

ODS e o Pagamento de IPTU com Criptomoedas no Rio de Janeiro – Brasil

SDGs and the Payment of Urban House Tax with Cryptocurrency in Rio de Janeiro- Brazil

Gabriel Zanatta Tocchetto¹

Cinthia Obladen de Almendra Freitas²

Sumário: 1. Introdução; 2. ODS e o consumo de energia elétrica; 3. *Proof of work* e energia elétrica; 4. Conclusão.

Resumo: O trabalho discorre sobre o anúncio da prefeitura do Rio de Janeiro que versa sobre o pagamento de IPTU com criptomoedas a partir do ano de 2023. O objetivo do trabalho é apresentar motivos para a existência de um crivo de eficiência energética para a aplicação da medida anunciada, de forma que a medida seja adequada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, especialmente os ODS 7, 12 e 13, exatamente em decorrência da ineficiência da metodologia *Proof of Work* (PoW) de consenso e geração dos blocos nas principais ledgers utilizadas hoje. O problema de pesquisa do trabalho questiona se são necessários ajustes finos à expectativa do referido pagamento de IPTU para adequação aos ODSs, sendo a hipótese de que, em decorrência do custo energético de transações causado pela metodologia PoW, esse tipo de filtro é necessário. Fazendo uso do método hipotético dedutivo, o trabalho conclui pela confirmação da hipótese em seus termos, a partir da apresentação direta de dados de consumo energético dos criptoativos e do relacionamento da eficiência energética com os ODSs 7, 12 e 13.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Mudanças Climáticas; Sustentabilidade; Criptomoedas; *Proof of Work*.

Abstract: The work discusses the announcement of the city hall of Rio de Janeiro that deals with the payment of urban house tax (IPTU) with cryptocurrencies from the year 2023 on. The objective of the work is to present reasons for the existence of an energy efficiency screening for the application of the announced measure, so that the measure is in accord with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). Especially to the SDGs 7, 12 and 13, precisely due to the inefficiency of the Proof of Work (PoW) methodology for consensus and generation of blocks in the main ledgers used today. The research problem of the work questions whether fine adjustments to the expectation of the aforementioned IPTU payment are necessary for adapting to SDGs, with the hypothesis that, due to the energy cost of transactions caused by the PoW methodology, this type of filter is necessary. Making use of the hypothetical deductive method, the work concludes by confirming the hypothesis in its terms, from the direct presentation of data concerning the energy use of crypto assets and the relationship of energy efficiency with SDGs 7, 12 and 13.

¹ Doutorando em Direito no PPGD da PUCPR. Mestre em Direito pela Faculdade Meridional. Pós-Graduado em Direito Empresarial pela Faculdade Estácio. Advogado. Graduado em Direito pela Faculdade Meridional Imed. E-mail: gztocchetto@gmail.com.

² Professora Titular da Escola de Direito da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Coordenadora e Professora Permanente do Programa de Pós-Graduação em Direito (PPGD) da PUCPR. Coordenadora do Curso lato sensu de Direito Digital da PUCPR. Doutora em Informática pela PUCPR. Membro Consultivo da Comissão de Inovação e Gestão da OAB/PR. Diretora acadêmica do Instituto Nacional de Proteção de Dados (INPD). E-mail: cinthia.freitas@pucpr.br.

Keywords: Energy Efficiency; Climate change; Sustainability; Cryptocurrencies; Proof of Work.

1 Introdução

Em março de 2022, a prefeitura do município do Rio de Janeiro anunciou que já no ano de 2023 será possível para os cidadãos o pagamento de IPTU com criptomoedas. Um número importante de perguntas surge dessa promessa, desde questões como variações de valor, gestão desses recursos, definições de quais moedas serão aceitas para esse tipo de operação e mesmo sobre limitações de carteiras que permitam identificar a origem lícita dos valores utilizados para esse fim. Não obstante, uma importante questão que, ao tempo que espreita o assunto das criptomoedas há alguns anos, comumente é deixada de lado nas considerações sobre adoção desse tipo de tecnologia, é o ponto dos impactos ambientais que uma importante quantidade desses tipos de ativos geram ao meio ambiente, especialmente considerando o custo da metodologia operacional de registro e consenso como segurança original (e mais comum) para as criptomoedas, chamada *Proof of Work* (PoW).

