

# Blockchain Aplicada a Comércio de Carbono: contribuições e desafios

1

**Abstract.** *We present preliminary results from a literature review, which has been carried out aiming at revealing the state of the art in the use of Blockchain technology applied to carbon trading.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta resultados preliminares de uma revisão de literatura, que vem sendo conduzida com o propósito de revelar o estado da arte sobre o uso da tecnologia Blockchain aplicada a comércio de carbono.*

## 1. Introdução e Metodologia

Previsões científicas apontam que se o ritmo atual do aumento da temperatura global seguir sem ações de controle emergenciais, a vida na Terra sofrerá impactos severos e o aumento da temperatura será uma ameaça à saúde dos seres humanos [Mohanty 2021].

Diante da necessidade emergente a nível global, diversas tecnologias têm sido estudadas para fornecer soluções para este desafio, agora preocupada não somente com a solução à qual se propõe, mas também com a sua manutenção e operação energeticamente sustentável. A tecnologia Blockchain tem apresentado crescente destaque nesse meio, já fornecendo soluções para diversas áreas, tais como comércio de criptomoedas e serviços financeiros [Li et al. 2020].

Nesse contexto, o uso de tecnologias baseadas em blockchain para atender o mercado de créditos de carbono se apresenta como uma linha importante de discussão e aprofundamento, visto que por se tratar de uma tecnologia relativamente recente, a partir de pesquisas recentes, não possui soluções comprovadamente estáveis para atender tal demanda.

Com relação à metodologia usada na revisão de literatura, este trabalho se baseia nas diretrizes propostos por [Kitchenham 2004] e [de Mendonça et al. 2019]. Alguns questionamentos foram propostos, para melhor direcionar o estudo, tais como: i) Qual o cenário atual de implementações com Blockchain em créditos de carbono? ii) Existem desafios para desenvolver tais soluções? Se sim, quais e como estão sendo abordados? Três conhecidas bases de dados científicas foram usadas neste estudo: ACM DL, Springer Link e IEEE Xplore. Foram selecionados artigos em Inglês, no período de janeiro de 2017 a maio de 2022, utilizando a seguinte string de busca: (“*blockchain*” AND “*carbon*”). As seguintes etapas foram seguidas na execução da revisão: 1) Definição da string de busca; 2) Aplicação da string nas bases de pesquisa; 3) Leitura das páginas iniciais dos trabalhos e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão (exclusão de capítulos, short papers, posters e books, mantendo full papers; busca nos títulos usando a string de busca; e seleção dos trabalhos com as seções Resumo e Conclusão disponíveis).

Nas próximas seções, alguns dos trabalhos considerados mais relevantes são relatados de forma sintética.

## **2. Blockchain em Sistemas de Comércio de Carbono**

Esta seção está dividida em duas subseções, de acordo com o tipo de contribuição. Na primeira subseção são apresentados estudos sobre frameworks, métodos e processos; e na segunda subseção são descritos trabalhos com foco em propostas de sistemas.

### **2.1. Estudos sobre Frameworks, Métodos e Processos**

As principais características de blockchain of things (e.g., segurança, transparência e imutabilidade) são exploradas em [Sadawi et al. 2020b] com o objetivo de fornecer uma solução tecnológica capaz de controlar as emissões de carbono de forma confiável. Em [Dong et al. 2018], propõe-se um protótipo de infraestrutura cibernética baseado em IoT, Blockchain e Computação em Nuvem. Segundo os autores, as características de Blockchain (e.g., descentralizada, escalável, segura, confiável) permitem considerá-la com um grande potencial para desempenhar um papel importante em futuros sistemas de energia.

Uma análise de diversos fatores relacionados à tecnologia Blockchain foi realizada em [Nayal et al. 2021] com o intuito de descobrir o papel mediador da tecnologia Blockchain para desenvolver de forma sustentável a cadeia de suprimentos agrícolas da Índia. Em [Hua and Sun 2019], foi proposto um método de negociação baseado em blockchain voltado a prover soluções para questões relacionadas à gestão de licenças de comércio de carbono, tais como: desequilíbrio do preço de compensação do mercado, vazamento da privacidade da segurança residencial e melhorias na segurança da plataforma de negociação. O objetivo principal é incentivar a redução de emissões de carbono, por meio de um processo de compensação monetária. Uma plataforma web de comércio de eletricidade que utiliza dados sobre as transações de uma blockchain Ethereum é proposta em [Tonev 2020] com a finalidade de prover uma aplicação capaz de controlar publicamente o comércio de eletricidade. Em [Li et al. 2021], apresenta-se um modelo de gerenciamento de ativos de carbono fundamentado na tecnologia Blockchain. A partir de explorações preliminares, possíveis contribuições de blockchain para futuras aplicações de comércio de carbono foram identificadas.

