



Blockchain no setor elétrico brasileiro: desafios da Permissionless Innovation

Blockchain in the brazilian electric sector: challenges of Permissionless Innovation

(Eduardo Espínola Pimazzoni – Universidade Nove de Julho – epimazzo@uni9.edu.br)

(Cláudia Brito Silva Cirani – Universidade Nove de Julho – claudiacirani@uni9.pro.br)

(Fernando Antônio Serra – Universidade Nove de Julho – fernandoars@uni9.pro.br)

(Isabel Cristina Scafuto – Universidade Nove de Julho – isabelscafuto@uni9.pro.br)

(Ana Cândida Ferreira Vieira – Universidade Nove de Julho – ana.candida@academico.ufpb.br)

(Priscila Rezende da Costa – Universidade Nove de Julho – priscilarezende@yahoo.com.br)

Resumo

Dentre os inúmeros setores da economia nos quais a tecnologia *blockchain* já se faz presente, o setor elétrico se destaca como um dos mais promissores para sua adoção. Apesar de ainda ser pouco conhecida por muitos, essa tecnologia já vem sendo aplicada em áreas onde os desafios encontram soluções mais viáveis por meio de sua utilização. No entanto, o setor de energia é altamente complexo e regulado, o que frequentemente impede a adoção de novas tecnologias, limitando oportunidades e restringindo o desenvolvimento de novos negócios que poderiam se beneficiar do *blockchain*. Este estudo tem como objetivo demonstrar como a tecnologia *blockchain* pode ser aplicada ao setor energético brasileiro, considerando a seguinte questão de pesquisa: como as empresas do setor de energia elétrica no Brasil enfrentam os desafios da adoção e do uso da tecnologia *blockchain*? A metodologia utilizada foi um estudo exploratório baseado em entrevistas com especialistas e executivos do setor, abordando cinco empresas de pequeno, médio e grande porte que atuam no Brasil e no exterior e possuem casos de aplicabilidade da tecnologia. Os resultados obtidos evidenciam as dificuldades e desafios enfrentados pelas empresas no Brasil ao implementar o *blockchain* no setor energético. A análise foi realizada à luz da teoria da inovação não permissionada, destacando os impactos das críticas e regulamentações que frequentemente impedem o avanço e a adoção dessa tecnologia no setor.

Palavras-chaves: *Blockchain*; Energia; Inovação; Barreiras; Teoria da inovação não permissionada.

Abstract

Among the numerous sectors of the economy in which blockchain technology is already present, the electricity sector stands out as one of the most promising for its adoption. Although still not widely known by many, this technology is already being applied in areas where challenges find more viable solutions through its use. However, the energy sector is highly complex and regulated, which often hinders the adoption of new technologies, limiting opportunities and restricting the development of new businesses that could benefit from blockchain. This study aims to demonstrate how blockchain technology can be applied to the brazilian energy sector, considering the following research question: How do companies in the brazilian electricity sector address the challenges of adopting and using blockchain technology? The methodology used was an exploratory study based on interviews with industry experts and executives, covering five companies of small, medium, and large sizes operating in Brazil and abroad, with cases of blockchain technology applicability. The results obtained highlight the difficulties and challenges faced by companies in Brazil when implementing blockchain in the energy sector. The analysis was conducted in light of the permissionless innovation theory, emphasizing the impacts of criticism and regulations that often hinder the advancement and adoption of this technology in the sector.

Keywords: *Blockchain*; Energy; Innovation; Barriers; Permissionless innovation theory.

Recebido em 07/10/2024

Revisado em 26/10/2024

Aceito em 30/04/2025



1. Introdução

O contexto de economias emergentes, como no caso do Brasil, cria condições propícias para o desenvolvimento de tecnologias disruptivas e impulsiona o crescimento da inovação, consolidando-a como essencial para modelos de inovação autônoma nesses mercados (Hang et al., 2010). De acordo com a OECD (2012), a economia global tende a crescer cerca de 3% nos próximos 50 anos, o que destaca o papel crescente dos países de economia emergente nesse cenário. A falta de acesso da maioria da população desses países às novas tecnologias torna as economias emergentes territórios férteis para o desenvolvimento e testes de inovações. Esse cenário impulsiona a formação de talentos aliados à ciência e à tecnologia, além de viabilizar a implementação de inovações disruptivas, que podem alcançar mercados de ponta e contribuir para a criação de novos valores (Christensen, 1997).

As novas tecnologias, como o *blockchain*, representam um tipo especial de registro distribuído que viabiliza moedas digitais e apresenta desafios para países com mercados emergentes. Criado em 2009 para permitir o funcionamento do Bitcoin no contexto de pagamentos digitais, o *blockchain* tem sido amplamente estudado e aplicado em diversas áreas além do setor financeiro. Essa tecnologia apresenta atributos diferenciados, com destaque para segurança rigorosa, garantida por meio de criptografia, anonimato e integridade dos dados. Sendo um banco de dados distribuído, *online*, público e atualizado por qualquer participante da rede *Peer-to-Peer* (P2P), seu consenso é assegurado por um algoritmo que garante a segurança das transações (Ferreira et al., 2017).

A principal característica do *blockchain* é a estrutura de dados na qual as transações são organizadas e agrupadas em um bloco. Cada bloco é encadeado ou ligado juntamente com um bloco anterior, usando uma função de *hash* criptográfico – uma técnica que converte um conjunto de dados variável em um valor de extensão fixa (Natarajan et al., 2017). Bronski (2019) defende que a tecnologia *blockchain* deve ser vista como uma solução para a disrupção, em vez de ser classificada como uma tecnologia disruptiva.

Neste contexto, o setor elétrico já passa por processos disruptivos, como descentralização, descarbonização e digitalização. A tecnologia *blockchain* surge como suporte a esses três princípios, favorecendo o setor com suas características e particularidades. Diante desse cenário, este estudo indaga: como as empresas do setor de energia elétrica no Brasil respondem aos desafios da adoção e uso da tecnologia *blockchain*? O objetivo geral do artigo é analisar os desafios que as empresas enfrentam na aplicabilidade da tecnologia *blockchain* no setor elétrico brasileiro.

Justifica-se o estudo devido ao desenvolvimento de novas tecnologias que favorece o crescimento socioeconômico, ampliando as possibilidades de inovação e contribuindo para a redução do alto custo da eletricidade para o consumidor final. Com a crescente digitalização da sociedade, onde praticamente tudo está conectado à internet, a eletricidade tornou-se um dos principais focos estratégicos de governos que buscam enfrentar os desafios das megalópoles e do crescimento populacional (Pimazzoni et al., 2018). Além disso, os países da América Latina, incluindo o Brasil, compartilham vulnerabilidades, especialmente no que diz respeito a políticas e regulamentações, o que justifica a escolha do Brasil. A adoção da tecnologia *blockchain* no setor elétrico traz um potencial significativo de inovação e liberdade para os usuários da rede, permitindo que os consumidores gerem sua própria energia e vendam o



excedente diretamente para seus vizinhos, reduzindo a dependência de intermediários (Pimazzoni & Revoredo, 2018).

Este estudo investiga esses elementos, a partir de uma visão teórica da inovação não permissionada em setores públicos, complexos e dinâmicos, como o da energia elétrica. O referencial teórico embasa a estrutura do artigo, seguido pela metodologia, que detalha os procedimentos adotados para a realização do estudo de múltiplos casos. Posteriormente, são apresentados os resultados e análises, concluindo com as considerações finais e referências.

2. Referencial teórico

2.1. Inovação e a *Permissionless Innovation*

A inovação é a implementação de um produto, bem ou serviço novo ou expressivamente melhorado, um processo, uma nova técnica de *marketing*, ou um novo modelo organizacional aplicado às práticas de negócios, ao ambiente de trabalho ou às relações externas (OECD, 2018). A inovação não consiste somente na abertura de novos mercados – pode também significar novas formas de servir a mercados já estabelecidos e maduros. A inovação é movida pela habilidade de estabelecer relações, detectar oportunidades e tirar proveito das mesmas, de modo a identificar possíveis cenários que favoreçam as organizações se diferenciarem uma das outras e as tornando mais competitivas (Tidd, Bessant, & Pavitt, 2008).