O problema de pesquisa tem como pergunta: são necessários e possíveis ajustes finos à expectativa de pagamento de IPTU no RJ com criptomoedas, com foco nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de números 7, 12 e 13, considerando que as principais criptomoedas hoje trabalham com a metodologia operacional chamada de PoW? A hipótese levantada é a de que o consumo de energia da metodologia de consenso PoW para a operação de criptomoedas apresenta um risco para os ODS de acessibilidade de energia, consumo e produção responsáveis e mesmo da ação contra a mudança global no clima e, portanto, a adoção de pagamentos de tributos com criptomoedas deve considerar medidas de controle dessas consequências.

O objetivo geral é apresentar evidências e justificativas para a existência de padrões para o pagamento de IPTU com criptomoedas, cumprindo o anúncio feito em março de 2022 por parte da Prefeitura do Rio de Janeiro, de forma adequada aos ODS 7, 12 e 13. Os objetivos específicos focam no ato de relacionar o anúncio com cada um dos referidos e justificar a necessidade de medidas de mitigação dessa medida prometida pela prefeitura do Rio de Janeiro-Brasil.

2 ODS e o Consumo de Energia Elétrica

Das grandes questões que impactam a sustentabilidade como objetivo (dentro e fora da agenda 2030), o consumo energético certamente ocupa uma posição de importante protagonismo. Como um assunto que permeia grande parte da pegada de carbono, da

produção de alimentos e mesmo da desigualdade ao redor do mundo, o consumo e produção responsável, eficiente e economicamente acessível de energia elétrica toca diretamente ao menos três dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), diga-se, os objetivos 7, 12 e 13.

Um documento útil à avaliação da importância da eficiência energética é o relatório de 2020 do ODS7 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; *et. al.*, 2020), escrito entre outros órgãos pela Organização Mundial da Saúde e a Divisão de Estatística das Nações Unidas, que discorre durante todo o capítulo 4 sobre a eficiência energética como objeto de acompanhamento do cumprimento do ODS 7. As próprias metas definidas para o ODS deixam claro o quanto a eficiência energética é importante, quando definem diretamente a melhoria da eficiência energética (7.3) e a cooperação com foco em facilitar o acesso a tecnologias de eficiência energética (7.a) (UNITED NATIONS, s.a.), mas existem dois pontos de incompatibilidade, ligados de forma mais intrínseca ao ODS 7, que demonstram melhor o problema do desperdício energético de metodologias de controle de transações como as criptomoedas que operam via *Proof of Work*, o problema da lógica de mercado, que liga diretamente os preços à oferta e demanda por produtos e o problema da escala, que vincula o tamanho do desafio de migração para uma matriz energética limpa à quantidade de energia consumida pelos sistemas que devem passar por essa transição.

A resposta para a pergunta sob a ótica do problema gerado pela lógica de oferta e demanda do mercado toma caminhos mais claros quando se parte à leitura do próprio ODS 7 e sua primeira meta (7.1), que vão, respectivamente, falar em energia “barata” e “economicamente acessível”. Essas definições são especialmente importantes quando se considera que o título geral do ODS 7 traduz a palavra *affordable* simplesmente como “acessível” (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, s.a.), sem esclarecer o que de fato significa essa acessibilidade, como o termo em inglês (e a tradução do próprio ODS e da primeira meta) o faz.

A partir da lógica de mercado que define organicamente preços como resultado da relação entre oferta e procura, é possível tirar diretamente a conclusão de que a adição de fatores que geram demanda por um produto serem motores de valorização desse produto (KAKAROT-HANDTKE, 2014). A partir dessa lógica, objetiva a conclusão de que a energia elétrica em si se torna mais cara em decorrência da existência da procura de energia para alimentação das *ledgers* que trabalham com *Proof of Work*, especialmente considerando os níveis definidos acima, que se aplicam exclusivamente à *ledger* do BitCoin que, apesar de ser

a maior em poder de processamento e valor de mercado, é só uma das muitas *ledgers* que trabalham com essa metodologia de processamento de blocos pela tecnologia *Blockchain*.

