



ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Cidades Inteligentes e Sustentáveis: Explorando o potencial das soluções em blockchain para alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Leandro Teófilo Pinto dos Reis

Doutorando em Engenharia de Produção – PPGE - UTFPR
Campus Paraíso do Tocantins - IFTO

Charles Jefferson Rodrigues Alves

Doutorando em Engenharia de Produção e Sistemas – Unisinos
Campus Araguaína - IFTO

Gislaine Pereira Sales Guimarães

Campus Paraíso do Tocantins - IFTO

Nadima Julia Suterio de Oliveira

Bacharelado em Sistemas de Informação - Campus Paraíso do Tocantins do IFTO

Regina Negri Pagani

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGE), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR); Unidade de Investigação em Governança, Competitividade e Políticas Públicas (GOVCOPP), Universidade de Aveiro, Portugal.

Resumo: Este artigo investiga a aplicação da tecnologia *blockchain* em cidades inteligentes sustentáveis, com foco nas inovações e soluções propostas na literatura científica. A metodologia adotada incluiu a *Methodi Ordinatio*, que possibilitou uma revisão sistemática da produção científica, resultando em 90 documentos identificados. A área tem apresentado um crescimento notável, evidenciado pela baixa média de citações, o que sugere que muitos trabalhos são recentes. A análise de conteúdo revelou diversas soluções que abordam desafios urbanos contemporâneos, como segurança, gestão de resíduos e participação cidadã, todos alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). As conclusões destacam o potencial transformador do *blockchain* na promoção de transparência, rastreabilidade e eficiência na gestão urbana. O estudo sugere que, apesar de a área estar em desenvolvimento, as inovações tecnológicas podem revolucionar a administração das cidades. Futuros trabalhos são recomendados para explorar a implementação prática dessas soluções e as barreiras que podem ser enfrentadas na adoção do *blockchain* em ambientes urbanos.

Palavras-chave: Cidades Inteligentes, Blockchain, Sustentabilidade, Gestão Urbana, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Sustainable Smart Cities: Exploring the potential of blockchain solutions for achieving Sustainable Development Goals (SDG)

Abstract: This article investigates the application of blockchain technology in sustainable smart cities, focusing on innovations and solutions proposed in scientific literature. The methodology employed included Methodi Ordinatio, which enabled a systematic review of the scientific output, resulting in ninety identified documents. The field has shown remarkable growth, evidenced by the low average citation count, which suggests that many studies are recent. Content analysis revealed various solutions addressing contemporary urban challenges, such as security, waste management, and citizen participation, all aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs). The conclusions highlight the transformative potential of blockchain in promoting transparency, traceability, and efficiency in urban management. The study suggests that, despite the area being in development, technological innovations can revolutionize city administration. Future work is recommended to explore the practical implementation of these solutions and the barriers that may be encountered in adopting blockchain in urban environments.

Keywords: Smart Cities, Blockchain, Sustainability, Urban Management, Sustainable Development Goals (SDGs).

1. Introdução

A rápida urbanização global, que se intensificou nas últimas décadas, não apenas transforma o espaço urbano, mas também impõe uma demanda urgente por soluções sustentáveis que garantam qualidade de vida para as populações urbanas (KHAN *et al.*, 2020). Neste contexto, o conceito de cidades inteligentes surge como uma abordagem inovadora e promissora para enfrentar os desafios urbanos, priorizando a sustentabilidade e a eficiência no uso de recursos (GOMYDE *et al.*, 2020).

Além disso, tecnologias emergentes como o *blockchain* têm o potencial de fortalecer a segurança e a transparência das infraestruturas digitais, essenciais para a implementação eficaz das cidades inteligentes sustentáveis (BISWAS *et al.*, 2023). O *blockchain*, inicialmente introduzido com o Bitcoin, é um registro distribuído que oferece um livro-razão descentralizado, transparente e imutável de transações.(ALVES *et al.*, 2022; YAQOOB *et al.*, 2020).

O objetivo deste estudo é explorar como o *blockchain* pode ser integrado nas cidades inteligentes para promover a sustentabilidade e melhorar a gestão urbana. A metodologia adotada inclui uma análise sistemática da literatura existente sobre este tema. Assim, ao adotar tecnologias como o *blockchain*, as cidades inteligentes podem não apenas melhorar sua infraestrutura digital, mas também avançar em direção a um modelo urbano mais sustentável e resiliente (BISWAS *et al.*, 2023; ROEHRS *et al.*, 2019).

