investing.com)

iv) Os autores também concluíram que, além de claramente destacado das demais superclasses, o Bitcoin já era suficientemente líquido para merecer sua própria superclasse - apesar da imaturidade do seu mercado de derivativos.

A criação de uma nova superclasse interessa, é claro, à observação de características peculiares ao Bitcoin e aos demais criptoativos. Mas pouco nos ajuda a adaptar métodos existentes de valoração, já que para tanto é interessante partir de analogias com os ativos tradicionais.

Tampouco serve apenas aceitar a classificação entre as reservas de valor: esta é a mais heterogênea das superclasses, sendo composta por grupos inteiramente distintos no que se refere à natureza e às dinâmicas do valor.

Classes de Ativos

Por isso, recorremos à classificação em grupos mais específicos - imóveis, *commodities*, moedas, derivativos, investimentos alternativos, títulos de dívida e propriedade -, apontando as características que, alternadamente, aproximam e repelem o Bitcoin das i) moedas, ii) *commodities* e iii) títulos de propriedade³⁸.

³⁸ Lembramos que a discussão estará limitada ao Bitcoin. A atual variedade de criptoativos compreende todas as classes acima citadas, o que nos exigiria apresentações demasiado extensas antes de podermos proceder qualquer classificação.

i) O Bitcoin é frequentemente desacreditado em sua condição de moeda, em especial no que se refere à satisfação das três funções esperadas de uma moeda: meio de pagamento, unidade de conta e reserva de valor (expostas em Carvalho, 2007).

Jeffrey Dorfman, por exemplo, afirma, em artigo para a Forbes (2017), que o Bitcoin é demasiado lento para um meio de pagamento e volátil demais para uma reserva de valor. Conclui que, falhando em atender as funções clássicas da moeda, o Bitcoin serve apenas à especulação, à ocultação de transações e patrimônio.

André Lara Resende (2018), por outro lado, recorda que as funções de uma moeda não se podem confundir com a definição de moeda, entendida por ele como “um sistema de registro de débitos e créditos, acessível de forma eficiente e segura para todos, que desfruta de credibilidade pública.”

Veremos na próxima seção que, independentemente do resultado desta querela teórica, modelos aplicáveis a moedas podem apresentar considerável poder preditivo frente ao Bitcoin.

ii) A exemplo de *commodities* como ouro, petróleo e parte dos produtos agropecuários, o Bitcoin é produzido e negociado em um mercado global com diferenciação desprezível. Como a maior parte dos recursos minerais, tem oferta rígida e escassa, atribuindo às dinâmicas de demanda um papel protagonista para perturbar preços no curto prazo (CFTC, 2018).

Por outro lado, a maior parte das *commodities* é negociada com fins a seu consumo ou transformação pela indústria, o que não é o caso do Bitcoin. Seja demandado para transação ou especulação, cada bitcoin comprado de um minerador continua constituindo parte da oferta total.

iii) Bastaria a mais grosseira das análises para diferenciar o Bitcoin de uma empresa: não tem fluxos de caixa, proprietários, funcionários, não está registrado em jurisdição alguma, não retém parte da riqueza gerada e não se mantém sobre forma alguma de contrato.

Mas seu ecossistema, mantido pela comunidade de *stakeholders*³⁹, permite algumas analogias com uma firma: suas formas de governança, ainda que peculiares, permitem o estabelecimento de lideranças e objetivos comuns; e diversos indicadores do nível de atividade, relacionados às dinâmicas de oferta e demanda, guardam relação positiva com sua cotação de mercado.

Outras Classificações

As discussões acima nos ajudarão a assentar o tema do valor, que será apresentado na próxima seção. Outras classificações foram propostas, por entidades nacionais e internacionais, para lidar com a regulação e a tributação do Bitcoin e outros criptoativos:

O FMI emitiu uma nota, em novembro de 2018, determinando como registrar as transações de criptoativos nas balanças de pagamento nacionais; com relação à contabilidade

³⁹ Usuários, mineradores, empreendedores, programadores da rede ou de soluções complementares.

corporativa, se podem encontrar orientações em relatórios publicados por ING (2018), PwC (2018) e E&Y (2018).

O Congresso estadunidense publicou em 2019 o Token Taxonomy Act⁴⁰, determinando algumas diretrizes de tributação e que tipos de *tokens* devem responder à regulação da SEC. A discussão se apoiou, em parte, nas diretrizes anteriormente publicadas por reguladores dos mercados financeiros, como a FINMA.

Em 2018, a entidade suíça havia divulgado seu critério de classificação usado para identificar os *tokens* que lhe cabe vigiar - ou seja, aqueles considerados valores mobiliários. A diretriz visava mitigar os riscos da “febre” especulativa em torno dos ICOs, protegendo os investidores suíços dos contratos de investimento coletivo que não respeitassem as devidas exigências regulatórias.

Para isso, classificou os criptoativos de acordo com sua função planejada: *tokens de ativo*, *tokens de utilidade* e *tokens de pagamento* - *asset tokens*, *utility tokens* e *payment tokens*.

Asset token são lastreados em ativos, sobre os quais garantem direitos de governança ou eventuais receitas. São, por isso, considerados valores mobiliários, estão sujeitos à regulação da FINMA e às exigências do *Swiss Code of Obligations* - no que se refere à valoração, em geral podem se aplicar a estes ativos as metodologias próprias a empresas, como FCD e abordagens com múltiplos.

Os *utility tokens* garantem acesso a uma plataforma, produto ou serviço. É o caso das *cryptocommodities*, definidas por Burniske (2018), que representam unidades de esforço computacional - como armazenamento e processamento. Podem ser classificados como valor mobiliário ou não, sendo avaliados caso a caso pela autoridade reguladora.

Por fim, os *payment tokens*, como o Bitcoin, são aqueles cuja única função esperada é a de meio de pagamento. Não são considerados valores mobiliários, desde que não ofereçam qualquer direito sobre rendas ou governança.

Outras classificações observam mais detalhadamente as especificidades técnicas, funcionais e econômicas dos criptoativos. Destacamos “*A General Taxonomy for Cryptographic Assets*” e “*Cryptoasset Taxonomy Report*”, produzidos pelos portais de nicho *Brave New Coin* e *CryptoCompare*, respectivamente.

III.2 - Valoração

Esta seção apresenta alguns modelos de valoração do Bitcoin. Parte da leitura de suas primeiras formulações no ecossistema, indicando alguns ajustes que se propuseram e as limitações preditivas de cada um.

Trabalhos de escopo semelhante foram desenvolvidos por Bachellier (2018), Ernst&Young (2019), Koopman (2019), Saidi (2018), Lannquist (2018) Bheemaiah (2018) e Carter (in Brummer, 2019).

⁴⁰ <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/2144/text?format=txt>

Custo de Produção

Conforme discutido no capítulo anterior, esta metodologia propõe que o valor de *commodities* é determinado pelos respectivos custos de produção. Em uma discussão no BitcoinTalk, em 2010⁴¹, Satoshi demonstrava esperar que o Bitcoin se comportasse de forma semelhante⁴²:

“The price of any commodity tends to gravitate toward the production cost. If the price is below cost, then production slows down. If the price is above cost, profit can be made by generating and selling more.

“At the same time, the increased production would increase the difficulty, pushing the cost of generating towards the price.

Percebe-se, com esta descrição, o papel da dificuldade de mineração para equilibrar a economia do Bitcoin: além de estabilizar o ritmo de emissão de moeda, o mecanismo ajusta os custos de produção, de forma que a convergência entre preço e custo atua em ambas as pontas.

À luz da teoria microeconômica analisada no capítulo anterior, percebemos também que, segundo esta metodologia, o custo de produção - e, portanto, o valor - é dado pela expectativa de custo e receita dos mineradores:

O custo de produção de um ativo é, em sua formulação mais simples, aquele incorrido para se produzir uma unidade. Sendo assim, Adam Hayes (2015) o obtém dividindo a despesa do minerador com eletricidade pela recompensa, em bitcoins, obtida no mesmo período.

$$\text{Custo de Produção (\$/BTC)} = \text{Gasto (\$)} / \text{Recompensa (BTC)}$$

O custo diário de operação é dado pelo preço de eletricidade, pelo poder computacional aplicado - *hash rate*, medido em hashes por segundo - e pelo coeficiente de eficiência energética do hardware empregado.

$$\text{Custo (\$/dia)} = \text{Custo de Eletricidade (\$/J)} * \text{Hash rate (H/dia)} * \text{Coef. Energético (J/H)}$$

Já a receita é dada pelas recompensas dos blocos, compreendendo as moedas emitidas e as taxas de transação. É afetada negativamente pela dificuldade, ajustada a cada 2016 blocos, e positivamente pelo *hash rate*, já que, para dado nível de dificuldade, uma maior capacidade computacional reduz o tempo médio entre blocos.

$$\text{Recompensa (BTC/dia)} = \text{Recompensa (BTC/bloco)} * \text{Hash rate (H/dia)} / \text{Dificuldade (H/bloco)}$$

Percebe-se que a intuição do modelo é consistente e bastante simples, e os resultados exibidos por Hayes são impressionantes⁴³. Mas os testes empíricos carecem de rigor

⁴¹ <https://bitcointalk.org/index.php?topic=57.msg415#msg415>

⁴² Análises bastante rigorosas da economia da mineração foram publicadas pela equipe do Coin Shares (2019) e Coin Metrics (2020).

