

# BLOCKCHAIN NA SAÚDE: MODELOS E CASOS DE USO

## Blockchain in healthcare: models and use cases

Charles Jefferson Rodrigues Alves<sup>1\*</sup>, Leandro Teófilo Pinto dos Reis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *campus* Araguaína, TO.

CEP: 77.824-838

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *campus* Paraíso do Tocantins, TO.

CEP: 77.600-000, Caixa Postal 151

Submetido em: 28.03.2025; Aceito em: 30.05.2025; Publicado em: 16.06.2025.

\***Autor para correspondência:** charles.alves@ifto.edu.br

**Resumo:** A crescente complexidade dos sistemas de saúde, aliada à necessidade de garantir a privacidade e a segurança dos dados dos pacientes, impulsiona a busca por soluções tecnológicas inovadoras. A rede *Blockchain*, com sua característica de imutabilidade e transparência, emerge como uma promissora ferramenta para revolucionar a gestão da informação no setor da saúde, considerada a tecnologia de maior impacto na revolução digital atualmente. Consequentemente, este trabalho apresenta uma análise das aplicações da plataforma *Blockchain* na saúde com o objetivo realizar uma revisão sistemática, com o intuito de reunir e analisar os métodos e modelos disponíveis que abordam os desafios relacionados à interoperabilidade, privacidade e segurança dos dados de pacientes. A metodologia adotada busca fornecer uma visão abrangente e descritiva das propostas e aplicações. Para tanto, foi realizado um mapeamento da produção científica, utilizando bases de dados, com o objetivo de identificar o estado atual das soluções projetadas e implementadas baseadas em *Blockchain*. O estudo conclui que o Blockchain desempenha um papel estratégico na melhoria da segurança, transparência e eficiência na gestão da saúde, especialmente na cadeia de suprimentos e no monitoramento de pacientes. No entanto, desafios tecnológicos e regulatórios precisam ser superados para sua adoção plena. Os trabalhos futuros envolvem o desenvolvimento de estudos de caso com dados reais para validar as abordagens propostas e aprimorar a tomada de decisões no contexto hospitalar.

**Palavras-chave:** *blockchain*, compartilhamento de dados, gestão de dados em saúde, aplicações em saúde.

**Abstract:** The increasing complexity of healthcare systems, combined with the pressing need to ensure patient data privacy and security, drives the demand for innovative technological solutions. Blockchain technology, with its inherent characteristics of immutability and transparency, emerges as a promising tool to revolutionize information management within the healthcare sector, being regarded as one of the most impactful technologies in today's digital revolution. Consequently, this paper presents an analysis of blockchain applications in healthcare, aiming to conduct a systematic review that gathers and examines the available methods and models addressing challenges related to interoperability, privacy, and data security in healthcare. The adopted methodology seeks to provide a comprehensive and descriptive overview of

proposed solutions and applications. To achieve this, a mapping of the scientific literature was conducted, utilizing various databases to identify the current state of blockchain-based solutions that have been designed and implemented. The study concludes that Blockchain plays a strategic role in enhancing security, transparency, and efficiency in healthcare management, particularly in supply chains and patient monitoring. However, technological and regulatory challenges must be addressed for its full adoption. Future work involves the development of case studies using real data to validate the proposed approaches and improve decision-making in the hospital context.

**Keywords:** blockchain, data sharing, healthcare applications, healthcare management.

## INTRODUÇÃO

A sinergia entre o setor industrial e saúde, impulsionada pela necessidade de otimização de processos e garantia da segurança da informação, tem se intensificado nas últimas décadas. A convergência entre esses dois setores é catalisada pela crescente adoção de tecnologias disruptivas, que visam aprimorar a eficiência operacional, reduzir custos e, sobretudo, proteger dados sensíveis. A indústria 4.0, com sua ênfase em tecnologias inteligentes e interconectadas, tem transformado radicalmente os processos de gestão e produção (KAGERMANN, 2015). No âmbito da saúde, a crescente complexidade dos sistemas de informação, associada à necessidade de proteger dados confidenciais de pacientes (AGOSTINHO *et al.*, 2019), impulsiona a busca por soluções inovadoras que garantam a segurança e a privacidade da informação (ABRAMS, 2020). A adaptação de tecnologias e práticas oriundas do setor industrial representa uma oportunidade promissora para otimizar os processos de saúde, em especial no que diz respeito à gestão de dados.