No contexto de desenvolvimento econômico, a inovação provém de lucros elevados para as empresas pioneiras, mas esses ganhos tendem a desaparecer com a entrada de novos concorrentes no mercado (Costa, 2006). Além disso, para se destacarem da concorrência, as empresas inovadoras devem minimizar a possibilidade de imitação, garantindo vantagens econômicas e fortalecendo sua posição no mercado (Teece, 1986). O termo inovação não permissionada nasceu com Vinton Cerf (2012), que atribuiu o potencial de crescimento econômico das tecnologias de internet à relativa ausência de supervisão regulatória substancial. Thierer (2016b) argumenta que existem duas abordagens conflitantes e bastante evidentes quando se trata de inovação e novas invenções:

- Princípio da precaução: faz referência às inovações que devem permanecer restritas ou não permitidas até que desenvolvedores comprovem que não representam riscos ou problemas para indivíduos, grupos, entidades, leis, normas ou tradições.
- Inovação não permissionada: parte do pressuposto de que experimentos com novas tecnologias e modelos de negócio devem ser permitidos por padrão.

Teece (1986) argumenta que, caso o governo decida estimular a inovação, é fundamental eliminar barreiras regulatórias e incentivar o desenvolvimento de ativos complementares, que tendem a se especializar na inovação. Thierer (2016a, p. 8) defende a inovação não permissionada como a abordagem mais adequada para lidar com novas tecnologias: “Se as políticas públicas forem guiadas constantemente pelo medo de cenários hipotéticos de pior caso e pela mentalidade de precaução, a inovação se tornará menos provável.” Além disso, o autor ressalta que permitir a adoção da inovação e fomentar debates sobre políticas públicas são as melhores formas de iniciar esse processo. Quando há questionamentos sobre possíveis impactos negativos, o ônus da prova deve recair sobre aqueles



que defendem controles preventivos, demonstrando por que a experimentação com novas tecnologias ou modelos de negócio deveria ser proibida. Nesse contexto, surge o conceito de *evasive entrepreneurship* (empreendedorismo evasivo), descrito por Thierer (2016a) como a estratégia adotada por empresas inovadoras, como Uber, Airbnb e Lyft. Essas empresas utilizam a inovação não permissionada para desafiar políticas e regulações estabelecidas, promovendo maior liberdade de acesso dos usuários aos benefícios dessas tecnologias e proporcionando melhores experiências. Dessa forma, favorecem a prosperidade e impulsionam o crescimento econômico.

2.2. Inovação não permissionada e blockchain

O *blockchain* surge como uma possível solução para muitos dos desafios e dificuldades atuais, tanto no segmento de serviços como nas indústrias e produtos em geral. Uma solução baseada em blockchain é um clássico sistema distribuído e compartilhado por meio de diversos nós espalhados pelo mundo e conectados em diferentes tipos de rede (Baliga, 2017). Em sua essência, o *blockchain* é um livro contábil (*ledger*) digitalizado e compartilhado, que não pode ser alterado, após o registro e a verificação de uma transação. Todas as partes envolvidas na transação, assim como um número significativo de terceiros, mantêm uma cópia do livro contábil (*Blockchainhub*), tornando praticamente impossível modificar todas as cópias do registro globalmente para falsificar uma transação (Cointelegraph, 2019). Essa característica é particularmente valiosa em setores que exigem alta segurança e integridade dos dados.

Contudo, as novas oportunidades oferecidas pelo blockchain vêm acompanhadas de desafios. A criação de políticas e regulações adequadas é essencial para definir papéis-chave e garantir o licenciamento em áreas estratégicas, como o setor de energia (Mylrea & Gourisetti, 2017). O estabelecimento de um ambiente regulatório claro e funcional é fundamental para que as inovações tecnológicas sejam adotadas de maneira segura e responsável. Uma grande variedade de regulamentações pode afetar as atividades de inovação das empresas, indústrias e economias (OECD, 2018). Entre elas, destacam-se regulamentações em áreas como: mercados de produtos, comércio, tarifas, governança corporativa, contabilidade, falências, saúde, segurança, emprego, imigração, meio ambiente e energia (Blind, 2013). O sucesso da adoção do blockchain depende, em grande parte, de como essas regulamentações serão adaptadas para acomodar a nova tecnologia.

Ademais, sistemas não permissionados, uma das vertentes da tecnologia *Distributed Ledger Technology* (DLT) – frequentemente associada às plataformas de *blockchain* –, oferecem funcionalidades que vão desde a descentralização total até a participação aberta a todos os interessados (Jackson et al., 2018). Esse tipo de sistema promove uma maior democratização do acesso à tecnologia, acelerando sua adoção em diversos setores da economia. Portanto, o desenvolvimento de tecnologias disruptivas como o *blockchain* exige um esforço colaborativo entre empresas, governos e outras partes interessadas, a fim de promover sua difusão de forma eficaz e segura.

3. Metodologia

3.1. Delineamento da pesquisa

A natureza da pesquisa é qualitativa, com abordagem metodológica descritiva e

exploratória. Segundo Creswell (2016), a pesquisa qualitativa é um meio para explorar e entender o significado que indivíduos ou grupos concedem a um fenômeno social ou humano. O estudo exploratório também é utilizado quando o foco de interesse são fenômenos atuais, como é o caso da tecnologia blockchain, analisados em um contexto de vida real (Godoy, 1995).

A coleta de dados na pesquisa qualitativa foi realizada por meio de uma abordagem primária, utilizando entrevistas em profundidade (*in-depth*) de natureza fenomenológica. Esse método permitiu a criação de um roteiro semiestruturado, possibilitando a descrição do conceito ou do significado do fenômeno conforme a experiência compartilhada pelos entrevistados (Marshall & Rossman, 2006). As entrevistas seguiram um formato semiestruturado, permitindo maior flexibilidade na exploração das respostas dos participantes (Selltiz et al., 2007).

O estudo envolve empresas do setor elétrico que atuam no Brasil e no exterior, incluindo distribuidoras e empresas de tecnologia que aplicam o *blockchain* em projetos internos já em produção ou em iniciativas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), como projetos-conceito e pilotos. Para tanto, cinco empresas foram previamente selecionadas sob esse critério, sendo as mesmas descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Quadro de empresas por critério de seleção

	ORG1	ORG2	ORG3	ORG4	ORG5
Classificação	TI em geral, cloud, IA	Energy intelligence	Geração, distribuição e transmissão	Leasing de placas solares	Empresa global de energia
Origem	Estrangeira	Brasileira	Brasileira	Estrangeira	Estrangeira
Idade	110 anos	4 anos	68 anos	6 anos	36 anos
Segmento	Tecnologia	Energia	Energia	Energia	Energia
Tamanho	Grande porte	Pequeno/médio porte	Grande porte	Pequeno/médio porte	Grande porte

Fonte: Elaboração própria (2024).

A definição e escolha das cinco empresas analisadas basearam-se em critérios específicos. O principal critério foi a utilização e aplicabilidade da tecnologia *blockchain* em algum serviço ou produto já operacional ou em desenvolvimento na área de inovação ou P&D da empresa. De forma complementar, optou-se por empresas brasileiras ou com operações no Brasil. Outro fator relevante foi a diversidade no uso da tecnologia, abrangendo diferentes aplicações, tais como: (a) rastreabilidade da geração de energia; (b) monitoramento e certificação de emissões de carbono; (c) *marketplace* de energia; (d) desenvolvimento de produtos para geração e comercialização de energia elétrica; e (e) medição e controle do consumo da energia produzida por “prosumidores” (indivíduos que produzem e consomem energia simultaneamente).

Com essa abordagem, a pesquisa busca compreender como a tecnologia *blockchain* está sendo integrada ao setor elétrico, seus desafios e potencialidades, bem como as perspectivas para sua adoção em larga escala.



3.2. Procedimentos da coleta de dados

Considerando que a principal fonte de informações desta pesquisa são as entrevistas semiestruturadas (Spradley, 1979; Saunders, Thornhill & Lewis, 2009) e os dados primários nelas obtidos, também foram coletadas informações complementares a partir de fontes secundárias. Essas fontes incluíram materiais institucionais sobre as organizações e projetos relacionados ao contexto do estudo, bem como artigos acadêmicos e *websites*. As entrevistas foram conduzidas *on-line*, seguindo cuidados específicos para garantir a qualidade das respostas e minimizar possíveis incompreensões involuntárias. Para aprofundar a análise e ampliar a perspectiva sobre a adoção da tecnologia *blockchain* no setor elétrico, considerou-se, além dos representantes das organizações que atuam no Brasil, dois especialistas com experiência no setor de energia e consultoria. A participação desses especialistas permitiu uma visão mais abrangente, tanto de quem está inserido no mercado quanto daqueles que atuam na interface contratual e comercial do setor elétrico.