⁴³ Entre junho de 2013 e março de 2018, o preço de mercado do Bitcoin manteve-se apenas 5% acima do estimado, em média, e a razão entre os dois apresentou desvio padrão de 33%. Em regressão log-linear, o preço esperado obteve $R^2 = 0.969$ como variável explicativa do preço

científico: a escolha dos parâmetros de eficiência não é justificada satisfatoriamente e não se disponibilizou qualquer material para replicação do modelo.

Também destacamos que Hayes desconsidera todas as demais despesas operacionais potencialmente relevantes, referentes a banda-larga, remuneração do pessoal e securitização da operação.

Seja como for, sua formulação oferece uma boa compreensão sobre decisões de curto prazo. Demonstra o sentido econômico de, em cada momento, manterem-se ativas as fazendas com custo operacional inferior ao preço de mercado.

QUADRO 1 - PARTICIPAÇÃO DA ELETRICIDADE NOS CUSTOS DE MINERADORES

Participação da Eletricidade nos Custos Totais	Fonte	Custos Considerados
62%	CoinShares, 2019	OPEX de eletricidade, CAPEX não especificado
64%	Joule, 2018	OPEX de eletricidade, CAPEX de <i>hardware</i>
80%	Credit Suisse, 2018	Desconhecido
90%	Bitfury, 2016	Desconhecido
74%	Média	

Charles Edwards (2019a) propôs estender esta análise ao longo prazo, visando explicar as decisões de investimento pelos mineradores. Para tal, considerou algumas estimativas da participação do gasto com energia nos custos totais - tabela acima - e supôs que esta razão seja constante.

$$Custos\ Totais\ (\$) = Custo\ de\ Eletricidade\ (\$) / e$$

e: participação dos custos de eletricidade nos custos totais

Outra diferença importante entre os modelos é a adoção, por Edwards, de uma abordagem “de baixo para cima”⁴⁴: em lugar de assumir um valor constante para a eficiência energética da rede, considera o efeito das flutuações de preço sobre as decisões de minerar - já que altas de preço, por exemplo, tornam rentável a operação de equipamentos mais energo-intensivos, reduzindo a eficiência agregada da rede.

Conhecendo a eficiência energética de uma grande variedade de ASICs, o autor determina quais equipamentos operam em cada momento, segundo a condição de otimização na margem:

observado, enquanto um teste VAR Granger descartou a hipótese “H0: The model price does not “cause” the market price” com ($p < 0.001$).

⁴⁴ O método havia sido proposto por Marc Bevand (2017), e elaborado pela iniciativa do Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI). Considera, inclusive, o período aproximado em que cada aparelho foi comercializado, para acompanhar o progresso tecnológico dos ASICs - e, portanto, a eficiência energética da rede ao longo do tempo.

$$\text{Custo de Operação} \leq \text{Recompensa}$$

Obtém, assim, para cada instante, a eficiência agregada da rede pela média dos aparelhos filtrados acima. O coeficiente energético agregado será multiplicado pelo atual *hash rate* para chegarmos ao consumo energético total.

$$\text{Consumo de Energia (J)} = \text{hash rate (H/s)} * \text{Coef. energético (J/(H/s))}$$

Por fim, atribui à eletricidade um preço constante para ter o custo total de energia.

$$\text{Custo de Energia (\$)} = \text{Consumo de Energia (J)} * \text{Preço da Eletricidade (\$/J)}$$

O custo por unidade de Bitcoin se calcula assim como no modelo de Hayes:

$$\text{Custo de Produção (\$/BTC)} = \text{Custo (\$)} / \text{Recompensa (BTC)}$$

Esta última equação nos permite ver que, à medida que a taxa de emissão da rede se reduz, conforme determinado pelo código de Satoshi, a manutenção do atual nível de custos nos dá uma tendência dos custos marginais ao infinito. Mas a evolução das estruturas de custo dos mineradores pode compensar este efeito no longo prazo:

É possível i) que a rede ganhe capacidade técnica para performar cada vez mais operações por bloco, ampliando a importância das taxas de transação na recompensa dos mineradores; ii) que a eficiência técnica dos equipamentos continue crescendo; e iii) que as economias de escala do setor “expulsem” os menores operadores, reduzindo tanto os custos marginais quanto os de longo prazo.

A variedade e complexidade destes processos dificulta sobremaneira as previsões desta medida de valor, embora algumas análises bastante criteriosas tenham sido feitas pela equipe do CoinShares.

No que se refere à aplicação presente do modelo, voltamos a destacar a dificuldade de se estimarem as variáveis relevantes, em especial no que se refere ao nível de eficiência dos equipamentos e ao custo médio de eletricidade. Lembramos que, no modelo de Edwards, o levantamento dos 150 aparelhos disponíveis no mercado foi feito manualmente, o que possibilita erros e omissões, e que a eficiência dos ASICs pode variar ao longo do tempo.

Um relatório recente da Binance (2019) também nos faz questionar a hipótese de racionalidade dos agentes, primordial para a acurácia da metodologia. Este último problema tende, acreditamos, a ser atenuado com o tempo, graças às economias de escala que apontam para a crescente profissionalização da atividade e para a acumulação de capacidades relevantes pelos mineradores.

Por último, observamos que o mercado de mineração deverá se manter razoavelmente desconcentrado para que o Bitcoin continue se comportando como uma *commodity* e, por consequência, tenha seu preço fortemente atraído pelos custos de produção.

Lei de Metcalfe

Como vimos no segundo capítulo, as leis de crescimento não-linear permitem compreender o valor de redes de comunicação em processo de expansão.

Timothy Peterson (2018) argumenta que o Bitcoin, sendo compreendido como uma rede de pagamentos, pode ser valorado sob um modelo como o de Metcalfe ou o de Briscoe. Para o período entre 2012 e 2017, encontrou resultados bastante significativos utilizando o primeiro modelo⁴⁵.

Ponderou o crescimento do preço esperado à taxa de emissão da rede, para compensar a “diluição” do valor de cada unidade de Bitcoin. O resultado, chamado “valor de Metcalfe”, aplicou-se como variável explicativa em uma regressão linear para o preço.

Mas a aplicação deste modelo exige algumas considerações importantes: em primeiro lugar, o caráter semianônimo da rede impossibilita uma estimativa confiável do número de usuários. O autor utilizou a quantidade de carteiras virtuais fornecidas pelo blockchain.info para aproximar o grau de adoção da plataforma.

Observamos, contudo, que seria ingênuo admitir que seja estável a participação destas carteiras no total de todos os provedores. Mais importante, deve-se observar i) que uma mesma entidade pode criar um número infinito de carteiras; e ii) que estas nunca são destruídas.

Este último problema poderia ser minimizado ao se ignorarem as carteiras com saldo demasiado pequeno ou aquelas inativas por um período considerável (Edwards, 2019b). Kalichkin (2018) aplica esta intuição a uma abordagem mais completa, adotando o preço de Metcalfe e o preço de Odlyzko como bandas superior e inferior, respectivamente, de um “canal” em que flutua o preço do Bitcoin.

Mas resta ainda outro problema, particular ao de modelos paramétricos: em cada período a que se aplica o modelo, os parâmetros serão estimados para se enquadrar ao período em questão. Alterações destes parâmetros ao longo do tempo prejudicam o uso prospectivo do modelo.

Preço Realizado

Essa métrica se baseia na importância da demanda especulativa para o Bitcoin. Foi proposta por Nic Carter (2018) e utiliza o registro de transações da rede para estimar o preço de compra de bitcoin - supostamente, o preço de mercado vigente quando cada unidade da moeda foi transferida pela última vez.