A saúde é um setor altamente dependente de inovação, abrangendo desde médicos até centros de pesquisa, hospitais e instituições de ensino médico (KAGERMANN, 2015). E a integração de tecnologias emergentes, como *Blockchain*, Internet das Coisas, realidade virtual, computação em nuvem e inteligência artificial, o interesse por essas soluções têm crescido exponencialmente (ANJOS *et al.*, 2022; NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Embora o *Blockchain* tenha se popularizado no contexto de criptomoedas e transações financeiras (JAN *et al.*, 2021), ele não é exclusivo desse domínio. A tecnologia ganhou destaque em diversos campos, incluindo saúde, cadeia de suprimentos, manufatura, energia e educação, por suas capacidades de segurança e imutabilidade de dados (ONIK *et al.*, 2019; CERNIAN *et al.*, 2020).

De acordo com Akkaoui *et al.* (2020), o setor de saúde pode se beneficiar consideravelmente do *Blockchain*, especialmente em questões como falsificação de medicamentos, rastreabilidade, imprecisões nos dados de saúde, falta de colaboração entre partes interessadas, burocracia e preocupações com privacidade e segurança. A incorruptibilidade dos dados e a eliminação de intermediários no processo de validação, possibilita ser uma solução promissora para resolver essas ineficiências (JAN *et al.*, 2021; JAMIL *et al.*, 2020; MANN *et al.*, 2021).

Reconhecendo essa importância, pesquisadores estão desenvolvendo soluções para digitalizar processos, interconectar recursos e gerenciar cadeias de produção e logística.

A integração da tecnologia *Blockchain* está se tornando um elemento indispensável na tecnologia da informação, especialmente nos setores de finanças, transações comerciais e saúde (ALSAQA *et al.*, 2019).

Portanto, torna-se essencial analisar o impacto do *Blockchain* na saúde, a fim de evidenciar o valor singular dessa tecnologia no processo de informatização no ecossistema hospitalar (DA COSTA *et al.*, 2018).

Este estudo tem como objetivo realizar um mapeamento sistemático para explorar as implicações da adoção do *Blockchain* na saúde, analisando suas características e áreas de aplicação. A principal contribuição do artigo é apresentar o estado da arte das pesquisas sobre gestão em saúde, sintetizando tendências, desafios, e possíveis soluções de uso, além de identificar lacunas que justificam a continuidade dos estudos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Nesta pesquisa, adotamos as diretrizes para estudos de mapeamento sistemático descritas por Petersen *et al.* (2008). Segundo os autores, o objetivo desse tipo de estudo é oferecer uma visão geral abrangente de uma área de pesquisa e investigar o estado das evidências sobre tópicos específicos. Portanto, utilizamos sete bases de dados científicas: Scopus, Web of Science, PubMed, IEEE Xplore, ScienceDirect, Springer-Link e ACM Digital Library, todas selecionadas por sua ênfase em publicações revisadas por pares, provenientes de periódicos e anais de conferências de elevado prestígio. Após o surgimento do Bitcoin em 2009, o *Blockchain* começou a ganhar popularidade e destaque, entretanto, os seus primeiros relatos na área da saúde se deram a partir de 2016. Assim, limitamos a seleção a artigos publicados a partir de 2016. Os critérios de inclusão estão resumidos na Tabela 1.

#	Atributos	Critérios de Inclusão
1	Bases de Dados	Scopus, Web of Science, PubMed, IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, ACM Digital Library
2	Palavras-chaves	"health OR healthcare" AND blockchain
3	Período	2016-2023
4	Idioma	Inglês
5	Tipos de Estudos	Revista científica de prestígio e anais de conferências
6	Campo de Estudo	Healthcare

**Tabela 1.** Critérios de Seleção dos Artigos. Fonte: autoria própria.

Entre os critérios de exclusão adotados, foram descartados os seguintes trabalhos: (1) trabalhos cujo foco principal não está relacionado à aplicação da tecnologia *Blockchain* na área da saúde; (2) trabalhos duplicados; (3) trabalhos que não são escritos em inglês; (4) trabalhos retraiados. O processo de mapeamento sistemático incluiu apenas os trabalhos que passaram por esses critérios de exclusão e se concentraram em aplicações *Blockchain* no campo da saúde.