Com o objetivo de fortalecer a triangulação dos dados e diversificar as perspectivas, também foi entrevistado o gestor de uma organização estrangeira de um mercado emergente. No total, foram realizadas nove entrevistas, incluindo uma internacional e duas com especialistas da tecnologia e do setor elétrico brasileiro. As entrevistas, conduzidas pelos autores da pesquisa, tiveram duração média de uma hora cada. Para garantir fidelidade à análise, todas as conversas foram gravadas e transcritas, permitindo um exame mais detalhado dos dados e favorecendo a interpretação dos resultados.

3.3. Procedimentos de análise de dados

A estratégia de coleta, análise e tratamento dos dados envolveu a realização de entrevistas nas cinco empresas selecionadas para este estudo, bem como a utilização de documentos secundários, como arquivos institucionais, atas de reuniões e prospectos voltados à imprensa, tanto oficiais quanto não oficiais. Essa abordagem possibilitou um cruzamento mais robusto das informações, enriquecendo a interpretação dos achados.

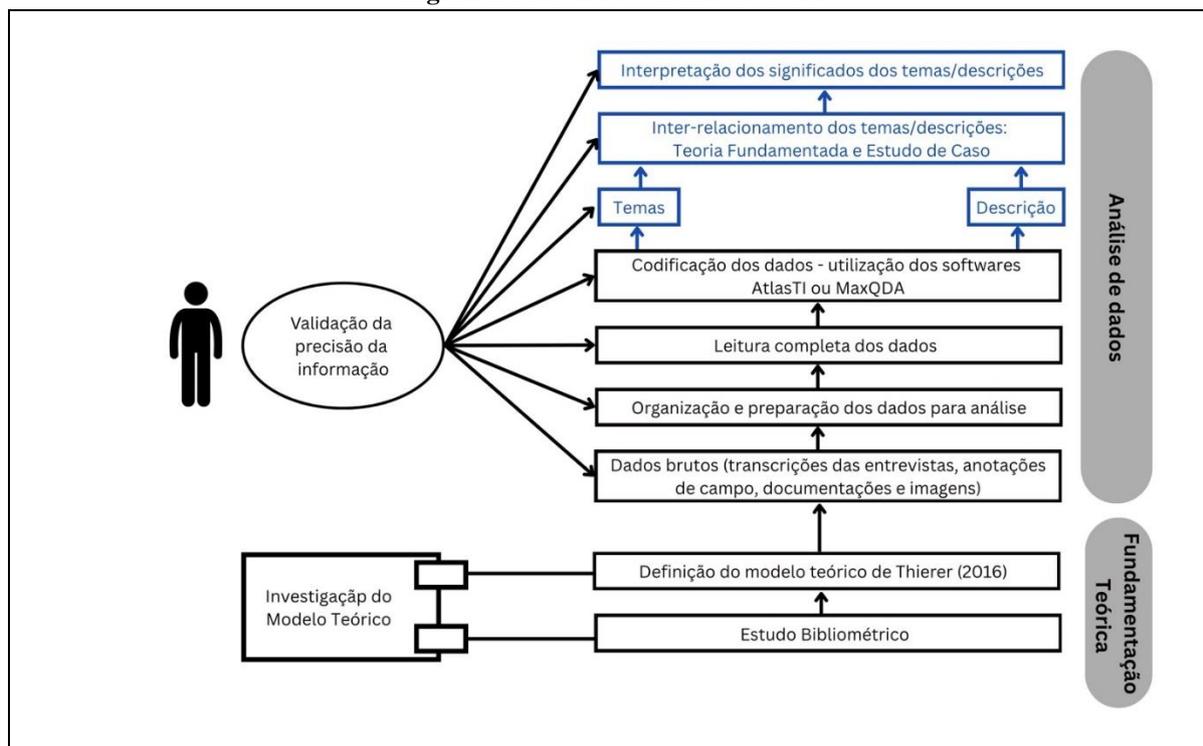
O processo de análise foi realizado com base nas diretrizes mencionadas por Creswell (2010), buscando extrair sentido dos textos, compreendendo os dados coletados e interpretar os dados provenientes das entrevistas semiestruturadas. A triangulação de fontes e a categorização das informações foram etapas essenciais para garantir a consistência e profundidade da análise. A estruturação da análise de dados foi fundamentada na categorização das informações à luz do modelo teórico adotado, sendo o estudo bibliométrico utilizado como ponto de partida para a investigação. Esse levantamento inicial permitiu mapear a evolução do conhecimento sobre o tema e identificar os principais conceitos e abordagens relevantes para a pesquisa.

Com base no estudo bibliométrico e na teoria da *permissionless innovation*, que serviu como alicerce para a estruturação e desenvolvimento do estudo, foram avaliados os dados coletados no campo da pesquisa exploratória. Para garantir rigor metodológico e maior precisão na análise, os dados foram processados por meio do *software* MAXQDA, que auxiliou na interpretação e no cruzamento de temas e códigos extraídos da literatura com os dados das entrevistas. Esse procedimento possibilitou uma compreensão mais abrangente das descobertas e reforçou a validade dos resultados obtidos.



Na Figura 1, presumivelmente, é apresentado o modelo teórico escolhido e como ele se relaciona com os dados coletados e analisados. Esse modelo serve como um guia visual para entender a estrutura da pesquisa e como cada componente se integra ao todo. Todo o processo de análise de dados foi desenvolvido consoante o modelo de Creswell (2010), onde é possível destacar a fundamentação teórica e a validação da informação por meio da arquitetura prevista pelo modelo. Mediante a categorização das informações e do modelo teórico escolhido, apresentado na Figura 1, ocorreu o processo de análise de dados, com destaque para o estudo bibliométrico, como fundação inicial para a investigação.

Figura 1. Processo de análise de dados



Fonte: Adaptada do modelo de Creswell (2010).

4. Apresentação e análise de dados

O processo de análise foi realizado com base nas diretrizes mencionadas por Creswell (2010), extraíndo sentido dos textos, compreendendo os dados e interpretando o significado proveniente das questões semiestruturadas realizadas com os participantes.

A partir do estudo bibliométrico inicial e com a teoria da *permissionless innovation*, que serviu como base de estruturação, alicerce para a construção do conteúdo e desenvolvimento deste estudo, foram avaliados os dados provenientes do campo do estudo exploratório. Os dados foram tratados por meio do *software* MAXQDA, servindo de suporte à interpretação e ao cruzamento dos temas e códigos, originários da literatura, em conjunto com os dados embasados das entrevistas, para entendimento das descobertas.



4.1. Dimensão 1: barreiras à adoção do *blockchain*s

As barreiras representam fatores fundamentais que dificultam a adoção do *blockchain* como tecnologia inovadora e plataforma de inovação, especialmente no contexto da inovação não permissionada. No setor elétrico, destacam-se barreiras específicas, como o conhecimento ainda limitado sobre a tecnologia *blockchain* e seu potencial de aplicação no modelo de fornecimento de energia. A Tabela 2 apresenta um panorama das entrevistas realizadas no estudo, evidenciando a percepção dos entrevistados sobre esses desafios.

Tabela 2. Declarações selecionadas das entrevistas realizadas que suportam os conceitos e dimensões dos desafios da tecnologia *blockchain* junto às empresas do setor elétrico

Temas de segunda ordem	Dados de primeira ordem
1a. Conhecimento da tecnologia de <i>blockchain</i>	<p>[ESP1] “tem um <i>gap</i> de esclarecimento para os reguladores sobre novas tecnologias”.</p> <p>[ESP2] “É, na verdade, entender a <i>hype</i> em torno do <i>blockchain</i>, deve vir, não para de alguma forma bloquear a tecnologia e barrar inovação, não é esse o caminho, mas sim, para trazer mais profundidade, e realmente ampliar o conhecimento em torno da tecnologia, dos casos de uso e criar mais esse senso de profundidade para que a discussão não seja tão rasa”.</p> <p>[ORG3 [E1] “Então, uma das barreiras que eu acredito que existe é exatamente você encontrar esse tipo de casamento, entre algo que de fato as características do <i>blockchain</i> mostrem que há tecnologia para resolver tal problema, então para aplicações, por exemplo, no mercado atacado de energia, vale também olhar isso daí, ou seja, qual é o tipo de aplicação que se casa bem com o <i>blockchain</i>”.</p> <p>“Normalmente, os mercados regulados são mais conservadores em adotar qualquer coisa nova que possa eventualmente trazer um risco, alguma coisa assim” [ORG1].</p> <p>“Nós conseguimos ver o problema e a mudança que precisamos fazer, mas, às vezes, a solução me parece que virá de cabeças que pensem, olhe um pouco para fora no setor e vejam onde a tecnologia pode revolucionar” [ORG2] [E2].</p>
1b. Modelo de geração e fornecimento de energia	<p>[ESP2] “A maior preocupação que se tem hoje com geração distribuída, que está sendo discutido em consulta pública, é a parte de regularizar um pouco a tarifa regulada, a TE e a TUSD, como que elas ficam para quem tem geração distribuída, para não gerar, para quem não tem, esse desbalanço na rede, existe até um termo em inglês, <i>grid defection</i>, que é a resistência da rede, é quando a geração distribuída resolve ficar totalmente <i>off grid</i> de tão vantajoso que isso é, e isso acaba onerando muito as outras pessoas que ficam na rede.”</p> <p>[ORG3] [E1] “<i>Marketplace</i> se encaixa bem, porque é fundamental continuar a investir na GD”.</p> <p>“Okay. Well, ultimately the thing with bitcoin is that it doesn't really matter what the regulations say. People can still do it. And if I'm just going to separate out the money and the energy bit...” [ORG4].</p>
	<p>[ESP1] “mas se você pegar os dinossauros com o setor elétrico, eles têm uma alta resistência. É isso que eu percebo, porque tem uma mentalidade completamente diferente do que é exigido para a aplicação de uma solução <i>blockchain</i>. Eles têm aquela mentalidade do monopólio, de manutenção das concessionárias. Não têm a mentalidade de descentralização. Eles não a compreendem e não a enxergam, pelo contrário, eles rotulam a descentralização</p>



