

## **Aplicação da tecnologia blockchain na gestão de dados dos prontuários eletrônicos de pacientes: revisão integrativa da literatura**

**Isaque Benevides Castro Carvalho**

Mestre em Telemedicina e Telessaúde, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

✉ [benevidescastro01@gmail.com](mailto:benevidescastro01@gmail.com)

**Gustavo Wanderley Lopes de Azevedo**

Mestre em Telemedicina e Telessaúde, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

**Marcia Maria Pereira Rendeiro**

Graduação em Odontologia – Unigranrio. Mestrado em Odontologia Social – UFF

Doutorado em Saúde Pública – Escola Nacional de Saúde Pública

Docente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Recebido em 27 de julho de 2022

Aceito em 12 de setembro de 2023

### **Resumo:**

A gestão em saúde atualmente enfrenta desafios na forma como os dados dos pacientes são armazenados em prontuários. O sistema centralizado dificulta o acesso dos pacientes a suas informações confidenciais, prejudicando o controle sobre seus próprios registros de saúde. Muitas vezes, os pacientes desconhecem completamente as anotações feitas em seus prontuários. Esta pesquisa tem como objetivo identificar estudos sobre a aplicação da tecnologia *blockchain* na área da saúde, buscando soluções para melhorar o armazenamento e acesso aos prontuários. A revisão integrativa foi realizada em 2022, consultando publicações nas bases de dados eletrônicos MEDLINE, *Web of Science* e *Scopus*, resultando em 18.728 estudos encontrados. Após a aplicação dos critérios de exclusão, inclusão e qualidade, foram utilizados nesta revisão 83 estudos relevantes. Embora o número de estudos sobre *blockchain* em aplicações de saúde esteja em constante crescimento, algumas limitações ainda precisam ser superadas. Existem aplicações da tecnologia que ainda não encontraram soluções adequadas. Apesar do potencial e interesse na tecnologia *blockchain*, seu impacto no armazenamento de prontuários de pacientes ainda está na fase de documentação, e as aplicações de pesquisa e atendimento clínico ainda precisam ser mais desenvolvidas. A maioria dos estudos com base em soluções *blockchain* ainda se encontra em estágio de conceitos iniciais e, em alguns casos, operam com bases de dados de usuários restritas. No entanto, acreditamos que o futuro da tecnologia *blockchain*, que elimina intermediários, tem um potencial imenso para exercer um efeito positivo significativo no armazenamento de dados de pacientes na área da saúde.

**Palavras-chave:** *Blockchain*, prontuário eletrônico, gestão em saúde, confidencialidade.

## **Application of blockchain technology in data management of electronic patient records: integrative literature review**

### **Abstract:**

Healthcare management currently faces challenges in how patient data is stored in medical records. The centralized system hinders patients' access to their confidential information, impairing their

control over their own health records. Often, patients are completely unaware of the annotations made in their medical records. This research aims to identify studies on the application of blockchain technology in the healthcare sector, seeking solutions to improve the storage and access to medical records. The integrative review was conducted in 2022, consulting publications in the electronic databases MEDLINE, Web of Science, and Scopus, resulting in the retrieval of 18,728 studies. After applying exclusion, inclusion, and quality criteria, 83 relevant studies were used in this review. Although the number of studies on blockchain in healthcare applications is constantly growing, some limitations still need to be overcome. There are applications of the technology that have not yet found adequate solutions. Despite the potential and interest in blockchain technology, its impact on patient record storage is still in the documentation phase, and research and clinical care applications still need further development. Most studies based on blockchain solutions are still in the early stages and, in some cases, operate with restricted user databases. However, we believe that the future of blockchain technology, which eliminates intermediaries, has immense potential to have a significant positive effect on patient data storage in the healthcare field.

**Keywords:** Blockchain, electronic medical record, healthcare management, confidentiality.

### **Aplicación de la tecnología *blockchain* en la gestión de datos de registros electrónicos de pacientes: revisión integrativa de la literatura**

#### **Resumen:**

La gestión en salud enfrenta actualmente desafíos en la forma en que se almacenan los datos de los pacientes en los registros médicos. El sistema centralizado dificulta el acceso de los pacientes a su información confidencial, perjudicando el control sobre sus propios registros de salud. A menudo, los pacientes desconocen por completo las anotaciones realizadas en sus registros médicos. Esta investigación tiene como objetivo identificar estudios sobre la aplicación de la tecnología *blockchain* en el área de la salud, buscando soluciones para mejorar el almacenamiento y acceso a los registros médicos. La revisión integrativa se realizó en 2022, consultando publicaciones en las bases de datos electrónicas MEDLINE, Web of Science y Scopus, lo que resultó en la recuperación de 18,728 estudios. Después de aplicar los criterios de exclusión, inclusión y calidad, se utilizaron 83 estudios relevantes en esta revisión. Aunque el número de estudios sobre *blockchain* en aplicaciones de salud está en constante crecimiento, aún hay algunas limitaciones que deben superarse. Existen aplicaciones de la tecnología que aún no han encontrado soluciones adecuadas. A pesar del potencial e interés en la tecnología *blockchain*, su impacto en el almacenamiento de registros de pacientes aún se encuentra en la fase de documentación, y las aplicaciones de investigación y atención clínica aún necesitan ser más desarrolladas. La mayoría de los estudios basados en soluciones *blockchain* aún se encuentran en etapas iniciales y, en algunos casos, operan con bases de datos de usuarios restringidas. Sin embargo, creemos que el futuro de la tecnología *blockchain*, que elimina intermediarios, tiene un potencial inmenso para ejercer un efecto positivo significativo en el almacenamiento de datos de pacientes en el área de la salud.

**Palabras clave:** *Blockchain*, historia clínica electrónica, gestión en salud, confidencialidad.

#### **INTRODUÇÃO**

Os Sistemas de Informação em Saúde (SIS) são plataformas tecnológicas que coletam, armazenam, processam e gerenciam dados relacionados à saúde, com o objetivo de melhorar a qualidade dos serviços de saúde e facilitar o compartilhamento seguro de informações. Dentro desse contexto, o Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) é uma ferramenta essencial

que substitui o tradicional prontuário de papel e permite o registro digital de informações clínicas ao longo do tempo. Classificado como um sistema de informação voltado para o paciente, o PEP possibilita o acesso rápido e seguro às informações relevantes de saúde, promovendo a continuidade do cuidado e facilitando a coordenação do tratamento entre diferentes profissionais e unidades de saúde. Em outros países, a implementação de sistemas similares ao PEP pode receber denominações diferentes, como HIS, CRIS, EHR, EMR, refletindo diferentes enfoques e escopos dessas ferramentas, mas todos compartilham o propósito de aprimorar a gestão da informação em saúde e proporcionar uma assistência mais eficiente e segura aos pacientes.

Os sistemas de Prontuários Eletrônicos de Pacientes (PEP) foram implementados em vários hospitais em todo o mundo, devido às vantagens e benefícios oferecidos, principalmente na melhoria da segurança e na relação vantajosa de custo-benefício. Os PEP são considerados vitais para o setor de saúde, pois oferecem várias funcionalidades para esse segmento profissional, como armazenamento eletrônico de registros médicos, gerenciamento de compromissos, faturamento, contabilidade e testes de laboratório. Tais funcionalidades estão disponíveis em muitos dos sistemas de PEP usados no segmento de Saúde. Os principais objetivos, portanto, são propiciar segurança e possibilitar registros médicos compartilháveis em diferentes plataformas (SHAHNAZ, 2019). De acordo com Aranha (2019), com o advento da Internet e da computação em nuvem, os prontuários eletrônicos tornaram-se importantes ferramentas não apenas para o registro e organização de informações ao médico sobre pacientes, mas também como veículo principal, por meio do qual médicos e pacientes podem acessar informações e inserir com rapidez, facilidade e segurança dados pertinentes à saúde. No segmento de Saúde Digital, o paciente dispõe de aplicativos integrados a prontuários eletrônicos que possibilitam, por exemplo, enviar resultados de exames laboratoriais e de imagem.