Assim, nos permite estimar - com importantes ressalvas, a serem discutidas abaixo - os ganhos de capital dos detentores do ativo, permitindo uma análise de seus incentivos para liquidação ou manutenção da riqueza em Bitcoin.

Em oposição ao preço de mercado, dado apenas pela última transação do ativo em corretoras, o preço realizado atribui a cada unidade de Bitcoin o preço vigente no momento

⁴⁵ $R^2 = 0,85$; R^2 ajustado = 0,84

de sua última transferência. Em outras palavras, atribui à quantidade circulante o preço médio realizado pelos compradores.

E, sendo relativamente estável, este indicador nos mostra que as grandes flutuações de preço ocorrem sem que grande parte dos tokens se movimente. Longos períodos de rigidez são interrompidos, historicamente, pelas grandes altas do mercado, que geram boas oportunidades de realização de lucros.

A razão entre as duas curvas, conhecida como MVRV - *Market Value to Realized Value* -, pode ser entendida como a taxa de lucro a ser realizada pelos detentores de bitcoin. Quando apresenta níveis elevados, permite concluir que há oportunidades de ganho a serem exploradas (Puell, 2018).

Pode, também, ser aplicada de forma semelhante a um múltiplo: assumimos que haja um nível “normal” para esta razão, para o qual se tende a retornar por força da regressão à média. O mecanismo seria alimentado pelas decisões dos investidores de realizar seus ganhos de capital quando o preço de mercado apresenta um bom prêmio frente àquele de compra - o preço realizado.

Razão Estoque-Fluxo

Esta abordagem foi publicada sob o pseudônimo PlanB (2019). Se destaca porque, em sua formulação, desconsidera qualquer elemento de demanda na formação do valor.

Pressupõe que o valor do Bitcoin, como dos metais preciosos e das obras de arte, é dado pela escassez, ou seja, pela dificuldade de produzir estes ativos. Mas, em oposição à abordagem de custos, define esta dificuldade pela lenta expansão do estoque disponível.

Assim, a escassez em cada momento é definida pela razão entre o estoque - quantidade circulante - e o montante emitido anualmente. Nos dá o tempo, em anos, necessário para que o estoque seja dobrado com a atual taxa de emissão.

$$Escassez (anos) = Estoque (BTC) / Emissão (BTC/ano)$$

Submete, então, esta razão a uma lei de potência, que também pode ser formulada em termos logarítmicos:

$$Valor = Escassez^a * e^b$$

$$\log(Valor) = \log(Escassez) * a + b$$

O modelo atingiu instantânea popularidade, tendo sido traduzido para mais de 30 idiomas, talvez porque sua aplicação a metais preciosos tenha se mostrado eficiente: a tabela abaixo, reproduzida a partir da publicação original, mostra a relação entre a raridade e a capitalização de mercado de alguns metais:

TABELA 2 - ESCASSEZ E CAPITALIZAÇÃO DE METAIS PRECIOSOS

Ativo	Estoque (t)	Fluxo Anual (t)	Razão F/E (%)	Capitalização (US\$ bi)
Ouro	185.000	3.000	1,6	8.417.500,0
Prata	550.000	25.000	4,5	308.000,0
Paládio	244	215	88,1	11.956,0
Platina	86	229	266,7	2.400,0

(Fonte: Edwards, 2019)

Também atraiu a atenção de econometristas: foi testado por Nick (2019) e Marcel Burger (2019), com resultados são bastante consistentes com o objetivo do modelo, mas há ressalvas a serem feitas sobre a intuição econômica em questão.

A primeira diz respeito ao uso de uma Lei de Potência, já que a evolução exponencial do preço poderia se explicar pela acelerada adoção do Bitcoin em seus primeiros anos, pelos ganhos de eficiência técnica dos ASICs e a consequente escalada do *hash rate* (Edwards, 2019a). Também questionamos a futura acurácia dos parâmetros, que foram otimizados para minimizar os desvios passados entre preço esperado e observado dos ativos.

Charles Edwards (2019a) critica, ainda, a medida de escassez adotada: argumenta que, assim como acontece com milhares de outros criptoativos e obras de arte, pode ser que a restrição da oferta não gere, necessariamente, valorização. Em prol do seu modelo de custos de produção, defende que a escassez deve dizer respeito à dificuldade de replicação e, portanto, ao empenho de esforço.

Observa que, se a mineração do Bitcoin deixasse de ser interessante, a retirada de todo o poder computacional dedicado levaria a taxa de emissão a zero. Este resultado, segundo o modelo estoque-fluxo, faria a medida de escassez - e, portanto, o valor - tender ao infinito, em oposição aos custos de produção, que iriam a zero.

NVT

Essa metodologia foi proposta em uma postagem no Twitter por Willy Woo, um dos mais ativos debatedores sobre valoração de criptoativos. A métrica foi refinada com a ajuda de Chris Burniske e apresentada com maior rigor no blog Medium de Woo (2017).

Pressupõe que o valor do Bitcoin é induzido por sua demanda transacional: que, na média e no longo prazo, o mercado precifica o volume de transações de forma eficiente, gerando uma tendência de regressão à média para a razão preço/volume.

$$NVT = \text{Preço de Mercado (\$)} / \text{Volume de Transações (\$)}$$

Observadas estas condições, o NVT pode ser visto como um indicador para o “sentimento” do mercado: quando superior a seu nível médio, por exemplo, aponta que o Bitcoin está sendo negociado a preços acima do seu valor, sinalizando uma oportunidade de venda.

Se quisermos obter daí um preço-alvo, ou seja, uma estimativa numérica do valor, podemos simplesmente multiplicar o nível médio de NVT pelo atual volume de transações.

$$(Preço\ de\ NVT)_t = NVT_{médio} * Volume_t$$

Mas a utilização do volume como indicador está sujeita a algumas considerações: em primeiro lugar, as transferências não representam perfeitamente a demanda transacional da rede, já que algumas movimentações ocorrem entre carteiras de uma mesma entidade⁴⁶.

Outros fatores que geram “ruído” nos dados de volume são a existência de “troco” em pagamentos⁴⁷ e a crescente adoção de tecnologias complementares, chamadas de segunda camada. Para descontar estes e outros efeitos no volume total, tem surgido uma literatura interessante de modelos, entre os quais destacamos a metodologia do Coin Metrics (2018).

Além disso, observe-se que a alta correlação entre preço e volume em dólar pode significar mais do que a relação causal esperada pelo modelo⁴⁸: admitindo que as decisões de transacionar têm o Bitcoin como referência, teríamos que o volume em dólar depende diretamente do preço.

$$Volume(\$) = Volume(BTC) * Preço(\$ / BTC)$$

Neste caso, a cotação e o volume do Bitcoin se moveriam necessariamente juntos, e não pela arbitragem em torno do valor esperado. Esta posição é defendida por Philip Swift e outros autores, que, para evitar esta dupla dependência do preço de mercado, utilizam como referência o volume em BTC. O resultado é o Network Momentum, proposto por Swift:

$$Network\ Momentum = Preço\ de\ Mercado(\$) / Volume\ de\ Transações(BTC)$$

Custos Evitados Líquidos

Esta abordagem é aqui proposta como nossa contribuição ao debate de valoração do Bitcoin. Não encontramos qualquer referência a um modelo semelhante na literatura estudada.

Como hipótese fundamental, assumimos que o Bitcoin é um sistema alternativo de transferências internacionais. Supomos que, para transacionar imediatamente ou nos próximos meses, um usuário compra bitcoins em uma corretora; o destinatário, em poder daquela quantia, a converte imediatamente à moeda que preferir.

⁴⁶ Corretoras e outros grandes detentores costumam manter seus recursos em diversas carteiras e, para gerir os riscos de liquidez e custódia, movem os fundos entre estas com alguma frequência.

⁴⁷ Uma transação de Bitcoin gera “troco” quando o UTXO utilizado excede o valor da transferência: além do UTXO referente ao pagamento, um novo será criado para retornar ao remetente. Para uma explanação mais detalhada deste processo, consultar Antonopoulos (2017, cap. 5)

⁴⁸ Principalmente se tomarmos em conta que a alta correlação entre as variáveis antecede, em muito, a formulação do NVT em 2017.