2. Referencial teórico

2.1 Smart Cities - Cidades Inteligentes

O tema das cidades inteligentes tem recebido crescente atenção na literatura, com muitos pesquisadores buscando aplicar conceitos de urbanização sustentável e inteligente (PRZYBYSZ *et al.*, 2024). No entanto, há uma variação significativa na terminologia utilizada na pesquisa, o que dificulta a padronização dos conceitos. O conceito central é a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para transformar o ambiente urbano em um espaço mais sustentável e habitável (OLIVEIRA *et al.*, 2024; XIE *et al.*, 2019). Além disso, as inovações tecnológicas promovem maior transparência governamental, participação cidadã e gestão eficiente de recursos (BAGLOEE *et al.*, 2021).

As cidades inteligentes são frequentemente descritas em quatro gerações distintas. Cohen (2015) e Komninos (2019) identificaram três gerações iniciais; pesquisas mais recentes expandiram esse conceito para incluir uma quarta geração (MAKIEŁA *et al.*, 2022). A quarta geração, conhecida como *Smart Cities 4.0*, enfatiza o uso de tecnologias emergentes como inteligência artificial e *blockchain* para criar cidades sustentáveis e resilientes. Essas cidades integram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU como princípio

orientador e promovem uma maior participação da comunidade na criação de soluções inovadoras (ZWICK; SPICER, 2024).

Apesar dos avanços nas diferentes gerações das cidades inteligentes, vários desafios permanecem significativos. Os principais obstáculos incluem altos custos de design e operação, que envolvem tanto o capital para a implementação quanto as operações diárias e manutenção (MONZON, 2015; SINGH *et al.*, 2022). A heterogeneidade dos sensores e dispositivos gera dificuldades na integração tecnológica. Além disso, a segurança se torna uma preocupação central devido às vulnerabilidades a ataques cibernéticos (SABA *et al.*, 2020; SINGH *et al.*, 2022).

Ademais, a coleta de dados sensíveis levanta questões de privacidade, exigindo rigor na proteção das informações dos cidadãos. A crescente quantidade de dados gerados exige soluções eficientes para sua análise e armazenamento (SILVA; KHAN; HAN, 2018; SINGH *et al.*, 2022). Por fim, a eficiência no gerenciamento de resíduos e a necessidade de estratégias eficazes para lidar com desastres naturais são desafios que não podem ser ignorados (AHMED *et al.*, 2020; SINGH *et al.*, 2022). Diante desses obstáculos, torna-se essencial investigar soluções inovadoras que garantam que as cidades inteligentes atendam às necessidades atuais da população urbana enquanto se tornam sustentáveis no longo prazo.

2.2 Blockchain

O conceito fundamental do *blockchain* é o de um registro distribuído, constituindo-se essencialmente de uma cadeia ordenada e consistente de transações compartilhadas em vários nós dentro de uma rede *peer-to-peer* (ALVES *et al.*, 2022; ROEHRS *et al.*, 2019). Destaca-se que tecnologias adicionais foram incorporadas à versão inicial proposta por Nakamoto (2008), visando fortalecer e otimizar o desempenho da solução.

Além do Bitcoin, outras plataformas e estruturas como *Ethereum*, *Hyperledger* e *smart contracts* têm impulsionado a expansão do *blockchain* para além das criptomoedas e transações financeiras, sendo adotadas por indústrias como entretenimento, manufatura e saúde devido à sua segurança aprimorada e privacidade (AKKAOU; HEI; CHENG, 2020; ALVES *et al.*, 2022).

O uso do *blockchain* abrange uma ampla variedade de áreas, incluindo o registro da cadeia de suprimentos, aplicações de governança digital, cidades inteligentes, Internet das Coisas, gestão financeira, registros de imóveis, controle de ativos e registros de certificados, entre outras categorias de aplicação (BALI *et al.*, 2022; KAMBLE *et al.*, 2021). Com um mercado global em expansão, entre eles as cidades inteligentes, o *blockchain* está posicionado para desempenhar um papel ainda mais significativo nos próximos anos, promovendo inovação, transparência e segurança em diversas áreas (GRAND VIEW RESEARCH, 2022).

3. Metodologia

Para alcançar o objetivo da pesquisa, realizou-se uma revisão sistemática da literatura utilizando a metodologia *Methodi Ordinatio*, proposta por Pagani, Kovaleski e Resende (2017, 2015) e posteriormente atualizada por Pagani *et al.* (2023). Essa metodologia visa a construção de um portfólio de artigos científicos de alto impacto, considerando três variáveis e três fatores de ponderação:

– Número de Citações (Ci): Mede as citações do artigo, com dados do *Google Scholar*. Um fator de ponderação (Ω) de 0 a 10 ajusta a relevância dessas citações.