<p>1c. Regulação ultrapassada</p>	<p>de um modo negativo”.</p> <p>[ORG2] [E2] “E tem interesse sim, falando aí também mais de interesse mesmo de grupos, aí tem. É um <i>lobby</i> saudável, é um <i>lobby</i> que eu acho que a gente deveria parar de vê-lo mal. Não estou falando de <i>lobby</i> de trânsito indevido, mas estou falando do <i>lobby</i> natural. Política é <i>lobby</i>. A lei é um reflexo do jogo político. Ganha quem tem mais articulação”.</p> <p>“A regulação é vista, vai ser quase a mesma resposta daquela sua pergunta sobre os dados, como um fato. Nós temos certas regulações que são um fato, por exemplo, uma regulação de que só a distribuidora pode vender energia na sua área de concessão, o que não necessariamente impede projetos P2P, mas precisa de modificações. Você precisa entender que não vai estar vendendo energia efetivamente, quem vende é a distribuidora, então, ela precisa ser envolvida nesse projeto e, talvez, você vai começar com alguma coisa menor, só uma parte de <i>billing</i>, de contabilização, você não vai estar vendendo energia, você vai estar vendendo os créditos, porque essa é outra regulação que tem no Brasil. A gente está numa regulação de compensação de créditos, conhecida como <i>net metering</i>, e não com uma regulação como a que existe na Austrália, que é a de tarifa <i>feed-in</i>, ou na Alemanha, em que você é efetivamente remunerado com dinheiro pelo excedente da sua da sua geração distribuída. Não é o que acontece aqui, você ganha um crédito. Então, o máximo que você pode fazer é, de alguma forma, transacionar esses créditos” [ESP2].</p>
<p>1d. Falta de foco na competitividade</p>	<p>[ORG2]{E1} “A regulação deveria regular o que está acontecendo, não o que não aconteceu. E o fato é que a regulação às vezes impede sim de nascer uma tecnologia”.</p> <p>[ORG2][E1] “Porque para nós o ideal é não ter regulação. A regulação é importante a partir do momento que algo existe aí você tem a regulação para aparar arestas, equilibrar o cenário e para fazer algumas correções. Agora se você coloca a regulação antes mesmo da tecnologia prover soluções, você já enforca antes entendeu. Já não permite um solo fértil para que determinada construção aconteça. e aí o que acontece? No BR, nossa cultura empreendedora é cercada de desafios para você realmente empreender. Se você coloca todo o risco inicial do empreendimento, o cara vai querer fazer pão francês, entendeu, e não investir em BC no setor de energia”.</p> <p>“Acho que você vai tranquilamente que a lei e a regulação as vezes impedem em vez de facilitar. Ela mata a tecnologia antes mesmo dela nascer” [ORG2] [E2].</p> <p>“então os mercados que mais se desenvolvem no mundo, são aqueles que não são regulados e só depois que vem a regulação” [ORG2] [E2].</p> <p>“Tem algum ator que deveria estar mais envolvido e hoje atua de uma maneira mais discreta que o necessário? Existe só que aí não é culpa dele é culpa da ANEL ou de qualquer outra associação. Para mim são os consumidores e aí acho que a função é criar mecanismos de atuação ativo na discussão futura do setor. Criar esses mecanismos é superimportante então o conselho de consumidores na distribuição é um mecanismo ele existe lá, ele atua de uma maneira...” [ORG5].</p>
	<p>“Primeiro eu tenho que trabalhar dois grandes temas regulatórios que eu acho que tem a ver com isso. Um deles é a lei de liberdade econômica, que tem o artigo quarto, especificamente, que fala do abuso de poder regulatório. E esse, dentro do artigo, possui um item específico que diz que a regulação não pode impedir a inovação...” [ORG2] [E2].</p> <p>“Não, por exemplo, a gente já estudou tarifas horárias enquanto a legislação estava sendo construída, você faz simulações da mesma forma e contribui para aquela legislação, então é algo que não te impede de trabalhar, mas sim, de você colocar algo em produção logo em seguida, mas você gera material para o debate</p>



<p>2a. Lacunas no modelo</p>	<p>regulatório e esse é um dos aspectos que é importante para você desenvolver coisas para o setor, há todo um modelo de mercado, há uma parte regulada, há uma parte que é livre, mas há regras bem definidas, e essas, têm que ser acordadas e discutidas com todos os agentes, e isso é algo que a gente tem que funciona muito bem aqui no Brasil, tanto pela ANEEL, como pela CCEE, novos modelos que tem que ser discutidos, como a questão do preço horário da energia, é uma discussão bem ampla, os modelos, temos o PLD sombra, que está aí a vários meses sendo julgado. Então, tudo isso tem o intuito de debater com os agentes, que vão realmente definir o caminho” [ORG3].</p> <p>“Então hoje, no nosso cenário, eu gosto muito do PPI (Programa Prioritário de Investimentos), porque o papel dele é particular os demais órgão, e não necessariamente criar nada, mas só de criar uma articulação, você já cria um espaço imenso para inovação, porque você tira as barreiras que um ou outro órgão tem, ou administra, porque hoje faz só dentro de uma, você trava uma regulação disruptiva, inovativa, mas dentro da ANEEL você ainda vai ter que vender isso para um monte de órgãos, para um monte de instituições e cada uma vai ter seu olhar” [ORG2] [E2].</p> <p>“Para você convencer um órgão regulador, ela irá querer saber se as distribuidoras estão vendo um futuro naquilo, o que os geradores e as entidades ambientais estão achando etc.” [ORG3].</p>
<p>2b. Características do modelo</p>	<p>[ORG2] [E1] “nosso ambiente, tanto ANEEL quanto CVM estão caminhando para ambientes de regulação que permitem florescer cada vez mais as soluções com <i>smartgrids</i>, IOT e BC que são tecnologias de inovação. É só uma questão do empreendedor puxar cada vez mais”.</p>
<p>2c. Legado tecnológico</p>	<p>[ORG1] “Em contraste, o legado de alguns sistemas pode ser visto como impedimento e obstáculo à aceitação e implementação de tecnologias emergentes como o <i>blockchain</i>”.</p> <p>“Às vezes, tem umas regulações mais antigas que exigem alguns tipos de processamento. Exemplos clássicos né, como ser obrigado ter o papel com o documento assinado, o que vai impedir a adoção de tecnologias mais modernas” [ORG1].</p>
<p>2d. Estrutura do ambiente</p>	<p>[ORG1] “Então, acho que a gente tem que resolver problemas básicos antes, tanto estrutura, quanto de regulação e negócio”.</p> <p>“So, we don't need to export when there is a jurisdiction and a regulation that allows export to the grid. We can sell energy to the grid, but we're not set it. We're not selling to the grid” [ORG4].</p> <p>“Okay. Well, ultimately the thing with bitcoin is that it doesn't really matter what the regulations say. People can still do it. And, if I'm just going to separate out the money and the energy bit” [ORG4].</p> <p>“Você tem um ambiente de observação, mas não é controlado o que para nós é melhor do que não ter nada. Você não tem nenhum tipo de amparo jurídico regulatório e em algum momento se aquela solução ela se mostrar viável, ela é passível de judicialização o que é sempre ruim. Se arrasta por muitos meses uma questão que pode condenar aquela empresa e, aí, você precisa entrar com recurso para fazer valer a possibilidade de uso da tecnologia” [ORG2] [E1].</p>

Fonte: Elaboração própria (2024).