Na última etapa, as informações foram extraídas dos artigos para a meta-análise, visando responder às questões de pesquisa. Sete itens foram extraídos de cada estudo: (1) ano; (2) título; (2) autores; (3) país de origem; (4) departamento; (5) contribuições do artigo; (6) limitações do artigo; (7) resumo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do protocolo de busca, foi possível recuperar um total de 3696 estudos. Após a aplicação dos critérios de exclusão, 3597 artigos foram excluídos, resultando na identificação de 99 artigos como relevantes. Após a leitura minuciosa, foram propostos 14 modelos ou *frameworks* conceituais com aplicações em sistemas de saúde. A lista completa de artigos selecionados e alguns itens de dados extraídos estão incluídos na Tabela 2, ordenados por fator de impacto de citação (FWCI).

Autores	Objetivos	Contribuições	Limitações	FWCI	Citações
ABOU-NASSAR <i>et al.</i>	Apresentar um modelo de confiança descentralizado e interoperável que infunde <i>Blockchains</i> na IoT da saúde.	Escalabilidade, interoperabilidade, autenticação mútua, integridade de dados, confidencialidade e privacidade.	Custo computacional	16,20	201
KHATOON	Modelo de gerenciamento para diferentes fluxos de dados médicos complexos e aplicabilidade no <i>Blockchain</i> .	Gerenciamento de dados em larga escala, simplificação de procedimentos médicos complexos, controle de privacidade e otimização de custos.	Custo computacional	15,67	233
XU <i>et al.</i>	Coletar dados por meio de dispositivos IoT. Médicos diagnosticam a qualquer hora e em qualquer lugar.	Dois redes de <i>Blockchain</i> : uma para usuários e outra para médicos. Os usuários têm controle sobre sua privacidade.	Escalabilidade	13,16	244
IAMIL <i>et al.</i>	Monitoramento seguro dos sinais vitais dos pacientes em hospitais inteligentes.	Tolerante a falhas e confiável entre nós, servidores IoT e plataformas.	Autenticação entre os dispositivos IoT	12,99	172
ISLAM & SHIN	Coleta dados médicos dos usuários por meio de drones e armazene-os com segurança no servidor.	Primeiro sistema de coleta de dados via drone em <i>Blockchain</i> . Autenticação de dois fatores para validação de dispositivos.	Questões de Privacidade	6,83	88
PANDEY & LITORIYA	Avaliar os desafios sociais e técnicos da implementação de serviços de saúde em larga escala e propor uma solução de intervenção tecnológica.	Relatou os principais desafios enfrentados na Índia durante a implementação da tecnologia.	Escalabilidade, Custo computacional, Latência	6,33	72
AKKAQUI <i>et al.</i>	Apresentar uma estrutura para gerenciamento eficiente de dados em relação à escalabilidade, segurança e privacidade.	Compartilhamento de dados de saúde gerados por dispositivos e sensores de IoT, garantindo disponibilidade e alto desempenho paralelizado.	Aprovação do paciente, latência.	5,68	69
CELESTI <i>et al.</i>	Propor um projeto de arquitetura e um protótipo de sistema que gerencie o fluxo de trabalho em um ambiente hospitalar federado.	Em cenários distribuídos em diferentes hospitais em nuvem, desenvolve um fluxo de trabalho de saúde seguro.	Custo computacional	5,57	73