O problema do aumento do tamanho do desafio à transição para uma matriz energética limpa deriva da metodologia utilizada para calcular esse tipo de transição, que considera como aumento percentual do uso de energias limpas anual somente quando esse aumento tem graduação maior que o aumento do consumo de energias no geral para o ano de referência (ASIF; MUNEER, 2007, p. 1388). Nesse contexto, o aumento de consumo, especialmente no nível de ineficiência de um bilhão para um, como é o caso da relação entre as *ledgers* públicas de *Proof of Work* e as transações bancárias regulares.

No contexto da promessa feita pela prefeitura do Rio de Janeiro (2022), a adoção de *ledgers* como metodologias de solução de problemas que tomam a forma de pagamentos pecuniários, em decorrência do grau de ineficiência desse tipo de decisão, é uma medida que se apresenta como obstáculo tanto às metas do ODS 7 quanto ao ODS em si. Por esse motivo, objetiva a conclusão de que eventual adoção de medida que autoriza o pagamento de tributos no município do Rio de Janeiro via criptoativos se mostra como um risco ao ODS 7 em abstrato, mas um risco que pode ser mitigado via a adoção de critério que defina o tipo de criptoativo apto ao adimplemento do IPTU, exatamente por vias da escolha de *ledgers* que fazem uso de metodologias diversas do PoW, que consomem em média cem mil (100.000 ou 10⁵) vezes menos energia que as *ledgers* que operam com a metodologia PoW (SEDLMEIR; *et. al.*, 2020, p. 606).

É importante notar como a integração e interdependência dos ODS (CERF, 2019) coloca uma situação na qual o descumprimento do ODS 7 a partir do uso excessivo de energia elétrica pode ser verificada como um descumprimento dos ODS 12 e 13. O ODS 12, intitulado “Consumo e Produção Sustentáveis” e o ODS 13, intitulado “Ação Contra a Mudança Global do Clima” (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, s.a.) são objetivos atrelados à natureza do consumo de energia elétrica de formas diferentes.

Como um objetivo vinculado à produção industrial, a sustentabilidade de consumo e produção de que fala o ODS 12 se liga de duas formas diferentes à matriz energética de energias consumidas e a relação desta com o consumo de energia elétrica. Na produção uma vez que a produção de energia elétrica sustentável tem importantes limites hoje colocados pela barreira de energias renováveis e se coloca diante da constante saída de queima de combustíveis fósseis para suprimento desse tipo de necessidade, como se verifica ser o caso do que coloca hoje a Alemanha no centro de um importante desafio logístico, em decorrência de importação de combustíveis fósseis para suprimento desse tipo de necessidade (KREBS,

2022). Já a relação do ODS 12 com o consumo de energia elétrica se verifica exatamente pelo fato de que o motor de um consumo sustentável em um planeta de recursos finitos necessariamente conta com a consideração de eficiência para esse consumo, o contrário do que as *ledgers* que operam via PoW são capazes de entregar para transações financeiras.

A relação entre o ODS 13 e o consumo de energia é ainda mais direta, vez que o consumo de energia e a busca pela produção de mais energia é um processo necessariamente caro ao impacto na mudança climática do planeta terra, mesmo considerando fontes de energia chamadas de “verdes”, como a energia hidroelétrica (CHEN; *et. al.*, 2015) e a energia solar (STYLOS; KORONEOS, 2014). Não por acidente, ignorar o consumo eficiente de energia acaba sendo um passo no caminho contrário da agenda 2030, ao menos no que toca os três ODS em questão.

3 *Proof of Work* e Energia Elétrica

Proof of work (PoW) é uma metodologia que, como o nome fala, serve para comprovar trabalho, diga-se, processamento computacional e cumpre (como o presente trabalho discorre) a dupla serventia de gerar segurança e definir custo a operações cuja simplificação apresenta risco de alguma natureza para a finalidade da própria operação. PoW já foi tratada como metodologia para diminuir a frequência e dificultar o envio de spam via e-mail (LIU, CAMP, 2006) e também para evitar ataques de natureza *Denial-of-Service* (DoS) (KAISER, FENG, 2007) mas, desde o fenômeno Bitcoin, criado em 2008 (NAKAMOTO, 2008), as discussões sobre PoW têm como principal foco a “prova de trabalho” para os cálculos de blocos da *ledger* (uma versão eletrônica de algo como um livro de registro de transações) chamada de tecnologia *Blockchain*.

