

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DO SERTÃO  
UNIDADE EDUCACIONAL SANTANA DO IPANEMA  
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

DALBERT FERREIRA MATOS

**OS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE CRIPTOMOEDAS: DESAFIOS,  
EXPECTATIVAS E CAMINHOS SUSTENTÁVEIS**

Santana do Ipanema

2023

**DALBERT FERREIRA MATOS**

**OS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE CRIPTOMOEDAS: DESAFIOS,  
EXPECTATIVAS E CAMINHOS SUSTENTÁVEIS**

Monografia apresentada para o curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Hérmani Magalhães

Santana do Ipanema

2023

## Folha de Aprovação

DALBERT FERREIRA MATOS

### OS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE CRIPTOMOEDAS: DESAFIOS, EXPECTATIVAS E CAMINHOS SUSTENTÁVEIS.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 19 de março de 2024.

Documento assinado digitalmente  
 HERMANI MAGALHAES OLIVENSE DO CARMO  
Data: 23/04/2024 14:30:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Orientador - Msc. Hérmani Magalhães Olivense do Carmo

#### Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 CRISTIANO DA SILVA SANTOS  
Data: 20/04/2024 20:38:12-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Examinador Interno – Dr Cristiano da Silva Santos

Documento assinado digitalmente  
 RAFAEL KLOECKNER  
Data: 17/04/2024 23:08:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Examinador Interno – Dr Rafael Kloeckner

## **AGRADECIMENTOS**

O maior sentimento de gratidão é direcionado, sem dúvidas, a mim, por não ter desistido de chegar até aqui, mesmo quando tudo parecia tão desgastante.

Agradeço à minha mãe por todo acolhimento dado durante a trajetória não só acadêmica, mas sim de vida, de modo geral.

Aos meus familiares mais próximos que me fizeram perceber que, na verdade, nós nunca estamos sozinhos, tendo sempre onde e em que se agarrar.

Aos meus amigos que, além de todo apoio, serviram de ponto de fuga para todo o caos enfrentado pelo caminho, seja com conversas acolhedoras, seja com mensagens convidando para jogar juntos, construindo memórias felizes.

Ao meu gatinho doméstico que esteve sempre tão presente, até mesmo durante algumas sessões de estudo, sobretudo durante a pandemia, na qual por meio do confinamento ficamos ainda mais juntinhos.

Obrigado!

## **RESUMO**

Para problematizar aspectos os impactos ambientais causados a partir da criptomineração, esta monografia tem como objetivo compreender as consequências e desafios ocasionados pela criptomineração, expandindo a gama de roteiros teóricos que abordem essa temática pouco debatida dentro da esfera acadêmica. Este estudo exploratório e bibliográfico decorreu de matérias jornalísticas, artigos científicos e dados sobre o consumo energético das moedas digitais obtidos de Cambridge Centre for Alternative Finance. Verifica-se que as criptomoedas são descentralizadas, ou seja, não há a presença de órgãos estatais nos seus processos de controle e emissão, pois são regidas por criptografias, em um sistema conhecido por blockchain. Ademais, sua troca, compra e venda ocorre em mercados conhecidos como exchanges. Entretanto, é possível conquistar criptomoedas que estão armazenadas e que ainda não estão em circulação no mercado por meio da mineração, processo que requer uma grande quantidade de energia por intermédio do uso de supercomputadores, causando impactos negativos ao meio ambiente a partir da queima de combustíveis fósseis. Diante desse fato, medidas sustentáveis se fazem cruciais para que a degradação por essa atividade seja mitigada, e assim, entra em pauta a questão do uso de fontes de energias limpas e renováveis, capazes de tornar a atividade menos impactante à natureza.

**Palavras-chave:** criptomoeda; economia; meio ambiente.

## **ABSTRACT**

This monograph aimed to problematize aspects relating to the environmental impacts caused by cryptomining, aiming to understand the consequences and challenges caused by this productive action, expanding the range of theoretical scripts that address this topic that is little debated within the academic sphere. The selection for the development of this bibliographic study resulted from journalistic articles about reports from people affected by degradation, scientific articles from the same economic scope and quantitative study instruments regarding the energy consumption of digital currencies. With this in mind, it appears that cryptocurrencies are decentralized, that is, there is no presence of state bodies in their control and issuance processes, as they are governed by cryptography, in a system known as blockchain. Furthermore, their exchange, purchase and sale takes place on markets known as exchanges. However, it is possible to acquire cryptocurrencies that are stored and not yet in circulation on the market through mining, a process that requires a large amount of energy through the use of supercomputers, causing negative impacts on the environment. Given this fact, sustainable measures are crucial for the degradation caused by this activity to be mitigated, and thus, the issue of using clean and renewable energy sources, capable of making the activity less impactful on nature, comes into focus.

**Keywords:** cryptocurrency; economy; environment.

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Valorização da Bitcoin nos últimos 10 anos .....	17
<b>Gráfico 2.</b> Países líderes na mineração de bitcoin em 2023 .....	19
<b>Gráfico 3.</b> Emissão líquida de gás efeito estufa dos maiores poluidores do mundo em 2019 .....	20
<b>Gráfico 4.</b> Custo em dólar de mineração por pessoa em países da América do Sul em 2023 .....	24
<b>Gráfico 5.</b> Consumo energético em TW/h de países em comparação com o Bitcoin em 2023 .....	29

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BBC	BRITISH BROADCASTING CORPORATION
CBECI	CAMBRIDGE BITCOIN ELECTRICITY CONSUMPTION INDEX
CCAF	CAMBRIDGE CENTRE ALTERNATIVE FINANCE
CNN	CABLE NEWS NETWORK
NBC	NATIONAL BROADCASTING COMPANY
P2P	PEER TO PEER
POW	PROOF OF WORK
SciELO	SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ONLINE

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>13</b>
<b>3. O QUE É A MOEDA BITCOIN?</b>	<b>14</b>
<b>3.1. AVANÇOS RUMO À ATUALIDADE</b>	<b>15</b>
<b>3.2. PAÍSES COM MAIOR PRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
3.2.1 A QUESTÃO AMBIENTAL CHINESA E O BANIMENTO DE CRIPTOMOEDAS	19
<b>4. CRIPTOMOEDAS NO BRASIL</b>	<b>22</b>
<b>5. OS IMPACTOS AMBIENTAIS</b>	<b>24</b>
<b>5.1. O FUNCIONAMENTO DA REDE BLOCKCHAIN</b>	<b>25</b>
<b>5.2. O USO DE RECURSOS NATURAIS E A QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS</b>	<b>29</b>
<b>6. A IMPORTÂNCIA DA IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS AMBIENTAIS</b>	<b>31</b>
<b>6.1. A TRAGÉDIA DOS COMUNS</b>	<b>33</b>
<b>6.2. ALTERNATIVAS DE ENERGIAS LIMPAS</b>	<b>34</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Quando se busca tratar cientificamente temas em torno de revoluções, os avanços tecnológicos ocorridos ao longo dos séculos são verificados como um dos mais importantes tópicos dentro dessa área, e se tratando de economia não poderia ser diferente. Ao longo da história do pensamento econômico, é perceptível o surgimento de diversas e distintas concepções acerca do universo da economia como um todo, e junto dos avanços tecnológicos, houveram mudanças radicais para que fosse possível haver uma adaptação a esse novo modo de vida que atingiu todas as pessoas em todos os pontos do planeta.

Dessa forma, a economia se expandiu cada vez mais, tomando espaços físicos, como na necessidade do uso de matrizes energéticas para a obtenção de lucros. Entretanto, a grande quantidade de energia consumida passou a atingir exponencialmente o meio ambiente, além de se configurar como um crucial fator para a vivência da sociedade hodierna, vindo a se tornar um dos fatores que determinam o grau de desenvolvimento de um país, como os centrais (GUERRA e FANTINELLI, 2001).

Nesse sentido, adentra-se ao tópico da criptomoeda, que se configura como um novo modo de se entender economia nos últimos tempos, fazendo-se necessário entender do que se trata o tema, analisando quais são as consequências do seu surgimento para além da área econômica, visto que o seu funcionamento possui potencial de atingir áreas como a socioambiental, por intermédio do seu alto consumo energético. Essa realidade ocorre através do uso de computadores com alto gasto de energia. Dessa forma, a poluição ambiental ocorre a partir da utilização da queima de combustíveis fósseis como fonte de matriz energética como o petróleo, carvão e gás natural para o funcionamento desse processo (ALVES, 2022).

Por se tratar de uma novidade pouco conhecida dentro do viés de padrão econômico como um todo, muito se confunde ao se buscar entender do que se trata, pois "criptomoeda" é apenas um termo guarda-chuva para englobar diversos tipos de moedas digitais, pois na verdade a mesma se refere a qualquer forma de moeda que existe virtualmente e que use de criptografias para garantir suas transações, sendo a mais conhecida nomeada de bitcoin.

Para obtê-las, é preciso comprá-las no mercado financeiro através de exchanges (existindo vários tipos diferentes desses mercados digitais), e seu pagamento é feito em moeda corrente. Tem-se como exemplo o bitcoin, que de acordo com o CoinTelegraph, terminou o ano de 2023 valendo cerca de R\$200mil. Entretanto, criptomoedas podem valer

menos ou mais com o passar do tempo, de acordo com o seu grau de valorização, tendo em vista seu alto grau de volatilidade.

Nesse sentido, as exchanges se caracterizam como o local responsável pelas negociações das ações de diversas criptomoedas, funcionando como mercados de compra e venda. Além disso, o PicPay e outras diversas fintechs, lançaram em suas plataformas serviços de negociações de criptomoedas, podendo ser utilizado como exemplo do exposto.

Outra forma de se obter criptomoedas é através de um processo denominado de mineração, e um importante termo a ser destacado nesse viés é o blockchain, sistema base responsável por dar vida ao que se conhece por criptomoeda, capaz de armazenar os dados de transações através de criptografias de códigos correlacionados entre si. Neste sentido, vê-se uma grande revolução em relação ao cenário atual, já que se trata de um tipo de moeda que é regida por tecnologia e criptografia, sendo assim descentralizada. Assim, os dados dos seus participantes não são armazenados por órgãos estatais, mas, ao contrário, estão no sistema blockchain, a sua rede de transações (TEIXEIRA e RODRIGUES, 2019).

Dentro desse contexto, entram os mineradores, responsáveis por validar todo o processo, fazendo com que esse novo sistema se consagre como um novo modo de se enxergar a economia através dos anos e avanços tecnológicos. Como recompensa pelo trabalho do funcionamento da rede blockchain, os mineradores recebem pequenas quantias de criptomoedas.