STAMATELLIS <i>et al.</i>	Proponha uma solução de gerenciamento de EHR distribuída e imutável que garanta a privacidade dos dados.	A solução proposta pode armazenar registros de pacientes de forma eficaz, proporcionando anonimato e impossibilidade de vinculação.	Escalabilidade, Custo computacional	5,42	74
ABDELLATIF <i>et al.</i>	Propor um sistema que permita a troca de dados médicos de diferentes entidades, preservando a privacidade do paciente.	Privacidade e segurança em cada entidade da rede por meio de técnicas criptográficas. Escalabilidade e gestão de grande quantidade de dados.	Custo computacional, Latência	4,82	76
JAN <i>et al.</i>	Investigar as questões inerentes de segurança, <i>Blockchain</i> e IoT para dados multimídia.	Convergência de <i>Blockchain</i> e IoT, detalhando tendências em autenticação.	Convergência de dispositivos, Custo computacional	4,79	50
TAHIR <i>et al.</i>	Implemente uma abordagem de design híbrido em que parte das interações e informações ocorram no <i>Blockchain</i> e a parte restante seja compartilhada diretamente entre dispositivos de IoT.	Uma estrutura mais segura, menos custos de comunicação e tempo reduzido no processamento de dados. Ela garante autenticação mútua e fornece privacidade de informações.	Apresenta só um mecanismo de consenso	4,46	66
DHAGARRA <i>et al.</i>	Discutir e propor uma estrutura de assistência médica integrativa ancorada em Big Data e <i>Blockchain</i> para o governo da Índia.	Maior imutabilidade dos registros, maior acessibilidade aos serviços médicos e acesso aos dados para planejamento e desembolso orçamentário pelo governo.	Escalabilidade, Custo computacional	3,72	51
CERNIAN <i>et al.</i>	Propor uma arquitetura descentralizada para integrar os registros de saúde, reunindo todas as partes interessadas na cadeia de valor da saúde.	Melhora o armazenamento descentralizado de registros médicos e a troca de dados entre provedores de saúde.	Escalabilidade, Custo computacional, Armazenamento	2,49	32

**Tabela 2.** Estado da arte das propostas para assistência médica baseada em *Blockchain*. Fonte: Autoria própria.

Entende-se que a colaboração é muito importante para o desenvolvimento e aprendizado de novas tecnologias para estimular a inovação. Portanto, na amostra, observou-se que treze (93%) foram publicações em coautoria, e apenas 1 (4%) teve autoria única, com média de autores por artigo de 4,5, conforme detalhado na Tabela 2. Da mesma forma, foram identificadas as instituições de origem de todos os autores signatários dos artigos, resultando em 45 registros de diferentes instituições. Percebe-se que, em termos de colaboração, a relação é satisfatoriamente positiva para o propósito pretendido.

Entre os diversos setores em que a tecnologia *Blockchain* tem sido empregada na saúde, a maioria dos artigos analisados foi categorizada na gestão de Prontuários Eletrônicos de Pacientes (EHR) e Registros de Saúde Pessoais (PHR), além do gerenciamento de consentimento. De acordo com Hölbl *et al.* (2018), os resultados de pesquisa mostraram uma predominância especificamente na gestão de registros de saúde, controle de acesso e compartilhamento de dados. Isso se justifica pelo fato de que a principal limitação dos sistemas EHR e PHR está relacionada à interoperabilidade (CERNIAN *et al.*, 2020), segurança dos dados (ALKHATEEB, 2021; BODKHE *et al.*, 2020), troca de dados entre organizações de saúde (WU *et al.*, 2022; AKKAOUY *et al.*, 2020), questões de privacidade (TRIPATHI *et al.*, 2020; PANDEY & LITORIYA, 2020; DE AGUIAR *et al.*, 2020), entre outros fatores.

De modo geral, as principais limitações das soluções propostas estão relacionadas ao custo computacional, como indicado por Tanwar *et al.* (2020), DAGHER *et al.* (2018), ABOU-NASSAR *et al.* (2020), KHATOON (2020), RAJPUT *et al.* (2019), PANDEY & LITORIYA (2020), CELESTI *et al.* (2020), STAMATELLIS *et al.* (2020), DHAGARRA *et al.* (2019), CERNIAN *et al.* (2020) e ISMAIL *et al.* (2020). Além disso, questões relacionadas à escalabilidade (TANWAR *et al.*, 2020; DAGHER *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2019; NGUYEN *et al.*, 2021; ZHUANG *et al.*, 2020; RAJPUT *et al.*, 2019; PANDEY & LITORIYA, 2020; STAMATELLIS *et al.*, 2020; DHAGARRA *et al.*, 2019; CERNIAN *et al.*, 2020; RENSAA *et al.*, 2020; ISMAIL *et al.*, 2020; BATAINEH *et al.*, 2022) e à latência (PANDEY & LITORIYA, 2020; AKKAOUY *et al.*, 2020) também foram identificadas. A questão da escalabilidade e do custo operacional permanece desafiadora, pois, à medida que o número de partes interessadas, dispositivos IoT e sensores aumenta, os custos e a escalabilidade dos projetos também crescem (MCGHIN *et al.*, 2019). Três estudos não abordaram questões de escalabilidade, privacidade, autenticação ou eficiência de custo, como os autores Islam & Young Shin (2020) e Rajput *et al.* (2019) mencionaram.