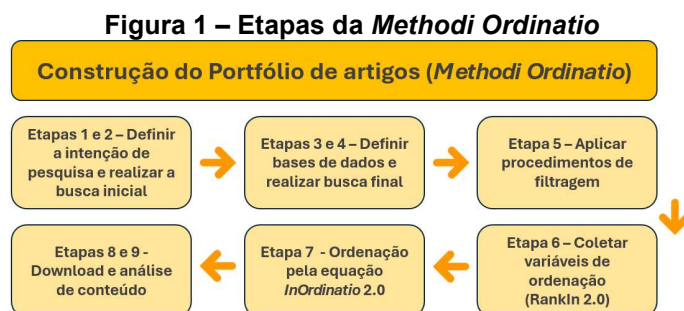
– Fator de Impacto (IF): Avalia o impacto do artigo com base no fator de impacto da revista, atribuído automaticamente pela planilha *RankIn* na atualização da metodologia. Aplica-se o fator Δ (0 a 10) para ajustar sua importância.

– Ano de Publicação (PubYear): Considera o ano de publicação, relevante para temas de inovação e tecnologia. Um fator de ponderação λ (0 a 10) ajusta a importância do ano de publicação.

Com a coleta das variáveis e fatores de ponderação, aplica-se a equação (1), chamada de *InOrdinatio*, que organiza o portfólio de artigos conforme sua relevância científica.

$$InOrdinatio2.0 = \left\{ [\Delta^*(IF)] - \left[\lambda * \left(\frac{ResearchYear - PubYear}{CitedHalfLife} \right) \right] + \Omega * \left[\frac{Ci}{(ResearchYear + 1) - PubYear} \right] \right\} \quad (1)$$

A metodologia é aplicada em 9 etapas, conforme ilustrado na Figura 1. Em seguida, são descritos os procedimentos para a construção do portfólio desta pesquisa.



Fonte: Adaptado de Corsi et al. (2023)

A pesquisa iniciou-se pela definição do objetivo da pesquisa, permitindo o mapeamento de palavras-chave e suas combinações. Em seguida, realizaram-se buscas exploratórias para estabelecer as bases de dados e combinações finais de palavras-chave. Após a coleta dos resultados nas bases *ScienceDirect*, *Scopus* e *Web of Science*, foram eliminados livros, capítulos, artigos de conferências, duplicatas e itens fora da temática. Os resultados filtrados, apresentados na Figura 2, foram então submetidos às etapas 6 e 7.

Figura 2 - Fluxo de busca e filtragem dos artigos selecionados para o estudo

Combinações de palavras-chave	Science Direct	Scopus	Web of Science
("sustainable smart city" OR "sustainable smart cities") AND ("blockchain" OR "block-chain")	14	51	30
("smart sustainable city" OR "smart sustainable cities") AND ("blockchain" OR "block-chain")	2	14	8
("smart city" OR "smart cities") AND "sustainability" AND ("blockchain" OR "block-chain")	55	160	88
Total		422	
Procedimentos de filtragem		Artigos excluídos	
Exclusão por tipo de documento (Livros, Capítulos, Artigos de conferência)		150	
Exclusão por duplicata		130	
Exclusão por conteúdo (Leitura de título, palavras-chave, resumo)		52	
Número de artigos para Classificação InOrdinatio		90	

Fonte: Adaptado de Corsi et al. (2023)

A metodologia aplicada inclui três análises bibliométricas, começando com um portfólio de 90 artigos para contextualizar o cenário de publicações sobre a aplicação da tecnologia

blockchain em cidades inteligentes sustentáveis. Com o cálculo do índice *InOrdinatio*, foram selecionados 27 artigos com índice ≥ 250 para uma análise mais aprofundada, os quais estão listados no Apêndice 1. Essa fase de mapeamento, realizada com os fatores de ponderação definidos como Ω , Δ e λ iguais a 10, possibilitou uma análise de conteúdo detalhada, permitindo identificar e explorar as soluções propostas na literatura.

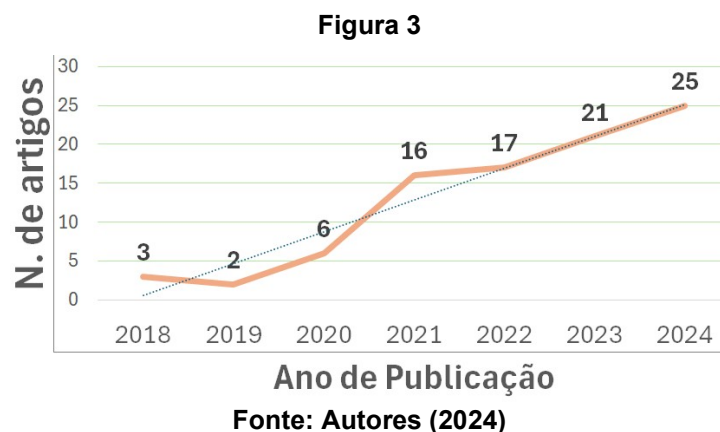
As etapas 8 e 9 da metodologia envolvem o *download* e a leitura completa dos 27 artigos selecionados, possibilitando uma compreensão mais aprofundada das contribuições de cada um para o tema. Dessa forma, as análises possibilitaram a avaliação abrangente do cenário de publicações e o mapeamento das aplicações da tecnologia *blockchain* em cidades inteligentes sustentáveis, alcançando, assim, o objetivo da pesquisa.