O PEP é uma exigência da atual sociedade da informação, primordialmente por facilitar o armazenamento e, posteriormente, o processamento de informações de pacientes, proporcionando auxílio expressivo a profissionais de saúde na elaboração de diagnósticos mais precisos e na orientação terapêutica adequada. Guo *et al.* (2018) destacam que os registros eletrônicos de saúde são, ainda hoje, totalmente controlados por profissionais de saúde, impossibilitando o acesso de pacientes aos próprios dados. Os pacientes precisam, muitas vezes, estar atentos a detalhes demandados pelos próprios cuidados de saúde e,

também, monitorar o gerenciamento de seus próprios dados disponibilizados. O compartilhamento de informações entre os sistemas de registros médicos eletrônicos aumentou a preocupação sobre segurança, uma vez que esses dados de saúde são potencialmente acessíveis a uma variedade de usuários, o que pode levar à exposição absoluta e indesejável desses dados (ALSHALALI *et al.*, 2018).

Nos últimos anos, há um interesse crescente na tecnologia *blockchain* no setor de saúde. A proposta de valor para usar a tecnologia *blockchain* no setor de saúde é compartilhar dados confidenciais do paciente entre as entidades de saúde, com segurança e empoderamento dos pacientes (EL-GAZZAR e STENDAL, 2020). De acordo com a IBM, 70% dos gestores em saúde preveem que o maior impacto da *blockchain* na saúde será a melhoria de ensaios clínicos, conformidade regulatória e fornecimento de estrutura descentralizada para compartilhamento de registros eletrônicos de saúde (HASSELGREN *et al.*, 2020).

Existe um cenário de desconhecimento ou acesso difícil acerca de informações de saúde e odontológicas, apesar das disposições do Código de Ética que informam sobre a necessidade de guarda do documento pelo profissional e a posse de uma via de cópia do prontuário para o paciente atendido. A dificuldade de comunicação com os profissionais, consultórios e clínicas de odontologia, além de terem formas diversas de registro, organização e armazenamento desses prontuários, atualmente funciona como barreira imposta aos pacientes no acesso a dados relativos a si (COSTA *et al.*, 2017). A tecnologia *blockchain* e contratos inteligentes sinalizam fornecer uma maneira interessante e inovadora de manter referências a Registros Eletrônicos de Saúde. Ao empregar essa tecnologia, os pacientes são beneficiados por terem direito a melhor controle de seus próprios dados. Profissionais de saúde e instituições, como hospitais, no entanto, podem acessar dados de pacientes sob tratamento em outras instituições. A *blockchain*, em princípio, pode aprimorar resoluções que propiciem privacidade e interoperabilidade (SHAHNAZ, 2019).

Sendo assim, este estudo objetivou investigar o uso da tecnologia *blockchain* na área da saúde, aplicada em sistemas de prontuários eletrônicos, por meio de uma revisão integrativa da literatura científica.

## METODOLOGIA

A revisão integrativa da literatura foi realizada de acordo com as recomendações do *Centre for Reviews Dissemination* - CRD (CRD, 2009). Para formulação da pergunta da pesquisa, optou-se por utilizar palavras mais amplas dos componentes da pergunta, a fim de que os critérios de inclusão não fossem restritivos. A pergunta definida foi: quais as aplicações da tecnologia *blockchain* na gestão dos prontuários eletrônicos de saúde? Os critérios de elegibilidade desta revisão integrativa não restringiram tipos de publicações, pela suposição de que possa haver poucas evidências da aplicação da tecnologia *blockchain* na gestão de prontuários eletrônicos de saúde.

A busca de publicações (artigos, dissertações e teses) nas bases de dados eletrônicos MEDLINE, Web of Science e Scopus, foi a estratégia utilizada para os últimos 10 anos (2012 à 2022). Foram utilizados os seguintes descritores: “*blockchain*”, “*smart contract*”, “*electronic health record*”, “*health informatics*” e “*information storage and retrieval*”. Os descritores representam a coleção de termos, que funcionam como um filtro entre a linguagem do autor e a terminologia da saúde. A conexão entre os termos escolhidos para a estratégia de busca foi estabelecida pelos operadores booleanos AND e OR, que funcionam como conectores entre os descritores. Os pressupostos de exclusão foram alicerçados na ausência de texto disponível na versão completa e não mencionar pelo menos dois descritores. Em relação ao idioma, a busca bibliográfica restringiu-se aos trabalhos publicados em inglês. Além disso, foi avaliado um perfil geográfico de tais publicações de maneira a verificar em quais regiões do mundo a tecnologia *blockchain* aplicada aos prontuários eletrônicos é mais estudada.

## RESULTADOS

A distribuição geográfica das publicações encontradas foi avaliada de modo a traçar um panorama mundial das pesquisas envolvendo o uso da tecnologia *blockchain* ou *smart contract*. Os países que mais realizaram pesquisas, nesta última década, sobre o desenvolvimento e uso desta tecnologia são: China, Estados Unidos, Índia, Inglaterra, Austrália, Coreia do Sul, Canadá, Itália, Alemanha e Arábia Saudita. O Brasil ocupa a 21ª posição no ranking de publicações sobre a tecnologia *blockchain* ou *smart contract*, com uma

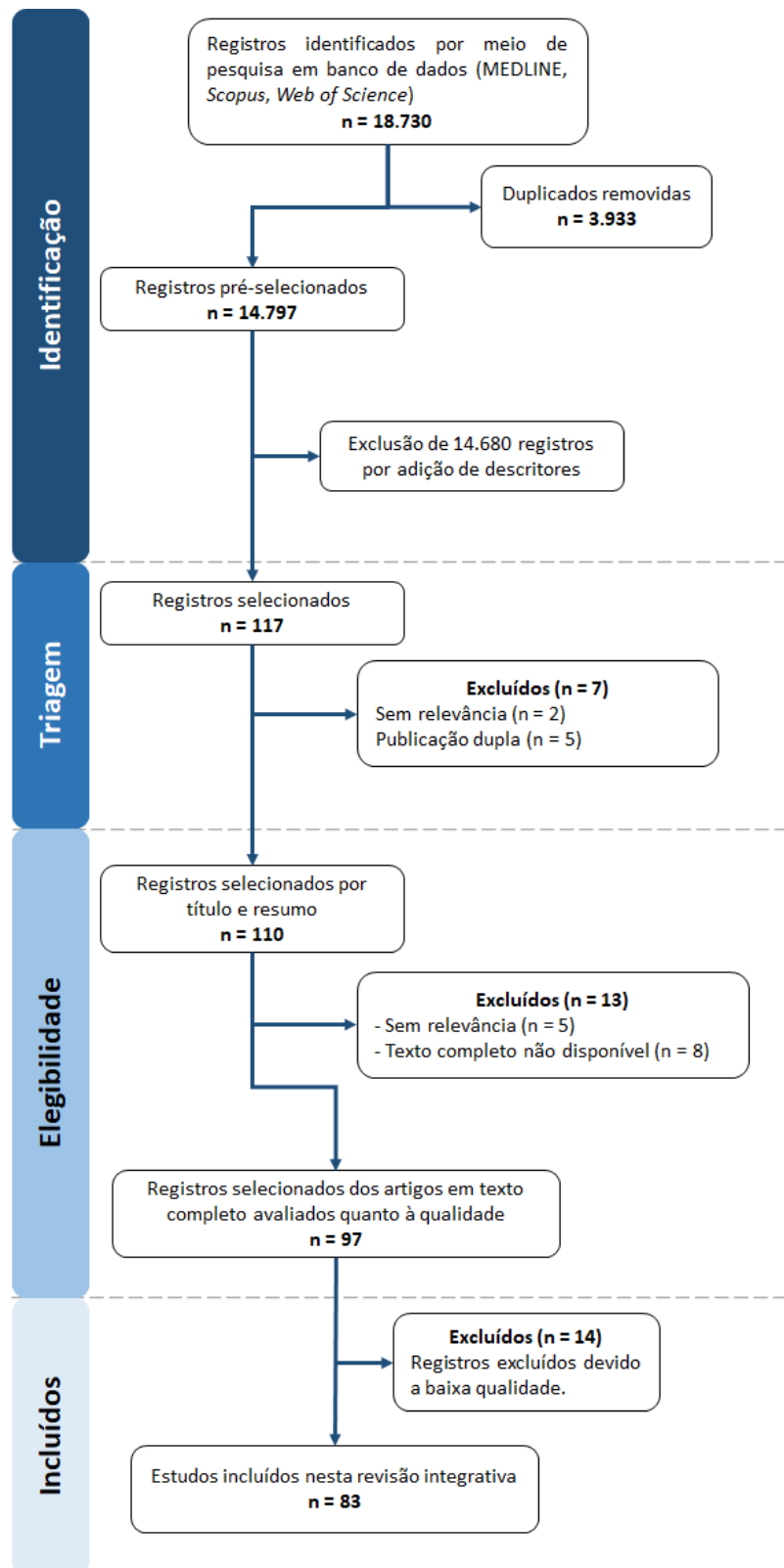
taxa de publicação média de 30 artigos por ano. Quando inserido o termo “*electronic health record*”, o resultado obtido apresenta uma redução significativa, com 97 publicações. Com esses termos de busca, o Brasil publicou apenas 4 artigos nos últimos 10 anos. Pouca diferença no resultado é observada ao acrescentar os termos “*health informatics*” e “*information storage and retrieval*”. Na figura 1 observamos o fluxograma do processo de seleção dos artigos que ocorreu em três etapas distintas e foi descrito através do diagrama de fluxo da tabela PRISMA. De posse dos resultados obtidos através dos códigos de pesquisa aplicados nas bases de dados eletrônicas, após análise e seleção criteriosas de todas as publicações a que se teve acesso, foi construído um repositório de informações-chave, extraídas de 83 publicações, que serviu de base para a construção das análises subsequentes. A lista consolidada de publicações, junto com suas principais informações e as respectivas referências, é apresentada na tabela 1.