Além dos conceitos já abordados, há de se levar em consideração alguns outros não menos importantes. A criptominação é uma atividade que engloba cada vez mais conceitos, e dentro da perspectiva do estudo, alguns são considerados cruciais. A Prova de Trabalho (Proof of Work – POW) e o sistema Peer-to-Peer (P2P) são pilares fundamentais das criptomoedas, cumprindo papéis diferentes e igualmente imprescindíveis.

A POW é descrita como uma espécie de sistema responsável por produzir e validar as transações financeiras dentro do contexto criptoativo, usando poder computacional para essa atividade, garantindo segurança à rede, logo, quanto maior a quantidade de computadores, mais eficiente será o processo. Já o P2P é a rede onde as transações são feitas, sem a mediação de instituições financeiras.

Dentro desse contexto, Cunha (2018) esclarece que as dificuldades por trás da criptominação variam de acordo com a quantidade de computadores que participam da operação, tendo em vista que aumentam a capacidade de processamento. Assim, em outras

palavras, as moedas são obtidas através do conceito do sistema POW, que posteriormente são propagados na rede com registros P2P, e registrados no blockchain.

Dessarte, como visto, a produção de criptomoedas é capaz de atingir diretamente o meio ambiente através dos recursos de matrizes energéticas utilizadas nesse processo, ou seja, ao se subentender que a criptomoeda pode cada vez mais tomar espaço no mercado, a sua produção nos mais diversos tipos de moedas digitais também se expandiria e a demanda por consequência aumentaria, levando a crer que é de suma importância analisar de que forma a sociedade e o planeta como um todo seriam atingidos.

## 1.1 Problemática

O problema que norteou esse trabalho foi baseado quase que em sua total plenitude na forma com a qual os avanços do anseio da mineração de criptomoedas se caracterizam como uma ameaça em potencial para o meio ambiente.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

Examinar o âmbito das criptomoedas sob um viés socioambiental, por meio do estudo acerca do processo de sua mineração e uso de matrizes energéticas não renováveis.

### 1.2.2 Objetivos Específicos.

- a) Abordar a história da criptomoeda desde o seu surgimento e os motivos pelos quais ela apareceu no mercado, bem como os desafios enfrentados nesse processo;
- b) Vislumbrar a forma com a qual ela é produzida, trazendo consigo consequências ambientais e expectativas de degradação intensificadas no futuro;
- c) Examinar percursos de sustentabilidade dentro desse mercado;

## 1.3 Justificativa

É indubitável que a matéria mais importante para a vida humana se encontra presente no meio ambiente, levando ao fato de que esse se trata do bem mais valioso para a sociedade, todavia, a economia ao longo dos anos se baseou na exploração contínua de seus recursos sem se importar com as futuras consequências derivadas dessa retirada de matérias naturais, sendo essa uma realidade vigente até os dias atuais.

Nesse viés, Martine e Alves (2015) abordam que o crescimento econômico tem repousado no uso insustentável de recursos não renováveis, na destruição da diversidade biológica e na emissão de gases de efeito estufa que aceleraram as crises ambientais globais. Com a mineração em massa de criptomoedas não é diferente, visto que a quantidade de matriz energética utilizada vem sendo tópico de preocupação entre estudiosos da área.

Dessa forma, a relevância prática do tema proposto se encontra no fato de que através dos estudos obtidos pela finalização da pesquisa, poderiam ser observadas ideias sobre de que forma a economia seria impactada de forma direta pelas alterações trazidas pelo avanço da criptomoeda, podendo assim, contribuir na formulação futura de roteiros científicos que auxiliassem na descoberta de meios de mitigar os seus impactos ambientais.

Por se tratar de um tema ainda novo na esfera econômica global, há pouco debate de forma geral sobre o tema, bem como acervo limitado que possa contribuir na compreensão do assunto entre todas as camadas da sociedade, logo, faz-se necessário ampliar a quantidade de arquivos que tratem de maneira precisa das consequências desse surgimento digital que pode afetar não apenas bancários da alta camada hierárquica social, mas também pessoas que jamais se quer comprariam um bitcoin ou costumam realizar transações virtuais de qualquer tipo.

Por conseguinte, o estado da arte da esfera da criptomoeda é inteiramente hodierno, ou seja, não existem economistas clássicos que um dia se quer imaginariam que uma moeda assim pudesse ser criada e que seu desenvolvimento poderia atingir diversos e distintos âmbitos econômicos, porém, são feitas corriqueiramente pesquisas científicas em bibliotecas virtuais que trazem recortes sobre diferentes partes do tema.

#### 1.4 Organização do Trabalho

A fim de alcançar os objetivos propostos, o presente estudo foi dividido em sete capítulos, sendo a introdução o primeiro deles a fim de trazer uma análise preliminar sobre do

que irá se tratar o tema. Posteriormente, tem-se a metodologia, trazendo informações acerca das técnicas gerais utilizadas para a realização do estudo. No terceiro capítulo é apresentado um panorama histórico acerca do que é a moeda digital bitcoin, como surgiu e como se encontra atualmente no mercado, demonstrando quais são os principais países nesse âmbito, dando destaque à informações extras acerca do território chinês, responsável pela sua criação. O quarto capítulo aborda a forma com a qual as criptomoedas foram inseridas em território nacional e como se encontram no ano de 2023. Pegando gancho com tópicos abordados em capítulos anteriores, o quinto capítulo visa abordar com precisão os impactos ambientais ocasionados pela produção das criptomoedas, como os processos são realizados e de que forma atingem a sociedade. O sexto capítulo, por sua vez, busca vislumbrar a importância da implementação de políticas ambientais e formas de mitigar os impactos demonstrados até então ao longo de todo o estudo. Por fim, o sétimo capítulo traz as considerações finais acerca de tudo o que foi apresentado.

## **2. METODOLOGIA**

O processo de desdobramento da pesquisa teve como amarra principal o objetivo de compreender as criptomoedas a partir de um viés de impacto ambiental através de sua mineração, ou seja, vislumbrou-se dar visibilidade a uma parte desse mercado pouco falada entre o meio acadêmico, que é o seu processo de gasto energético. À primeira vista, o processo de coleta de informações bibliográficas e documentais acerca do tema em questão se caracterizou como um desafio árduo, diante do fato de que se trata de um tópico pouco abordado academicamente.

Todavia, ao longo de toda a trajetória de busca, foi possível nortear onde e como achar materiais viáveis para a elucidação da pesquisa. Apesar das contribuições teóricas terem se fundamentado em fontes como o Periódicos Capes, Google Acadêmico e artigos da plataforma SciELO, o principal meio de obtenção de informações ocorreu através do CCAF (Cambridge Centre for Alternative Finance), um instrumento de estudo elaborado pela Universidade de Cambridge no Reino Unido que atualiza em tempo real informações gráficas cruciais acerca do bitcoin, como o seu consumo total de energia, os países de maior consumo energético no processo de mineração e outros.

Ademais, vale destacar a importância de matérias jornalísticas de portais como a BBC, NBC e CNN, essenciais para validar os pontos abordados e verificar que há relatos reais das problemáticas expostas. Dessa forma, verifica-se que se trata de uma pesquisa de cunho descritivo e quantitativo, em que o principal intuito foi oferecer uma visão pouco abordada acerca de um tema já conhecido, visto que as criptomoedas se configuram como uma pauta em alta entre o mercado financeiro e o âmbito acadêmico dentro da economia, mas não em sua totalidade.

### **3. O QUE É A MOEDA BITCOIN?**

Para que seja possível entender como as criptomoedas surgiram no mercado, é preciso destacar a importância da bitcoin, já que é a pioneira desse movimento. Assim como as demais, o bitcoin é produzido de forma descentralizada por milhares de computadores, mantidos por empresas que fornecem a capacidade de suas máquinas para a criação do Bitcoin e validação de transações, em um processo chamado de mineração (ANTONOPOULOS, 2014).

A moeda se caracteriza atualmente como sendo a mais demandada no planeta com os maiores preços no mercado, e por isso é preciso salientar que entender o seu processo de formação é entender como as outras criptomoedas funcionam, apesar de não terem o mesmo grau de valorização.

Tudo começou em 31 de outubro de 2008, quando uma lista seleta de pessoas afirmou ter recebido e-mails sobre um novo tipo de dinheiro eletrônico com as suas principais características anexadas preliminarmente, como o fato de ser descentralizado, ou seja, sem participação de bancos, a proteção de informações acerca dos usuários envolvidos no processo de busca pela criptomoeda, algoritmos responsáveis pela sua geração e outros.

As pessoas selecionadas eram usuários procurados antecipadamente, que já possuíam entendimento considerável acerca de criptografias, o que levava a crer que entenderiam o objetivo por trás do projeto. O responsável pela iniciação do movimento foi Satoshi Nakamoto, um pseudônimo utilizado para ocultar as identidades dos criadores por trás da atual moeda bitcoin, bem como do primeiro banco de dados de blockchain. Pelas características da criptomoeda, era possível perceber que os criadores objetivavam retirar o poder único e autoritário do Estado por parte da emissão e controle do âmbito financeiro, bem como atribuir uma maior segurança de transações através de criptografias.

De acordo com MATTOS et al. (2020), a criação do Bitcoin sintetiza as reivindicações de grupos anarquistas nos anos 1980 e 1990, que viam na criptografia um instrumento poderoso contra a regulação e supervisão governamental.

Percebe-se, a partir da visão exposta, a necessidade por trás de fazer com que a bitcoin se caracterizasse como uma revolução não apenas dentro da tecnologia através de seus códigos complexos de ponta, mas também socioeconômico, já que ia contra o autoritarismo de diversos países no que tange ao setor financeiro. Criada em 2008, o bitcoin hoje conta com um enorme salto no que se refere à sua valorização quando comparado com a atualidade, ou seja, a quantidade de pessoas que objetivam decodificar os códigos aumentou com o passar dos anos.