4. Resultados

Inicialmente, foram conduzidas análises bibliométricas do portfólio (4.1), proporcionando uma contextualização sobre o cenário de publicações relacionadas à satisfação dos consumidores na indústria automobilística. Em seguida (4.2), realizou-se a leitura detalhada dos artigos para mapear as aplicações da tecnologia *blockchain* em cidades inteligentes sustentáveis.

4.1 Análise Bibliométrica

A primeira análise bibliométrica realizada foi com o intuito de avaliar a atualidade do tema, conforme Figura 3.



A análise da produção científica anual revela um crescimento significativo no número de artigos sobre a aplicação da tecnologia *blockchain* em cidades inteligentes. Entre 2018 e 2020, a produção foi moderada, com três artigos em 2018, dois em 2019 e seis em 2020. A partir de 2021, houve uma aceleração, com 16 artigos publicados, atingindo 25 em 2024. A taxa média anual de crescimento foi de 42,39%, evidenciando um aumento crescente do interesse e das investigações científicas sobre o tema nos últimos anos.

Tabela 1 - Principais Informações sobre os dados

Informação	Valor	Informação	Valor
Período de Análise	2018 – 2024	Total de citações	5976
Fontes (Journals)	61	Média de citações por documento	66,40
Documentos	90	Média de citações por ano por documento	38,60
Taxa de crescimento anual	42,39%	Idade Média dos Documentos (anos)	1,72

Fonte: Autores (2024)

A Tabela 1 resume as principais informações sobre a produção científica de 2018 a 2024, focando na tecnologia *blockchain* em cidades inteligentes sustentáveis. Foram publicados 90 documentos com um total de 5.976 citações. Embora a média de citações por

documento seja baixa, isso pode ser atribuído à natureza recente das publicações, indicando que a área ainda está em desenvolvimento. A tabela também destaca a colaboração entre autores e a diversidade de fontes, refletindo a dinâmica da pesquisa nesse campo.

Em seguida, foi criada uma nuvem de palavras com os termos mais recorrentes nos artigos, destacando as principais temáticas sobre o uso de *blockchain* em cidades inteligentes sustentáveis, conforme ilustrado na Figura 4.

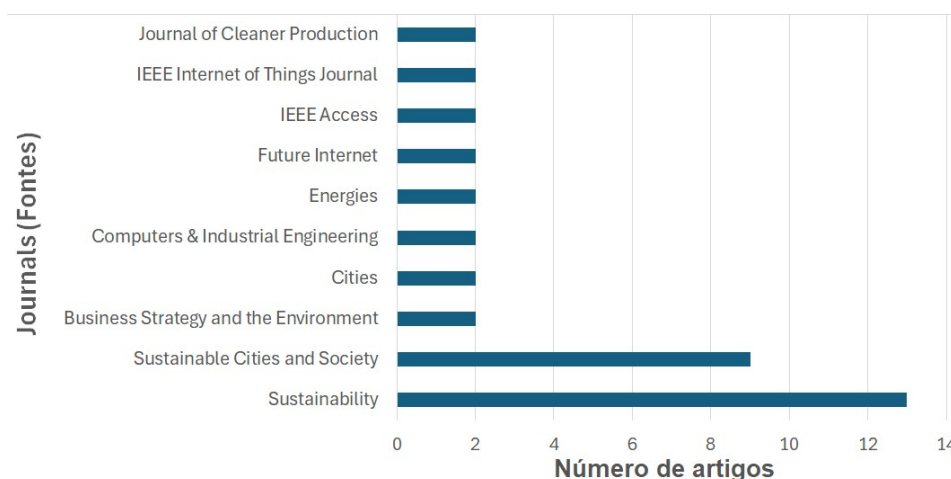
Figura 4 – Nuvem de palavras



Fonte: Autores (2024)

Nos dados apresentados, "*blockchain*" destaca-se com 58 ocorrências, reafirmando seu papel central no contexto investigado. Outros termos relevantes incluem "*sustainability*" (25 ocorrências) e "*smart city*"/"*smart cities*" (22 e 18 ocorrências), refletindo a conexão com o desenvolvimento de cidades inteligentes sustentáveis. A presença de "*internet of things*" (12 ocorrências) e "*artificial intelligence*" (6 ocorrências) evidencia a integração de tecnologias essenciais. "*smart contract*" também aparece (4 ocorrências), destacando seu papel na automação e governança urbana. Esses dados sublinham o foco na convergência tecnológica e nos objetivos de sustentabilidade.