O desenvolvimento tecnológico associado à digitalização de dados da área da saúde facilitou a adoção de sistemas de registro eletrônico de saúde e, desta forma, estes sistemas tornaram-se obrigatórios em alguns países (AGUIRRE *et al.*, 2019). Volumes crescentes de dados de saúde gerenciados e armazenados eletronicamente são inerentes à transformação digital (DASH *et al.*, 2019). A complexidade e a natureza dinâmica de grandes conjuntos de dados de saúde apresentam desafios relacionados ao processamento, armazenamento e análise de grandes quantidades de dados. Nesse contexto, a proveniência dos dados está associada ao uso do *Blockchain* em saúde, que oferece um registro imutável e rastreável de todas as transações e alterações realizadas nos registros de saúde eletrônicos. Essa característica proporcionada pela tecnologia *blockchain* pode aumentar a confiabilidade e a segurança dos dados de saúde, garantindo a autenticidade e a integridade das informações, bem como permitindo uma auditoria transparente e precisa das atividades relacionadas aos registros de saúde.

Um dos principais problemas é que quase 80% dos dados dos formulários eletrônicos de saúde não são estruturados (MARTIN-SANCHEZ e VESPOOR, 2014), tornando necessárias ferramentas especializadas de extração de dados, para obter informações significativas. Neste sentido, os pesquisadores da área da saúde, não podem utilizar a grande quantidade de dados de saúde bloqueados em bancos de dados clínicos fragmentados em todo o seu potencial para medicina personalizada e melhores resultados de saúde. Além disso, à medida que a quantidade de dados armazenados em formulários eletrônicos de saúde aumenta, torna-se

imprescindível adotar métodos mais avançados e sofisticados para garantir a segurança e a privacidade dessas informações, considerando a imutabilidade dos dados proporcionada pela tecnologia *blockchain*. Isso inclui a implementação de políticas rigorosas de controle de acesso, que permitem que apenas profissionais autorizados tenham acesso aos registros eletrônicos dos pacientes. Além disso, é necessário realizar limpezas regulares dos dados para eliminar informações obsoletas ou desnecessárias, reduzindo o risco de acesso não autorizado. Outro aspecto crucial é o gerenciamento adequado do consentimento do paciente, garantindo que eles tenham controle sobre quem pode acessar suas informações e para quais fins. Essas medidas são essenciais para preservar a integridade e a confidencialidade dos registros de saúde eletrônicos, bem como proteger os direitos e a privacidade dos pacientes. A tecnologia *blockchain* também está ganhando força na indústria e no setor público (HUSSEIN *et al.*, 2018). Com o cenário digital em rápida mudança, é importante desenvolver uma visão geral do impacto das soluções digitais em sistemas de registros de saúde individuais, incluindo registros de saúde eletrônicos e pessoais. Seis tipos de problemas técnicos foram determinados através desta revisão. O primeiro tipo de problema técnico discutido em vários estudos, envolve a segurança dos dados médicos armazenados no registro de saúde para pacientes ou profissionais de saúde.

**Figura 1.** Tabela PRISMA para o fluxo de seleção dos artigos de revisão integrativa.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.



**Tabela 1** – Repositório de informações das publicações disponíveis na literatura sobre o uso da *blockchain* na gestão dos dados nos prontuários eletrônicos de pacientes.

REFERÊNCIA	OBJETIVO
Ghayvat <i>et al.</i> (2022)	Combinar duas tecnologias descentralizadas, ecossistema sólido e tecnologia <i>blockchain</i> , fornecendo assim um design seguro centrado no paciente, para o complexo desenvolvimento de troca de dados nos prontuários eletrônicos.
Panigrahi <i>et al.</i> (2022)	Desenvolvimento de um aplicativo descentralizado, para armazenar e compartilhar dados médicos entre o paciente e o médico.
Alzahrani <i>et al.</i> (2022)	Desenvolver um modelo de pontuação para avaliar a prontidão da organização de saúde para adotar <i>blockchain</i> no contexto de gerenciamento de sistemas de registros eletrônicos de saúde.
Chen <i>et al.</i> (2022)	Os autores mesclam um sistema de arquivos interplanetário (IPFS) e a tecnologia <i>blockchain</i> , fornecendo um método de avaliação do usuário no contrato inteligente.
Lai <i>et al.</i> (2022)	Propõe um sistema seguro de compartilhamento de dados médicos, baseado em assinatura rastreável e <i>blockchain</i> , para resolver o problema das dificuldades de compartilhamento de dados médicos entre instituições.
Ahene <i>et al.</i> (2022)	Propõe uma nova criptografia de assinatura heterogênea com recriptografia de proxy (HSC-PRE), demonstrando como pode ser utilizado para obter segurança do registro eletrônico de saúde, sendo auditável e acessível, usando a tecnologia <i>blockchain</i> .
Zhang <i>et al.</i> (2022)	Propõe o uso da tecnologia <i>blockchain</i> , para preservar a segurança do sistema de e-saúde, garantindo a confidencialidade dos prontuários dos pacientes.
Butt <i>et al.</i> (2022)	Propõe o compartilhamento de registros em uma estrutura em cadeia, em que cada registro é conectado globalmente aos demais, baseado em uma <i>blockchain</i> . Este estudo se concentrou em disponibilizar dados médicos, especialmente de pacientes que viajam em diferentes países, por um período específico após a validação da autenticação necessária.
Lee <i>et al.</i> (2022)	Construir um mecanismo de criptografia tripla para prontuários eletrônicos, por meio do sistema <i>blockchain</i> , para que os dados médicos possam ser trocados, verificados e aplicados em diferentes locais.
Hasib <i>et al.</i> (2022)	Desenvolvimento de um site onde pacientes e médicos se beneficiarão, devido ao uso da tecnologia <i>blockchain</i> para acessar com segurança as informações dos prontuários médicos.
Aldughayfiq e Sampalli (2022)	Avaliar as atitudes das partes envolvidas e medir os benefícios potenciais da introdução do uso de <i>blockchain</i> e <i>machine learning</i> , para prescrever medicamentos com segurança e privacidade das informações de prescrição do paciente, compartilhadas na rede.
Lavanya e Kavitha (2022)	Desenvolvimento do <i>blockchain</i> medSupport, garantindo segurança com resistência à violação de prontuários médicos.

**Tabela 1**– Repositório de informações das publicações disponíveis na literatura sobre o uso da *blockchain* na gestão dos dados nos prontuários eletrônicos de pacientes. (cont.)