Um esboço de uma blockchain foi proposto em [Richardson and Xu 2020] visando a fornecer um primeiro passo de transição para a concepção de sistemas de negociação de emissões de carbono totalmente descentralizados. Segundo os autores, existe a necessidade de superar barreiras legais de modo a propiciar o aproveitamento de todo o potencial da tecnologia Blockchain. Em [Sadawi et al. 2020a], propõe-se um framework baseado em blockchain e IoT, que cobre todas as fontes de elementos de logísticas emissoras de CO<sub>2</sub>. O framework possibilita calcular as emissões de carbono, além de permitir um compartilhamento seguro de dados com stakeholders. Segundo os autores, maior transparência e confiabilidade nos dados de emissão de carbono na cadeia completa de logística e suprimentos, propiciam a melhora na tomada de decisões sobre os processos econômicos que reduzem a sua emissão, bem como à comercialização de suas permissões. Uma solução baseada em blockchain para controle de créditos de carbono é proposta em [Patel et al. 2020]. O objetivo é prover uma solução viável para a indústria, abordando aspectos como localização das cidades poluentes, além de considerar a necessidade de controlar o nível de emissão de consumidores individualmente. Melhorias de performance e escalabilidade são apresentadas para atender cenários com muitas transações.

## 2.2. Trabalhos que Propõem Sistemas

Um mecanismo de avaliação de distribuição baseado em blockchain é proposto em [Qin et al. 2021] visando a garantir a transparência do processo de avaliação de gestão de distribuição de usinas de energia e aumentar a credibilidade da avaliação. Foi projetado um modelo de gerenciamento de dados de distribuição que usa blockchain para apoiar o bom funcionamento do dispositivo de controle de segurança e estabilidade. Segundo os autores, a aplicação de blockchain à distribuição de energia resulta em melhora na transparência e na eficiência da operação de distribuição de energia. Em [Ashley and Johnson 2018], a tecnologia Blockchain foi aplicada no programa Low Carbon Fuel Standard (LCFS) para gestão de produção e consumo de energia limpa. Um sistema foi desenvolvido com o objetivo de simplificar e tornar mais transparentes os complexos ambientes de negociação de créditos de carbono.

Um sistema robustecido com blockchain foi apresentado em [Sadawi and Ndiaye 2021] para automatizar a negociação de unidades de Kyoto entre compradores, utilizando a criptomoeda Ether como meio de pagamento. Neste estudo, foi apresentada a implementação e os testes de um modelo baseado em blockchain Ethereum, satisfazendo os seguintes requisitos: (i) negociar com sucesso unidades de Kyoto, (ii) atualizar o saldo de todos os participantes envolvidos, e (iii) persistir de forma segura e transparente os registros das transações das negociações.

Uma abordagem de IoT híbrida de alto nível que utiliza computação em nuvem e blockchain é proposta em [Memon et al. 2020]. A partir do estudo de vantagens e desafios de cada tecnologia, foi desenvolvido um sistema que mescla IoT e Blockchain. Foram propostas três configurações de comunicações para aplicação específica: (i) a primeira se concentra em uma rede local voltada a aplicações de casas inteligentes; (ii) a segunda se concentra em uma área metropolitana visando a atender o ambiente de cidade inteligente; e (iii) a terceira é projetada para operar tanto com a primeira, quanto com a segunda configuração.

## 2.3. Trabalhos Relacionados

Aspectos relacionados aos desafios atuais que impedem a adoção em larga escala de soluções baseadas em blockchain para sistemas de energia são discutidos em [Chen et al. 2022]. O objetivo do trabalho foi auxiliar implantações futuras de blockchain para sistemas de energia. Para alcançar este objetivo, foram seguidos 3 direcionamentos básicos: (i) entendimento da filosofia e dos valores únicos do blockchain, (ii) apresentar aplicações promissoras de energia baseadas em blockchain, e (iii) esclarecimento de pontos tidos como problemáticos para a tecnologia blockchain em sistemas de energia.

Uma análise bibliométrica foi apresentada em [Jin and Chang 2022] para investigar publicações sobre gestão ambiental baseada em blockchain na base de dados da Web of Science. Segundo os autores, o tema carece de maior investigação e aplicação em estudos de caso, visando a fornecer uma melhor referência sistemática para os órgãos reguladores e maior aprofundamento no tema de pesquisa.

Uma revisão de literatura é apresentada em [Almutairi et al. 2022] no intuito de identificar os critérios e desafios para a aplicação de blockchain em cadeias de fornecimento de energia renovável, bem como classificá-los em termos de sua capacidade de interrupção do processo da própria cadeia. Dentre os principais desafios identificados, o

alto custo de investimento é considerado o desafio mais importante para a aplicação de blockchain em cadeias de fornecimento de energia sustentável.