4.2. Dimensão 2: problemas relacionados à adoção blockchain

Os problemas são aspectos e características do setor elétrico e do ambiente regulatório, que precisarão ser revistos, para a implementação do *blockchain* e para permitir a inovação não permissionada. Em relação ao setor elétrico, as lacunas do modelo (Tabela 1, 2a), de certa



forma, são os assuntos que precisam ser tratados para ultrapassar as barreiras apontadas, para possibilitar que inovações, e empreendedores, de forma independente, inovem para o benefício do consumidor, pelo uso do *blockchain*.

4.3. Síntese dos resultados

O interesse dos reguladores por uma tecnologia descentralizada parece ser um dos principais pilares de aceitação e uso da tecnologia *blockchain*. Além dos desafios expostos no quadro de resumo, o entendimento sobre a tecnologia é necessário, para que possa ser implementada no setor elétrico, trazendo resultados esperados para os consumidores e agentes envolvidos na cadeia, desde a geração à comercialização.

Ainda, o ambiente regulatório, frequentemente visto como um obstáculo às novas tecnologias, precisa ser modernizado para se tornar mais compatível e acessível às inovações emergentes, conforme ressaltado pelos entrevistados. A ausência de um ambiente institucional mais favorável ao estudo e desenvolvimento da tecnologia *blockchain* dificulta ainda mais qualquer possibilidade de crescimento da sua aplicação em setores públicos. Esse cenário torna um setor já complexo por natureza ainda mais desafiador, criando barreiras para o futuro desenvolvimento de mercados de energia descentralizados.

A partir da coleta de informações extraídas das entrevistas realizadas, pode-se afirmar que o setor elétrico brasileiro enfrenta, atualmente, uma escassez de recursos, impulsionada pelo elevado custo Brasil, que resulta em tarifas de energia elétrica muito superiores ao desejável. Este processo cria um efeito conhecido como espiral da morte, no qual os consumidores migram para a GD, fugindo do atual modelo tarifário. Esse movimento intensifica os desafios financeiros das concessionárias e distribuidoras de energia, pois reduz sua base de clientes, impactando diretamente seus lucros e comprometendo a sustentabilidade do setor.

Por outro lado, as motivações e as estratégias adotadas, por diversos agentes do setor mostram que há um esforço para adaptação e inovação. A criação de mecanismos e instrumentos mais eficientes tem sido uma prioridade, buscando facilitar a compreensão e aplicação da tecnologia *blockchain*. Nesse sentido, tais instrumentos facilitam entender as características da tecnologia *blockchain*, por meio de laboratórios de infraestrutura de testes, chamados *sandboxes*, e por tomadas de decisão mais coerentes e assertivas, preservando os interesses do consumidor e do setor como um todo.

Os chamados *sandboxes* são ambientes de testes isolados da produção, nos quais é possível criar cenários e contextos de aplicação da tecnologia *blockchain* sem prejuízo ao setor, possibilitando a realização de projetos pilotos com relativo relaxamento regulatório, antes mesmo de serem aplicados, como visto na teoria *permissionless innovation*. Desta forma, agentes do setor podem explorar o potencial da tecnologia antes de sua implementação definitiva, reduzindo riscos e aumentando a previsibilidade dos impactos. Muitos dos entrevistados, especialistas e colaboradores das organizações participantes na pesquisa, apontaram que um dos desafios mais complexos para a adoção do *blockchain* reside nas mudanças organizacionais e estruturais que a tecnologia exige. A implementação bem-sucedida depende da capacidade de adaptação e da cultura dos agentes inovadores, além da adoção de boas práticas de gestão estratégica. Essas relações envolvem não apenas o ambiente regulatório, mas também a compreensão da tecnologia e sua aplicação dentro da realidade do setor elétrico.



Outro grande desafio está no papel dos reguladores, que precisam se adaptar com agilidade às novas tecnologias e aprender com setores da economia nos quais o *blockchain* já é uma realidade. A falta de transparência, os interesses conflitantes e as articulações deficientes, segundo os entrevistados, dificultam a adoção do *blockchain* em economias emergentes, limitando seu potencial transformador. Como consequência, o setor elétrico brasileiro perde oportunidades de aumentar sua eficiência e competitividade no cenário global.

A ineficiência regulatória e a resistência à inovação podem impedir que tecnologias promissoras sejam testadas e validadas, privando o setor de benefícios estratégicos. Caso o *blockchain* fosse devidamente incorporado, poderia contribuir para a modernização da matriz energética brasileira, tornando-a mais flexível, com maior liberdade de escolha para os consumidores e maior resiliência frente às barreiras e desafios abordados. A adoção dessa tecnologia poderia representar um avanço significativo na construção de um mercado elétrico mais eficiente, inovador e sustentável.

5. Discussão

Adicionalmente, o *blockchain* pode ser considerado uma plataforma que permite desenvolver inovações não permissionadas, com potencial de impacto equivalente ao que aconteceu com a internet (Kiesling, 2015). O *blockchain*, como plataforma para inovação não permissionada, também seria potencialmente importante no setor de energia elétrica. No entanto, especialmente em países emergentes, como o Brasil, a geração e distribuição de energia é regulada. Nesses casos, o ambiente regulatório e as características do setor elétrico parecem ser desafios para a adoção das novas tecnologias (Andoni et al., 2019), e para a sua potencialização como plataforma de inovação não permissionada (Reuver et al., 2017).

Neste artigo, com o objetivo de avaliar os desafios em relação ao uso de *blockchain* no setor elétrico brasileiro, estudaram-se as barreiras e os problemas que retardam a sua adoção, a partir da percepção de gestores e especialistas diretamente envolvidos com o tema. Esses gestores representam empresas que atuam no Brasil, enquanto os especialistas possuem amplo conhecimento sobre o ambiente regulatório e tecnológico.

O artigo contribui para a melhor compreensão dos desafios de adoção da tecnologia de *blockchain* de duas formas: primeira, pela compreensão do que tem sido estudado e das tendências nos estudos relacionados ao *blockchain*; e, segunda, por explorar, a partir do contexto de um país com mercado emergente e com forte regulação no setor elétrico, as barreiras e problemas que precisam ser superados.

A regulação, de forma genuína, tem como um dos seus objetivos principais a proteção dos interesses do consumidor. No entanto, dado o ritmo acelerado do desenvolvimento tecnológico, faz-se necessária uma maior flexibilidade para permitir a inovação (Kiesling, 2015). Os entrevistados destacaram que uma regulação excessivamente restritiva pode inibir o desenvolvimento tecnológico, o que está de acordo com os apontamentos de Miseviciute (2018). Atualmente, a estrutura regulatória brasileira não parece estar adaptada para considerar a tecnologia *blockchain*, muito menos para possibilitar o desenvolvimento de inovações não permissionadas.

O modelo existente de gerenciamento centralizado do setor elétrico, operado por concessionárias, baseia-se em um conjunto de problemas e soluções previamente definidos, dificultando a adoção do *blockchain* como alternativa viável. Além disso, a falta de

conhecimento técnico sobre *blockchain* e sua aplicabilidade no setor elétrico não tem sido prioridade nas discussões regulatórias. Essa situação reflete a influência de barreiras estruturais relacionadas ao modelo tradicional de geração e distribuição de energia, bem como a uma regulação desatualizada. Em contrapartida, alguns países possuem regulações mais modernas e flexíveis, permitindo a utilização do *blockchain* em transações *peer-to-peer* (P2P) e outras aplicações inovadoras (Chitchyan & Murkin, 2018). Soluções deste tipo aumentam a competitividade e a concorrência no novo paradigma tecnológico, em contraponto a formas mais tradicionais, com menos competidores (Ettlin, 2018). Ademais, a adoção do *blockchain* pode reduzir custos de distribuição e melhorar a qualidade do fornecimento de energia (Jogunola et al., 2018).

Com base nas entrevistas realizadas, a Figura 2 apresenta, de forma sintética, os desafios que estão relacionados ao setor elétrico e ao ambiente regulatório. Esses desafios englobam barreiras e problemas específicos a serem enfrentados. As barreiras são fatores estruturais que impedem a adoção do *blockchain* como tecnologia inovadora e com plataforma para inovação não permissionada. Os problemas, por sua vez, referem-se a aspectos específicos do setor elétrico e do ambiente regulatório que precisarão ser revisados para permitir a implementação do *blockchain* e viabilizar a inovação.