Sendo assim, os custos da transferência envolvem, além da taxa de transação na rede, as taxas pagas a corretoras para compra, pelo primeiro usuário, e venda, pelo destinatário, do Bitcoin:

$$\text{Custos Incorridos (\$)} = \text{Taxas aos mineradores (\$)} + \text{Taxas às corretoras (\$)}$$

Os custos evitados, por sua vez, são aqueles em que se incorreria caso as mesmas transações ocorressem por meio dos mecanismos tradicionais.

$$\text{Custos Evitados (\$)} = \text{Volume de BTC (\$)} * \text{Custos pelos meios tradicionais (\%)}$$

Sob esta ótica, o valor gerado pela rede em benefício de seus usuários pode se entender pelas economias de custos transacionais.

$$\text{Custos Evitados Líquidos (\$)} = \text{Custos Evitados (\$)} - \text{Custos Incorridos (\$)}$$

De forma semelhante ao que ocorre com uma valoração por fluxos de caixa, este valor será projetado no tempo. A taxa de desconto é dada pelo custo de oportunidade: o poder de compra que se pode perder enquanto se detém o Bitcoin, antes de transferi-lo - medido pelo coeficiente de variação.

$$\text{Taxa de Desconto (\%)} = \text{Desvio Padrão do Preço (\$)} / \text{Média do Preço (\$)}$$

$$\text{Custos Evitados Líquidos Descontados (\$)} = \text{Custos Evitados Líquidos (\$)} / (1 + \text{Taxa de Desconto})$$

Este modelo é interessante porque combina a intuição dos FCD com a premissa do NVT, relacionando o valor da criptomoeda ao seu volume de transações.

Com relação ao NVT, um avanço importante é a endogeneização de dois fatores que fazem flutuar a razão preço-volume: i) as vantagens de custo, que motivam o volume; e ii) a volatilidade do ativo, como indicador de risco do uso transacional.

Mas algumas limitações do modelo devem ser reconhecidas: em primeiro lugar, este deriva o valor apenas da demanda transacional pelo ativo. A demanda transacional também pode ser subestimada, ao se assumir que todo o volume é motivado por vantagens de custos - basta lembrar que a relativa privacidade oferecida pelo Bitcoin é outra motivação relevante.

Além disso, o caráter semianônimo da rede dificulta uma estimativa dos custos alternativos, já que não sabemos os países de origem e destino das transferências processadas pela rede.

Outras metodologias

O escopo deste trabalho compreendeu as métricas de valoração que, além de interessantes do ponto de vista analítico, poderiam ser reproduzidas sem maiores esforços de coleta e computação dos dados. Listamos, a seguir, algumas outras abordagens que se destacam, seja pela popularidade ou pela engenhosidade.

Alguns modelos bastante populares no ecossistema do Bitcoin se baseiam na Teoria Quantitativa da Moeda - tradicionalmente usada para calcular a inflação de uma economia

em função da taxa de expansão da base monetária. Burniske (2017), Buterin (2017), Bachelier (2018), Antos (2018) e outros apresentaram suas versões; algumas críticas importantes são encontradas em Ernst&Young (2019) e Traynis (2018).

Um modelo específico para *utility tokens* foi proposto por Burniske (2017), derivando o valor dos ganhos de utilidade esperados pelos usuários sob o prisma da Teoria Quantitativa da Moeda. Este e outros modelos semelhantes estão sumarizados em Ernst&Young (2019).

Burger (2019) encontrou uma relação log-log entre o tempo de existência do Bitcoin e o seu preço, sugerindo que este último tende a continuar a trajetória ascendente pelas próximas décadas. Este modelo obviamente desconsidera todos os fatores relevantes de valoração, mas demonstra a relativa facilidade de se encontrarem relações entre o preço e alguma variável qualquer⁴⁹.

Puell e Woo (2019) propuseram uma série de abordagens mais elaboradas, baseadas na métrica *Bitcoin Days Destroyed* - dada pelo produto das movimentações de Bitcoin com o período em que cada unidade esteve entesourada antes de ser transferida. Estes métodos nos permitem observar a importância da função reserva de valor, demonstrando, principalmente, o impacto de vendas por detentores muito antigos.

Shirakashi (2019) foi além: seu indicador SOPR - Spent Outputs Profit Ratio - mostra o lucro médio sobre cada unidade de Bitcoin que se movimentou em dado período⁵⁰, nos permitindo compreender a magnitude dos ganhos e perdas realizados por investidores. Uma análise criteriosa desta métrica se encontra em Pereira (2019), demonstrando considerável poder preditivo ante as quedas de preço.

Estas últimas metodologias oferecem uma importante base para a compreensão do Bitcoin como reserva de valor e ativo especulativo. Infelizmente, exigem o uso de dados com uma granularidade que não é disponibilizada de forma gratuita pelos principais provedores de dados do mercado.

⁴⁹ Uma interpretação alternativa do modelo sugere que o preço esteja respondendo a alguma variável que, por sua vez, evolui linearmente em função do tempo.

⁵⁰ De cada UTXO gasto - “destruído”.

CONCLUSÃO

O Bitcoin e seu ecossistema são suficientemente novos e complexos para fazer da sua valoração uma tarefa difícil e, no geral, imprecisa. Por isso, este trabalho contenta-se com a exposição das métricas relevantes, dos modelos descritivos em que se apoiam e das principais deficiências de cada uma.

Todas apresentam alguma consistência, é verdade, mas seria preciso performar diversos outros testes antes de supor que o preço continuará convergindo com o valor estimado. Mais importante, será preciso provar que o preço é explicado pelos modelos e não o contrário, já que, neste caso, seriam invalidadas todas as hipóteses basilares.

De qualquer forma, a novidade do ecossistema e a sua vulnerabilidade a fenômenos de variadas naturezas podem guardar ainda muitas surpresas para os próximos anos. Cabe, aos analistas, continuar acompanhando o desenvolvimento dos ativos, dos mercados e dos métodos analíticos para formar um conjunto satisfatório de métricas.

Aqui destacamos a importância do termo conjunto porque, dada a heterogeneidade dos fatores que afetam o Bitcoin, é difícil acreditar que um único modelo poderia explicar todos os movimentos de longo prazo. A exemplo do que ocorre no mercado de ações, sempre haverá inconvenientes próprios à aplicação de cada abordagem.

Ainda é preciso lembrar que a intuição de cada modelo se baseia em uma série de convicções, desde a existência de algo como o valor até a importância das variáveis explicativas e de suas relações com um dado preço de equilíbrio.

Seja como for, ressaltamos o mérito dos modelos expostos por sua observação dos fatores que impulsionam a demanda pelo Bitcoin - e, portanto, as dinâmicas de mercado. Acreditamos que este ferramental será essencial para a maturidade do ecossistema, via redução da volatilidade e da incerteza que o rodeia.

Lembramos, por último, que a incrível variedade de criptoativos em circulação exigirá o desenvolvimento de métricas próprias, de acordo com a natureza econômica de cada ativo. Esperamos que este debate ajude a consolidar o ecossistema em torno de conhecimentos profundos e amplos sobre os principais fatores que o atingem.

ANEXO

Nesta seção, apresentamos uma demonstração simples dos modelos expostos no terceiro capítulo. Além da explanação que se segue, os dados e os cálculos estão disponibilizados em um projeto no GitHub, para facilitar críticas e replicações (Gazzetta, 2020).

À exceção do modelo de custos de produção, que foi calculado na própria planilha disponibilizada por Edwards, e do de custos evitados, desenvolvido em um caderno Jupyter separado, os modelos foram computados com a linguagem python em um caderno Jupyter chamado '*Implementing Metrics*', utilizando as bibliotecas pandas, numpy, matplotlib e sklearn.

Os resultados são discutidos brevemente ao final do anexo, com algumas ponderações sobre o que cada modelo tem de particular e sobre os momentos em que os indicadores convergem.

Metodologia

Nossa análise consistiu no confrontamento do preço de mercado do Bitcoin com seus níveis esperados por cada modelo, no período entre março de 2012 e fevereiro de 2020.

Uma matriz de correlação foi usada para demonstrar a coincidência de direcionamento - alta ou baixa - dos modelos com o preço observado - o que não pode ser confundido com uma medida de causalidade.

Os desvios proporcionais do preço com relação ao valor estimado nos dão uma visão um pouco mais detalhada:

$$Desvio = [Preço Observado (\$) / Preço Estimado (\$)] - 1$$

O diagrama de caixas nos mostra a distribuição do desvio para cada métrica, mostrando i) a região mais frequente, dada pelo corpo da caixa, sendo a região compreendida pelas observações nos quantis 0,25 adjacentes à mediana; e ii) a magnitude dos desvios mais intensos, ilustrada pelas hastes, correspondendo aos quantis extremos 0,25 e 0,75%.

Por fim, gráficos em linha sobrepuseram, um a um, os preços esperados com aquele observado. Em momentos de sobrecompra, a área entre as curvas é tingida de vermelho - cinza-escuro na versão em preto-e-branco; quando o preço está abaixo do valor estimado, esta área aparece em verde - cinza-claro.