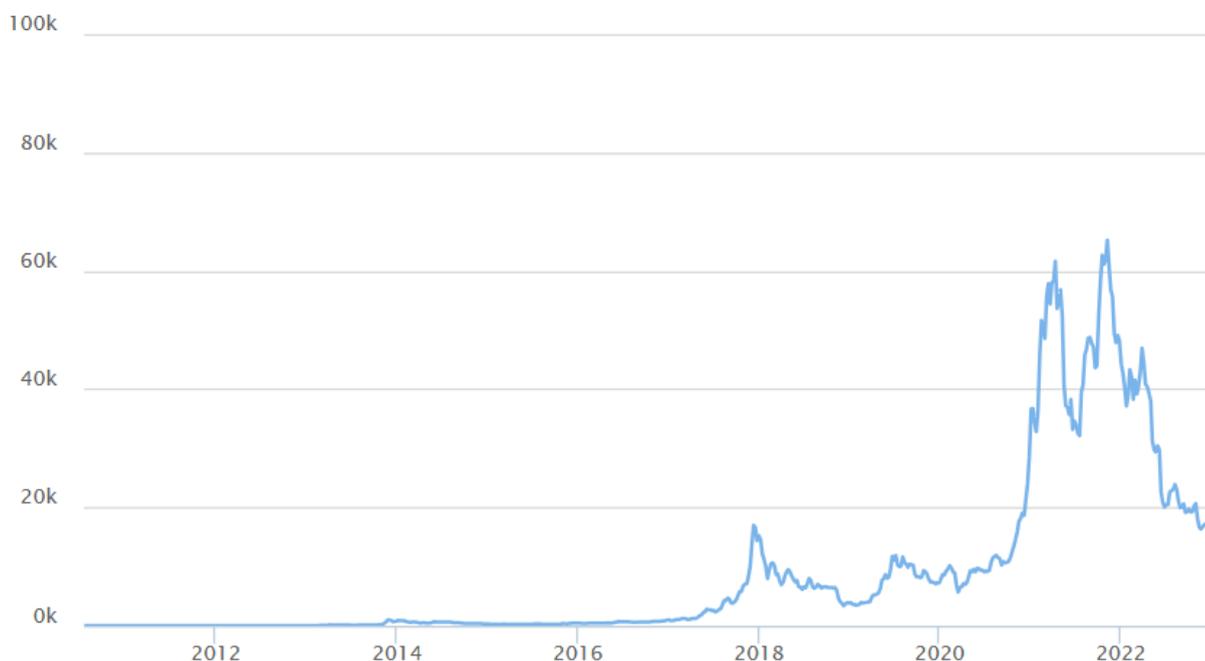
### **3.1. AVANÇOS RUMO À ATUALIDADE**

Um ponto de importante destaque acerca dessa criptomoeda é o fato de que se configura como um recurso escasso e finito. No protocolo enviado por Nakamoto aos usuários interessados em criptografia, já havia sido salientado que uma quantidade limitada de bitcoins seria ofertada, atualmente com um total de 21 milhões.

De acordo com a empresa CoinGecko, a maior agregadora independente de dados de criptomoedas do mundo, 18,8 milhões de bitcoin já haviam sido emitidas até outubro de 2021, fazendo com que o questionamento acerca do que acontecerá quando o seu limite máximo seja alcançado, apesar de já se saber que não será fácil. Assim como o ouro, inicialmente, era uma coleta fácil, mas devido à sua extração, tornou-se cada vez mais difícil de encontrar, e por isso a necessidade de computadores potentes, para trazer mais eficiência no processo de mineração das criptomoedas, sobretudo do bitcoin, que já foi extraído em mais de 90% do número disponível na sua criação.

Levando em consideração que se trata de um recurso finito, subentende-se que o objetivo dos seus criadores para com essa característica era a de que seria necessário lidar com processos de troca, visto que atualmente é muito comum a compra de ações ou de bitcoins propriamente ditos a pessoas que já tinham posse dos direitos sobre as mesmas.

**Gráfico 1.** Valorização da Bitcoin no ano de 2012 a 2023



**Fonte:** buy bitcoin worldwide, <https://www.buybitcoinworldwide.com/price/>

Visualizando o gráfico, é possível verificar um grande salto principalmente a partir do ano de 2020. Em entrevista ao G1 no ano de 2021, Bruno Diniz, consultor em inovação e fundador da Spiralem, exemplifica a valorização pelos altos investimentos recebidos na época por nomes como Fidelity Investments e MicroStrategy, além de ser válido destacar a decisão do PayPal de fazer com que os consumidores dos seus serviços comprassem e armazenassem bitcoins e outras moedas virtuais usando as carteiras online. Esse salto revela que cada vez mais pessoas do mundo inteiro se mostram interessadas em adentrar esse universo do meio financeiro digital, fazendo com que a demanda consequentemente aumente.

Por conseguinte, verifica-se que o surgimento da bitcoin está entrelaçado com a necessidade de se fazer mudanças no setor financeiro em uma espécie de universo anarquista no que se refere à sua independência, e é justamente por esse motivo que se faz necessário uma abordagem que analise os dois lados da moeda, visto que os processos para que sua produção seja de fato finalizada passam por fatores de extremo impacto socioambiental.

### 3.2 PAÍSES COM MAIOR PRODUÇÃO

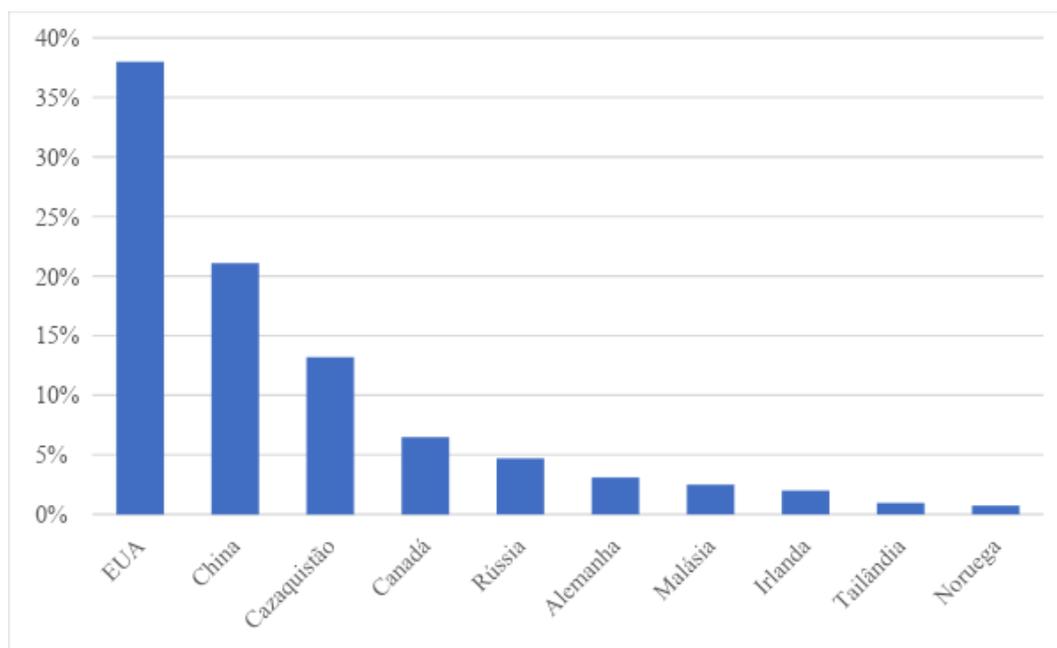
De acordo com o CCAF, a lista de países líderes na mineração de bitcoin não se manteve estável ao longo dos anos, visto que as ocupações no ranking foram ao pouco se alterando devido a fatores que futuramente serão descritos. Um dos pontos mais importantes a serem destacados nesta análise é o fato de que, inicialmente, a mineração da criptomoeda se caracterizou como algo não profissional, feito apenas por aqueles que se interessavam por criptografia e pelo meio digital. Todavia, ao longo do tempo, atingiu novas bolhas e fez com que a sua trajetória fosse alterada ao ponto de atingir os mais diversos mercados.

Se antes era possível obter as criptomoedas em processadores pouco complexos em computadores pouco tecnológicos, hodiernamente, empresas de alto calibre espalhadas por todo o globo investem nesse processo, consumindo cada vez mais energia através de equipamentos robustos com o único objetivo de solucionar as criptografias por trás desse setor financeiro. Dessa forma, é importante destacar quais são os países líderes nesse viés, valendo ressaltar que o único continente que não se enquadra nessa questão é o africano, que entra em contraste com o asiático, responsável pela sua criação.

A China foi, por diversos anos, a potência mundial que ocupou o primeiro lugar como o maior investidor na produção de bitcoin, todavia, a prática foi banida pelo governo, fazendo com que os Estados Unidos tomassem o posto. De acordo com as análises do CCAF, essa reviravolta ocorreu em 2021 quando o percentual de mineração na China chegou a 0%, quando um dia chegou a ser de cerca de 51%. Apesar do banimento, atualmente, em 2023, a prática se mantém em realização, fazendo com que o país retornasse às últimas análises gráficas no instrumento de estudo.

Diante desses fatores, o Gráfico 2 demonstra em ranking, a fim de visualizar por grau de comparação percentual, os dez países responsáveis pelas maiores taxas de mineração exclusivamente da moeda bitcoin.

**Gráfico 2.** Participação percentual dos países líderes na mineração de bitcoin em 2023



**Fonte:** Adaptado de Cambridge Centre for Alternative Finance, 2023.

Com o gráfico acima é possível perceber que os Estados Unidos se encontram num patamar de alto distanciamento em relação com os demais, o que não é surpresa quando se pensa no fato de que o país se caracteriza como a maior potência econômica mundial, assim como o maior mercado investidor de criptomoedas. Todavia, o que merece destaque e se encontra em total contraste com o dominador deste mercado é a quantidade de países de pequeno porte que também entram em altas posições no ranking.

Nesse sentido, o que pode ser usado como explicação para esse fato é justamente a relação entre mineração e consumo de energia elétrica. É de conhecimento geral que o capitalismo gira em torno do anseio da maior obtenção possível de lucros, o que explica a ausência de políticas ambientais sustentáveis em diversas indústrias espalhadas pelo globo (visto que isso se caracteriza como um custo maior na produção), ou seja, o alto consumo elétrico na mineração de criptomoedas afeta diretamente os lucros nesse processo, fazendo com que os investidores encontrem alternativas.

Apesar do meio ambiente ser diretamente afetado, a alternativa encontrada não é a ampliação de políticas ambientais capazes de mitigar os efeitos negativos, mas sim a instalação de mineradoras em países de pequeno porte, onde o custo de energia elétrica é mais baixo. Nesse viés, escolher um país com energia barata é uma das principais escolhas por parte dos grandes proprietários de indústrias de mineração de criptomoedas.

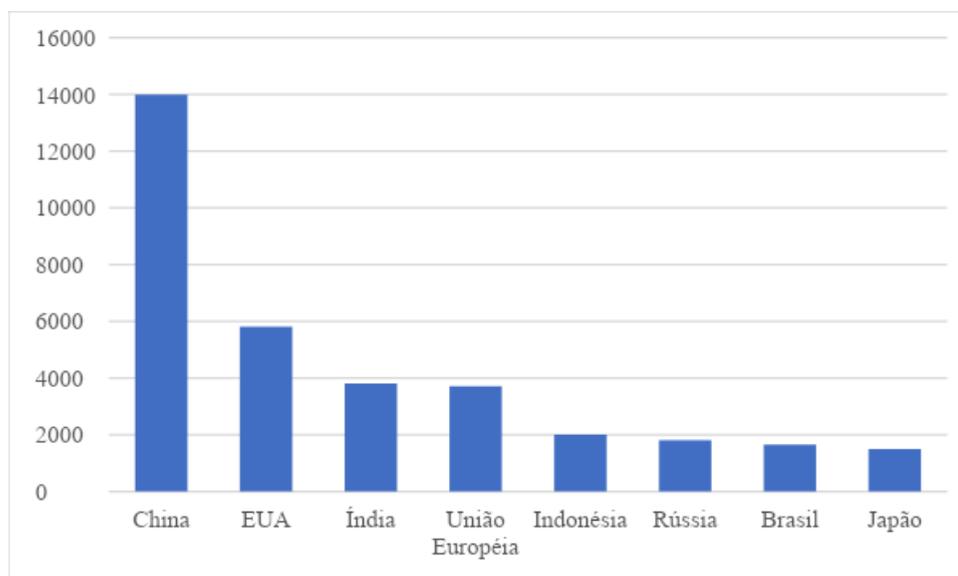
### 3.2.1 A QUESTÃO AMBIENTAL CHINESA E O BANIMENTO DE CRIPTOMOEDAS

Como visto anteriormente, a concepção de criptomoedas, assim como o seu processo de transação em meio digital surgiu em território chinês, e por conta disso, faz-se necessário analisar a questão ambiental dentro desse território e a forma com a qual causa impacto em sentido global juntamente com os impactos das moedas digitais.