REFERÊNCIA	OBJETIVO
Elangovan <i>et al.</i> (2022)	Revisar sistematicamente estudos sobre o uso da tecnologia <i>blockchain</i> na área da saúde e analisar as características dos estudos que implementaram a tecnologia <i>blockchain</i> .
Chelladurai e Pandian (2022)	Propõe um sistema que visa trocar informações de saúde em uma plataforma <i>blockchain</i> para construir um <i>smart</i> sistema de e-saúde.
Sharma <i>et al.</i> (2021)	Propõe uma arquitetura de sistema baseada em <i>blockchain</i> , para fornecer segurança aprimorada dos dados de prontuários médicos, usando o algoritmo de criptografia baseada em identidade.
Chelladurai <i>et al.</i> (2021)	Construção de contratos inteligentes de <i>blockchain</i> para fornecer uma solução regulamentada para os requisitos dos pacientes, médicos e prestadores de serviços de saúde com gestão de integridade das informações.
Bharimalla <i>et al.</i> (2021)	Propõe um sistema <i>blockchain</i> aplicado a prontuários eletrônicos de saúde, baseado em malha <i>Hyperledger</i> . O sistema é integrado a tecnologias como NLP ( <i>Natural Language Processing</i> ) e <i>Machine Learning</i> para oferecer aos usuários recursos práticos.
Taloba <i>et al.</i> (2021)	Apresentam uma estrutura de segurança baseada em <i>blockchain</i> , fornecendo uma maneira segura de acesso aos dados clínicos dos pacientes, para os pacientes e seus cuidadores, médicos e agentes de seguros, usando criptografia e descentralização.
Roehrs <i>et al.</i> (2021)	Apresentam um modelo de arquitetura de uma plataforma <i>blockchain</i> , denominada “ <i>OmniPHR Multi-Blockchain</i> ”, abordando os principais desafios associados à distribuição geográfica de dados de formulários de pacientes.
Panwar e Bhatnagar (2021)	Uma técnica de assinatura de <i>hash</i> de curva criptográfica, baseada em <i>blockchain</i> de abordagem cognitiva, é proposta para proteger os registros médicos dos pacientes e compartilhar seus dados pessoais de saúde com segurança e conveniência.
Dedetürk <i>et al.</i> (2021)	Apresenta uma revisão sobre a <i>blockchain</i> aplicada a genômica e saúde.
Cunningham <i>et al.</i> (2021)	Analisar os requisitos para um sistema de vinculação de dados médicos, que utiliza a funcionalidade principal do <i>blockchain</i> , substituindo um provedor de vinculação terceirizado confiável.
Xavier e Gottschalg-Duque (2021)	Apresenta como o emprego de métodos arquivísticos e das tecnologias <i>blockchain</i> e <i>smart contracts</i> , podem contribuir positivamente para a gestão dos prontuários eletrônicos do paciente.
George e Chacko (2021)	Desenvolvimento de um protótipo na <i>blockchain Ethereum</i> com OpenEMR como sistema de saúde, onde o paciente possui seus dados relacionados ao tratamento e os armazena em um registro de saúde pessoal seguro

**Tabela 1** – Repositório de informações das publicações disponíveis na literatura sobre o uso da *blockchain* na gestão dos dados nos prontuários eletrônicos de pacientes. (cont.)

REFERÊNCIA	OBJETIVO
Rincón e Moreno-Sandoval (2021)	Descrever o processo da arquitetura de software, que oferece segurança às informações que compõem o registro eletrônico de saúde na Colômbia.
Reinert e Corser (2021)	Analisar os pontos fortes e fracos da tecnologia <i>blockchain</i> , à medida que eles impactam os prontuários de saúde móveis e os dispositivos IoMT.
Mandarino <i>et al.</i> (2021)	Descrever as questões relacionadas à adoção da tecnologia <i>blockchain</i> no desenvolvimento de um sistema de gestão de prontuários eletrônicos de saúde.
Xiao <i>et al.</i> (2021)	Construir e avaliar uma <i>blockchain</i> experimental para prontuários eletrônicos de saúde, denominada HealthChain.
Sun <i>et al.</i> (2021)	Analisar o status atual dos sistemas médicos e de saúde na China e estrangeiros, e o sistema de registro de saúde eletrônico médico baseado em <i>blockchain</i> .
Chelladurai e Pandian (2021)	Apresentar um novo sistema de automação de registro de saúde eletrônico, baseado em <i>blockchain</i> para assistência médica.
Vardhini <i>et al.</i> (2021)	Explora a probabilidade de representar registros médicos para garantir privacidade de dados, acessibilidade de dados e interoperabilidade de dados para o cenário específico de assistência médica.
Uddin <i>et al.</i> (2021)	Propõe uma arquitetura <i>Hyperledger Fabric</i> , habilitada para <i>blockchain</i> em diferentes sistemas de registros eletrônicos de saúde.
Alsalamah <i>et al.</i> (2021)	Estudar o uso de <i>blockchain</i> , propondo o <i>HealthyBlockchain</i> como um livro-razão, centrado no paciente, que rastreia digitalmente as transações médicas de um paciente ao longo do caminho do tratamento, para apoiar as equipes de atendimento.
Shi <i>et al.</i> (2020)	Apresenta uma revisão sistemática sobre o uso de <i>blockchain</i> para sistemas de registro eletrônico de pacientes, focando apenas nos aspectos de segurança e privacidade.
Capece e Lorenzi (2020)	Propõe um novo modelo, que consiste em uma <i>blockchain</i> autorizada para gerenciar e armazenar os registros eletrônicos de saúde de pacientes.
Shamshad <i>et al.</i> (2020)	Apresentar um novo protocolo de compartilhamento de registro eletrônico de saúde, com privacidade e segurança, baseado em <i>blockchain</i> , para diagnóstico aprimorado e tratamentos eficientes em telemedicina.
El-Jabari <i>et al.</i> (2020)	Propõe um sistema federado eletrônico de saúde, baseado na arquitetura de documentos clínicos, através de um registro de saúde eletrônico e uma estrutura <i>blockchain</i> , para aprimorar a interoperabilidade com escalabilidade, tolerância a falhas, privacidade e segurança.

**Tabela 1** – Repositório de informações das publicações disponíveis na literatura sobre o uso da *blockchain* na gestão dos dados nos prontuários eletrônicos de pacientes. (cont.)

REFERÊNCIA	OBJETIVO
Stamatellis <i>et al.</i> (2020)	Implementar, através de uma estrutura <i>blockchain</i> , com permissão do <i>Hyperledger Fabric</i> , o armazenamento de registros de pacientes, de forma eficaz, proporcionando anonimato e desvinculação
Nuzzolese (2020)	Investigar possíveis aplicações da tecnologia <i>blockchain</i> , como uma solução técnica holística e de interoperabilidade, para o gerenciamento de dados de saúde/odontologia para uso médico e forense na identificação humana.
Uddin <i>et al.</i> (2020)	Propõe um modelo preditivo para o armazenamento de dados de saúde, que possa atender às necessidades do paciente, tomando decisões de armazenamento rapidamente, em tempo real.
Dubovitskaya <i>et al.</i> (2020)	Desenvolver um sistema que facilite o gerenciamento, o compartilhamento e a agregação segura e confiáveis de dados do registro eletrônico do paciente, permitindo que os pacientes gerenciem seus próprios registros de saúde em vários hospitais.
Durneva <i>et al.</i> (2020)	Avaliar a pesquisa sobre o uso da tecnologia <i>blockchain</i> para atendimento ao paciente, e os desafios associados, fornecendo uma agenda de pesquisa para pesquisas futuras.
Vyas <i>et al.</i> (2020)	Implementar o <i>Ethereum Smart Contract</i> , uma parte estendida do <i>blockchain</i> , no setor de saúde com o objetivo de manter todos os registros e transações seguros e protegidos e, ao mesmo tempo, reduzindo o número de violações de dados do usuário.
Lee <i>et al.</i> (2020)	Construir uma arquitetura baseada em <i>blockchain</i> para uma plataforma internacional de troca de registros de saúde, para garantir a confidencialidade, integridade e disponibilidade de registros de saúde.
Girardi <i>et al.</i> (2020)	Discutir algumas questões relativas à gestão e proteção de dados de saúde trocados por meio de novos dispositivos médicos ou de diagnóstico.
Kim <i>et al.</i> (2020)	Propõe o protocolo seguro para o sistema de registro eletrônico de pacientes, assistido na nuvem usando <i>blockchain</i> .
Nagasubramanian <i>et al.</i> (2020)	Apresentar um sistema de proteção dos registros de saúde eletrônica, usando a tecnologia <i>blockchain</i> de infraestrutura de assinatura, sem chave na nuvem
Niu <i>et al.</i> (2020)	Propõe um esquema de compartilhamento de dados médicos, baseado em <i>blockchain</i> autorizados, que usam criptografia de atributos baseada em texto cifrado, para garantir a confidencialidade dos dados e o controle de acesso aos dados médicos.
Tith <i>et al.</i> (2020)	Construir um sistema para acessar registros eletrônicos de pacientes facilmente, sem depender de um sistema de supervisão centralizado.
Lo <i>et al.</i> (2019)	Desenvolver uma estrutura escalável, flexível e habilitada para <i>blockchain</i> , para construir um serviço de referência médica, conectando unidades de saúde.