Custo de Produção

Esta métrica foi calculada com base nos dados e nas computações propostas por Edwards (*in* Capriole Investments, 2019). Os resultados foram salvos em um arquivo .csv a partir da planilha disponibilizada pelo autor e então acoplados à base de dados.

O consumo total de energia (J/s) foi obtido pelo produto do coeficiente de eficiência (J/GH) pelo *hash rate* (GH/s) da rede, dado que obtemos do Blockchain.Info. Observe-se que esta

última variável é uma aproximação, calculada com base no tempo médio de formação dos blocos e na dificuldade de mineração da rede.

O preço da eletricidade foi estimado em 2×10^{-15} (J/US\$), quantia que multiplicada pelo consumo total de energia nos deu o gasto total com eletricidade. Para obter, daí, o custo por Bitcoin, bastou dividir o gasto pela taxa de inflação da rede.

Lei de Metcalfe

Utilizando a biblioteca `sklearn`, para python, rodamos uma regressão linear para os coeficientes linear e angular do preço com relação ao quadrado do número de carteiras (0,91 e 792835,08, respectivamente).

Razão Estoque-Fluxo

Calculada dividindo o total de bitcoins em circulação pela emissão total dos últimos 360 dias. Com uma regressão log-log, encontramos os coeficientes linear e angular do preço a partir desta razão (-1,84 e 3,36, respectivamente).

NVT

Obtido pela razão entre o preço de mercado e o volume de transferências. Calculamos o preço de NVT pelo produto do volume corrente de transações com a razão NVT média móvel dos últimos 360 dias.

Custos Evitados Líquidos

Esta métrica foi desenvolvida em um caderno do Jupyter separado, para não poluir o caderno '*Implementing Metrics*' com os extensos processos de limpeza e computação dos dados relevantes.

Os custos evitados se calcularam pelo produto entre o volume de transferências do Bitcoin e o custo percentual de se transferir US\$ 200 pelos mecanismos tradicionais. Os custos líquidos, por sua vez, são a diferença entre os custos evitados e aqueles incorridos, dados pelo total diário de taxas aos mineradores.

A taxa de desconto é dada pelo coeficiente de variação - divisão do desvio padrão pela média - do preço, como *proxy* para o custo de oportunidade - em potencial perda de poder de consumo.

Dados

A base de dados diários do Coin Metrics forneceu grande parte das informações do Bitcoin: volume e taxas de transação, quantidade circulante, preço de mercado e preço realizado.

As demais métricas serão explicadas a seguir, de acordo com os modelos em que foram empregadas.

Custo de Produção

O coeficiente de eficiência técnica da rede (J/GH) foi estimado a partir da metodologia do CBECI (Cambridge): listados 150 aparelhos de mineração, com as respectivas datas de lançamento comercial e fim das vendas, para cada dia do período se calculou uma média simples do coeficiente de eficiência de todos os aparelhos comercializados à época.

A introdução, em 2013, dos aparelhos específicos para mineração - ASICs -, explica a alta acentuada no nível de eficiência energética da rede, que por sua vez se mostra no gráfico do modelo com uma grande queda nos custos de produção.

Os dados de *hash rate* foram acessados pelo site do blockchain.info, e são uma estimativa do poder computacional da rede em função do nível de dificuldade e do tempo médio de formação dos blocos.

Lei de Metcalfe

O número de carteiras foi retirado do Blockchain.info e se refere às carteiras criadas exclusivamente por este provedor.

Preço Realizado

Esta métrica é fornecida pelo Coin Metrics. É o produto das quantidades de Bitcoin movidas em um dia pelo preço vigente quando da criação de cada um dos UTXOs destruídos, o que equivale a uma aproximação para o preço de compra dos bitcoins gastos no período.

Razão Estoque-Fluxo

O único insumo para esta função é a quantidade total de Bitcoin; sua variação ao longo do tempo nos dá a taxa de inflação da rede.

NVT

Esta métrica exigiu apenas os dados de preço do Bitcoin e o volume de transferências na rede.

Custos Evitados Líquidos

Os custos evitados, em termos percentuais, foram calculados a partir dos dados de remessas internacionais por país de destino, supondo transferências de US\$ 200 (Banco Mundial). Obteve-se uma média simples desses custos para uma aproximação dos custos alternativos ao Bitcoin.

Isto porque o semi anonimato da rede não permite identificar os países de destino de todas as transações, o que seria necessário para uma melhor estimativa para os custos evitados.

Os custos de transação alternativos também poderiam ser mais elaborados: a média simples dos países destinatários poderia ser substituída por uma ponderada, de acordo com os volumes transferidos para cada país.

QUADRO 2 - SUMÁRIO DAS METODOLOGIAS DE VALORAÇÃO

Métrica	Origem do Valor	Variáveis explicativas	Fontes
Custo de Produção	Custo de mineração	Hash rate (H/s) Dificuldade de mineração (#) Custo de eletricidade (\$/J)	Blockchain.info Capriole Coin Metrics
Metcalfe	Adoção	Número de carteiras (#) Taxa de emissão (%)	Blockchain.info Coin Metrics
Valor Realizado	Demanda especulativa	Preço realizado (\$)	Coin Metrics
Estoque-Fluxo	Escassez	Oferta de moeda (BTC) Taxa de emissão (%)	Coin Metrics
NVT	Demanda transacional	Volume de transação (\$)	Coin Metrics
Custos Evitados Líquidos	Economia em custos de transação	Volume de transação (\$) Taxas de transação (\$) Custos de remessas intern. (\$)	Coin Metrics Coin Metrics Data.WorldBank.org