Ao longo dos anos e até os dias atuais, é visto que a China é uma das superpotências mais poluidoras do mundo através, sobretudo, de suas políticas industriais. De acordo com o Rhodium Group, provedor de pesquisa especializado em dados e análises econômicas globais, a China conseguiu em 2019 o posto de país líder em emissões de gases de efeito estufa no mundo. Isso se dá, principalmente, pelo fato de o país asiático ter como principais fontes de matriz energética o carvão mineral, que é considerado um dos mais poluentes ao meio ambiente, além de outros combustíveis como carvão vegetal, petróleo e gás natural.

Tendo em vista que a criptominação é uma das esferas responsáveis por agravar as taxas de poluição em sentido global, sobretudo de fenômenos como o efeito estufa, o Gráfico 3 demonstra a quantidade de emissão de gases poluentes de alguns dos maiores polos comerciais do planeta.

**Gráfico 3.** Emissão líquida de gás efeito estufa em milhões de toneladas dos maiores poluidores do mundo em 2019



**Fonte:** Adaptado de Rhodium Group, 2019.

A partir do gráfico acima, é possível perceber que a China em anos recentes possui quantidade superior ao dobro em relação ao segundo colocado, Estados Unidos, que também é líder em produções industriais responsáveis por também poluir de maneira gradativa a esfera ambiental. Ademais, vale ressaltar que a economia mundial possui uma relação quase intrínseca quando se fala de ambos os países: de um lado, o maior produtor do mundo, e do outro, o maior consumidor.

Todas essas informações corroboram para a análise do pensamento de que se faz altamente necessário pensar em alternativas para mitigar o alto padrão estabelecido pelos dois países líderes em análises gráficas quando se fala em produção, consumo e degradação ambiental. Relacionado a isso, algumas medidas passaram a ser tomadas pelo governo com o passar dos anos a fim de contornar os impactos causados pela destruição do meio ambiente a partir de suas indústrias.

Dessa forma, é válido destacar que movimentos em prol da sustentabilidade dentro do país existem a décadas. Enxergar que há tantos anos já havia preocupações com essas questões demonstra que é tardia a resolução de políticas realmente eficientes no que se refere ao contorno desses empecilhos.

Consoante a isso, Ferreira e Barbi em artigo publicado acerca das questões ambientais na China (2012), afirmam:

O movimento ambiental chinês começou em meados dos anos 1980, com ativistas e cientistas que chamaram atenção para a conscientização ambiental pública para parar a construção da Barragem das Três Gargantas. O movimento gerou efeitos educativos e alertou o público para os problemas ambientais em grande escala escondidos debaixo da crescente economia do país. (FERREIRA e BARBI, 2012).

Apesar de se caracterizar como uma das superpotências responsáveis por dar movimento às engrenagens da economia mundial, é indubitável que a mesma atrelou essa característica a ideia de que era necessário poluir para conseguir evoluir, e é nesse sentido que a concepção de criptomoedas entra como apenas uma das diversas ramificações econômicas poluentes do país.

Se para diversos estudiosos as criptomoedas devem ser vistas como um avanço ao pensamento humano atrelado à tecnologia e à economia, o próprio governo chinês considerou uma ameaça. Como abordado introdutoriamente nesse estudo, o bitcoin, por exemplo,

configurou-se como uma alternativa anarquista aos altos controles estatais estabelecidos no âmbito econômico e financeiro em seu território, tendo sido criado por cidadãos comuns.

Com as criptomoedas, não há controle estatal quando se fala de suas transações, o que foi um dos motivos responsáveis pela China banir a sua mineração. Em artigo publicado pelo jornal *The Guardian* no ano de 2021, o Conselho de Estado da China objetivou reprimir a mineração e o comércio de bitcoins a fim de intensificar os esforços quando se fala em riscos financeiros. Ademais, a questão ambiental passou a ser, com o passar dos anos, uma preocupação no país a partir de pressões por órgãos externos e internos, o que fez com que a mineração também fosse reprimida para amenizar os percentuais de gases poluentes à atmosfera.

A questão que deve ser levantada é que as criptomoedas já atingiram escala global, furando a bolha do território onde foram criadas. Apesar da China um dia já ter considerado uma ameaça, diversos outros países já adotaram políticas em prol de suas transações, e as previsões demonstram que esse se configura como um mercado que tende apenas a crescer com o passar dos anos em relação de igualdade com os avanços tecnológicos. Apesar da repressão do governo chinês para com criptomoedas, reviravoltas foram presenciadas.

De acordo com nota divulgada pelo Ministério da Informação e Tecnologia do país no ano de 2023, há um interesse emergente em tecnologias da chamada Web3.0, que engloba inovações como os NFTs. Entretanto, é importante destacar que a nota não cita diretamente a abertura de chance para a mineração de criptomoedas, mas sim de tecnologias de ativos digitais em torno de criptoativos, que engloba diversas esferas que se utilizam dos conceitos do Blockchain. Logo, é esperado que a postura de repressão para com o âmbito financeiro digital se altere com o passar das décadas.

O ponto a ser levantado para com a decisão de uma das maiores potências do globo em adentrar-se ao mercado de criptoativos diante de sua emergente popularidade, mesmo com posições de repressão em anos anteriores, é que há uma demonstração do quanto o meio ambiente está suscetível a ser danificado de acordo com o que a economia demanda.

Levando em consideração que esse mercado está em constante ascensão, e por conseguinte capaz de na maioria dos casos trazer altas taxas de lucros aos seus investidores, é inverossímil que o âmbito ambiental saia ileso a partir dessa decisão, já que é preciso danificá-lo para que seja possível gerar energia da forma majoritariamente utilizada, que é a partir da queima de combustíveis fósseis, para que assim seja possível manter o seu fluxo de funcionamento.

#### **4. CRIPTOMOEDAS NO BRASIL**

Tratar do território brasileiro quando em relação com a cripto-mineração traz consigo a chance de abordar diversas outras nuances, incluindo uma nova abordagem de consequência ambiental. Preliminarmente, tendo em vista que seu surgimento é recente, é imprescindível salientar que o âmbito da criptomoeda como um todo se caracteriza como uma novidade em escala global, logo, tratar do tema estipulando uma restrição geográfica é ainda mais limitante. O Brasil, por se tratar de um país com investimentos tecnológicos pouco robustos se comparado com outros países caracterizados como centrais, como os Estados Unidos, não apresenta estabilidade econômica para investir em um mercado tão oscilante e dependente da tecnologia.

Em matéria realizada pelo Estadão, Lauriney Santos, CEO da Bitmex, bolsa de criptomoedas e plataforma de negociação, afirma que não há grandes mineradoras de criptomoedas, responsáveis por armazenar milhares de máquinas. Isso ocorre devido ao alto custo energético em território nacional, levando em consideração que não haveria ganhos verdadeiramente significativos, além das altas taxas tributárias.

Além do exposto, também é abordada a chance da ocorrência de incêndios, sobretudo no Brasil, onde é comum o uso de formas de ligação elétrica clandestinas, destinada a baratear os custos de energia, já que os computadores precisam trabalhar de maneira ininterrupta, fazendo com que os gastos fossem altos o suficiente para que os ganhos com a mineração se tornassem inviáveis.

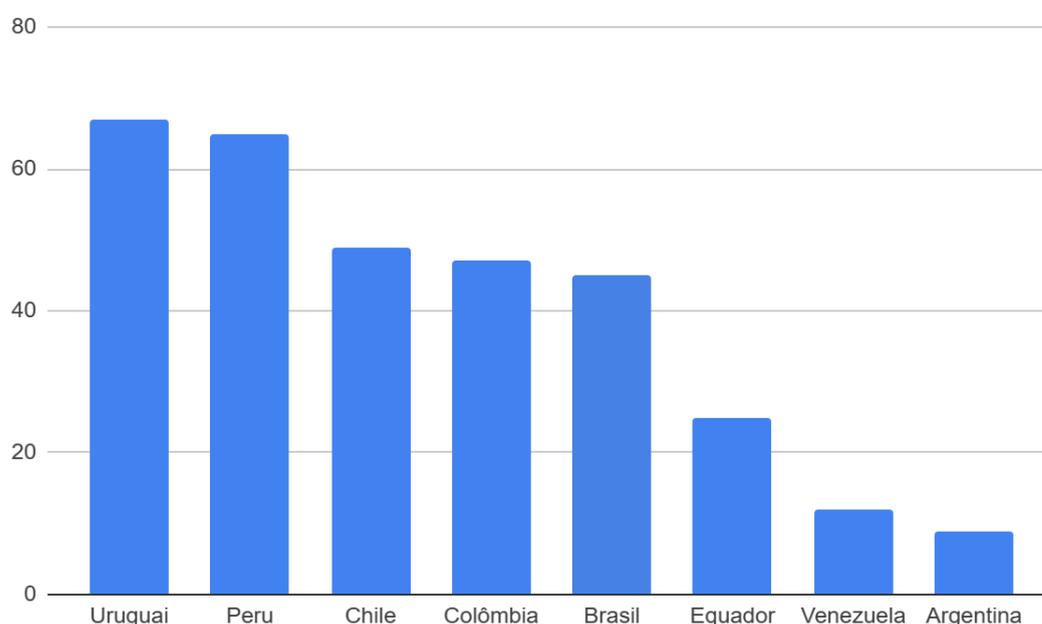
Assim, verifica-se que não há razões para que grandes investidores realizem instalações de grandes fazendas de mineração em território brasileiro, como visto em alguns outros países, onde o custo energético é mais barato. Entretanto, mineradores independentes, através de pequenas instalações e muitas vezes com roubo clandestino de energia, optam por essa atividade como forma de obtenção de renda.