**Tabela 1** – Repositório de informações das publicações disponíveis na literatura sobre o uso da *blockchain* na gestão dos dados nos prontuários eletrônicos de pacientes. (cont.)

REFERÊNCIA	OBJETIVO
Hussien <i>et al.</i> (2019)	Pesquisar, sistematicamente, todos os artigos de pesquisa relevantes sobre <i>blockchain</i> em aplicativos de saúde.
Yan <i>et al.</i> (2019)	Apresentar uma arquitetura baseada em <i>blockchain</i> , para sistemas de registro eletrônico de saúde.
Chen <i>et al.</i> (2019)	Propõe um esquema de criptografia pesquisável, baseado em <i>blockchain</i> , para registros eletrônicos de pacientes.
Cao <i>et al.</i> (2019)	Apresentar um sistema seguro de eHealth, assistido em nuvem, para proteger os registros eletrônicos de pacientes usando a tecnologia <i>blockchain</i> .
Roehrs <i>et al.</i> (2019)	Apresenta a implementação e avaliação de um modelo PHR, que integra registros de saúde, usando a tecnologia <i>blockchain</i> .
Shen <i>et al.</i> (2019)	Apresentar um esquema eficiente de compartilhamento de dados, chamado MedChain, que combina técnicas de <i>blockchain</i> e rede P2P estruturada.
Guo <i>et al.</i> (2019)	Propõe uma arquitetura híbrida, para facilitar o controle de acesso de dados ao formulário eletrônico de saúde, usando <i>blockchain</i> e <i>edge node</i> .
Huang <i>et al.</i> (2019)	Demonstra o MedBloc, um sistema de registro eletrônico de pacientes seguro, baseado em <i>blockchain</i> , para compartilhamento e acesso a dados médicos.
Carter <i>et al.</i> (2019)	Apresenta uma nova abordagem para uma rede de <i>blockchain</i> e computação em nuvem, utilizando <i>Amazon Web Services</i> e <i>blockchain Ethereum</i> , para facilitar a interoperabilidade em nível semântico de sistemas de registros eletrônicos de saúde sem formulários e formatação de dados padronizados.
Shahnaz <i>et al.</i> (2019)	Implementar a tecnologia <i>blockchain</i> para formulário eletrônico de saúde, fornecendo armazenamento seguro de registros eletrônicos, definindo regras de acesso granular para os usuários.
Liu <i>et al.</i> (2019)	Propõe um esquema de compartilhamento e proteção de dados médicos, baseado na <i>blockchain</i> privada do hospital, para melhorar o sistema eletrônico de saúde do hospital.
Yang <i>et al.</i> (2019)	Propõe um esquema pesquisável de dados nos registros eletrônicos de saúde, baseado em <i>blockchain</i> , para realizar o cálculo e a aplicação de dados no ambiente de rede descentralizado.
Wu <i>et al.</i> (2019)	Projetar uma estrutura baseada em <i>blockchain</i> para o compartilhamento de documentos entre empresas e integração de registros eletrônicos de saúde.
Aguirre <i>et al.</i> (2019)	Apresentar o plano de seleção e implementação, avaliando os fluxos de trabalho institucionais existentes para cada departamento, descrevendo as necessidades para incluir um sistema de formulário eletrônico de saúde.
Dwivedi <i>et al.</i> (2019)	Apresentam uma nova estrutura de modelos de <i>blockchain</i> modificados para dispositivos IoT, que dependem de sua natureza distribuída e outras propriedades adicionais, mantendo a privacidade e segurança formulários eletrônicos.

**Tabela 1** – Repositório de informações das publicações disponíveis na literatura sobre o uso da *blockchain* na gestão dos dados nos prontuários eletrônicos de pacientes. (cont.)

REFERÊNCIA	OBJETIVO
Omar <i>et al.</i> (2019)	Propõem uma plataforma com privacidade para dados de saúde na nuvem, baseado no ambiente <i>blockchain</i> .
Tian <i>et al.</i> (2019)	Fornece um novo esquema para a integridade, disponibilidade e privacidade dos dados, através de uma chave compartilhada criptografada dos dados para armazená-lo em uma <i>blockchain</i> .
Wang e Song (2018)	Propõe um sistema seguro de registro eletrônico de saúde, baseado em criptosistema, com em atributos e tecnologia <i>blockchain</i> .
Alexaki <i>et al.</i> (2018)	Apresentam uma solução para o proteger os formulários eletrônicos de saúde de falha e de invasores.
Zhang e Lin (2018)	Propõe um esquema de compartilhamento de informações seguras e com preservação de privacidade, baseada em <i>blockchain</i> para melhorias de diagnóstico em sistemas de e-Saúde.
Yang e Li (2018)	Apresenta uma arquitetura baseada em <i>blockchain</i> , para sistemas de registro eletrônico de saúde.
Lui <i>et al.</i> (2018)	Apresentam o BPDFS, um compartilhamento de dados de preservação de privacidade, baseado em <i>blockchain</i> para registros médicos eletrônicos.
Tamazirt <i>et al.</i> (2018)	Apresentam uma solução para ajudar os profissionais de saúde a serem informados das menores alterações feitas no prontuário de um paciente, a fim de reduzir as taxas de erros médicos, mas também permitindo que eles os consultem de forma transparente se autorizados.
Theodouli <i>et al.</i> (2018)	Desenvolvem o projeto de um sistema baseado em <i>blockchain</i> , para facilitar o compartilhamento de dados de saúde.
Chen <i>et al.</i> (2018)	Projetam um esquema de armazenamento, para gerenciar dados médicos pessoais com base em <i>blockchain</i> e armazenamento na nuvem. Além disso, é descrita uma estrutura de serviço para compartilhamento de registros médicos.
Mikula e Jacobsen (2018)	Explora o potencial da tecnologia <i>blockchain</i> , aplicada a um sistema descentralizado para gerenciamento de identidade e acesso a formulários eletrônicos de saúde.
Zhang <i>et al.</i> (2018)	Fornece quatro contribuições para o estudo da aplicação da tecnologia <i>blockchain</i> ao compartilhamento de dados clínicos.
Wehbe <i>et al.</i> (2018)	Apresentam um modelo de rede <i>blockchain</i> com meta restrição para gerenciamento de registros de saúde.
Yang <i>et al.</i> (2017)	Apresenta uma arquitetura baseada em <i>blockchain</i> para um registro eletrônico de saúde.
Ichikawa <i>et al.</i> (2017)	Desenvolver e avaliar um sistema <i>mHealth</i> inviolável, usando a tecnologia <i>blockchain</i> , que permite computação confiável e auditável, usando uma rede descentralizada.
Yue <i>et al.</i> (2016)	Apresentam gateways de dados de saúde, como uma inteligência para área da saúde na <i>blockchain</i> , como um novo controle de risco de privacidade.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.