Figura 5 – Journals com mais publicações



Fonte: Autores (2024)

A próxima análise focou nos periódicos que mais publicaram entre os 90 artigos selecionados. O *journal Sustainability* lidera a lista com 13 publicações, seguido por *Sustainable Cities and Society*, com 9 artigos. Outros periódicos, como *Business Strategy and the Environment*, *Cities* e *Computers & Industrial Engineering*, publicaram 2 artigos cada. Essa distribuição destaca o papel central desses periódicos na discussão sobre a aplicação da tecnologia *blockchain* em cidades inteligentes sustentáveis, conforme ilustrado na Figura 5.

4.2 Análise de conteúdo

A análise de conteúdo realizada visou mapear as soluções em *blockchain* aplicáveis a cidades inteligentes sustentáveis, conforme apresentado no Quadro 1. A pesquisa abrangeu uma variedade de publicações que discutem como a tecnologia *blockchain* pode contribuir para o desenvolvimento urbano sustentável, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Quadro 1 - Soluções em *blockchain* aplicáveis a cidades inteligentes sustentáveis

Autor(es)	Solução	Proposta de Melhoria	ODS
Sharma and Park, (2018)	Arquitetura de rede híbrida para cidades inteligentes	Arquitetura distribuída e segura utilizando SDN e <i>blockchain</i> .	11, 9
Shojaei et al.(2021)	Modelo de <i>blockchain</i> para economia circular	Facilita a rastreabilidade de materiais e energia, promovendo reutilização e reciclagem.	12
Franca et al. (2020)	Sistema de gestão de resíduos sólidos baseado em Ethereum	Substitui sistema baseado em papel, melhorando inclusão social e gestão financeira.	11, 12
Singh et al. (2020)	Infraestrutura orientada a IoT com aprendizado profundo	Aborda desafios de segurança e escalabilidade em cidades inteligentes.	11, 9
Kumar et al. (2021)	Framework TP2SF para cidades inteligentes	Inclui módulos de confiança, privacidade e detecção de intrusões para melhorar a segurança.	16
Bai et al. (2022)	Sistema de <i>blockchain</i> para participação pública	Promove a participação cidadã em decisões sobre manutenção de infraestrutura.	11
Singh, Pan e Park (2022)	Framework seguro para estacionamento em cidades sustentáveis	Utiliza <i>blockchain</i> e LSTM para otimizar a gestão de estacionamento.	11, 9
Liu et al. (2021)	Integração de <i>blockchain</i> e BIM em construção sustentável	Explora como <i>blockchain</i> e BIM podem melhorar o design e construção sustentáveis.	9, 11, 12
Chung et al. (2023)	Mecanismos de financiamento de infraestrutura com <i>blockchain</i>	Mecanismos de financiamento que utilizam dados de desempenho e contratos inteligentes.	9, 11, 13
Park et al. (2018)	Plataforma de transação de energia P2P baseada em <i>blockchain</i>	Facilita transações de energia entre consumidores e produtores-consumidores em ambientes domésticos inteligentes.	7, 11, 12
Samuel et al. (2022)	Sistema seguro de comércio de energia baseado em <i>blockchain</i>	Protocolo de consenso PoCC e mecanismo dinâmico de pseudônimo para privacidade.	7, 11, 12
Abbas et al. (2021)	Sistema de gerenciamento de dados para transporte inteligente	Sistema de gerenciamento de dados descentralizado com <i>blockchain</i> e IoT.	11, 9
Rahman et al. (2021)	Framework para sustentabilidade em IoT	Proposta de um sistema para garantir a privacidade de dados e promover a aceitação social do aprendizado profundo.	3, 9, 11
Dey et al. (2022)	SmartNoshWaste - framework para redução de desperdício de alimentos	Utiliza <i>blockchain</i> , IA e computação em nuvem para reduzir o desperdício na cadeia de suprimentos.	12, 2
Bagloee et al. (2021)	Tecnologia <i>blockchain</i> como sistema operacional para cidades sustentáveis	Explora aplicações de <i>blockchain</i> em governança, transporte, cadeia de suprimentos e logística.	11, 16

Fonte: Autores (2024)

As soluções identificadas incluem a proposta de uma arquitetura de rede híbrida para cidades inteligentes, que utiliza uma infraestrutura distribuída e segura, abordando questões de segurança e escalabilidade (SHARMA; PARK, 2018; SINGH; JEONG; PARK, 2020). Além disso, foram destacados modelos que promovem a economia circular e a gestão eficiente de resíduos, facilitando a rastreabilidade de materiais e a inclusão social (FRANCA *et al.*, 2020; SHOJAEI *et al.*, 2021).