Diante dessa perspectiva, a Coingecko, empresa especializada em análise e fornecimento de informações gerais acerca do mercado de criptomoedas, realizou em 2023 um estudo responsável por analisar o gasto no processo de mineração de um único Bitcoin realizado por uma única pessoa em diversos países do globo, incluindo o Brasil, por

intermédio de uma visão de custos domésticos e legalizados de eletricidade, que atinge valores em torno de \$ 45 mil.

O Gráfico 4 retrata em dólar o que seria, hipoteticamente, necessário para que um único indivíduo conseguisse investir na mineração de criptomoedas de acordo com o país de moradia, especificamente na América do Sul.

**Gráfico 4.** Custo em dólar de mineração por pessoa em países da América do Sul em 2023



**Fonte:** Adaptado de CoinGecko (2023).

De acordo com o gráfico, é perceptível que a região da América do Sul não parece viável para que um minerador independente realize investimentos nessa atividade, já que os custos seriam consideravelmente altos para um cidadão comum. Trazendo essa realidade ao território brasileiro, estima-se que os gastos estariam em torno dos R\$220 mil para o ano de 2023 e sua consequente cotação do dólar. Além disso, é importante salientar o fato de que as criptomoedas são voláteis, sobretudo o bitcoin, fazendo com que em alguns períodos as taxas de lucro para a mineração sejam inexistentes, já que se gastaria mais para minerar do que se receberia como lucro.

Todavia, esses pontos levantam algumas hipóteses. A primeira se dá diante do fato de que cada vez mais pessoas buscam saber como funciona a busca por criptomoedas, já que as pesquisas por trás da atuação desse mercado crescem constantemente, atingindo não só

grandes investidores como também cidadãos comuns. Em segunda análise, derivado das nuances em torno do alto custo energético para que seja possível investir nesse mercado, alternativas são constantemente buscadas, como a procura por localidades onde os gastos sejam baixos ou o uso de métodos clandestinos para que seja possível manipular os custos de consumo.

## 5. OS IMPACTOS AMBIENTAIS

Inicialmente, é preciso analisar a forma com a qual o seu processo de produção contribui para diversas outras questões socioambientais, visto que antes mesmo de estar em circulação no meio digital, as criptomoedas, como o bitcoin, causam impactos graças ao fato de que existe um alto consumo de energia nesse processo por parte dos supercomputadores utilizados. Tal fator ocorre pelo que se conhece como Proof of Work, um método usado para validar transações e criar novos blocos em algumas criptomoedas, como o bitcoin. Nesse método, os mineradores resolvem problemas computacionais complexos para validar e registrar transações na blockchain, e são recompensados com novas moedas digitais.

De acordo com CNN Brasil (2021), o consumo de energia para a mineração varia dependendo do próprio volume de transações no mês que precisarão ser verificadas, e que o consumo de energia para a mineração da moeda é equivalente a menos de 0,6% de todo o consumo mundial.

Como verificado nos gráficos demonstrados até então, a valorização do Bitcoin teve aumentos significativos, o que aumenta o fluxo de transações e o conseqüente consumo de energia. Em entrevista ao mesmo jornal CNN Brasil, Marcella Ungaretti, pesquisadora da XP Investimentos, afirma que “É de se esperar que o setor de criptomoedas cresça cada vez mais, então ao longo do tempo esse impacto vai aumentar conforme a moeda ganhe mais relevância”.

Dessarte, a principal forma que as criptomoedas atingem o meio ambiente no processo de produção conhecido como mineração ocorre através da geração energética para consumo das redes *blockchain*, em especial com a queima de combustíveis fósseis como o petróleo, carvão e gás natural.

Um novo bloco é inserido por um usuário na rede a cada 10 minutos, mas conta com muitas outras pessoas tentando resolver a mesma questão. Assim, há um desperdício

imenso de energia utilizada em vão: computadores voltados à mineração de criptomoedas gastam muito mais energia que computadores comuns. (...) Uma única transação de Bitcoin gera, somando o desperdício energético de mineradores sem sucesso: 910,96 kg de gás carbônico, equivalente a 151 mil horas de vídeos no YouTube; 1917 kWh, equivalente a 65 dias de energia elétrica de uma família americana média. (PRADO, 2021. ONLINE).

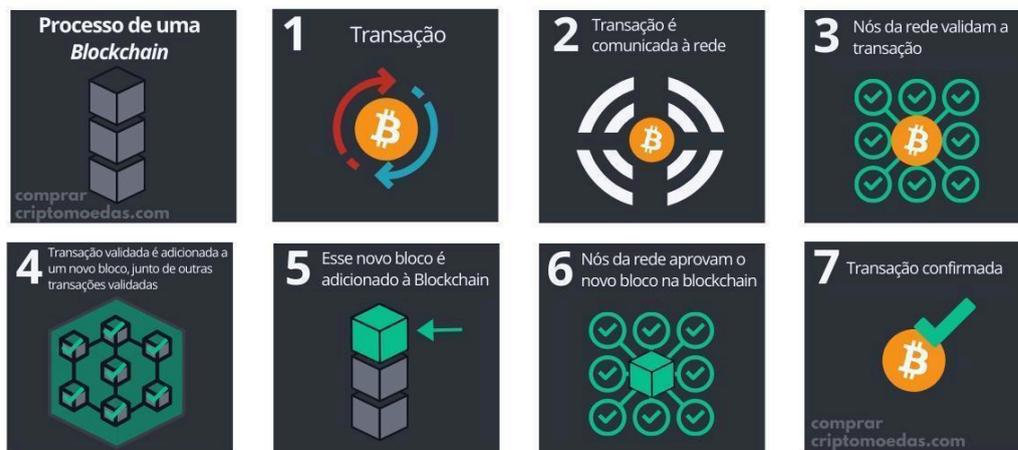
Através do exposto e do grau de comparação analisado, faz-se indubitável o fato de que as transações são potenciais causadores de impactos ambientais, ainda mais quando levado em conta a quantidade de novos blocos que são gerados através de novas solicitações realizadas, dando início a novos processos da rede blockchain. De tal modo, faz-se imprescindível compreender de que forma esses novos blocos são adicionados e como tudo acontece para que finalmente os processos sejam finalizados.

### **5.1. O FUNCIONAMENTO DA REDE BLOCKCHAIN**

Para compreender de que forma o meio ambiente é atingido, primeiro se faz necessário entender o que é o blockchain ou, traduzindo ao pé da letra, cadeia de blocos. A rede blockchain se caracteriza como o local de armazenamento responsável pelas credenciais das criptomoedas, ou seja, pode-se dizer que é uma espécie de digital na qual cada ser humano possui em seu polegar, sendo uma característica única para cada ser, digitais essas chamadas de hash quando se tratando das criptomoedas.

Abaixo, é ilustrado a forma com a qual a tecnologia Blockchain funciona, capaz de armazenar dados em blocos interligados em uma cadeia de comunicação.

**Figura 1.** Funcionamento do Blockchain



Fonte: Disponível em: < <https://comprarcryptomoedas.com/o-que-e-uma-blockchain/> > Acesso em: 23/03/2023.

Vale ressaltar que existem diversos desses blocos, e que o papel dos chamados mineradores é reunir todas as informações e unificar as credenciais que ainda não foram inseridas em blocos, ou seja, são os responsáveis por dar vida às bitcoins. Por via de exemplificação, um usuário pode solicitar uma transação, e um novo bloco será criado para armazenar essa nova transação solicitada. Em contrapartida, esse novo bloco precisa ser transmitido pela rede e aprovado por todos os nós dessa rede, para que futuramente seja de fato armazenado e adicionado à blockchain, ou cadeia de blocos. Dessa forma, a transação é verificada, validada e executada.

O que precisa ser levado em consideração aqui é o fato de que para que esses mineradores possam reunir todas essas informações nesses blocos, é necessário ter alto conhecimento de tecnologia de informação e matemática na resolução de cálculos nesse meio digital, todavia, esse processo só consegue ser realizado através de computadores específicos. O retorno financeiro pelo serviço prestado dos mineradores se caracteriza como determinadas quantidades de criptomoedas ganhas na busca por essas credenciais na validação das informações e na reunião de tudo o que foi solucionado nesses cálculos.

Acerca do conceito de *blockchain*, Narayanan et al. (2016) expõe:

O blockchain é armazenado em múltiplos servidores, computadores, de modo que cada um pode ter a cópia completa de todos os registros na rede Peer-to-Peer (P2), que estão sincronizados de modo tal que a inserção de novos registros requer a validação da rede que estão sincronizados por determinados mecanismos de consensos (Narayanan, et al. 2016).

De tal modo, Peer-to-Peer refere-se à arquitetura de rede na qual as transações ocorrem diretamente entre os participantes sem a necessidade de um intermediário centralizado, como o que ocorre com as moedas comuns através do Banco Central, por exemplo. Acerca da rede, salienta-se que cada bloco possui uma quantidade de informações limitadas para serem inseridas dentro de si, logo, blocos são adicionados a novos blocos em uma espécie de rede de ligação como artérias e veias dão funcionamento ao papel do coração.

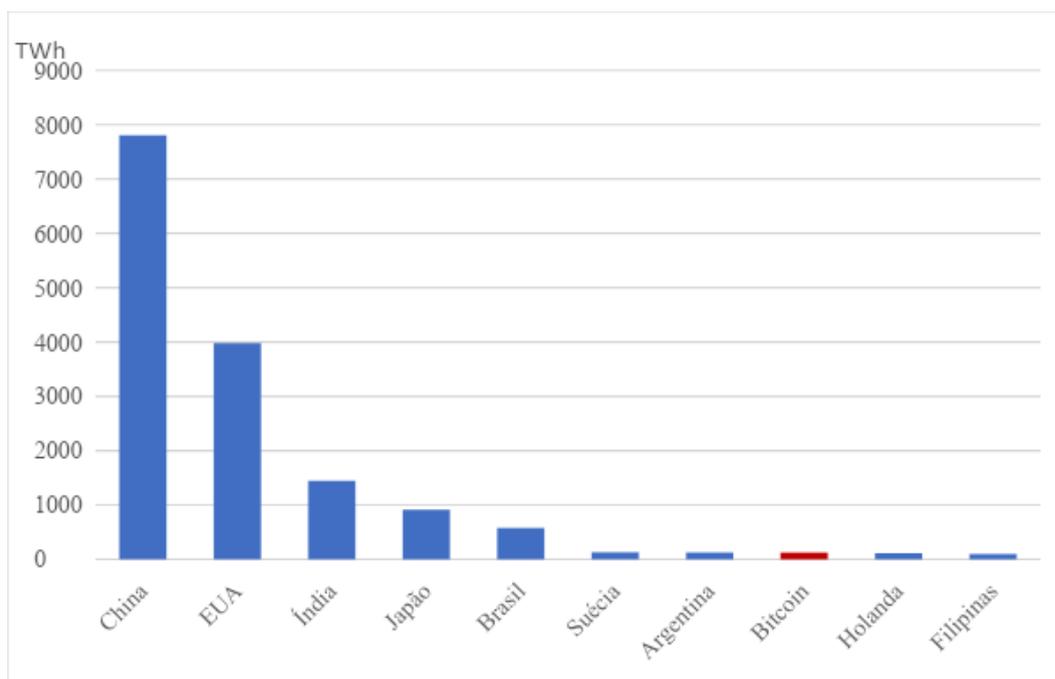
Além disso, as transações de venda e compra são todas armazenadas na blockchain quando cada bloco é finalizado, que ao chegar no processo final, são protegidos por criptografias únicas quase que impossíveis de infringir, o que traz uma segurança inabalável à moeda responsável pela sua fama e ascensão nos últimos anos.