O estudo de Tamarzit *et al.* (2018), objetivou resolver a restrição do sistema de armazenamento dos formulários eletrônicos de saúde, dependente de terceiros confiáveis (por exemplo, servidores em nuvem), substituindo o sistema de infraestrutura de maneira descentralizada, garantindo assim, que o armazenamento seja resistente a ataques de segurança e *hacking*<sup>1</sup> de dados de pacientes. Estudos de Chen *et al.* (2018) e Alexaki *et al.* (2018), tentaram resolver o problema da segurança dos formulários eletrônicos de saúde, visto que, o repositório de dados médicos é um ponto único de falha e pode ser alvo de invasores, como ataques de *ransomware*<sup>2</sup> ou negação de serviços. Esses problemas de segurança e privacidade com dados médicos podem resultar de atrasos no tratamento e até colocar em risco a vida dos pacientes (DWIVEDI *et al.*, 2019).

O segundo tipo de problema técnico, diz respeito à proteção da privacidade dos dados médicos de pacientes e profissionais de saúde no formulário eletrônico de saúde. Yan *et al.* (2017), Lui *et al.* (2018), focaram na preservação da privacidade dos dados médicos nos formulários eletrônicos de saúde, em relação a coleta, armazenamento, compartilhamento e análise de informações confidenciais de saúde. O estudo de Omar *et al.* (2019), teve como objetivo abordar a questão das violações de privacidade de dados médicos armazenados na nuvem, contra-ataques cibernéticos, como falta de responsabilidade e pseudônimo.

O terceiro tipo de problemas técnicos está relacionado à garantia da integridade dos dados e da disponibilidade dos dados médicos armazenados. Os estudos de Theodouli *et al.* (2018) e Tian *et al.* (2019), tentaram resolver o problema de integridade e disponibilidade de armazenamento de dados médicos em um banco de dados local centralizado. Os dois métodos para obter integridade no sistema existente, envolvem a formulação de uma estratégia de controle de acesso e a criptografia de dados médicos com a chave do paciente.

O quarto tipo de problema técnico, diz respeito ao acesso aos controles no sistema médico. Mikula e Jacobsen (2018), tentaram resolver o problema de conexões não autorizadas

---

<sup>1</sup> *Hacking* refere-se a atividades de acesso não autorizado, exploração ou manipulação de sistemas de computadores, redes ou dispositivos eletrônicos com o objetivo de obter informações, danificar sistemas ou realizar outras ações maliciosas.

<sup>2</sup> *Ransomware* é um tipo de *malware* malicioso que criptografa os dados de um sistema ou dispositivo, tornando-os inacessíveis ao usuário legítimo.

nos formulários eletrônicos de saúde, contra-ataques de segurança quando os dados de um paciente são trocados de um provedor para outro.

O quinto tipo de problema técnico, diz respeito à interoperabilidade de dados médicos. As ineficiências e erros na troca, coleta e análise de dados médicos levam à falta de interoperabilidade nos cuidados de saúde (ZHANG *et al.*, 2018). Wehbe *et al.* (2018), tentaram resolver o problema do acesso do paciente ao banco de dados dos formulários eletrônicos de saúde, visto que, os pacientes não conseguem compartilhar dados facilmente com provedores ou pesquisadores. A disseminação de registros médicos de pacientes arrisca a confidencialidade do paciente, porque atividades maliciosas podem prejudicar seriamente a reputação e as finanças.

O sexto tipo de problema técnico está relacionado a questões de gerenciamento de grandes volumes de dados de pacientes nos aplicativos de saúde. Os dados médicos são extensos e complicados, podendo resultar em problemas de qualidade dos dados médicos, como análise complicada, diagnóstico e previsão, bem como a confidencialidade dos dados devido ao número crescente de crimes cibernéticos (YUE *et al.* 2016).

Esta revisão, fornece algumas recomendações para mitigar os desafios enfrentados por pesquisadores e desenvolvedores na integração da tecnologia *blockchain* em aplicativos de saúde. O uso da *blockchain* oferece muitas vantagens, que podem ser usadas para resolver vários problemas de compartilhamento de registros, segurança e privacidade nos aplicativos e redes de saúde. Em aplicações de saúde, os incentivos à mineração, que é o mecanismo central da *blockchain* e ataques específicos na *blockchain* que podem parar todo o sistema, não são totalmente considerados.

A *blockchain* permite que várias entidades do sistema de saúde permaneçam sincronizadas e compartilhem dados em um registro comumente distribuído. Com esse sistema, os participantes podem compartilhar e rastrear seus dados e outras atividades que ocorrem no sistema sem precisar buscar opções adicionais de integridade e segurança. Neste sentido, deve-se aprimorar a *blockchain* com permissão, sendo uma rede fechada, onde todos os participantes envolvidos no sistema têm acesso à rede. *Blockchain* sem permissão fornecem acesso a qualquer pessoa para criar um endereço e começar a interagir com a rede. Qualquer pessoa na rede pode interagir com outros participantes na mesma rede criando seu endereço



na rede (KUO *et al.*, 2017). A *blockchain* privada ou de consórcio, é recomendado para ser usado como um sistema subjacente ao modelo de aplicação de saúde para mediar outros problemas, como desempenho, consumo de energia e escalabilidade (ZHANG e LIN, 2018).

Nos aplicativos de saúde, dados importantes do paciente permanecem predominantes em diferentes departamentos e sistemas. Dado que a assistência médica é um sistema complexo com várias entidades, exige que os pacientes compartilhem seus dados e registros médicos em todo o ecossistema. O atual ecossistema de saúde não pode ser considerado completo, porque muitos participantes do sistema, não possuem um sistema implantado para gerenciar as operações sem problemas. Além disso, o aumento do número de pacientes resultou no aumento de dados, levando a dificuldades no gerenciamento de informações de pacientes em hospitais e clínicas. A *blockchain* tem o potencial de alcançar avanços significativos no ecossistema de saúde, porque pode facilmente fazer mudanças específicas no gerenciamento das informações de saúde dos pacientes. Com isso, os indivíduos serão responsáveis por lidar com seus registros, obtendo assim controle total sobre seus dados. A tecnologia *blockchain* pode melhorar a qualidade do atendimento ao paciente, mantendo os objetivos de segurança do sistema, como confidencialidade, integridade, disponibilidade, privacidade, autenticidade, confiabilidade, não repúdio, responsabilidade e auditabilidade.

## CONCLUSÃO

Uma das contribuições deste artigo é o levantamento abrangente e classificação de artigos de pesquisa sobre *blockchain*, e sua integração em diferentes aplicações de saúde, nas quais são observadas tendências específicas da literatura. A plataforma *blockchain* proporciona o desenvolvimento de uma aplicação descentralizada, na qual o padrão de transações de dados não é controlado por nenhuma organização intermediária. A transação de dados das entidades é armazenada em um banco de dados descentralizado de forma verificável, segura, imutável e transparente com carimbo de hora e outros detalhes relevantes. O número de estudos sobre *blockchain* em aplicações de saúde continua aumentando, embora tenham limitações que permanecem sem solução.

A tecnologia *blockchain* oferece a oportunidade de ser usada em sistemas de armazenamento de informações de pacientes, com diferentes implementações em potencial. Nos estágios iniciais de projeto e desenvolvimento, muitos estudos propuseram soluções com potencial para aumentar a transparência dos dados e a eficiência operacional. No entanto, é importante destacar que existem limitações pontuais do *blockchain* que ainda não possuem soluções definitivas, especialmente em relação à segurança, privacidade e escalabilidade. Essas questões exigirão mais pesquisas e avanços tecnológicos antes da implantação em produção em escala substancial. Consequentemente, o uso de *blockchain* no armazenamento dos dados de prontuários de pacientes deve ser avaliado com cuidado, levando em consideração essas vulnerabilidades de segurança e problemas de desempenho que precisam ser resolvidos.

Apesar do excelente potencial e do grande interesse na tecnologia *blockchain*, avaliamos que seu impacto no armazenamento de prontuários de pacientes permanece na fase de documentação e as aplicações de pesquisa e atendimento clínico ainda precisam ser desenvolvidas. A maioria dos estudos baseados em soluções *blockchain* continua na forma de novos conceitos e, em alguns casos, operacionalmente com base de dados de usuários restrita. No entanto, acreditamos que o futuro da tecnologia *blockchain*, que elimina intermediários, tem um imenso potencial para exercer um efeito positivo significativo no armazenamento de dados de pacientes na área da saúde.