Gráficos e Tabelas

GRÁFICO 6 - CORRELAÇÃO ENTRE PREÇO E VALORES ESTIMADOS

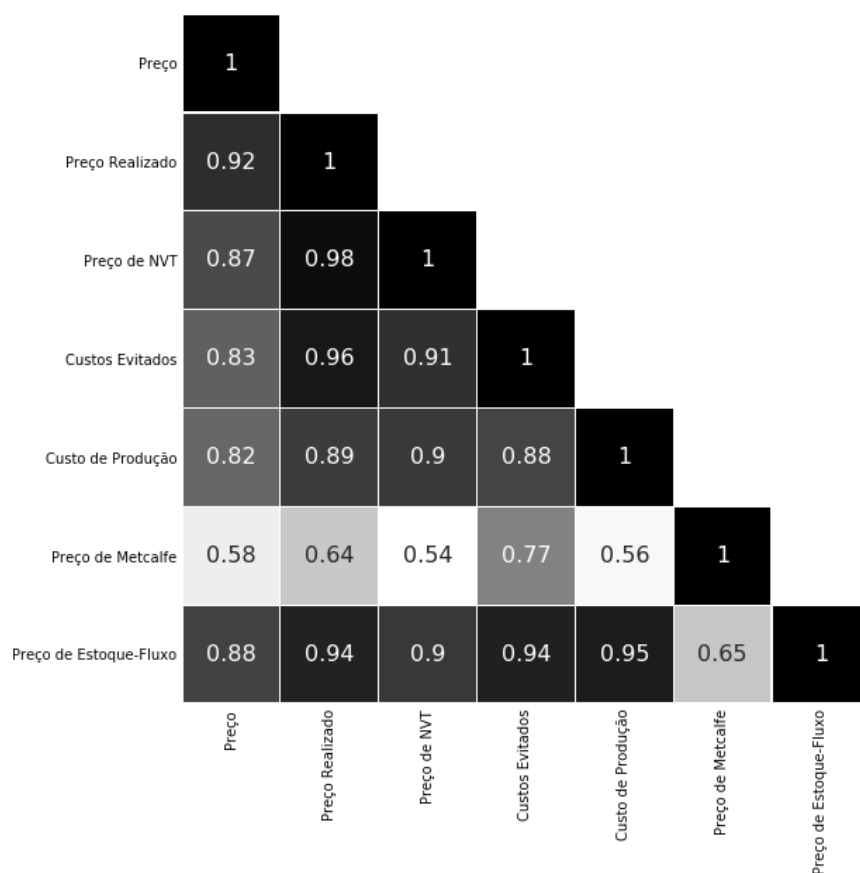


GRÁFICO 7 - DESVIO ENTRE PREÇO E VALORES ESTIMADOS

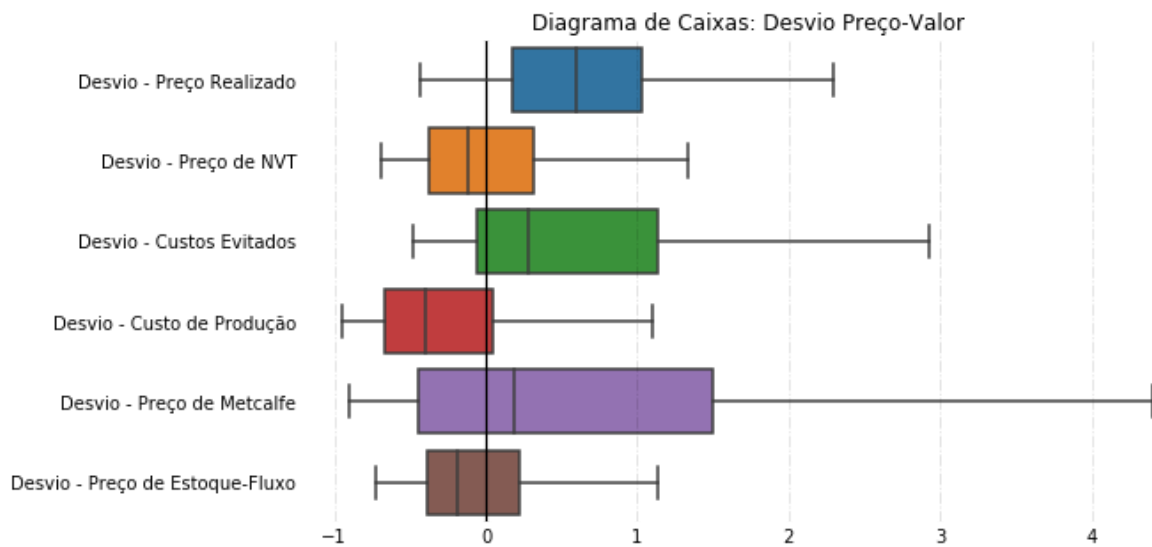


GRÁFICO 8 - PREÇO OBSERVADO E PREÇO REALIZADO



GRÁFICO 9- PREÇO OBSERVADO E PREÇO DE NVT

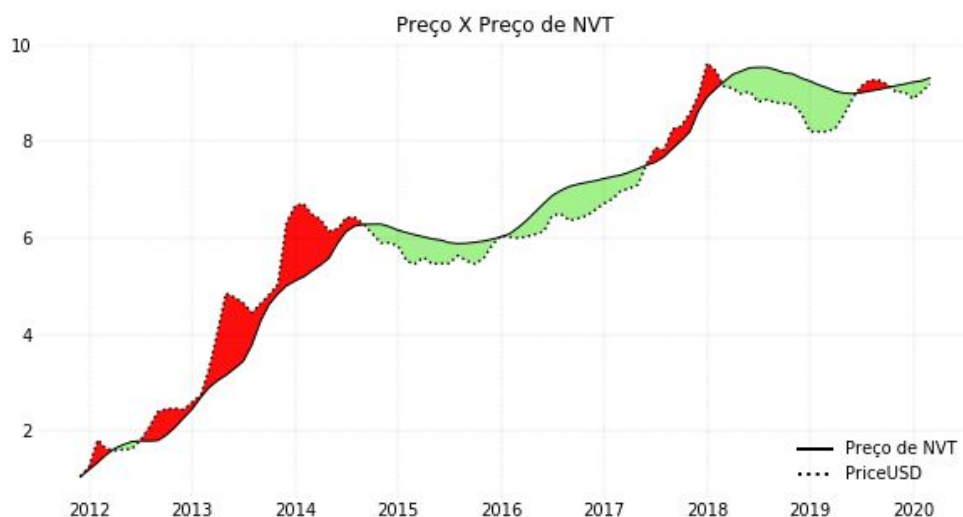


GRÁFICO 10 - PREÇO OBSERVADO E CUSTOS EVITADOS

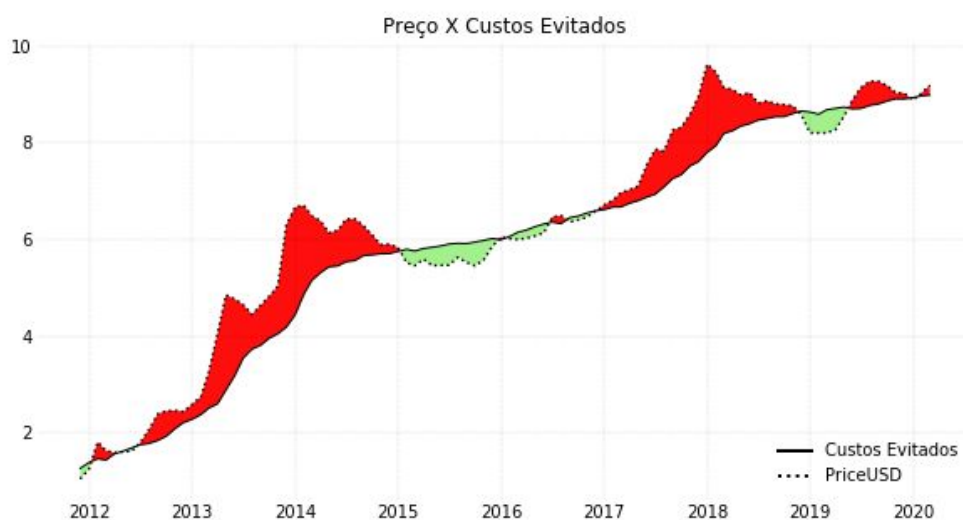


GRÁFICO 11 - PREÇO OBSERVADO E CUSTO DE PRODUÇÃO

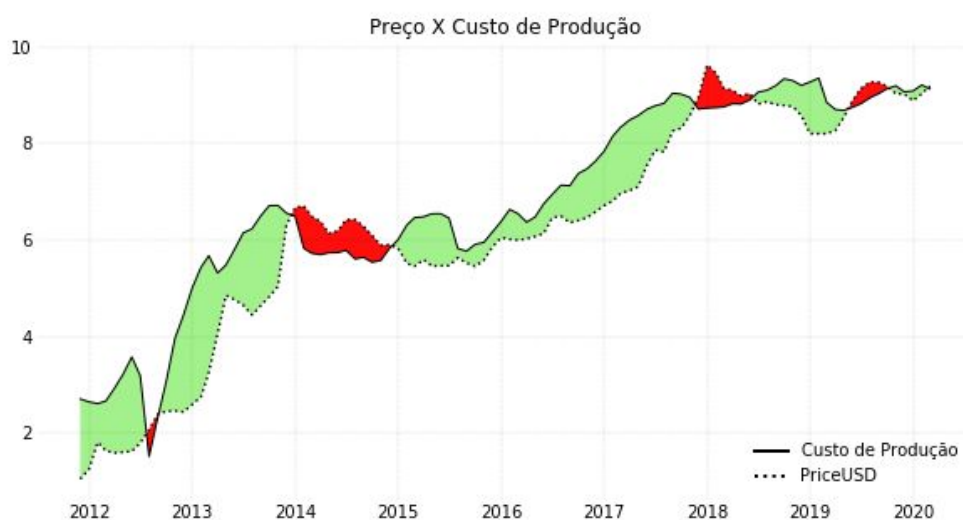


GRÁFICO 12 - PREÇO OBSERVADO E PREÇO DE ESTOQUE-FLUXO

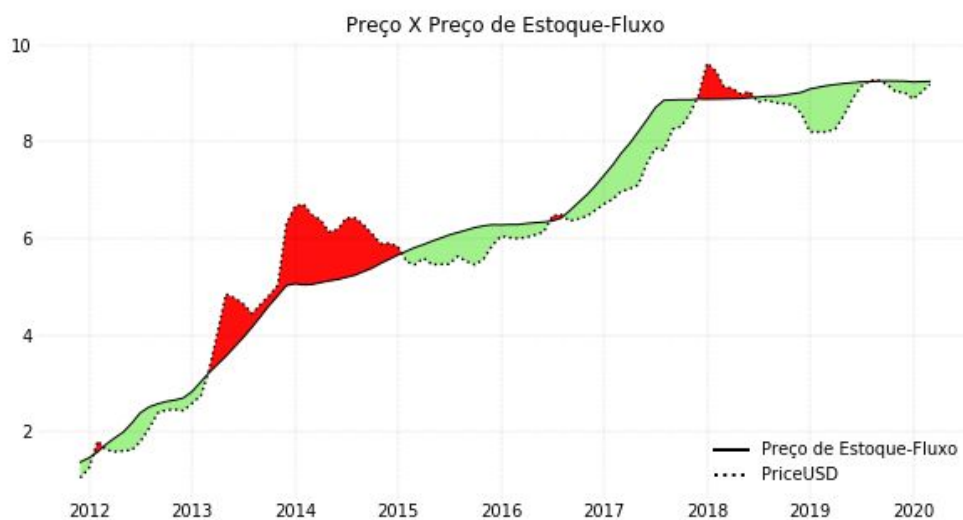
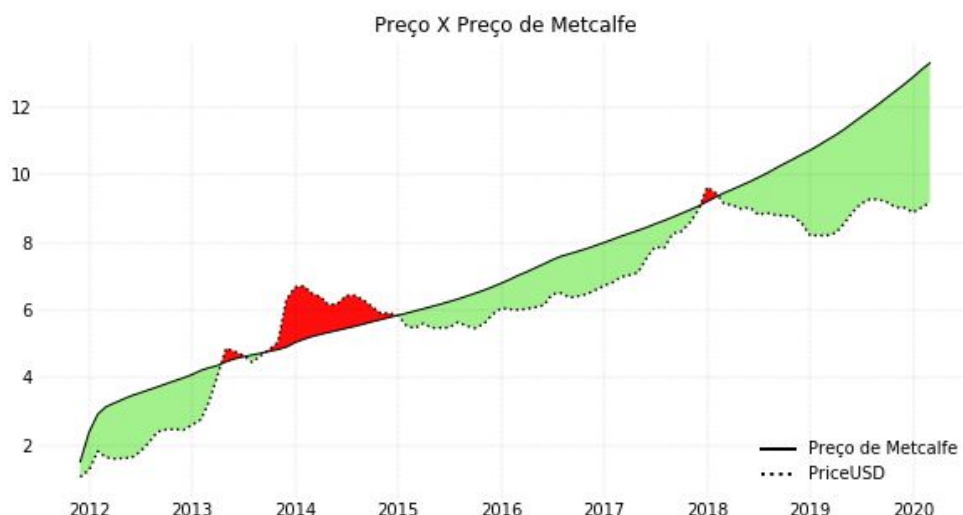


GRÁFICO 13 - PREÇO OBSERVADO E PREÇO DE METCALFE



Resultado

A matriz de correlação acima nos mostra que, à exceção do Preço de Metcalfe, as métricas mantêm alta correlação entre si e com o Preço observado - acima de 80%. Neste último sentido, destacam-se o Preço de NVT e o Preço Realizado, com correlação superior a 90%.

O diagrama de caixas nos permite compreender se os modelos são consistentemente otimistas ou pessimistas com relação ao valor. O Preço Realizado, por exemplo, costuma ser inferior ao preço de mercado, o que significa que os usuários da rede, no agregado, têm maiores lucros a realizar do que prejuízos.

O Preço de Metcalfe tem desvio bastante disperso, o que provavelmente se explica por não depender de nenhum indicador de atividade na rede. E os Custos de Produção apresentaram grandes desvios no período 2013-14, quando estiveram em níveis extremamente baixos⁵¹ ao mesmo tempo em que o preço de mercado atingia altas históricas.

Entretanto, estas medidas para o desempenho dos modelos são, aqui, vistas com ceticismo, já que a magnitude e a frequência dos desvios preço-valor não são os melhores medidores da eficácia dos métodos.

Mais importante que variar junto com o Preço, os valores esperados devem servir como pontos gravitacionais para este. Por isso, uma análise mais criteriosa poderia buscar a causalidade entre os níveis esperados e observados de preço, para garantir que este é, de fato, determinado pelo valor.

⁵¹ Isto se deve à intensa queda neste indicador em 2013, graças à introdução dos ASICs na mineração: com o grande aumento em eficiência técnica dos mineradores, os custos de produção caíram vertiginosamente.

De qualquer forma, observamos que, apesar das limitações de cada modelo, todos foram capazes de identificar alguns momentos de sobrecompra ou sobrevenda do ativo; uma análise conjunta dos resultados teria antecipado movimentos de convergência do preço para seu valor esperado, o que poderia se converter em ganhos.

Veremos, com o apoio dos gráficos em linha, como os modelos poderiam ter sido utilizados para identificar momentos de compra e venda:

Os picos de preço em 2013 e 2014 foram apontados como sobrecompra por todos os modelos, exceto o de Custos de Produção. No longo período de consolidação, nos anos 2015 e 2016, todos acusaram pelo menos um ponto de compra, sendo esta indicação mais clara nos modelos de Estoque-Fluxo, Custos de Produção e NVT.

Ao fim do ciclo de alta de 2017, a oportunidade de venda era apontada por todos os modelos, com indicações mais fortes pelo Preço de Metcalfe, pelos Custos Evitados e pelo Preço Realizado. Mais recentemente, a intensa queda do mercado ao final de 2018 gerou sinais de sobrevenda em todos os modelos.