Além disso, foram identificadas algumas preocupações durante a aplicação do *Blockchain* na área da saúde. A primeira delas está relacionada à interoperabilidade, uma vez que, em situações que requerem cooperação, os provedores de serviços e os usuários baseados em *Blockchain* devem se conectar de forma integrada. No entanto, os padrões entre diferentes instituições ainda precisam ser unificados. A segunda preocupação é a eficiência, pois, com o crescimento exponencial dos dados, a base de dados demanda maiores requisitos de velocidade de rede, o que pode afetar significativamente a eficiência na disseminação e aquisição de dados em tempo real.

De acordo com Johnson *et al.* (2019), mais de 150 projetos de *Blockchain* no setor de saúde levantaram mais de US\$ 660 milhões em mercados privados e financiados. Apesar desse investimento massivo nos últimos três anos, o ecossistema ainda precisa amadurecer. Portanto, desbloquear o potencial do *Blockchain* para a saúde exigirá muito trabalho e a mudança provavelmente levará tempo. Questões relacionadas aos regulamentos de privacidade dos pacientes dificultam a integração dos stakeholders ou o acesso de terceiros a informações relevantes. A falta de padronização de dados significa que os projetos de *Blockchain* estão sendo trabalhados em silos. A escalabilidade ainda é um problema com a maioria dos projetos, e armazenar dados em uma rede *Blockchain* ainda é bastante caro. No entanto, estão sendo exploradas soluções para esses problemas, e a modelagem e simulação de melhores arquétipos de acesso aos dados podem incentivar a adoção por pacientes, hospitais, fornecedores, etc. Além disso, a monetização de ativos digitais (por exemplo, dados do paciente) é uma possibilidade viável.

## Novas lacunas de pesquisa

Embora a tecnologia *Blockchain* tenha o potencial de abordar desafios da saúde, como complexidade e incerteza, ainda é necessário explorar lacunas de pesquisa para sua implementação eficaz nos contextos acadêmico e industrial. Conforme investigado em estudos de revisão sistemática, essas lacunas incluem integração com sistemas legados (CERNIAN *et al.*, 2020; KHATOON, 2020), dificuldade na padronização e interoperabilidade de dados (BALASUBRAMANIAN *et al.*, 2021; TAHIR *et al.*, 2020; XU *et al.*, 2019; PANDEY; LITORIYA, 2020), desafios regulatórios (JAMIL *et al.*, 2020; KUMARI; SAINI, 2020; TANWAR; PAREKH; EVANS, 2020) e adoção limitada (ALBAHLI; KHAN; QAMAR, 2020; CELESTI *et al.*, 2020), que não receberam atenção adequada na literatura. Portanto, os pesquisadores devem se concentrar nessas questões para superar as lacunas identificadas.

A integração de sistemas legados exigiria uma pesquisa qualitativa e métodos de estudo de caso para avaliar a eficácia das soluções, tais como uma camada intermediária na transferência de informações de saúde entre sistemas e o *Blockchain*, conforme implementado (ABOU-NASSAR *et al.*, 2020). Da mesma forma, a falta de padronização de dados (HIPAA, HL7, DICOM, SNOMED-CT, etc.) e a dificuldade de integração entre diferentes plataformas poderiam ser superadas por meio de estudos de caso de redes privadas compartilhadas entre organizações de saúde que possuem protocolos de interoperabilidade bem definidos (CERNIAN *et al.*, 2020).