## REFERÊNCIAS

- ALDUGHAYFIQ, B.; SAMPALLI, S. Patients', pharmacists', and prescribers' attitude toward using *blockchain* and machine learning in a proposed ePrescription system: online survey. **JAMIA open**, v. 5, n. 1, p. ooab115, 2022. <https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooab115>
- AKHTER M. D. H.; TAMZID, K. *et al.* Electronic health record monitoring system and data security using *blockchain* technology. **Security and Communication Networks**, v. 2022, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2366632>
- ALSALAMAH, S. A. *et al.* HealthyBlockchain for Global Patients. **CMC-COMPUTERS MATERIALS e CONTINUA**, v. 68, n. 2, p. 2431-2449, 2021. <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.016618>
- AGUIRRE, R. R. *et al.* Electronic health record implementation: a review of resources and tools. **Cureus**, v. 11, n. 9, 2019. <https://doi.org/10.7759/cureus.5649>

- AHENE, E. *et al.* Heterogeneous signcryption with proxy re-encryption and its application in EHR systems. **Telecommunication Systems**, v. 80, n. 1, p. 59-75, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11235-022-00886-2>
- ALEXAKI, S. *et al.* Blockchain-based electronic patient records for regulated circular healthcare jurisdictions. In: **2018 IEEE 23rd International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)**. IEEE, 2018. p. 1-6. <https://doi.org/10.1109/CAMAD.2018.8514954>
- ALSHALALI, T.; M'BALE, K.; JOSYULA, D. Security and privacy of electronic health records sharing using hyperledger fabric. In: **2018 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)**. IEEE, 2018. p. 760-763. <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.015354>
- ALZHRANI, S.; DAIM, T.; CHOO, K. R. Assessment of the *blockchain* technology adoption for the management of the electronic health record systems. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 2022.
- ARANHA, R.; HORSTMANN, B. O Prontuário e o Paciente Digital. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 22, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-22562019022.180221>
- BHARIMALLA, P. K. *et al.* A Blockchain and NLP Based Electronic Health Record System: Indian Subcontinent Context. **Informatica**, v. 45, n. 4, 2021. <https://doi.org/10.31449/inf.v45i4.3503>
- BUTT, G. Q. *et al.* Secure Healthcare Record Sharing Mechanism with *Blockchain*. **Applied Sciences**, v. 12, n. 5, p. 2307, 2022. <https://doi.org/10.3390/app12052307>
- CAO, S. *et al.* Cloud-assisted secure eHealth systems for tamper-proofing EHR via *blockchain*. **Information Sciences**, v. 485, p. 427-440, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.02.038>
- CAPECE, G.; LORENZI, F. *Blockchain* and Healthcare: Opportunities and Prospects for the EHR. **Sustainability**, v. 12, n. 22, p. 9693, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12229693>
- CARTER, G.; SHAHRIAR, H.; SNEHA, S. *Blockchain*-Based Interoperable Electronic Health Record Sharing Framework. **2019 IEEE 43rd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)**. p. 452-457. 2019. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3141079>
- CENTRE FOR REVIEWS DISSEMINATION. **Systematic Reviews**. 2009. Disponível em: [https://www.york.ac.uk/media/crd/Systematic\\_Reviews.pdf](https://www.york.ac.uk/media/crd/Systematic_Reviews.pdf). Acesso em: 30 jul. 2023.
- CHELLADURAI, U.; PANDIAN, S. A novel *blockchain* based electronic health record automation system for healthcare. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 13, n. 1, p. 693-703, 2022. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03163-3>
- CHELLADURAI, M. U.; PANDIAN, S.; RAMASAMY, K. A *blockchain* based patient centric electronic health record storage and integrity management for e-Health systems. **Health Policy and Technology**, v. 10, n. 4, p. 100513, 2021. <https://doi.org/10.1155/2022/5642026>
- CHEN, L.; LEE, W.; CHANG, C.; CHOO, K. R.; ZHANG, N. *Blockchain* based searchable encryption for electronic health record sharing. **Future Generation Computer Systems**, v. 95, p. 420 - 429. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.01.018>
- CHEN, J.; YIN, X.; NING, J. A fine-grained and secure health data sharing scheme based on *blockchain*. **Transactions on Emerging Telecommunications Technologies**, p. e4510, 2022. <https://doi.org/10.1002/ett.4510>
- CHEN, Yi *et al.* *Blockchain*-based medical records secure storage and medical service framework. **Journal of medical systems**, v. 43, n. 1, p. 1-9, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10916-018-1121-4>
- CUNNINGHAM, J. *et al.* *Blockchain* Native Data Linkage. **Frontiers in Blockchain**, p. 21, 2021. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2021.667388>

- SOUZA, S. C.; SOUSA, H. R.; COSTA, I. S. O papel do cirurgião-dentista no diagnóstico precoce da leucemia e sua responsabilidade ética e legal-revisão de literatura. **Revista Brasileira de Odontologia Legal**, v. 4, n. 2, 2017. <http://dx.doi.org/10.21117/rbol.v4i2.82>
- DASH, S. *et al.* Big data in healthcare: management, analysis and future prospects. **Journal of Big Data**, v. 6, n. 1, p. 1-25, 2019. <http://dx.doi.org/10.1186/s40537-019-0217-0>
- DEDETURK, B. A.; SORAN, A.; BAKIR-GUNGOR, B. *Blockchain* for genomics and healthcare: a literature review, current status, classification and open issues. **PeerJ**, v. 9, p. e12130, 2021. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.12130>
- DWIVEDI, A. D. *et al.* A decentralized privacy-preserving healthcare *blockchain* for IoT. **Sensors**, v. 19, n. 2, p. 326, 2019. <https://doi.org/10.3390/s19020326>
- DUBOVITSKAYA, A. *et al.* ACTION-EHR: patient-centric *blockchain*-based electronic health record data management for cancer care. **Journal of medical Internet research**, v. 22, n. 8, p. e13598, 2020. <https://doi.org/10.2196/13598>
- DURNEVA, P. *et al.* The current state of research, challenges, and future research directions of *blockchain* technology in patient care: systematic review. **Journal of medical Internet research**, v. 22, n. 7, p. e18619, 2020. <https://doi.org/10.2196/18619>
- ELANGO VAN, D. *et al.* The Use of *Blockchain* Technology in the Health Care Sector: Systematic Review. **JMIR medical informatics**, v. 10, n. 1, p. e17278, 2022. <https://doi.org/10.2196/17278>
- EL-GAZZAR, R. *et al.* *Blockchain* in health care: hope or hype?. **Journal of Medical Internet Research**, v. 22, n. 7, p. e17199, 2020. <https://doi.org/10.2196/17199>
- EL-JABARI, C.; MACEDO, M. M.; AL-JABARI, M. O. Towards a New Paradigm of Federated Electronic Health Records in Palestine. **Informatics**, v. 7, n. 41. 2020. <https://doi.org/10.3390/informatics7040041>
- GEORGE, M.; CHACKO, A. M. MediTrans—Patient-centric interoperability through *blockchain*. **International Journal of Network Management**, v. 32, n. 3, p. e2187, 2022. <https://doi.org/10.1002/nem.2187>
- GHAYVAT, H. *et al.* SHARIF: Solid Pod-Based Secured Healthcare Information Storage and Exchange Solution in Internet of Things. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 18, n. 8, p. 5609-5618, 2021. <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3136884>
- GIRARDI, F. *et al.* Improving the healthcare effectiveness: The possible role of EHR, IoMT and *blockchain*. **Electronics**, v. 9, n. 6, p. 884, 2020. <https://doi.org/10.3390/electronics9060884>
- GUO, R. *et al.* Secure attribute-based signature scheme with multiple authorities for *blockchain* in electronic health records systems. **IEEE access**, v. 6, p. 11676-11686, 2018. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2801266>
- GUO, H. *et al.* Access control for electronic health records with hybrid *blockchain*-edge architecture. In: **2019 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)**. IEEE, 2019. p. 44-51. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.01188>
- HASSELGREN, A. *et al.* *Blockchain* in healthcare and health sciences—A scoping review. **International Journal of Medical Informatics**, v. 134, p. 104040, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.104040>
- HUANG, J. *et al.* MedBloc: A *blockchain*-based secure EHR system for sharing and accessing medical data. In: **2019 18th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications/13th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering (TrustCom/BigDataSE)**. IEEE, 2019. p. 594-601. <https://doi.org/10.1109/TrustCom/BigDataSE.2019.00085>
- HUSSEIN, A. F. *et al.* A medical records managing and securing *blockchain* based system supported by a genetic algorithm and discrete wavelet transform. **Cognitive Systems Research**, v. 52, p. 1-11, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.05.004>