Outras inovações significativas incluem um sistema de participação pública que utiliza *blockchain* para melhorar a transparência e a cidadania nas decisões de infraestrutura (BAI

et al., 2022), além de frameworks que integram *blockchain* e Internet das Coisas (IoT) para otimizar a gestão de estacionamento e o transporte inteligente (ABBAS *et al.*, 2021; SINGH; PAN; PARK, 2022).

Essas soluções não apenas demonstram a versatilidade do *blockchain* em diferentes contextos, como também evidenciam o potencial da tecnologia para apoiar a sustentabilidade urbana, contribuindo diretamente para diversos ODS, incluindo os focados em cidades e comunidades sustentáveis, consumo e produção responsáveis, e parcerias para a implementação dos ODS.

5. Conclusões

Este estudo examinou a aplicação da tecnologia *blockchain* em cidades inteligentes sustentáveis, ressaltando sua importância para o desenvolvimento urbano e a promoção de práticas sustentáveis. A pesquisa identificou 90 documentos publicados entre 2018 e 2024, evidenciando um crescimento significativo na produção científica, embora a média de citações permaneça baixa, possivelmente devido à recente natureza das publicações.

A análise de conteúdo revelou uma variedade de soluções em *blockchain* que abordam desafios específicos enfrentados pelas cidades inteligentes, incluindo segurança, eficiência na gestão de resíduos, participação cidadã e integração com tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT). As propostas de melhoria destacadas nas publicações enfatizam o potencial do *blockchain* para apoiar a transparência, a rastreabilidade e a colaboração entre diversos atores urbanos.

Os resultados deste estudo sublinham a necessidade de alinhar inovações tecnológicas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), indicando que uma abordagem integrada na implementação de soluções em *blockchain* pode maximizar seu impacto em áreas críticas como mobilidade, energia e governança urbana.

Em suma, embora esta área ainda esteja em fase de desenvolvimento, as aplicações do *blockchain* apresentam um grande potencial para transformar a gestão urbana e promover práticas mais sustentáveis. Futuros estudos devem focar na análise de casos práticos da implementação dessas soluções e explorar as barreiras e oportunidades associadas à adoção do *blockchain* em contextos urbanos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do Instituto Federal do Tocantins (IFTO), e da Unidade de Investigação em Governança, Competitividade e Políticas Públicas (GOVCOPP), Universidade de Aveiro, Portugal.

Referências

- ABBAS, K.; TAWALBEH, L. A.; RAFIQ, A.; MUTHANNA, A.; ELGENDY, I. A.; ABD EL-LATIF, A. A. Convergence of Blockchain and IoT for Secure Transportation Systems in Smart Cities. **Security and Communication Networks**, ADAM HOUSE, 3RD FL, 1 FITZROY SQ, LONDON, WIT 5HE, ENGLAND, v. 2021, p. 1–13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2021/5597679>
- AHMED, I.; KARVONEN, H.; KUMPUNIEMI, T.; KATZ, M. Wireless Communications for the Hospital of the Future: Requirements, Challenges and Solutions. **International Journal of Wireless Information Networks**, v. 27, n. 1, p. 4–17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10776-019-00468-1>
- AKKAOUI, R.; HEI, X.; CHENG, W. EdgeMediChain: A Hybrid Edge Blockchain-Based Framework for Health Data Exchange. **IEEE Access**, School of Electronic Information and Communications, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074, China, v. 8, p. 113467–113486, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003575>