Para abordar questões de escalabilidade, como desempenho e latência, podem ser utilizados métodos experimentais para avaliar o desempenho. Além disso, a análise de dados pode ser usada para identificar gargalos de desempenho e melhorias necessárias. Uma abordagem qualitativa e quantitativa e um método de análise de políticas públicas podem ser usados para avaliar as barreiras técnicas e regulatórias. Uma revisão sistemática da literatura também pode ajudar a entender o estado da arte atual, avaliar os regulamentos existentes e identificar melhores práticas em diferentes contextos de saúde.

Para enfrentar questões de escalabilidade, como desempenho e latência, podem ser empregados métodos experimentais para avaliar o desempenho do *Blockchain*, identificar gargalos e determinar melhorias necessárias. Finalmente, pesquisas longitudinais podem ser conduzidas para examinar mudanças nas percepções das pessoas em relação à adoção de tecnologia na saúde, o que permite a avaliação de mudanças nas percepções ao longo do tempo.

Pesquisas futuras devem abordar as limitações deste artigo, incluindo mais estudos de caso para validar o modelo teórico. Além disso, o surgimento da Indústria 5.0 sugere que inovações tecnológicas recentes trarão novas perspectivas sobre questões relacionadas à saúde, oferecendo novas direções de pesquisa para investigar a integração na indústria e na cadeia de suprimentos. A maior parte da pesquisa sobre *Blockchain* se concentra em questões de segurança e privacidade, mas para o uso generalizado, questões de escalabilidade, como desempenho e latência, devem ser abordadas e devem ser priorizadas.

## CONCLUSÃO

O compartilhamento e a mineração de dados, o aprendizado de máquina, a inteligência artificial e o *Blockchain* são as estratégias atuais com impacto mais significativo na gestão da saúde. Dentre elas, o a tecnologia *Blockchain* atraiu imenso interesse de pesquisadores, impactando o mecanismo de troca de dados, combinando os benefícios da criptografia com descentralização, imutabilidade e transparência, e eliminando a presença de qualquer autoridade central como intermediário com competência para integrar os mundos digital e físico.

Para compreender o estado da arte da aplicação desta tecnologia na saúde, realizamos uma revisão sistemática para criar um mapa de pesquisas relevantes e caracterizar iniciativas recentes. Especificamente, os objetivos do estudo foram identificar casos de uso e simuladores interativos, desafios e limitações das aplicações, abordagens atuais empregadas no desenvolvimento dessas aplicações e áreas para pesquisa futura.

Esta pesquisa descreveu os estudos relacionados ao tema, os métodos propostos, os pontos fortes e fracos de cada um e o impacto científico na academia. Além disso, foram introduzidos desafios relacionados a este tópico, que podem ajudar pesquisadores, profissionais de saúde e desenvolvedores a abordá-los no futuro. As propostas apresentadas abordaram a questão da resiliência nos serviços de saúde, focando em registro e compartilhamento de dados, rastreamento de suprimentos, privacidade e autonomia do paciente. Nesse contexto, o *Blockchain* tem o potencial de oferecer diversas vantagens à cadeia de suprimentos, desde a fabricação até a distribuição e administração ponta a ponta. Esses benefícios incluem a criação de registros de produção imutáveis, sistemas de autenticação e rastreamento, sistemas de pagamento seguros e eficientes e monitoramento de pacientes. Consequentemente, o *Blockchain* é uma ferramenta importante para garantir uma cadeia de suprimentos mais segura, descentralizada, transparente e confiável e melhorar a gestão de dados.

Defendemos o uso de tais tecnologias no planejamento e gestão de dados para uma tomada de decisões mais eficiente. Isso é especialmente importante hoje em dia, dada a complexidade e dispersão da saúde. São necessários modelos de negócios inovadores para aumentar a eficiência e a qualidade do atendimento aos pacientes. Por conseguinte, o *Blockchain* desempenha um papel estratégico na saúde. No entanto, questões tecnológicas, legais e regulatórias devem ser abordadas antes de um sistema de saúde ser implementado.