### 3. Considerações Finais

Abordagens que aplicam blockchain são recentes, com potencial de aprofundamento. A tecnologia Blockchain foi projetada em 1991, mas teve sua utilização somente em 2009, com a introdução do bitcoin [Devi and Sharma 2022]. A partir de 2009, blockchain tem sido aplicada a vários domínios, com o intuito de tirar vantagem de suas características principais: segurança, descentralização e transparência.

Este trabalho apresentou um estudo preliminar sobre soluções baseadas em blockchain aplicadas ao contexto de comércio de carbono. As principais contribuições do trabalho são i) revisão de literatura atualizada, mostrando as contribuições de cada trabalho, e ii) uma classificação das pesquisas, discutindo os desafios atuais.

Por se tratar de um tema recente, os resultados da análise revelaram a necessidade de uma maior compreensão das tecnologias voltadas a comercialização e gestão de créditos de carbono. Como trabalhos futuros, espera-se aprofundar a análise dos trabalhos, especificamente nas questões técnicas, visando a proposição de uma nova solução para lidar com cenários que envolvam a geração e o comércio de créditos de carbono.

### Referências

- Almutairi, K., Dehshiri, S. J. H., Dehshiri, S. S. H., Hoa, A. X., Dhanraj, J. A., Mostafaeipour, A., Issakhov, A., and Techato, K. (2022). Blockchain technology application challenges in renewable energy supply chain management. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Ashley, M. J. and Johnson, M. S. (2018). Establishing a secure, transparent, and autonomous blockchain of custody for renewable energy credits and carbon credits. *IEEE Engineering Management Review*, 46:100–102.
- Chen, S., Ping, J., Yan, Z., Li, J., and Huang, Z. (2022). Blockchain in energy systems: values, opportunities, and limitations. *Frontiers in Energy*, 16:9–18.
- de Mendonça, R. R., de Franco Rosa, F., Costa, A. C. T., Bonacin, R., and Jino, M. (2019). Ontoexp: A proposal for conceptual formalization of criminal expressions. pages 43, 48.
- Devi, V. and Sharma, A. (2022). A sophisticated analysis of the blockchain technology and its applications domain. pages 1–4. IEEE.
- Dong, Z., LUO, F., and LIANG, G. (2018). Blockchain: a secure, decentralized, trusted cyber infrastructure solution for future energy systems. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 6:958–967.
- Hua, W. and Sun, H. (2019). A blockchain-based peer-to-peer trading scheme coupling energy and carbon markets. pages 1–6. IEEE.
- Jin, S. and Chang, H. (2022). The trends of blockchain in environmental management research: a bibliometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele Univ.*, 33.

- Li, G., Li, J., and Lili-Li (2021). Application and research of carbon asset management based on blockchain. pages 672–679. ACM.
- Li, J., Huang, X., Wu, C., Yang, Y., Zhang, D., Bai, X., Li, F., and Sun, Y. (2020). How can blockchain shape digital transformation: A scientometric analysis and review for financial services. pages 264–267. IEEE.
- Memon, R. A., Li, J. P., Ahmed, J., Nazeer, M. I., Ismail, M., and Ali, K. (2020). Cloud-based vs. blockchain-based iot: a comparative survey and way forward. *Frontiers of Information Technology Electronic Engineering*, 21:563–586.
- Mohanty, A. (2021). Impacts of climate change on human health and agriculture in recent years. pages 1–4. IEEE.
- Nayal, K., Raut, R. D., Narkhede, B. E., Priyadarshinee, P., Panchal, G. B., and Gedam, V. V. (2021). Antecedents for blockchain technology-enabled sustainable agriculture supply chain. *Annals of Operations Research*.
- Patel, D., Britto, B., Sharma, S., Gaikwad, K., Dusing, Y., and Gupta, M. (2020). Carbon credits on blockchain. pages 1–5. IEEE.
- Qin, R., Zhao, L., Li, D., Yang, K., Xuan, J., and Wang, H. (2021). Research on design and application of power dispatch based on blockchain. pages 155–162. ACM.
- Richardson, A. and Xu, J. (2020). Carbon trading with blockchain.
- Sadawi, A. A., Abu-Lebdeh, G., and Ndiaye, M. (2020a). Logistic and blockchain: A strong partnership. pages 288–292. IEEE.
- Sadawi, A. A., Madani, B., Saboor, S., Ndiaye, M., and Abu-Lebdeh, G. (2020b). A hierarchical blockchain of things network for unified carbon emission trading (hbuets): a conceptual framework. pages 1–7. IEEE.
- Sadawi, A. A. and Ndiaye, M. (2021). Blockchain-based carbon trading mechanism to elevate governance and smartness. pages 34–43. ACM.
- Tonev, I. (2020). Energy trading web platform based on the ethereum smart contracts and blockchain. pages 1–4. IEEE.