Para adiantar os processos descritos e aumentar a quantidade de blocos finalizados e bitcoins obtidos como recompensa pela resolução das credenciais, é comum verificar a existência de espécies de grandes indústrias que armazenam milhares de supercomputadores que trabalham a todo momento, e é nesse ponto que tudo começa, já que a quantidade de energia demandada é capaz de influenciar no ecossistema da região onde essas indústrias estão localizadas.

Apesar dos números ainda não serem alarmantes ao ponto de se considerar uma ameaça imediata, tal como práticas como o agronegócio através do seu gasto hídrico, o potencial de crescimento das criptomoedas, sobretudo da moeda Bitcoin, demonstra a importância de se debater o tema em questão. Dessa forma, é possível validar o exposto através de análises acerca do consumo energético de países na mineração de bitcoin.

O gráfico abaixo retrata estatisticamente um estudo realizado pela Universidade de Cambridge no Reino Unido. A ferramenta desenvolvida no estudo em questão, o Índice de Consumo de Eletricidade de Cambridge Bitcoin (CBECI), apontou dados responsáveis por vislumbrar a quantidade de gasto energético de alguns países no ano de 2023, além de estipular a quantidade de energia consumida pela mineração da criptomoeda.

**Gráfico 5.** Consumo energético em TW/h de países em comparação com o Bitcoin em 2023



**Fonte:** Adaptado de Cambridge Centre for Alternative Finance (2023).

Ao se fazer uma comparação de gasto energético entre países, estima-se que se o Bitcoin fosse um país, consumiria mais energia que países como a Argentina e estaria equiparado com outros como Ucrânia e Noruega. Nota-se que apesar de se caracterizar como uma inovação tecnológica que possui como objetivo a praticidade e a segurança de transações bem como a ascensão da economia a um novo patamar histórico, as criptomoedas fomentam a ideia de que o capitalismo assim como todas as suas outras vertentes contribuem para a degradação ambiental em larga escala.

Em suma, sabe-se que esferas como o agronegócio, por exemplo, compõe o âmbito econômico capitalista e degrada o meio ambiente e afeta a qualidade de vida das pessoas de diversos países através das suas políticas de manutenção do funcionamento dessa vertente, além de existirem outras que atuam com esse mesmo propósito e trazem empecilhos semelhantes. O surgimento da criptomoeda ao mesmo tempo que compõe a ideia de inovação, contribui para ser mais um acréscimo entre tantos outros existentes capazes de afetar diretamente o planeta.

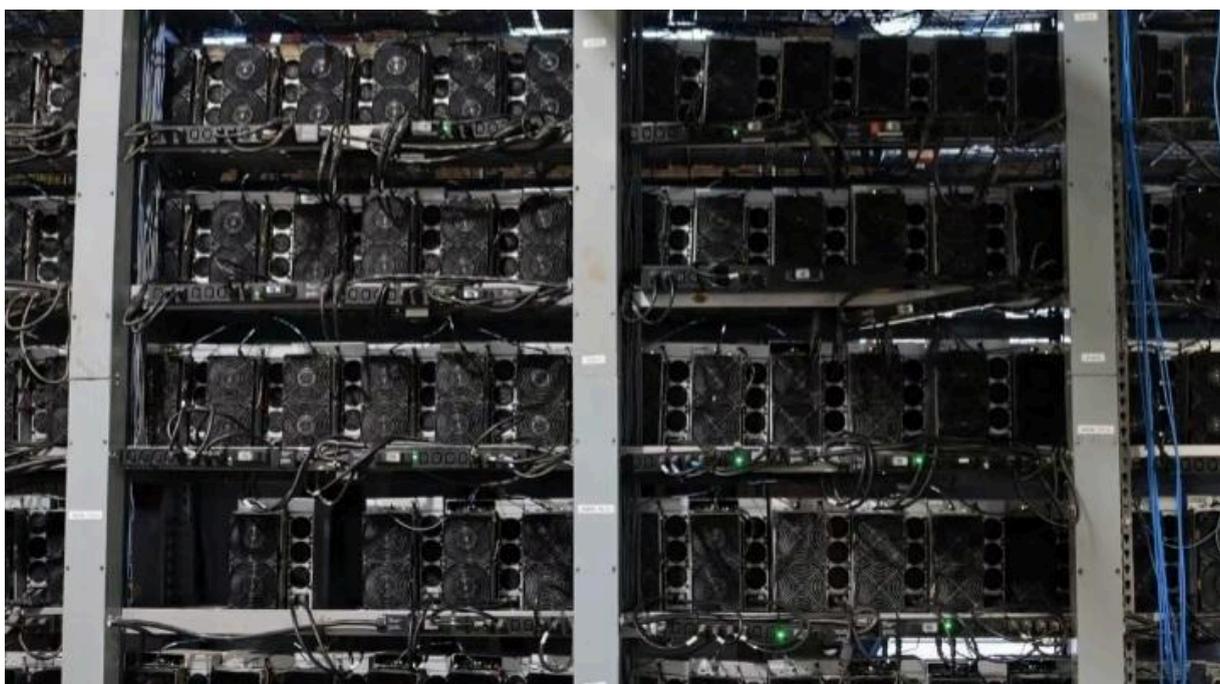
## 5.2. O USO DE RECURSOS NATURAIS E A QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Preliminarmente, é imprescindível salientar que os investidores na produção de criptomoedas, como o bitcoin, não possuem apenas um computador para que o processo seja realizado, mas sim grandes indústrias responsáveis por armazenar diversos supercomputadores, como já abordado anteriormente. Por conseguinte, para que o seu funcionamento permaneça estável, um número exacerbado de energia é demandado, e para que a sua mineração ocorra de maneira eficaz, há a busca por fontes energéticas para que haja a queima de seus combustíveis, sobretudo petróleo e carvão.

Ademais, por se tratar de maquinários e equipamentos potentes, faz-se necessário os enxergar para além do que se conhece como um computador comum. Para que exerçam as suas funções corretamente, é preciso investir em peças que correspondam ao seu grau de poder tecnológico, tais como placas de vídeos preponderantes e outros. Logo, a sua produção depende da extração de minérios específicos, contribuindo para a expansão da exploração de recursos naturais, intensificando os danos ambientais, além de questões sociais relacionadas à extração em regiões vulneráveis, sobretudo em países periféricos.

A Figura 2 abaixo ilustra uma das chamadas fazendas de mineração de criptomoedas, que reúnem diversos maquinários responsáveis por demandar altas taxas energéticas para que possam operar com precisão.

**Figura 2.** Instalação de maquinários de mineração de criptomoedas em Washington, EUA



**Fonte:** Eliza Gkritsi/CoinDesk (2023).

Além disso, é válido ressaltar que tais materiais possuem data de validade, tendo em vista que são substituídos após apresentarem problemas que os tornem inutilizáveis, corroborando para o aumento de lixos eletrônicos. Dessa maneira, a exploração desses recursos para a cripto-mineração são responsáveis por danos ambientais significativos, e sob esse cenário, faz-se necessário analisar o impacto causado a partir dessa prática em escala global.

Acerca dos impactos ocasionados pelo acúmulo de lixo derivados de insumos eletrônicos, faz-se necessário compreender o fato de que esses resíduos, quando destinados aos aterros sanitários, têm o potencial de gerar impactos negativos não só ao meio ambiente, como também à saúde humana. Existe a possibilidade, por exemplo, de contaminar o solo, gerando também altas taxas de emissão de poluentes no ar quando são queimados. Dessa forma, os componentes presentes nestes materiais podem resultar em sérias complicações para a saúde humana, afetando diversas esferas em escala global (MOI et al., 2012).

Apesar de diversas indústrias gerarem os mesmos impactos por décadas, medidas efetivas na diminuição desses danos não são aplicadas, fazendo com que diversas novas formas de degradação surjam com o avanço tecnológico, assim como foi com a criptominação, corroborando para o avanço de problemas que parecem quase impossíveis de serem superados, principalmente quando se trata do uso de fontes energéticas não renováveis.

Assim, infere-se que a queima de combustíveis fósseis é capaz de promover problemas de contaminação em diversas esferas ambientais, além de expandir a emissão dos gases do efeito estufa, gerando consequências que afetam diretamente a qualidade de vida de toda a biosfera. Por isso, compreende-se que os combustíveis fósseis são finitos e estão cada vez mais em processo de esgotamento, o que sugere a necessidade de explorar novas direções a partir de fontes que sejam renováveis, não afetando a qualidade de vida de gerações futuras (VILAR, s.d.)

Sob essa perspectiva, deve-se destacar que o bitcoin, apesar de ser uma criptomoeda de alto consumo energético, está se tornando progressivamente mais popular como um sistema de investimento e pagamento. Nesse viés, estipula-se que se o uso do bitcoin seguir a tendência de adoção de outras tecnologias amplamente utilizadas, é possível que sozinha, a moeda virtual gere emissões de CO<sub>2</sub> capazes de elevar a temperatura global acima de 2°C em menos de trinta anos (MORA et al., 2018).

Todos esses fatores são responsáveis por expandir a atuação do aquecimento global no cotidiano de toda a população mundial, alterando o fluxo natural do planeta. Por definição, trata-se de mudanças climáticas que englobam modificações de longo prazo nos padrões de temperatura e clima, aumentando as ondas de calor, por exemplo. Embora essas mudanças possam ter uma origem natural, desde o século 18, a ação antrópica, sobretudo no âmbito industrial, têm sido identificada como a principal causa dessas alterações. Isso ocorre sobretudo devido à queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás, que geram gases responsáveis pela retenção do calor na atmosfera (NAÇÕES UNIDAS, 2023).

Assim, percebe-se que apesar de se caracterizar como uma atividade recente, a mineração de criptomoedas contribui para aumentar o grau de atuação de empecilhos já vigentes há séculos. Por conseguinte, faz-se indubitável analisar formas de mitigar esses impactos a partir de políticas ambientais, como a utilização de energias a partir de fontes sustentáveis.