Portanto, um estudo de caso baseado em dados reais de transações de ambientes corporativos está atualmente em andamento. A análise inicial de resiliência estabelece a base para aplicar uma abordagem de mineração de processos e previsão de dados para entender as ações dos tomadores de decisão em diferentes níveis de gestão e identificar melhorias. O aumento substancial das especificações subjacentes (por exemplo, dados clínicos) está em andamento, assim como a verificação e a demonstração da abordagem com dados reais provenientes de um grupo de organizações hospitalares parceiras do grupo de pesquisa dos pesquisadores, sendo, portanto, uma parte essencial de nossas pesquisas futuras.

## REFERÊNCIAS

- ABDELLATIF, AA, AL-MARRIDI, AZ, MOHAMED, A, ERBAD, A, CHIASSERINI, CF.; REFAEY, A. ssHealth: toward secure, blockchain-enabled healthcare systems. **IEEE Network** 34(4), 312-319, 2020. <https://doi.org/10.1109/MNET.011.1900553>
- ABOU-NASSAR, EMAN M. *et al.* DITrust Chain: Towards Blockchain-Based Trust Models for Sustainable Healthcare IoT Systems. **IEEE Access**, [s. l.], 8, 111223–111238, 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2999468>
- ABRAMS, EM, SZEFLER, SJ. COVID-19 and the impact of social determinants of health. **The Lancet Respiratory Medicine**, 8(7), 659-661, 2020. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30234-4](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30234-4)
- AGOSTINHO, B *et al.* **Unificação de Dados de Saúde Através do Uso de Blockchain e Smart Contracts**. [s. l.], 31–40, 2019. <https://doi.org/10.5753/erbd.2019.8476>
- AKHAVAN, P, MAHMOUDZADEH, E, RAHIMI, M, RAJABION, L. Exploring opportunities and challenges of Blockchain-Based Electronic Medical records. **Journal of Information Technology Management** 14 (Special Issue: The business value of Blockchain, challenges, and perspectives.), 1-23, 2022.