A consistência em antecipar momentos de preço nos mostra a relevância deste ferramental de valoração. Entretanto, não há motivos para crer que esta consistência deverá se manter no futuro. Com atenção ao desenvolvimento de novas métricas e às limitações de cada uma, acreditamos que será possível empenhar esforços para uma compreensão mais afinada dos potenciais de cada metodologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONPOULOS, A. **Mastering Bitcoin: Programming the Open Blockchain**. O'Reilly media, 2017.

ANTOS, J. **Cryptoasset Valuation: Introducing Beta of Velocity**. Medium, 2018.

Disponível em:

<<https://medium.com/blockchain-advisory-group/cryptoasset-valuation-introducing-the-beta-of-velocity-cd8483d1c897>>

BARBERIS, N.; THALER, R. **A Survey of Behavioral Finance**. Handbook of the Economics of Finance, in: G.M. Constantinides & M. Harris & R. M. Stulz (ed.), Handbook of the Economics of Finance, 1ª edição, volume 1, cap. 18, p. 1053-1128 Elsevier, 2003

BEECHER, Janice A. **Avoided cost: an essential concept for integrated resource planning**. Journal of Contemporary Water Research and Education 104.1, 1996.

BHEEMAIHAH, K; COLLOMB, A. **Cryptoasset Valuation - Identifying the variables of analysis**. Working Report v1.0 , 2018.

BINANCE RESEARCH. **Bitcoin Mining Allocation**. Disponível em:

<<https://research.binance.com/analysis/bitcoin-mining-allocation>>

BOLLEN, Rhys. **The History and Operation of International Payment System**. Journal of Banking and Finance Law and Practice, Vol. 18, No. 27, 2007

BRISCOE, B.; ODLYZKO, A.; TILLY, B. Metcalfe's law is wrong - communications networks increase in value as they add members-but by how much? IEEE Spectrum, v. 43, n. 7, p. 34–39, 2006.

BRUMMER, C. **Cryptoassets: legal, regulatory, and monetary perspectives**. Tradução . [s.l.] Oxford University Press, 2019.

BURGER, H. C. **Bitcoin's natural long-term power-law corridor of growth**, 2019.

Disponível em:

<<https://medium.com/coinmonks/bitcoins-natural-long-term-power-law-corridor-of-grow>>

th-649d0e9b3c94>

BURGER, M. **Challenging Plan B: a review of "Modelling Bitcoin's value with scarcity"**,

2019. Disponível em:

<<https://medium.com/burgercrypto-com/challenging-plan-b-a-review-of-modelling-bitcoins-value-with-scarcity-3d4e7e141286>>

BURNISKE, C. **Cryptoasset Valuations**. 2017. Disponível em:

<<https://medium.com/@cburniske/cryptoasset-valuations-ac83479ffca7>>

BURNISKE, C.; TATAR, J. **Cryptoassets the innovative investor's guide to bitcoin and beyond**. Tradução . [s.l.] McGraw-Hill, 2018.

BURNISKE, C.; WHITE, A. **Bitcoin: Ringing the Bell for a New Asset Class**. ARK Invest, 2017.

BUSSE, M.; KOENIGER, J. **Trade and Economic Growth: A Re-Examination of the Empirical Evidence**. SSRN Electronic Journal, 2012.

BUTERIN, V. **On Medium-of-Exchange Token Valuations** 2017. Disponível em:

<<https://vitalik.ca/general/2017/10/17/moe.html>>

CAMBRIDGE. **Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI)**. Disponível em: <<https://www.cbeci.org/>>

CAPRIOLE INVESTMENTS. **Bitcoin's Energy Value**. Dados e metodologia, 2019. Disponível em:

<<https://www.capriole.io/energy-value>>

CARTER, N.. **Bitcoin as a novel market institution (talk at Baltic Honeybadger 2018)**.