- ALVES, C. J. R.; DOS REIS, L. T. P.; NETO, L. R.; DA SILVA, D. O.; DA COSTA, C. A. Blockchain em Saúde: uma análise de pesquisas na base Scopus. **Journal of Health Informatics**, v. 14, p. 110–116, 2022.
- BAGLOEE, S. A.; HESHMATI, M.; DIA, H.; GHADERI, H.; PETTIT, C.; ASADI, M. Blockchain: The operating system of smart cities. **Cities**, v. 112, p. 103104, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103104>
- BAI, Y.; HU, Q.; SEO, S.-H.; KANG, K.; LEE, J. J. Public Participation Consortium Blockchain for Smart City Governance. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 9, n. 3, p. 2094–2108, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3091151>
- BALI, S.; BALI, V.; MOHANTY, R. P.; GAUR, D. Analysis of critical success factors for blockchain technology implementation in healthcare sector. **Benchmarking**, v. 30, n. 4, p. 1367–1399, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2021-0433>
- BISWAS, S.; YAO, Z.; YAN, L.; ALQHATANI, A.; BAIRAGI, A. K.; ASIRI, F.; MASUD, M. Interoperability Benefits and Challenges in Smart City Services: Blockchain as a Solution. **ELECTRONICS**, ST ALBAN-ANLAGE 66, CH-4052 BASEL, SWITZERLAND, v. 12, n. 4, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/electronics12041036>
- COHEN, B. **The 3 generations of smart cities. Inside the development of the technology driven city**. [s. l.], 2015. Disponível em: <https://www.fastcompany.com/3047795/the-3-generations-of-smart-cities>. Acesso em: 21 out. 2024.
- CORSI, A.; SOUZA, F. F. de; PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L. Explorando a Satisfação do Cliente na Indústria Automobilística: Uma Abordagem Bibliométrica e de Requisitos. In: 2023, Ponta Grossa. **Anais do CONBREPRO - Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa: Aprepro, 2023.
- FRANCA, A. S. L.; AMATO NETO, J.; GONCALVES, R. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. Proposing the use of blockchain to improve the solid waste management in small municipalities. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND, v. 244, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118529>
- GOMYDE, A.; FREES, C.; DORIA, F.; CAMPOLARGO, M. **O futuro é das CHICS: como construir agora as cidades humanas, inteligentes, criativas e sustentáveis**. Brasília: IBCI, 2020.
- GRAND VIEW RESEARCH. **Blockchain Technology In Healthcare Market Size, Share & Trends Analysis Report By Network Type, By Application (Clinical Data Exchange & Interoperability, Claims Adjudication & Billing), By End User, By Region, And Segment Forecasts, 2023 - 2030**. [S. l.: s. n.].
- KAMBLE, S. S.; GUNASEKARAN, A.; KUMAR, V.; BELHADI, A.; FOROPON, C. A machine learning based approach for predicting blockchain adoption in supply Chain. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 163, p. 120465, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120465>
- KHAN, H. H.; MALIK, M. N.; ZAFAR, R.; GONI, F. A.; CHOFREH, A. G.; KLEMEŠ, J. J.; ALOTAIBI, Y. Challenges for sustainable smart city development: A conceptual framework. **Sustainable Development**, v. 28, n. 5, p. 1507–1518, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sd.2090>
- KOMNINOS, N. **Smart Cities and Connected Intelligence**. [S. l.]: Routledge, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9780367823399>
- MAKIEŁA, Z. J.; STUSS, M. M.; MUCHA-KUŚ, K.; KINELSKI, G.; BUDZIŃSKI, M.; MICHAŁEK, J. Smart City 4.0: Sustainable Urban Development in the Metropolis GZM. **Sustainability**, v. 14, n. 6, p. 3516, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14063516>
- MONZON, A. Smart cities concept and challenges: Bases for the assessment of smart city projects. In: 2015, **2015 International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (SMARTGREENS)**. [S. l.: s. n.] p. 1–11.
- NAKAMOTO, S. **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. 2008.

OLIVEIRA, J. R. P.; TUSSET, A. M.; ANDRADE, D. I.; BALTHAZAR, J. M.; PAGANI, R. N.; LENZI, G. G. Action Plans Study: Principles of Green Chemistry, Sustainable Development, and Smart Cities. **Sustainability (Switzerland)**, v. 16, n. 18, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su16188041>

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. M. de. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v46i2.1886>

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1744-x>

PAGANI, R. N.; PEDROSO, B.; DOS SANTOS, C. B.; PICININ, C. T.; KOVALESKI, J. L. Methodi Ordinatio 2.0: revisited under statistical estimation, and presenting Flinder and RankIn. **Quality & Quantity**, v. 57, n. 5, p. 4563–4602, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11135-022-01562-y>

PRZYBYSZ, A. L.; LIMA, A. D.; SÁ, C. P. de; RESENDE, D. N.; PAGANI, R. N. Integrating City Master Plans with Sustainable and Smart Urban Development: A Systematic Literature Review. **Sustainability**, v. 16, n. 17, p. 7692, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su16177692>

ROEHRS, A.; DA COSTA, C. A.; DA ROSA RIGHI, R.; DA SILVA, V. F.; GOLDIM, J. R.; SCHMIDT, D. C. Analyzing the performance of a blockchain-based personal health record implementation. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 92, n. October 2018, p. 103140, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103140>

SABA, D.; SAHLI, Y.; BERBAOUI, B.; MAOUEJ, R. Towards Smart Cities: Challenges, Components, and Architectures. In: [S. I.: s. n.]. p. 249–286. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24513-9_15

SHARMA, P. K.; PARK, J. H. Blockchain based hybrid network architecture for the smart city. **Future Generation Computer Systems**, v. 86, p. 650–655, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.04.060>

SHOJAEI, A.; KETABI, R.; RAZKENARI, M.; HAKIM, H.; WANG, J. Enabling a circular economy in the built environment sector through blockchain technology. **Journal of Cleaner Production**, v. 294, p. 126352, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126352>

SILVA, B. N.; KHAN, M.; HAN, K. Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 38, p. 697–713, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.053>

SINGH, S. K.; JEONG, Y.-S.; PARK, J. H. A deep learning-based IoT-oriented infrastructure for secure smart City. **Sustainable Cities and Society**, v. 60, p. 102252, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102252>