Estas barreiras e problemas, no entanto, não impedem que as empresas se dediquem a projetos relacionados ao desenvolvimento de produtos ou serviços suportados pela tecnologia de *blockchain*. No entanto, tais projetos, em geral, ou estão ligados à atuação internacional das empresas, sendo desenvolvidos em ritmo lento ou em *stand-by*, ou buscam nichos não diretamente afetados pela regulação vigente. Em qualquer dessas situações, os desafios existentes limitam o potencial de inovação e os benefícios que o uso do *blockchain* poderia trazer como plataforma de inovação não permissionada.

Figura 2. Quadro resumo dos desafios – Problemas e barreiras à implementação da tecnologia blockchain

DESAFIOS		PROBLEMAS À IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN			BARREIRAS À IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN		
		SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	AMBIENTE REGULATÓRIO				
	SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	FALTA DE TRANSPARÊNCIA	AUSÊNCIA DE UM COMÉRCIO LIVRE DE ENERGIA	MENTALIDADE DE MONOPÓLIO	BLOCKCHAIN NÃO É PAUTA	MAIS DISCUSSÃO E MENOS APLICAÇÃO NO BRASIL	CUSTO BRASIL MUITO ALTO DEVIDO A DEMOCRACIA
	AMBIENTE REGULATÓRIO	FALTA DE INCENTIVOS	CULTURA DE INOVAÇÃO DO GOVERNO É ISOLADA DOS DEMAIS SETORES	INTEGRAÇÃO DIFÍCIL	PODER EXECUTIVO COM DECRETO, QUANDO O LEGISLATIVO É QUEM DEVERIA DAR AS REGRAS		MODELO E PREÇO CONFUSO - SUBSÍDIO DEMAIS
		FALTA DE FLEXIBILIDADE	FALTA ESPECIALISTAS EM CONHECIMENTO DE <i>SMART GRID</i>	MUITO SUBSÍDIO CRUZADO NO SETOR	LIMITAÇÃO DE VENDA DE ENERGIA APENAS PARA CONCESSIONÁRIA		FALTA DE PERCEPÇÃO DAS VANTAGENS DO <i>BLOCKCHAIN</i>
		FALTA DE ARTICULAÇÃO					
		AINDA UMA ÁREA CINZENTA	ASSOCIAÇÃO DA TECNOLOGIA COM CRIPTOMOEDA		TRANSIÇÃO ENERGIA P2P	JOGOS DE INTERESSES	REGULA O QUE NÃO ACONTECEU PRIMEIRO
		ESTRUTURA	LEGADO ANTIGO DIFICULTA NOVAS TECNOLOGIAS		REGULAÇÃO ANTES DA TECNOLOGIA	REGRAS DEMAIS	MUDANÇA REGULATÓRIA (DEIXAR O CONSUMIDOR ESCOLHER)
			SEM RASTREABILIDADE				

Fonte: Elaboração própria (2024).

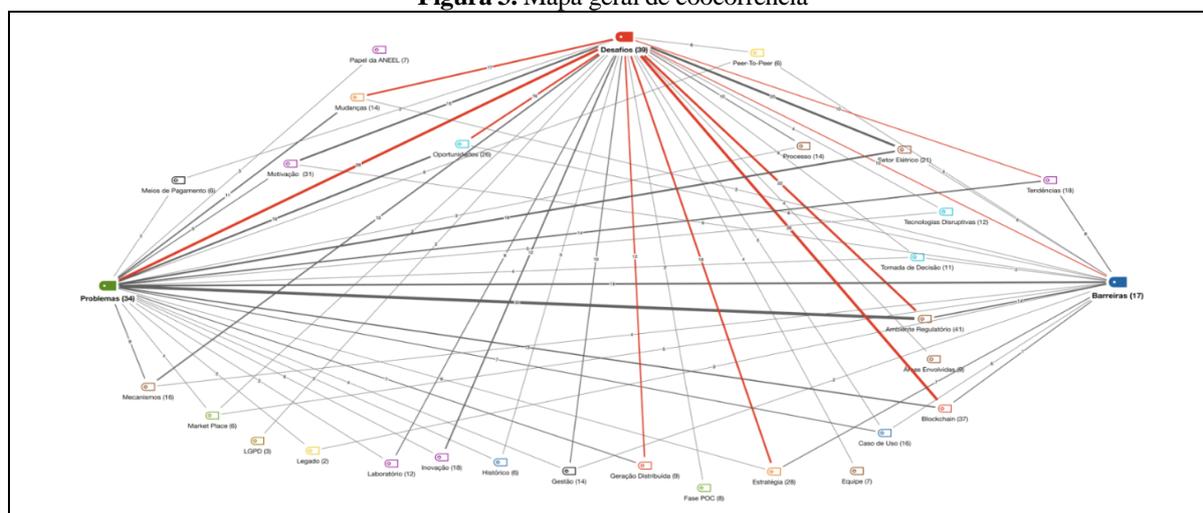


Na Figura 3 é apresentado um mapa geral de concorrências dos códigos relacionados aos desafios de implementação da tecnologia *blockchain* no setor elétrico brasileiro. Para facilitar a leitura e visualização, foram utilizadas cores específicas às linhas, sendo: vermelho para o código relacionado aos desafios, azul para relação com as barreiras e a cor verde para ligação dos códigos com os problemas. Na Figura 3 e subsequentes, os códigos que apresentam maior relação de proximidade com problemas e com maior número de aparições, empregados em maior número de segmentos de textos codificados foram: “ambiente regulatório” em destaque com 30 trechos de textos; “setor elétrico” com 19 segmentos; “oportunidades” com 18; e “*blockchain*” com 13 textos codificados. Esses códigos representam elementos-chave que aparecem com frequência significativa na análise, refletindo desafios e tendências do setor.

Já os códigos que apresentaram relação direta com as barreiras e maior número de textos codificados e frequência foram: “ambiente regulatório” com 14 trechos de textos; e “problemas” em destaque com 18. Quando se trata dos desafios, os códigos que mais se destacam são: “*blockchain*” com 26 trechos codificados, seguido por “problemas” com 26; “ambiente regulatório” com 22; “setor elétrico” com 20 textos; “estratégia” com 18 trechos além de “motivação” com 15; “mudanças” com 17 e finalmente “oportunidades” com 16 textos codificados no total.

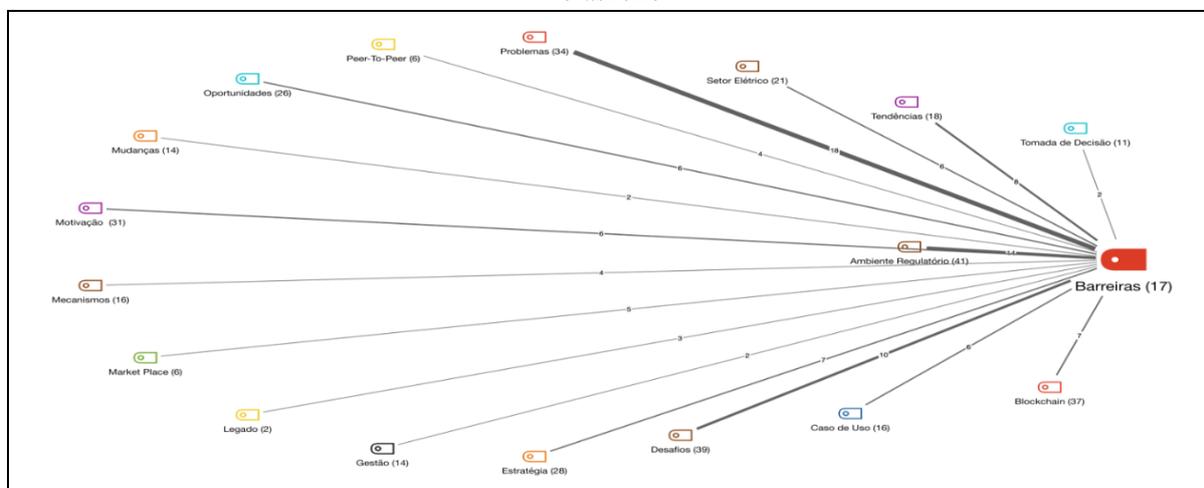
Com o propósito de responder à questão central da pesquisa, foram elaborados três mapas específicos, extraídos do mapa geral apresentado na Figura 3. Esses mapas abordam: (i) as barreiras à implementação da tecnologia *blockchain* no setor elétrico brasileiro; (ii) os problemas, desafios e o ambiente regulatório associado; e (iii) a integração entre barreiras e desafios, evidenciada no mapa de coocorrência. Cada um desses mapas (Figuras 3 e 4) contribui para a compreensão aprofundada dos fatores que influenciam a adoção da tecnologia no setor, permitindo visualizar as relações existentes entre os diferentes elementos identificados. Dessa forma, o processo de análise não apenas organiza as informações de maneira sistemática, mas também fornece subsídios para a formulação de estratégias que mitiguem as barreiras e enfrentar os desafios mapeados.