## **6. A IMPORTÂNCIA DA IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS AMBIENTAIS**

Após longos processos de revoluções industriais, responsáveis por intensificar ainda mais o uso de estratégias de produção prejudiciais à manutenção do meio ambiente, os estudos acerca das formas de implementar métodos sustentáveis dentro da esfera industrial se expandiu cada vez mais. Entretanto, diante do fato de que a atual situação de degradação ambiental já se encontra alarmante, é notório que mecanismos de reversão são quase impossíveis, valendo apenas encontrar formas de impedir a evolução do que é prejudicial, a partir de processos em torno do que se conhece como sustentabilidade.

Dessarte, insere-se a imprescindibilidade da análise de políticas ambientais que mitiguem os efeitos originados pelo desenfreado setor produtivo, seja ele da rede privada, seja estatal. Os mineradores de criptomoedas, como já visto, buscam de forma econômica (o gasto energético pode ser alto, como é demandado nos processos produtivos, sem que o custo seja alto em mesma escala) suprir a demanda de energia existentes nos seus trabalhos da maneira mais fácil. Sob esse cenário, sobretudo no que tange à necessidade da implementação de estudos socioambientais, Siqueira (2008) esclarece:

Políticas ambientais são objetivos de ação governamental orientados ao uso, controle, proteção e conservação do meio ambiente, e para que se realizem tais objetivos, mecanismos de gestão e instrumentos legais são produzidos para guiar o planejamento e o procedimento dos agentes públicos e privados. (SIQUEIRA, 2008)

Com isso, infere-se que os meios de busca da conservação ambiental devem girar em torno, principalmente, de políticas de auxílio que não proíbem necessariamente a realização de atividades produtivas, mas orientam esquemas fundamentais para a sua execução de maneira viável sem que o planeta seja negativamente afetado, logo, é preciso aumentar a expansão de estudos sobre os mais variados tipos de degradação ambiental e as políticas necessárias para mitigar os seus impactos sob uma visão política, econômica e também social.

Entretanto, verifica-se uma realidade na qual os maiores focos de debate acerca dessa temática giram em torno de óbices como, por exemplo, o desmatamento, desperdício e poluição da água ocasionado pelo agronegócio, ou as enormes taxas de emissão de carbono ocasionado pelas grandes indústrias, tendo em vista que ocupam um espaço de maior preocupação no que tange os seus riscos. Diante desse fato, nota-se que não é comum presenciar grandes agentes de comunicação ou esferas acadêmicas de estudo levantarem discussões acerca de empecilhos que vão além dos supracitados, como é o caso do desenfreado gasto energético por parte da mineração de criptomoedas.

Sobre a distinção de peso dado às mais variadas problemáticas, Siqueira (2008) esclarece que a percepção dos riscos ambientais ocasionados pelos mais diversos tipos de degradação varia de acordo com o grupo social, como cientistas, políticos, profissionais acadêmicos e outros, salientando que o que determina essa realidade é o fato de que esses diferentes grupos encaram os problemas de maneira diferente de acordo com suas particularidades individuais, levando-os a dar maior importância apenas para os riscos que são sentidos, e não para os que fogem de sua realidade.

Por conseguinte, a imprescindibilidade de políticas ambientais que visem tornar a mineração menos impactante ao meio ambiente acaba não sendo analisada, além do fato de que a criptomoeda por si só não é estudada profundamente para além de suas características financeiras. Apesar de sua mineração ter impacto significativo no meio ambiente devido ao alto consumo de energia, especialmente quando se trata de proof-of-work (PoW), o método de consenso usado por algumas criptomoedas, como o Bitcoin, os seus riscos globais ainda não são sentidos por todos os grupos sociais, o que faz com que a visibilidade para essa questão não seja dada.

Dessa forma, é imprescindível salientar que o que hoje é considerado como problema de alto risco à manutenção da vida na Terra (como o aquecimento global, por exemplo), um dia já foi uma questão que pouco exercia influência sobre o planeta, e é por isso que mesmo os problemas de menor visibilidade merecem espaço nos estudos acerca do que é preciso para transformar o futuro em algo viável para as futuras gerações.

### **6.1.A TRAGÉDIA DOS COMUNS**

Em artigo jornalístico da NBC News dos Estados Unidos no ano de 2021, foi relatado a existência de mudanças climáticas em Nova York, mais precisamente no lago Seneca, o maior lago inteiramente dentro do estado de Nova York e o segundo mais profundo dos Estados Unidos. A matéria em questão traz relatos de moradores das proximidades do lago que afirmam que uma indústria de mineração de Bitcoin com mais de oito mil supercomputadores foi capaz de o superaquecer. De acordo com uma moradora, “o lago é tão quente que você se sente em uma banheira de hidromassagem”.

Ademais, vale ressaltar que o lago em questão é utilizado pelos habitantes da região para passeios de barco, pesca, natação e outras atividades, mas que nos últimos tempos tem sido motivo de protestos devido ao fato de que a indústria em questão tem sido a engrenagem causadora de poluição na atmosfera e superaquecimento do lago. Um ponto de importante destaque nesse viés é o desejo dos mineradores de instalar usinas em localidades com baixo custo de energia em climas relativamente frios, como nas proximidades de lagos, fazendo com que facilite a degradação ambiental de diversos biomas.

Dessa forma, existem teorias capazes de explicar cientificamente os motivos pelos quais as ações descritas são realizadas, como, por exemplo, a tragédia dos comuns. A teoria em questão aborda a situação em que um determinado grupo de pessoas, ou, no caso em questão, um grupo industrial, age de forma auto independente a fim de maximizar os seus recursos ou resultados sem se importar com os desequilíbrios que essa ação poderá desencadear a outro grupo, que, nesse caso, seriam os residentes das proximidades do lago.

A partir do momento que a indústria realiza ações em prol do seu próprio benefício, automaticamente os benefícios que a outra comunidade teria com a não existência da indústria naquele local passa a diminuir cada vez mais.

Consoante ao tema acerca da gestão do bem comum, Ruschel et al. (2022) afirma:

Destaca-se que o comum é um conceito que vem crescendo nos meios acadêmicos e que precisa ganhar força para expandir na praxis de todos os seres humanos. No entanto, como a sociedade vem se desenvolvendo baseada em pensamento, gestão e planejamento urbano fragmentados, bloqueia o agir de acordo com a complexidade da vida e, conseqüentemente, ignora o senso de comunidade. (RUSCHEL, et al. 2022).

Através do exposto, percebe-se que essa situação não se caracteriza como uma troca de favores benéficos entre todas as esferas sociais inseridas nesses pontos, fazendo-se necessário a elaboração de políticas que possam mitigar os impactos ambientais, e daí surge a importância estatal a fim de resguardar os direitos da população não apenas da região em questão, mas de todas as que possam vir a ser afetadas com a expansão de mais indústrias ao redor de todo o planeta.

## **6.2. ALTERNATIVAS DE ENERGIAS LIMPAS**

No que tange à necessidade de tornar a criptominação menos invasiva ao meio ambiente, tem-se o uso de energias limpas e sustentáveis, a fim de diminuir a queima de combustíveis fósseis, e conseqüentemente a demasiada liberação de gás carbônico na atmosfera, responsável por intensificar óbices em escala geral, como o efeito estufa e o aquecimento global, e diversos outros problemas em escala regional, como chuvas ácidas, incêndios, ilhas de calor e outros.

Sob esse viés, vê-se a imprescindibilidade de promover formas de energia limpa, sendo essa uma ideia cada vez mais difundida ao redor do globo, graças à extensa disseminação acerca do conceito de desenvolvimento sustentável, que por definição, implica um tipo de progresso econômico capaz de suprir as demandas produtivas atuais sem que necessariamente seja preciso prejudicar a capacidade das gerações futuras de consumirem recursos naturais que hoje estão disponíveis. Em diversas sociedades, principalmente naquelas diretamente atingidas pela desenfreada produção industrial, têm sido incentivadas diversas formas de produção de energia limpa ou com baixa emissão de carbono (VILAR, s.d.)

Diante desse fato, é importante analisar opções viáveis de produção energética dentro do âmbito da criptominação, que apesar de aumentarem os seus custos, serão capazes de mitigar os danos causados ao meio ambiente. Entretanto, apesar desse fator, são opções já conhecidas por grande parte das principais indústrias que buscam incrementar o

desenvolvimento sustentável em suas produções, logo, são facilmente encontradas e eficazes no cumprimento de suas funções.

Dentro desse cenário, são abordadas fontes alternativas de energia, que são definidas como tecnologias que surgem como novas opções a fim de mitigar os impactos ambientais ocasionados por fontes tradicionais, como o petróleo e o carvão. Dessarte, para evitar o uso de recursos que geralmente não são renováveis, buscam-se fontes inesgotáveis e de baixo impacto, tendo em vista que geram menos poluição. Dentre as principais opções, estão a solar, eólica, hidráulica e biomassa (GOMES, 2010).

A Tabela 1 abaixo demonstra em detalhes a forma com a qual as fontes energéticas funcionam, de modo que dessa maneira são capazes de emitir menos poluentes e conseqüentemente menor impacto ambiental.

**Quadro 1.** Possibilidades de geração energética limpa e renovável

<b>TIPO DE ENERGIA</b>	<b>FUNCIONAMENTO</b>
Solar	Conversão de luz solar em eletricidade por intermédio de painéis fotovoltaicos
Eólica	Uso da força dos ventos para fazer grandes turbinas funcionarem, e assim gerar eletricidade
Hidráulica	Por meio da força da movimentação da água, é possível acionar turbinas e gerar energia
Biomassa	Utilização de matéria orgânica, sobretudo resíduos agrícolas

**Fonte:** Adaptado de GOMES (2010).

A escolha de utilização de matrizes energéticas renováveis e sustentáveis não deve ser vista como uma obrigação, e sim como uma necessidade. Tem-se em vista que a maioria dos combustíveis utilizados não só são responsáveis por aumentar as taxas de poluição global, como também são considerados finitos, ao contrário das fontes descritas anteriormente, que poderiam ser utilizadas por todas as gerações, como a energia solar.

Acredita-se que a geração e uso da energia limpa e renovável têm potencial para oferecer uma solução significativa aos desafios energéticos da sociedade, principalmente no que tange à poluição, devido ao seu alto nível de eficiência. Isso poderia resultar em um

futuro considerável eco sustentável, com redução das emissões de gases poluentes, impulsionando a economia e promovendo o desenvolvimento de conhecimento para benefício das gerações futuras (FRANCO et al., 2020).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo visto os materiais apresentados ao longo do estudo em questão, indubitavelmente a expansão da mineração de criptomoedas pode vir a se tornar uma ameaça à conservação do meio ambiente, podendo ser considerada mais um dos motivos de sua degradação ao longo dos anos, que, assim como todas as outras, é ocasionada pela influência antrópica. Apesar de não ser considerada, ainda, um fator ameaçador ou de larga escala como as catástrofes ambientais vivenciadas ao decorrer das últimas décadas ocasionadas por outras questões, ao verificar que o universo da criptomoeda vem a cada ano se expandindo e o desejo de novas pessoas de trabalhar nesse âmbito, a quantidade de usinas de supercomputadores ao redor de todo o planeta tende a aumentar, principalmente em locais de baixo custo de uso energético, o que facilita uma maior instalação de máquinas, e conseqüentemente a chance de maiores danos ambientais.