A prática de solução dos cálculos da PoW das criptomoedas é chamada de mineração, exatamente porque ela gera compensações pelo próprio sistema que implementa a tecnologia *Blockchain* para as carteiras indicadas como proprietárias do trabalho que acertou o resultado dos cálculos (NAKAMOTO, 2008, p. 3). Quanto maior o poder de processamento acumulado que é dedicado a procurar por essas respostas (*hash pool*), maior é a definição de dificuldade que o algoritmo de *Blockchain* colocará para a solução de cada um dos blocos (NAKAMOTO, 2008, p. 3), o que permite uma constância na geração de blocos e garante que o sistema se adapte não só ao seu próprio sucesso, mas ao desenvolvimento das tecnologias de processadores utilizados na *hash pool*.

A tecnologia *Blockchain* é, portanto, uma tecnologia baseada em metodologia de anotação de transações que trabalha com um grau de metodologia pesada e cuja segurança

remove a necessidade de confiança em sistemas financeiros e de transações (removendo portanto intermediários, como é o caso de instituições financeiras, por exemplo), pela via de uma metodologia de consenso que garante não só o cumprimento de regras, mas a concessão de incentivos para a execução dessas regras (NAKAMOTO, 2008, p. 8). O que a metodologia de gestão de ativos proposta na rede Bitcoin coloca à realidade é uma possibilidade extra governamental de gestão de ativos por meio de um registro cujo custo de violação acaba potencializado pelo interesse daqueles que resolvem os cálculos dos blocos (PoW) nos quais são armazenadas as transações desse livro de registro chamado propriamente de *Blockchain* e que matematicamente tornam a violação do consenso rapidamente impraticável (NAKAMOTO, 2008, p. 8).

Resolver os problemas matemáticos capazes de gerar esse tipo de segurança para a *ledger* é uma tarefa muito cara, a estimativa do custo energético exclusivo do Bitcoin, considerando o intervalo de 12 meses medidos em maio de 2020 é de 125 TWh (SEDLMEIR; *et. al.*, 2020, p. 601). Para comparação, o consumo nacional do Brasil, no acumulado dos 12 meses de 2021, foi de pouco mais de 500 TWh (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2022), o que coloca o Bitcoin como um sistema que consome aproximadamente um quarto da energia do Brasil, o quinto maior país do mundo.

É importante anotar que as soluções que fazem uso de tecnologia *Blockchain* são especialmente ineficientes, não só quando consideramos a massiva quantidade de energia utilizada nos cálculos, mas especialmente quando consideramos a quantidade de operações feitas com essa energia (SEDLMEIR; *et. al.*, 2020, p. 606). Apesar disso, a quantidade de transações feitas pela rede é fixada não no gasto energético dela, mas sim na quantidade de processamento disponibilizado na rede, o que significa que uma política com medidas como a de possibilitar o pagamento de tributos com criptomoedas não necessariamente gera um impressionante custo de ineficiência energética para a relação do trabalho de transferência de valores, mas aumenta a energia gasta nas *ledgers* por aumentar a procura por esse tipo de ativo e portanto aumentar a valia de procedimentos de mineração, a partir da lógica de mercado em si.

A diferença do consumo energético de *Blockchains* públicas que fazem uso de PoW se aproxima na grandeza de 10^9 (dez na nona potência) de custo por transação, se comparada com sistemas centralizados como os de instituições financeiras (SEDLMEIR; *et. al.*, 2020, p. 606). Isso significa que a diferença entre uma transação em uma *Blockchain* pública custa o equivalente a 1.000.000.000 (um bilhão) de transações financeiras de uma conta bancária regular. Mas tudo isso não passa de uma observação de fatos, que por si só não são capazes

de sustentar argumentos de que PoW é ou deixa de ser uma pedra no sapato do ODS 7, que obriga a pergunta sobre se o consumo eficiente de energia é ou não um empecilho à realização do objetivo “energia limpa e acessível”, da agenda 2030 da ONU.