- AKKAOU, R; HEI, X; CHENG, W. EdgeMediChain: A Hybrid Edge Blockchain-Based Framework for Health Data Exchange. **IEEE Access** **8**, 113467–113486, 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003575>
- ALSAQA, ZH, HUSSEIN, AI, MAHMOOD, SM. The impact of blockchain on accounting information systems. **Journal of Information Technology Management** **11**(3), 62-80,2019.
- ANJOS, FEV; ROCHA, LAO; OLIVEIRA DA SILVA, D; PACHECO, R. Impacts of the Application of Virtual and Augmented Reality on Teaching-Learning Processes in Engineering Courses. **International Journal of Virtual and Personal Learning Environments** **12**(1), 1–19, 2022. <https://doi.org/10.4018/IJVPLE.291541>
- BALASUBRAMANIAN, S, SHUKLA V, SETHI JS, ISLAM N, SALOUM R. **A readiness assessment framework for Blockchain adoption: A healthcare case study. Technological Forecasting and Social Change.** 2021. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120536>
- CELESTI, A, RUGGERI, A, FAZIO, M., GALLETTA, A., VILLARI, M., & ROMANO, A. Blockchain-based healthcare workflow for tele-medical laboratory in federated hospital IoT clouds. **Sensors** **20**(9), 2590. <https://doi.org/10.3390/s20092590>
- CERNIAN, A. *et al.* Patientdatachain: A blockchain-based approach to integrate personal health records. **Sensors** **20**(22), 1–24, 2020. <https://doi.org/10.3390/s20226538>
- DA COSTA, CA, PASLUOSTA, CF, Eskofier, B, DA SILVA, DB, DA ROSA RIGHI, R. Internet of health things: toward intelligent vital signs monitoring in hospital wards. **Artificial intelligence in medicine.** 2018. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2018.05.005>
- DHAGARRA, D, GOSWAMI, M, SARMA, PRS, CHOUDHURY, A. Big Data and blockchain supported conceptual model for enhanced healthcare coverage: The Indian context. **Business Process Management Journal.** 2019. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2018-0164>
- DUTTA P, CHOI TM, SOMANI S, BUTALA R. Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. **Transportation research part e: Logistics and transportation review.** 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>
- GUAN, J; YAN, Y; ZHANG, JJ. The impact of collaboration and knowledge networks on citations. **Journal of Informetrics** **11**(2), 407–422, 2017. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1751157716301444>
- ISLAM, A. SHIN, SY. A blockchain-based secure healthcare scheme with the assistance of unmanned aerial vehicle in Internet of Things. **Computers & Electrical Engineering** **84**, 106627, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106627>
- JAMIL, F, AHMAD, S, IQBAL, N, KIM, DH. Towards a remote monitoring of patient vital signs based on iot-based blockchain integrity management platforms in smart hospitals. **Sensors**, 2020. <https://doi.org/10.3390/s20082195>
- JAN, MA *et al.* Security and blockchain convergence with Internet of Multimedia Things: Current trends, research challenges and future directions. **Journal of Network and Computer Applications** **175**(2020), 102918, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102918>
- JOHNSON M, JONES M, SHERVEY M, DUDLEY JT, ZIMMERMAN N. Building a secure biomedical data sharing decentralized app (DApp): tutorial. **Journal of medical Internet research.** 2019. <https://doi.org/10.2196/13601>
- KAGERMANN H. Change Through Digitization-Value Creation in the Age of Industry 4.0. *In: Management of Permanent Change.* Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015. [http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-05014-6\\_2](http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-05014-6_2)
- KAMRAN, M *et al.* Blockchain and Internet of Things: A bibliometric study. **Computers & Electrical Engineering** **81**, 106525, 2020. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045790618333913>
- KHATOON AA. Blockchain-based smart contract system for healthcare management. **Electronics**, 2020. <https://doi.org/10.3390/electronics9010094>
- KUMAR, A *et al.* A Novel Smart Healthcare Design, Simulation, and Implementation Using Healthcare 4.0 Processes. **IEEE Access** **8**, 118433–118471, 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3004790>
- MANN SP, SAVULESCU J, RAVAUD P, BENCHOUFI M. Blockchain, consent and present for medical research. **Journal of Medical Ethics.** **47**(4), 244-50, 2021. <http://dx.doi.org/10.1136/medethics-2019-105963>
- MARTINS, AO, DOS ANJOS, FEV, DA SILVA, DO. The Lean Farm: Application of Tools and Concepts of Lean Manufacturing in Agro-Pastoral Crops. **Sustainability** **15**(3), 2597, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15032597>
- NASCIMENTO, DLM *et al.* Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2019. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0071>
- ONIK, Md. MEHEDI H *et al.* **Blockchain in Healthcare: Challenges and Solutions.** [S. l.]: Elsevier Inc., 2019. E-book. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818146-1.00008-8>
- PANDEY, PR; LITORIYA, R. Implementing healthcare services on a large scale: Challenges and remedies based on blockchain technology. **Health Policy and Technology**, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2020.01.004>

ISSN 1984-5693  
Vol.17, 2025,  
10.22407/1984-  
5693.2025.v17.p.e20251708



PETERSEN, K; FELDT, R; MUJTABA, S; MATTSSON, M. Systematic Mapping Studies in Software Engineering. In **Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering**, Bari, Italy, 26–27 June 2008. <https://doi.org/10.1142/S0218194007003112>

SIM C, ZHANG H, CHANG ML. Improving End-to-End Traceability and Pharma Supply Chain Resilience with Blockchain. **Blockchain in Healthcare Today**. 2022. <https://doi.org/10.30953/bhty.v5.231>

STAMATELLIS, C, PAPADOPOULOS, P, PITROPAKIS, N, KATSIKAS, S, BUCHANAN WJ. A privacy-preserving healthcare framework using hyperledger fabric. **Sensors** **20**(22), 6587, 2020. <https://doi.org/10.3390/s20226587>

TAHIR M, SARDARAZ M, MUHAMMAD S, SAUD KHAN M. A lightweight authentication and authorization framework for blockchain-enabled IoT network in health-informatics. **Sustainability**. 2020. <https://doi.org/10.3390/SU12176960>

XU, JIE *et al.* Healthchain: A Blockchain-Based Privacy Preserving Scheme for Large-Scale Health Data. **IEEE Internet of Things Journal** **6**(5), 8770–8781, 2019. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.29235>