De tal maneira, o que é preciso levar em consideração como o ponto chave do debate é a forma com a qual as criptomoedas são consideradas tão seguras e repletas de tecnologias dentro do âmbito financeiro. Nesse cenário, entra em pauta o que é conhecido como POW (proof of work) ou Prova de Trabalho, um algoritmo de segurança necessário para que moedas digitais, como o bitcoin, funcionem sem que haja a existência de uma empresa ou esfera estatal responsável por comandar emissões e transações em seu sistema, como as moedas comuns.

Assim, a POW, apesar de ser considerada uma das mais confiantes maneiras de trazer proteção financeira, demanda imenso poder computacional para validar transações e manter essa segurança de rede. Tal fato corrobora para um uso significativo de energia, sobretudo por intermédio do processo de mineração, que resolvem problemas e processos responsáveis por criar novos blocos na blockchain.

Ademais, mesmo com uma quantidade não alarmante de usinas instaladas no globo, já é possível verificar que degradações já foram relatadas, o que já se configura como um motivo de atenção a essas questões. Além disso, é importante ressaltar que diversas vezes são

feitas correlações entre as criptomoedas e o Bitcoin como se a moeda em questão fosse a única do mercado, quando na verdade existem diversas, bem como a provável existência de novas outras com o passar dos anos advindo de avanços tecnológicos e expansão dessa esfera financeira que abraça o meio digital.

Essas questões devem ser dadas como motivo de preocupação devido ao consumo de energia da POW, para que assim seja possível levantar debates acerca da mitigação por meio de soluções sustentáveis que demandam menos energia ou demandam de forma limpa e renovável. Dentro desse contexto, há a imprescindibilidade de reconhecer a importância de fontes energéticas como a solar, hidráulica, eólica ou de biomassa, cumprindo as necessidades ao alcance de um futuro sustentável.

Anseia-se, dessa forma, que o artigo descrito sirva futuramente como mais um complemento no acervo que trate da criptomoeda não apenas como uma engrenagem de alteração do fluxo financeiro e econômico, mas também socioambiental através dos seus impactos enquanto matriz energética quando se fala da sua produção, ou como apresentado, na sua mineração. Apesar de não ser um tema com grande espaço na matriz científica do âmbito econômico por ainda não ter trazido grandes impactos, espera-se que o mesmo se expanda ainda cedo com o intuito de que, dessa forma, as consequências apresentadas possam ser solucionadas ou amenizadas da melhor forma através de análises preliminares à chegada de problemas reais.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M.F. Criptomoedas: Um “vilão” ambiental. **REVISTA INOVATIO JURIS/INOVATIO JURIS JOURNAL**, v. 1, n. 1, p. 37-49, 2022.

ANTONOPOULOS, M. Andreas. **Mastering Bitcoin**. 1º Edição. Sebastopol: O’Reilly Media, Inc. 2014.

BLOCKCHAIN. Disponível em <<https://blockchain.info/markets>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

BLOCKCHAIN. **Total Circulating Bitcoin**. Disponível em: <<https://www.blockchain.com/explorer/charts/total-bitcoins>>. Acesso em: 07 jan. 2023.

BUYBITCOINWORLDWIDE. Disponível em <<https://www.buybitcoinworldwide.com/price>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

CAMBRIDGE CENTRE FOR ALTERNATIVE FINANCE, 2023. Disponível em: <<https://ccaf.io/cbeci/index>>. Acesso em: 18 mar. 2023.

CNN. **Entenda como funciona a mineração de criptomoedas e os efeitos no meio ambiente**. 2021. Disponível em <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/entenda-como-funciona-a-mineracao-de-criptomoeda-s-e-os-efeitos-no-meio-ambiente/?amp>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

COINDESK. **Immersion Cooling Firm LiquidStack Secures Series B Funding to Build Manufacturing in U.S.** 2023. Disponível em: <<https://www.coindesk.com/business/2023/03/22/embargo-march-22-9am-et-immersion-cooli>>

ng-firm-liquidstack-secures-series-b-funding-from-trane-technologies-to-build-manufacturing-in-us/>. Acesso em: 10 dez. 2023

COINGECKO. **Household Electricity Costs to Mine 1 Bitcoin at Home, Around the World.** Disponível em: <<https://www.coingecko.com/research/publications/bitcoin-mining-cost>>. Acesso em: 13 dez. 2023.

COINTELEGRAPH, 2023. **Preço do Bitcoin hoje 29/12/2023: mais um dia de lateralização com BTC em US\$ 42.700 e leve queda de 1%.** Disponível em: <<https://br.cointelegraph.com/news/bitcoin-price-today-12-29-2023-another-day-of-lateralization-with-btc-at-us42-700-and-a-slight-drop-of-1>>. Acesso em: 28 fev. 2024.

COMPRARCRIPOMOEDAS, 2021. **O que é uma blockchain?.** Disponível em: <[comprarcriptomoedas.com/o-que-e-uma-blockchain](https://comprarcriptomoedas.com/o-que-e-uma-blockchain)>. Acesso em: 18 mar. 2023.

CUNHA, A.S. **O mercado de criptomoedas no Brasil: uma análise das perspectivas dos estabelecimentos que recebem criptomoedas como meio de pagamento,** 2018.

ESTADAO. **Bitcoins e os desafios para sua regulamentação.** 2018. Disponível em <<https://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/bitcoins-e-os-desafios-para-sua-regulamentacao/>>. Acesso em: 07 jan. 2023.

ESTADAO. **Gato de energia é usado para minerar Bitcoin em Paraisópolis.** <<https://infograficos.estadao.com.br/focas/por-minha-conta/materia/gato-de-energia-e-usado-para-minerar-moedas-virtuais-em-paraisopolis>>. Acesso em: 12 dez. 2023

FERREIRA, L.C.; BARBI, F. Questões ambientais e prioridades políticas na China. **ComCiência**, n. 137, p. 0-0, 2012.

FRANCO, A.C. et al. Energia limpa e acessível. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, n. 1, 2020.

G1. **Bitcoin se valoriza e bate recordes; entenda o que é e os riscos de investir**. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/01/05/bitcoin-se-valoriza-e-bate-recordes-entenda-o-que-e-e-os-riscos-de-investir.ghtml>>. Acesso em: 31 mar. 2024.

GOMES, C.G.S. **Noções de geração de energia utilizando algumas fontes de baixo impacto ambiental**, 2010.

GUERRA, S.M.G; FANTINELLI, J.T. A aproximação entre tecnologia e economia: os emergentes papéis da energia. **Revista de Estudos Sociais**, v. 3, n. 5, p. 33-58, 2001.

ISTOEDINHEIRO. **Entenda por que operação com criptomoedas produz desastre ambiental**. 2021. Disponível em: <<https://istoedinheiro.com.br/entenda-porque-a-mineracao-de-criptomoedas-e-um-desastre-ambiental/>>. Acesso em: 19 mar. 2023

LAKATOS, Eva; MARCONI, Marina. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5º Edição. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2003.

LIVECOINS. **China indica possível abertura para transações com criptomoedas**. Disponível em:

<<https://livecoins.com.br/china-indica-possivel-abertura-para-transacoes-com-criptomoedas/>>  
Acesso em: 23 de dez. 2023.

MARTINE, G; ALVES, J.D. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade?. **Revista brasileira de estudos de população**, v. 32, p. 433-460, 2015.

MATONIS, Jon. **Bitcoin's Promise in Argentina**. 2013. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/jonmatonis/2013/04/27/bitcoins-promise-in-argentina/>>. Acesso em: 18 jan. 2023.

MATTOS, O. B; ABOUCHEDID, S; SILVA, L. A. As criptomoedas e os novos desafios ao sistema monetário: uma abordagem pós-keynesiana. **Economia e Sociedade**, v. 29, p. 761-778, 2020.

MOI, P. C. P. et al. Lixo eletrônico: consequências e possíveis soluções. **Revista eletrônica Connection online**, n. 7, 2012.

MORA, C., ROLLINS, R.L., TALADAY, K. et al. Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. **Nature Clim Change**, 931–933, 2018.

NAÇOESUNIDASBRASIL. **O que são as mudanças climáticas?**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-s%C3%A3o-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas>>. Acesso em: 15 dez. 2023

NAKAMOTO. Satoshi. 2008. **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. 2008. Disponível em <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2023.

NARAYANAN, A. et al. **Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction**. S. l.: Princeton University Press, 2016.

NBC News. **Some locals say a bitcoin mining operation is ruining one of the Finger Lakes. Here's how.** Disponível em: <<https://www.nbcnews.com/science/environment/some-locals-say-bitcoin-mining-operation-ruining-one-finger-lakes-n1272938>>. 2021. Acesso em: 25 fev. 2023.

PAIVA, R. et al. Tecnologia blockchain: inovação em pagamentos por serviços ambientais. *Estudos Avançados*, v. 33, p. 151-176, 2019.

RHODIUM GROUP, 2021. **China's Greenhouse Gas Emissions Exceeded the Developed World for the First Time in 2019.** Disponível em: <<https://rhg.com/research/chinas-emissions-surpass-developed-countries/>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

RUSCHEL, C.V; MILIOLI, G.; OLIVEIRA, I.R. TRAGÉDIA DOS COMUNS E AS QUESTÕES SANITÁRIAS EM TEMPOS DE COVID-19: REFLEXÕES PARA REPENSAR O DIREITO À CIDADE. *Revista de Direito da Cidade*, v. 14, p. 194-225, 2022.

SIQUEIRA, Leandro de Castro. Política ambiental para quem?. *Ambient. soc.*, Campinas , v. 11, n. 2, p. 425-437, 2008.

TEIXEIRA, T; RODRIGUES, C.A. Blockchain e Criptomoedas. **Salvador: Editora JusPodivm**, 2019.

TEMPO. **Por que as criptomoedas poluem o meio ambiente?**. Disponível em <<https://www.tempo.com/noticias/ciencia/por-que-as-criptomoedas-poluem-o-meio-ambiente-meio-ambiente-poluicao.html>>. 2022. Acesso em: 25 fev. 2023.

ULRICH, Fernando. **Bitcoin - A moeda na era digital**. 1º Edição. São Paulo: Instituto LudWig Von Mises Brasil, 2014.

VILAR, J. W. C. **Dos combustíveis fósseis às energias limpas**.

---

Autor - Dalbert Ferreira Matos