A sinergia entre legislações brasileiras e a preservação do meio-ambiente não pode ser caracterizada como um evento singular na história do país. Em verdade, é possível observar vários processos de crescente protecionismo ambiental na comparação de legislações como o primeiro Código Florestal brasileiro, de 1934 (BRASIL, 1934), e o apelidado “novo Código Florestal”, Lei 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012), um processo que também pode ser observado a partir da leitura da Constituição de 1988 (BRASIL, 1988).

Apesar de fartos os exemplos, poucos se encaixam tão bem na expectativa de regulamentação procedimental tratada no presente trabalho quanto o que hoje tramita no Projeto de Lei nº 4401, de 2021 (BRASIL, 2021), que a partir da Emenda 3, apresentada em plenário no dia 12 de abril de 2022, dá incentivos fiscais importantes para operações de criptomoedas que utilizem 100% de energias de fontes renováveis. A proposta colocada pela Emenda 3 do PL em questão vai no exato caminho que o presente trabalho propõe para o pagamento de IPTU com criptomoedas no município do Rio de Janeiro a partir de 2023, uma solução que ao menos reconheça o custo energético da decisão de executar pagamentos por via de *ledgers* que operam PoW.

A restrição de pagamento por via de ativos que possuam um nível mínimo de eficiência por transação, uma metodologia diversa do PoW para operação das transações e cálculo dos blocos da *ledger* ou mesmo a obrigação de uso de moedas com algum nível de impacto positivo (ou mitigação de impactos negativos) são medidas capazes de demonstrar a seriedade em cumprir com os ODS 2030 por parte do Brasil. Do lado oposto, a não adoção desse tipo de metodologia é capaz de aumentar em muito a pegada de carbono da prefeitura do Rio de Janeiro, colocando eventualmente à prefeitura o ônus de reverter essa pegada, o que pode não ser um processo barato nem de simples solução, especialmente considerando o nível de ineficiência da grandeza de 10^9 (dez na nona potência) para algo tão simples e com efeitos tão singelos quanto uma transação financeira.

4 Conclusão

As novas tecnologias colocam ao debate público complexidades que geram diversos tipos de reações que, informadas ou não, são capazes de gerar resultados em nível de políticas públicas que vão desde a oposição direta à implantação de inovações em procedimentos estatais quanto a proposta de adoção direta das novas tecnologias pelo poder público.

Frequentemente os caminhos tomados na prática não levam à decisões definitivas para um lado ou para outro, mas caminham em uma linha do aceitável que acaba por prevenir a precipitação ao mesmo tempo que evitam a estagnação do poder público.

O argumento aqui é exatamente nesse caminho colocado pelo meio-termo, que parece ser mais adequado que o que a leitura da notícia de março de 2022 no website da prefeitura do Rio de Janeiro permite concluir. A adoção de criptomoedas como forma de pagamento de IPTU no município do Rio de Janeiro certamente não será feita de forma indiscriminada (ou agnóstica) em relação aos ativos que a prefeitura deve aceitar para essa finalidade, e certamente sobre as origens lícitas ou mesmo rastreáveis desses ativos, mas é importante também considerar que esse filtro necessariamente deve ser aplicado à eficiência energética das *ledgers* escolhidas, sendo a maior de todas as criptomoedas, o BitCoin, um ativo que deve reprovar em um crivo dessa natureza.

O vislumbre da possibilidade de pagamento de tributos com criptomoedas é certamente um experimento importante para a realidade brasileira, não só por representar um passo à modernização do Poder Público, mas por ser um laboratório de testes capaz de demonstrar se o país está apto a prosperar em um mundo onde moedas correntes podem ser utilizadas como armas de guerra e a capacidade de transacionar para além desses limites pode se tornar uma alternativa única do dia para a noite. O desafio colocado para as novas tecnologias vulnera muito do que a soberania estatal trata hoje como posto e, em um país do tamanho do Brasil, a moeda corrente ainda é uma dessas constantes, mas a incerteza de situações recentes impede que as moedas fiduciárias sejam vistas da mesma forma ao redor do mundo e a adaptação a essa realidade para um país periférico pode se revelar uma necessidade.