Figura 3. Mapa geral de coocorrência



Fonte: Elaboração própria (2024).

Figura 4. Mapa geral de coocorrência – barreiras à implementação da tecnologia *blockchain* no setor elétrico brasileiro

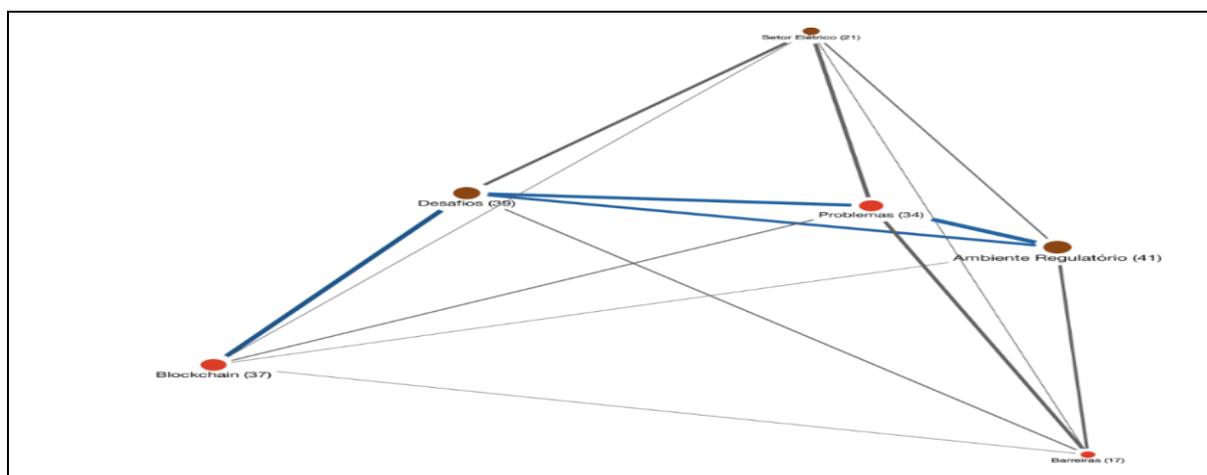


Fonte: Elaboração própria (2024).

5.1. Problemas, desafios e ambiente regulatório

Na Figura 5, observa-se o quanto o termo “desafios” está relacionado em proximidade, tanto na frequência de exposição quanto na coocorrência, com os termos “problemas” (34), “ambiente regulatório” (41) e “*blockchain*” (37). Nota-se que o “setor elétrico” (21) e “barreiras” (17) aparecem em uma frequência menor, ainda que eles se demonstrem importantes para o estudo. Os desafios envolvem questões relacionadas tanto a barreiras quanto a problemas, posicionando-se entre esses dois segmentos com pesos distintos. Destacam-se, nesse contexto, o ambiente regulatório e a legislação, que, na maioria dos casos, representam o principal campo onde os desafios precisam ser enfrentados.

Figura 5. Mapa de coocorrência e proximidade – problemas, desafios e ambiente regulatório

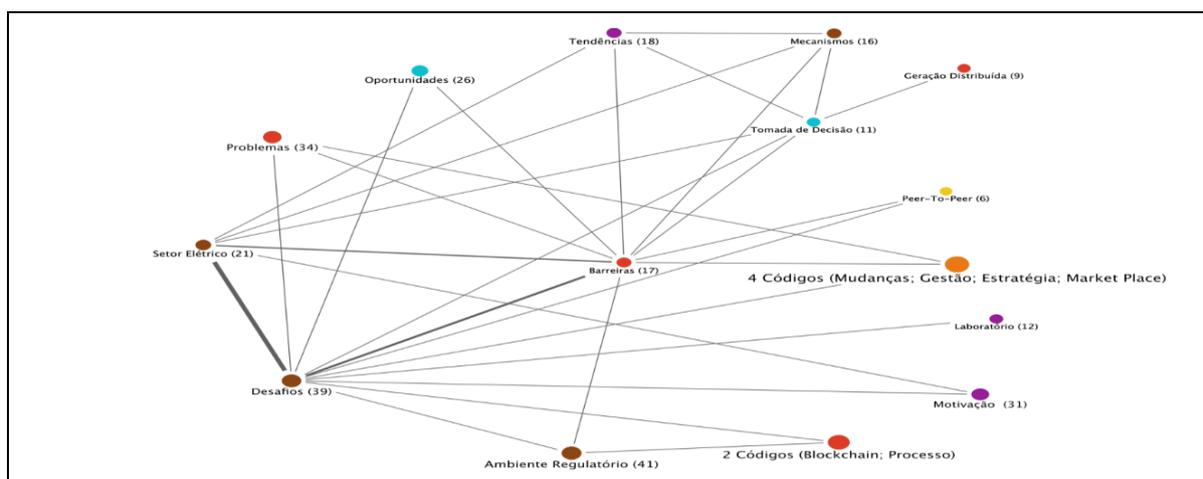


Fonte: Elaboração própria (2024).

5.2. Barreiras e desafios

Na Figura 6, quando é verificada a coocorrência do código de “barreiras” com os códigos dos “desafios”, “setor elétrico” e o “ambiente regulatório”, é possível verificar que muitos desses segmentos codificados trazem mecanismos resistentes à tecnologia. Quando se trata das barreiras especificamente, o estudo realizado com os entrevistados mostra que, dependendo do uso que é dado ao *blockchain*, sua aplicação, mercado e contexto, é possível implementar sem maiores conflitos com a regulação.

Figura 6. Mapa de coocorrência e segmentos codificados – barreiras e desafios



Fonte: Elaboração própria (2024).

6. Considerações finais

No estudo realizado, com base no objetivo de entender os desafios que as empresas enfrentam na aplicabilidade da tecnologia *blockchain* no setor elétrico brasileiro, percebe-se que, em relação ao estado da arte e ao que foi realizado até o momento em termos de produção acadêmica, este estudo possibilitou descobrir que a tecnologia está sendo estudada e aplicada em diversos setores e áreas de negócio. As aplicações variam desde a energia elétrica até a área de saúde, com estudos que se concentram nos valores e benefícios trazidos pelo *blockchain*.

Por meio deste estudo, foi possível entender como a tecnologia *blockchain* está influenciando os diversos setores da economia, bem como compreender as áreas de maior aplicabilidade, os desafios enfrentados e as tendências de uso no campo científico e profissional. Consideraram-se tanto as vantagens quanto as dificuldades inerentes a uma tecnologia relativamente nova, que ainda está em fase de consolidação na sociedade.

Como contribuição para o avanço do conhecimento, a pesquisa reforçou a constatação de que o *blockchain* está sendo amplamente estudado e aplicado em diversos setores. A análise permitiu verificar que, apesar da diversidade de aplicações, há desafios significativos a serem superados, especialmente no setor elétrico, onde as regulamentações e a estrutura tradicional podem dificultar a adoção da tecnologia.

O estudo de caso múltiplo originalmente proposto para este artigo não pôde ser realizado devido à pandemia. Uma das limitações está relacionado à disponibilidade dos



entrevistados, muitos deles residindo fora do Brasil, resultando em uma quantidade de entrevistas limitada em relação ao objeto estudado e ao fato de a tecnologia ainda ser incipiente e pouco conhecida de muitas organizações do setor elétrico. Outra limitação diz respeito aos órgãos reguladores que se mostraram pouco interessados à pesquisa. Todas essas limitações são inerentes de um estudo qualitativo.

Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se ampliar a quantidade de entrevistas e envolver mais ativamente os reguladores, cuja participação é essencial para o avanço do tema. Adicionalmente, seria importante considerar um escopo fora do Brasil, levando a questão dos objetivos propostos a este panorama internacional, para trazer um olhar mais holístico e interessante sobre a tecnologia. Além disso, uma das limitações deste estudo está relacionada à amplitude do levantamento. Seria interessante estudar aspectos mais específicos, como, por exemplo, os desafios relacionados ao gerenciamento e negócios. Outra limitação, está relacionada com a dispersão de um tema ainda novo, que, apesar da quantidade de produção, foi avaliado a partir de 54 artigos.