SINGH, S. K.; PAN, Y.; PARK, J. H. Blockchain-enabled Secure Framework for Energy-Efficient Smart Parking in Sustainable City Environment. **Sustainable Cities and Society**, v. 76, p. 103364, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103364>

SINGH, T.; SOLANKI, A.; SHARMA, S. K.; NAYYAR, A.; PAUL, A. A Decade Review on Smart Cities: Paradigms, Challenges and Opportunities. **IEEE Access**, v. 10, p. 68319–68364, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3184710>

XIE, J.; TANG, H.; HUANG, T.; YU, F. R.; XIE, R.; LIU, J.; LIU, Y. A Survey of Blockchain Technology Applied to Smart Cities: Research Issues and Challenges. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 21, n. 3, p. 2794–2830, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2899617>

YAQOOB, I.; SALAH, K.; UDDIN, M.; JAYARAMAN, R.; OMAR, M.; IMRAN, M. Blockchain for Digital Twins: Recent Advances and Future Research Challenges. **IEEE Network**, v. 34, n. 5, p. 290–298, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MNET.001.1900661>

ZWICK, A.; SPICER, Z. Examining the Smart City Generational Model: Conceptualizations, Implementations, and Infrastructure Canada's Smart City Challenge. **Urban Affairs Review**, v. 60, n. 4, p. 1229–1253, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/10780874231222243>

APÊNDICE 1

Artigo	Journal	Ano	InOrdinatio
Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas	Journal of Cloud Computing-Advances Systems and Applications	2022	1873,37
Convergence of blockchain and artificial intelligence in IoT network for the sustainable smart city	Sustainable Cities and Society	2020	1170,74
A systematic review of a digital twin city: A new pattern of urban governance toward smart cities	Jornal of Management Science and Engineering	2021	1122,55
Is blockchain able to enhance environmental sustainability? A systematic review and research agenda from the perspective of Sustainable Development Goals (SDGs)	Business Strategy and the Environment	2022	1103,04
Blockchain based hybrid network architecture for the smart city	Future Generation Computer Systems	2018	849,11
Enabling technologies for urban smart mobility: Recent trends, opportunities and challenges	Sensors	2021	842,55
Experts and intelligent systems for smart homes' Transformation to Sustainable Smart Cities: A comprehensive review	Expert Systems with Applications	2024	782,00
Enabling a circular economy in the built environment sector through blockchain technology	Journal of Cleaner Production	2021	624,05
Proposing the use of blockchain to improve the solid waste management in small municipalities	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	2020	578,74
A deep learning-based IoT-oriented infrastructure for secure smart City	Sustainable Cities and Society	2020	524,74
TP2SF: A Trustworthy Privacy-Preserving Secured Framework for sustainable smart cities by leveraging blockchain and machine learning	Journal of Systems Architecture	2021	508,05
Blockchain for Cities - A Systematic Literature Review	IEEE Access	2018	419,11
Blockchain technologies to address smart city and society challenges	Computers in Human Behavior	2021	397,55
Blockchain Applications in Sustainable Smart Cities	Sustainable Cities and Society	2023	392,68
Sustainable finance and blockchain: A systematic review and research agenda	Research in International Business and Finance	2023	392,68
Public Participation Consortium Blockchain for Smart City Governance	IEEE Internet of Things Journal	2022	385,04
Amalgamation of advanced technologies for sustainable development of smart city environment: A review	IEEE Access	2021	365,55
Challenges for connecting citizens and smart cities: ICT, e-governance and blockchain	Sustainability (Switzerland)	2020	362,74
Blockchain-enabled Secure Framework for Energy-Efficient Smart Parking in Sustainable City Environment	Sustainable Cities and Society	2022	341,37
Blockchain and building information management (Bim) for sustainable building development within the context of smart cities	Sustainability (Switzerland)	2021	311,05
Technology-enabled financing of sustainable infrastructure: A case for blockchains and decentralized oracle networks	Technological Forecasting and Social Change	2023	295,68
A sustainable home energy prosumer-chain methodology with energy tags over the blockchain	Sustainability (Switzerland)	2018	294,96
Towards sustainable smart cities: A secure and scalable trading system for residential homes using blockchain and artificial intelligence	Sustainable Cities and Society	2022	288,04
Convergence of Blockchain and IoT for Secure Transportation Systems in Smart Cities	Security and Communication Networks	2021	281,55
A secure, private, and explainable IoT framework to support sustainable health monitoring in a smart city	Sustainable Cities and Society	2021	277,55
SmartNoshWaste: Using Blockchain, Machine Learning, Cloud Computing and QR Code to Reduce Food Waste in Decentralized Web 3.0 Enabled Smart Cities	Smart Cities	2022	269,04
Blockchain: The operating system of smart cities	Cities	2021	257,55