Demonstrando de forma direta a relação entre o consumo energético e os ODSs 7, 12 e 13, o trabalho cumpre com o primeiro objetivo específico e ao demonstrar a relação entre o PoW e a eficiência energética de transações financeiras, o trabalho cumpre com o segundo objetivo específico. Nesse contexto, conclui-se pela confirmação da hipótese apresentada, sendo nítido que um aceite indiscriminado (sem critério de eficiência energética) de criptoativos para o pagamento de IPTU no município do Rio de Janeiro é um desrespeito claro ao compromisso dos ODSs da agenda 2030.

Referências Bibliográficas

ASIF, Muhammad; MUNEER, Tariq. Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 11, n. 7, p. 1388-1413, 2007.

BRASIL. Decreto N° 23.793, de 23 de Janeiro de 1934. Aprova o código florestal que com este baixa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23793.htm>. Acesso em 4 jul. 2022.

_____. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 4 jul. 2022.

_____. Lei n° 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n°s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n°s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em 4 jul. 2022.

_____. Senado Federal. Projeto de Lei n° 4401, de 2021. Dispõe sobre a prestadora de serviços de ativos virtuais; e altera o Decreto-Lei n° 2.848, de 7 de dezembro de 1940 (Código Penal), e as Leis n°s 7.492, de 16 de junho de 1986, e 9.613, de 3 de março de 1998, para incluir a prestadora de serviços de ativos virtuais no rol de instituições sujeitas às suas disposições. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/151264>>. Acesso em 4 Jul. 2022.

CERF, Marlon E. Sustainable development goal integration, interdependence, and implementation: The environment–economic–health nexus and universal health coverage. **Global Challenges**, v. 3, n. 9, p. 1900021, 2019.

CHEN, Shaoqing; CHEN, Bin; FATH, Brian D. Assessing the cumulative environmental impact of hydropower construction on river systems based on energy network model. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 78-92, 2015.

Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha Mensal: O consumo nacional de eletricidade em dezembro foi 42.937 GWh, o maior valor para o mês em toda a série histórica, desde 2004**. 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/resenha-mensal-o-consumo-nacional-de-eletricidade-em-dezembro-foi-42-937-gwh-o-maior-valor-para-o-mes-em-toda-a-serie-historica-desde-2004>>. Acesso em 4 jul. 2022.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (ipea). **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <<https://www.ipea.gov.br/ods/index.html>>. Acesso em 13 abr. 2022.

International Energy Agency; International Renewable Energy Agency; United Nations Statistics Division; the World Bank; World Health Organization. **Tracking SDG 7**. 2020. Disponível em <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33822>>. Acesso em 13 abr. 2022.

KAISER, Ed; FENG, Wu chang. mod_kaPoW: Mitigating DoS with transparent proof-of-work. In: **Proceedings of the 2007 ACM CoNEXT conference**. 2007. p. 1-2.

KAKAROT-HANDTKE, Egmont. The Law of Supply and Demand: Here it is finally. **SSRN** 2481840, 2014.

KREBS, Tom. Economic consequences of a sudden stop of energy imports: The case of natural gas in Germany. **ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper**, n. 22-021, 2022.

LIU, Debin; CAMP, L. Jean. Proof of Work can Work. In: **WEIS**, 2006. Disponível em <<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.73.3136&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 13 abr. 2022.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. **Decentralized Business Review**, p. 21260, 2008.

Rio de Janeiro. Prefeitura do Rio de Janeiro. **Carioca poderá pagar IPTU com criptomoeda em 2023**. Disponível em <<https://prefeitura.rio/cidade/carioca-podera-pagar-iptu-com-criptomoeda-em-2023/>>. Acesso em 13 abr. 2022.

SEDLMEIR, Johannes; BUHL, Hans Ulrich; FRIDGEN, Gilbert; KELLER, Robert. The energy consumption of blockchain technology: Beyond myth. **Business & Information Systems Engineering**, v. 62, n. 6, p. 599-608, 2020.

STYLOS, Nikolaos; KORONEOS, Christopher. Carbon footprint of polycrystalline photovoltaic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 639-645, 2014.

United Nations. Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all. Disponível em <<https://sdgs.un.org/goals/goal7>>. Acesso em 13 abr. 2022.