Por fim, este estudo baseia-se na percepção e no entendimento dos entrevistados, além dos acessos aos documentos secundários e *websites* das organizações participantes da pesquisa, incidindo no contexto e foco, que estavam em andamento. Reconhece-se que, mesmo que este seja um estudo de natureza qualitativa, existe uma contribuição aplicada com potencial bastante relevante para os leitores. Estes podem avaliar, com base nos resultados, como facilitar o entendimento da tecnologia *blockchain*, a partir dos conhecimentos de desafios que precisam ser vencidos para se conseguir, com sucesso e sem permissionamento à inovação, implementar a tecnologia *blockchain* no setor elétrico brasileiro.

Referências

- Abdella, J., & Shuaib, K. (2018). Peer to peer distributed energy trading in smart grids: A survey. *Energies*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/en11061560>.
- Aguinis, H., Villamor, I., Lazzarini, S. G., Vassolo, R. S., Amorós, J. E., & Allen, D. G. (2020). Conducting Management Research in Latin America: Why and What's in It for You? *Journal of Management*, 1–22. <https://doi.org/10.1177/0149206320901581>.
- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., & Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 100(October 2018), 143–174. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>.
- Baliga, A. (2017). Understanding Blockchain Consensus Models. *Whitepaper, April*, 1–14. <https://www.persistent.com/wp-content/uploads/2017/04/WP-Understanding-Blockchain-Consensus-Models.pdf>.
- Blind, K. (2013). *The Impact of Standardization and Standards on Innovation*. 13, 32. www.nesta.org.uk/wp13-15.

Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1992). General Purpose Technologies "Engines of Growth?" *NBER Working Paper*. Disponível em <https://ssrn.com/abstract=282685>. Recuperado em 15 junho, 2019.

Bronski, P. (2019). *The Energy Sector Needs to Stop Seeing Blockchain as a Disruption*. CCEE. (2012). *Construindo um mercado inteligente de energia elétrica no Brasil*.

Chitchyan, R., & Murkin, J. (2018). Review of blockchain technology and its expectations: Case of the energy sector. *arXiv preprint arXiv:1803.03567*.

Cointelegraph, B. (2019). O que é Blockchain e como esta tecnologia funciona? Disponível: <https://br.cointelegraph.com/tags/blockchain>. Recuperado em 18 junho, 2019.

Costa, A. B. (2006). O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter. *Cadernos IHU Ideias*, 47, 1–22. <http://www.ihu.unisinos.br/images/stories/cadernos/ideias/047cadernosihuideias.pdf>.

Creswell, J. W. (2010). Seleção de um Projeto de Pesquisa. In *Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto*.

Creswell, J. W. (2016). Creswell, J.W. projeto de pesquisa- método qualitativo, quantitativo e misto. Tradução de Luciana de oliveira da rocha. 3 Ed. Porto Alegre-artmed, 2016. In *Artmed*.

Dotson, T. (2015). Technological Determinism and Permissionless Innovation as Technocratic Governing Mentalities: Psychocultural Barriers to the Democratization of Technology. *Engaging Science, Technology, and Society*, 1, 98–120. <https://doi.org/10.17351/ests2015.009>.

Ettlin, A. (2018). Dynamic modeling of peer-to-peer power market making. *International Conference on the European Energy Market, EEM, 2018-June*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/EEM.2018.8469775>

Ferreira, J. E., Pinto, F. G. C., & Santos, S. C. (2017). Estudo de Mapeamento Sistemático sobre as Tendências e Desafios do Blockchain. *Gestão Org*, 15(Special), 108–117. <https://doi.org/10.21714/1679-18272017v15ed.p108-117>

Hess, D. (2009). Alternative Pathways in Science and Industry: Activism, Innovation, and the Environment in an Era of Globalization. *American Journal of Sociology*. <https://doi.org/10.1086/599998>.

Hess, D. (2015). Power, Ideology, and Technological Determinism. *Engaging Science, Technology, and Society*, 1, 121–125. <https://doi.org/10.17351/ests2015.010>.

Jackson, A., Lloyd, A., Macinante, J., & Hüwener, M. (2018). Networked Carbon Markets. *Transforming Climate Finance and Green Investment with Blockchains*, 255–268. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814447-3.00019-7>.

Jesus, E. F., Chicarino, V. R. L., De Albuquerque, C. V. N., & Rocha, A. A. D. A. (2018). *A Survey of How to Use Blockchain to Secure Internet of Things and the Stalker Attack*. Security and Communication Networks. <https://doi.org/10.1155/2018/9675050>.

Jogunola, O., Ikpehai, A., Anoh, K., Adebisi, B., Hammoudeh, M., Gacanin, H., & Harris, G.



- (2018). Comparative analysis of P2P architectures for energy trading and sharing. *Energies*, 11(1), 1–20. <https://doi.org/10.3390/en11010062>.
- K. Yin, R. (2019). Case Study Research: Design and Methods. In: *SAGE Publications*. International Educational and Professional Publisher. <https://doi.org/10.4324/9780429059056-6>.
- Kümmel, R., Ayres, R. U., & Lindenberger, D. (2010). Thermodynamic laws, economic methods and the productive power of energy. *Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics*, 35(2), 145–179. <https://doi.org/10.1515/JNETDY.2010.009>.
- Marshall, C., & Rossman, G. B. (2006). *Designing Qualitative Research*. Sage Publications, 4.
- Miseviciute, J. (2018). Blockchain and virtual currency regulation in the EU. *Journal of Investment Compliance*, 19(3), 33–38. <https://doi.org/10.1108/joic-04-2018-0026>.
- Mylrea, M., & Gourisetti, S. N. G. (2017). Blockchain for smart grid resilience: Exchanging distributed energy at speed, scale and security. *Proceedings - 2017 Resilience Week*, 18–23. <https://doi.org/10.1109/RWEEK.2017.8088642>.
- Natarajan, H., Krause, S., & Gradstein, H. (2017). Distributed Ledger Technology and Blockchain. *World Bank Group*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/29053>.
- OECD, E. (2018). *Presentación Oslo Manual 2018*. <https://doi.org/10.1787/9789264304604>.
- Pimazzoni, E., & Revoredo, T. (2018). A energia como estratégia no planejamento econômico-social. *Estadão*, 1–8.
- Pimazzoni, E., & Revoredo, T. (2019). Casos de sucesso da tecnologia blockchain no setor de energia. *Estadao*.
- Rifi, N., Agoulmine, N., Chendeb Taher, N., & Rachkidi, E. (2018). Blockchain Technology: Is It a Good Candidate for Securing IoT Sensitive Medical Data? *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9763937>.
- Seba, T. (2016). *Clean Disruption - Why Conventional Energy & Transportation will be Obsolete by 2030 - Oslo, March 2016 - YouTube*. YouTube.
- Selltiz, C., Wrightsman, L. S., Cook, S. W., & Kidder, L. H. (2007). Métodos de pesquisa nas relações sociais: medidas na pesquisa social. *EPU*.
- Shen, C., & Pena-Mora, F. (2018). Blockchain for Cities - A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 6(December), 76787–76819. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2880744>.
- Spradley, J. P. (1979). *The Ethnographic Interview*. New York, NY: Harcourt Brace Jovanich College Publisher.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, 15(6), 285–305. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90027-2).
- Thierer, A. (2016a). *Permissionless innovation: the continuing case for comprehensive technological freedom* (Revised an). Mercatus Center - George Mason University.



Thierer, A. (2016b). *Permissionless innovation and public policy*: Mercatus Center - George Mason University.

Tidd, J. (2005). Managing innovation [electronic resource: integrating technological, market and organization change. In: *Managing Innovation: Integration Technological, Market and Organizational Change*.

Wang, J., Wang, Q., Zhou, N., & Chi, Y. (2017). A novel electricity transaction mode of microgrids based on blockchain and continuous double auction. *Energies*, 10(12), 1–22. <https://doi.org/10.3390/en10121971>.

Wang, N., Zhou, X., Lu, X., Guan, Z., Wu, L., Du, X., & Guizani, M. (2019). When energy trading meets blockchain in electrical power system: The state of the art. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/app9081561>.

Xu, C., Wang, K., Li, P., Guo, S., Luo, J., Ye, B., & Guo, M. (2019). Making Big Data Open in Edges: A Resource-Efficient Blockchain-Based Approach. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 30(4), 870–882. <https://doi.org/10.1109/TPDS.2018.2871449>.

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352–375. <https://doi.org/10.1504/IJWGS.2018.095647>