Palestra transcrita pela página Rain God Dance no Medium. Disponível em:

<<http://medium.com/@RainDogDance/bitcoin-as-a-novel-market-institution-nic-carter-talk-at-baltic-honeybadger-2018-e085f163b213>>

CARVALHO, F. J. C. D. E. **Economia monetária e financeira: teoria e política**. Tradução . [s.l.] Campus, 2007.

CFTC. **Bitcoin Basics**, 2018. Disponível em:

<www.cftc.gov/sites/default/files/idc/groups/public/%40customerprotection/documents/file/oceo_bitcoinbasics0218.pdf>

COIN METRICS. **Community Network Data**. Disponível em:

<<https://coinmetrics.io/community-network-data/#comm-files>>

COIN SHARES. **The Bitcoin Mining Network - Trends, Composition, Average Creation**

Cost, Electricity Consumption & Sources. Relatório, 2019. Disponível em:

<<https://coinshares.com/assets/resources/Research/bitcoin-mining-network-december-2019.pdf>>

COIN METRICS. **Coin Metrics' State of the Network**. Relatório, 2020. Disponível em:

<<https://coinmetrics.substack.com/>>

CREDIT SUISSE. **Blockchain 2.0 - Cryptocurrencies are just the beginning**. Relatório,

2018. Disponível em:

<https://research-doc.credit-suisse.com/docView?language=ENG&format=PDF&sourceid=csplusresearchcp&document_id=1080109971&serialid=pTkp8RFIoVyHegdqm8EILLNi1z%2Fk8mInqoBSQ5KDZG4%3D>

DAMODARAN, A. **Investment valuation: tools and techniques for determining the**

value of any asset. Tradução . [s.l.] Wiley, 2012.

EDWARDS, C. **Bitcoin's Production Cost**. Medium, 2019a. Disponível em:

<<https://medium.com/capriole/bitcoins-production-cost-88d889462ea7>>

EDWARDS, C. **Metcalfe's Law Says Bitcoin is Overvalued**. Medium, 2019b. Disponível em:

<<https://medium.com/capriole/has-metcalfes-law-stopped-working-for-bitcoin-45209e02c4bb>>

ERNST&YOUNG. **Accounting for crypto-assets**. Relatório, 2018. Disponível no Link:

<[ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-ifs-accounting-for-crypto-assets-new/\\$FILE/ey-ifs-accounting-for-crypto-assets.pdf](http://ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-ifs-accounting-for-crypto-assets-new/$FILE/ey-ifs-accounting-for-crypto-assets.pdf)>

ERNST & YOUNG. **The valuation of crypto-assets**. Relatório, 2019. Disponível em:

<https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/emeia-financial-services/ey-the-valuation-of-crypto-assets.pdf>

- FINMA. **FINMA publishes ICO guidelines**. Disponível em:
<http://finma.ch/en/news/2018/02/20180216-mm-ico-wegleitung/>
- FMI. **Treatment of Crypto Assets in Macroeconomic Statistics**. Nota, 2018. Disponível em: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/bop/2018/pdf/18-11.pdf>
- GAZZETTA, C. **Valuation Metrics**. Repositório no GitHub, 2020. Disponível em:
<https://github.com/cryptogazzetta/Valuation-metrics>
- GREER, R. J. **What is an Asset Class, Anyway?** The Journal of Portfolio Management, v. 23, n. 2, p. 86–91, 1997.
- HAYES, A. **A Cost of Production Model for Bitcoin**. SSRN Electronic Journal, 2015.
- KALICHKIN, D. **Rethinking Metcalfe's Law applications to cryptoasset valuation**. Medium, 2018. Disponível em:
<https://medium.com/cryptolab/network-value-to-metcalfe-nvm-ratio-fd59ca3add76>
- KEYNES, J. M. **Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda**. 1936. Saraiva, 2017.
- KHAN, M. **Testing the Predictive Power of Equity Valuation Metrics: a Minskyian Approach**. Senior Projects Spring 2016. Paper 288, 1994.
- KOOPMAN, D. **A review of valuation methods for crypto-assets**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Utrecht, 2019.
- KRUGMAN, P. **A Model of Innovation, Technology Transfer, and the World Distribution of Income**. Rethinking International Trade, 1990.
- LANNQUIST, A. **Today's Crypto Asset Valuation Frameworks**. Disponível em:
<https://medium.com/blockchain-at-berkeley/todays-crypto-asset-valuation-framework-s-573a38eda27e>
- LAW, L. *et al.* **How to make a mint: the cryptography of anonymous electronic cash**. National Security Agency Office of Information Security Research and Technology, 1996.
- LEINER, B. M. *et al.* **A brief history of the internet**. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, v. 39, n. 5, p. 22–31, 2009.

- MARICHAL, C.; AZEVEDO, E. L. P. D. E. **Nova história das grandes crises financeiras: uma perspectiva global, 1873-2008**. Tradução . [s.l.] Editora FGV, 2016.
- MINSKY, H. P. **The financial instability hypothesis: capitalist processes and the behavior of the economy**. Tradução . [s.l.] Confederação generale dell'industria italiana, 1979.
- NAKAMOTO, S. **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. SSRN Electronic Journal, 2008. Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>
- NICK. **Falsifying Stock-to-Flow As a Model of Bitcoin Value**. Disponível em: <<https://medium.com/swlh/falsifying-stock-to-flow-as-a-model-of-bitcoin-value-b2d9e61f68af>>
- OCDE. **Vectors of digital transformation**. OECD Digital Economy Papers, 2019.
- PEREIRA, F. G. ✪ **A Deep Dive on the SOPR On-Chain Oscillator**. Disponível em: <<https://medium.com/paradigma-capital/a-deep-dive-on-the-sopr-on-chain-oscillator-86839b94d0c2>>
- PETERSON, T. **Metcalf's Law as a Model for Bitcoin's Value**. SSRN Electronic Journal, 2017.
- PLANB. **Modeling Bitcoin's Value with Scarcity**. Disponível em: <<https://medium.com/@100trillionUSD/modeling-bitcoins-value-with-scarcity-91fa0fc03e25>>
- PUELL, D; WOO, W. **Experiments on Cumulative Destruction**, 2019. Disponível em: <<https://woobull.com/experiments-on-cumulative-destruction/>>
- PUELL, D. **Bitcoin Market-Value-to-Realized-Value (MVRV) Ratio**, 2018. Disponível em: <<https://medium.com/adaptivecapital/bitcoin-market-value-to-realized-value-mvr-v-ratio-3ebc914dbaee>>
- PWC. **In depth - A look at current financial reporting issues**. Relatório, 2018. Disponível em: <pwc.com/gx/en/services/audit-assurance/assets/pwc-cryptographic-assets-and-relat

ed-transactions-accounting-considerations-under-ifrs.pdf>

RESENDE, André. **A moeda do futuro**. Disponível em:

<<http://valor.globo.com/eu-e/coluna/a-moeda-do-futuro.ghtml>>

SAIDI, A. **Valuation of Crypto Assets. A Conceptual Framework and Case Application to the IOTA Token**. Tese de Mestrado, 2018. Disponível em:

<<https://www.grin.com/document/494016>>

SEC, Division of Enforcement. **Annual Report**. Relatório, 2018 Disponível em:

<sec.gov/files/enforcement-annual-report-2018.pdf>

SHILLER, R. J. **Irrational exuberance: with a new preface**. Tradução . [s.l.] Princeton Univ. Press, 2001.

SHIRAKASHI, R. **Introducing SOPR: spent outputs to predict bitcoin lows and tops**.

Disponível em:

<<https://medium.com/unconfiscatable/introducing-sopr-spent-outputs-to-predict-bitcoin-lows-and-tops-ceb4536b3b9>>

SZABO, N. **Smart Contracts**, 1994. Disponível em:

<<http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>>

TRAYNIS, I. **Understanding the Dangers of Token Velocity**. Hackernoon, 2018.

Disponível em: <<https://hackernoon.com/token-velocity-a455173d69e3>>

VARIAN, H. R. et al. **Microeconomia princípios básicos - uma abordagem moderna**.

Tradução . [s.l.] Campus, 2006.

WOO, W. **Introducing NVT Ratio (Bitcoin's PE Ratio), use it to detect bubbles**.

Disponível em:

<<https://woobull.com/introducing-nvt-ratio-bitcoins-pe-ratio-use-it-to-detect-bubbles/>>

WRAY, L. R. **Lessons from the Subprime Meltdown**. SSRN Electronic Journal, 2007.