- HUSSIEN, H. M. *et al.* A systematic review for enabling of develop a *blockchain* technology in healthcare application: taxonomy, substantially analysis, motivations, challenges, recommendations and future direction. **Journal of medical systems**, v. 43, n. 10, p. 1-35, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1445-8>
- ICHIKAWA, D. *et al.* Tamper-resistant mobile health using *blockchain* technology. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 5, n. 7, p. e7938, 2017. <https://doi.org/10.2196/mhealth.7938>
- KIM, M. H.; YU, S. J.; LEE, J. Y.; PARK, Y. H.; PARK, Y. H. Design of Secure Protocol for Cloud-Assisted Electronic Health Record System Using *Blockchain*. **Sensors**, v. 20, n. 2913, 2020. <https://doi.org/10.3390/s20102913>
- KUO, T.; KIM, H.; OHNO-MACHADO, L. *Blockchain* distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 24, n. 6, p. 1211-1220, 2017. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocx068>
- LAI, C. *et al.* Secure medical data sharing scheme based on traceable ring signature and *blockchain*. **Peer-to-Peer Networking and Applications**, v. 15, n. 3, p. 1562-1576, 2022. <https://doi.org/10.1145/3376044.3376054>
- LAVANYA, M.; KAVITHA, V. Secure Tamper-Resistant Electronic Health Record Transaction in Cloud System Via *Blockchain*. **Wireless Personal Communications**, v. 124, n. 1, p. 607-632, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11277-021-09319-w>
- LEE, H. *et al.* An architecture and management platform for *blockchain*-based personal health record exchange: Development and usability study. **Journal of Medical Internet Research**, v. 22, n. 6, p. e16748, 2020. <http://dx.doi.org/10.2196/16748>
- LEE, Y.; LEE, H.; HSU, C.; KUNG, H.; CHIU, H. SEMRES - A Triple Security Protected *Blockchain* Based Medical Record Exchange Structure. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 215, pp. 106595, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106595>
- LIU, J. *et al.* BPDS: A *blockchain* based privacy-preserving data sharing for electronic medical records. In: **2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)**. IEEE, 2018. p. 1-6. <http://arxiv.org/abs/1811.03223v1>
- LIU, X. *et al.* A *blockchain*-based medical data sharing and protection scheme. **IEEE Access**, v. 7, p. 118943-118953, 2019. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2937685>
- LO, Yu-Sheng *et al.* *Blockchain*-enabled iWellChain framework integration with the national medical referral system: development and usability study. **Journal of Medical Internet Research**, v. 21, n. 12, p. e13563, 2019. <http://dx.doi.org/10.2196/13563>
- MANDARINO, V. *et al.* Issues Related to EHR *Blockchain* Applications. In: **2021 2nd Asia Conference on Computers and Communications (ACCC)**. IEEE, 2021. p. 132-137. <https://doi.org/10.1155/2022/7299185>
- MARTIN-SANCHEZ, F.; VERSPOOR, K. Big data in medicine is driving big changes. **Yearbook of medical informatics**, v. 23, n. 01, p. 14-20, 2014. <https://doi.org/10.15265/iy-2014-0020>
- MIKULA, T.; JACOBSEN, R. H. Identity and access management with *blockchain* in electronic healthcare records. In: **2018 21st Euromicro conference on digital system design (DSD)**. IEEE, 2018. p. 699-706. <https://doi.org/10.1109/DSD.2018.00008>
- NAGASUBRAMANIAN, G. *et al.* Securing e-health records using keyless signature infrastructure *blockchain* technology in the cloud. **Neural Computing and Applications**, v. 32, n. 3, p. 639-647, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00521-018-3915-1>
- NIU, S. *et al.* Electronic health record sharing scheme with searchable attribute-based encryption on *blockchain*. **IEEE Access**, v. 8, p. 7195-7204, 2019. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2959044>



- NUZZOLESE, E. Electronic health record and *blockchain* architecture: forensic chain hypothesis for human identification. **Egyptian Journal of Forensic Sciences**, v. 10, n. 1, p. 1-5, 2020. <https://doi.org/10.1186/s41935-020-00209-z>
- OMAR, A. A.; BHUIYAN, Z. A.; BASU, A.; KIYOMOTO, S.; RAHMAN, M. S. Privacy-friendly Platform for Healthcare Data in Cloud Based on *Blockchain* Environment. **Futur. Gener. Comput. Syst.** v. 95, p. 511–521. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.12.044>
- PANIGRAHI, A.; NAYAK, A. K.; PAUL, R. HealthCare EHR: A *Blockchain*-Based Decentralized Application. **International Journal of Information Systems and Supply Chain Management**, v. 15, n. 3. 2022. <https://doi.org/10.4018/IJISCM.290017>
- PANWAR, A.; BHATNAGAR, V. A cognitive approach for *blockchain*-based cryptographic curve hash signature (BC-CCHS) technique to secure healthcare data in Data Lake. **Soft Computing**, p. 1-15, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-06513-7>
- RINCÓN, P. E. A.; MORENO-SANDOVAL, L. G. Design of an Architecture Contributing to the Protection and Privacy of the Data Associated with the Electronic Health Record. **Information**, v. 12, n. 8, p. 313, 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/info12080313>
- REINERT, J.; CORSER, G. Classification of *Blockchain* Implementation in Mobile Electronic Health Records and Internet of Medical Things Devices Research. In: **SoutheastCon 2021**. IEEE, 2021. p. 01-05. <https://doi.org/10.1109/SoutheastCon45413.2021.9401915>
- ROEHRS, A. *et al.* Integrating multiple *blockchain* to support distributed personal health records. **Health Informatics Journal**, v. 27, n. 2, p. 14604582211007546, 2021. <https://doi.org/10.1177%2F14604582211007546>
- ROEHRS, A. *et al.* Analyzing the performance of a *blockchain*-based personal health record implementation. **Journal of biomedical informatics**, v. 92, p. 103140, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103140>
- STAMATELLIS, C. *et al.* A privacy-preserving healthcare framework using hyperledger fabric. **Sensors**, v. 20, n. 22, p. 6587, 2020. <https://doi.org/10.3390/s20226587>
- SHAHNAZ, A.; QAMAR, U.; KHALID, A. Using *Blockchain* for Electronic Health Records. **IEEE Access** 7: 147782–147795. 2019. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946373>
- SHAMSHAD, S. *et al.* A secure *blockchain*-based e-health records storage and sharing scheme. **Journal of Information Security and Applications**, v. 55, p. 102590, 2020. <http://dx.doi.org/10.1109/ICEEICT53905.2021.9667820>
- SHARMA, P. *et al.* *Blockchain*-based IoT architecture to secure healthcare system using identity-based encryption. **Expert Systems**, p. e12915, 2021. <https://doi.org/10.1111/exsy.12915>
- SHEN, B.; GUO, J.; YANG, Y. MedChain: Efficient healthcare data sharing via *blockchain*. **Applied sciences**, v. 9, n. 6, p. 1207, 2019. <https://doi.org/10.3390/app9061207>
- SHI, S. *et al.* Applications of *blockchain* in ensuring the security and privacy of electronic health record systems: A survey. **Computers e security**, v. 97, p. 101966, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.101966>
- SUN, B.; LV, Z.; LI, Q. Obstetrics nursing and medical health system based on *Blockchain* technology. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 2021, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6631457>
- TALOBA, A. I. *et al.* A Framework for Secure Healthcare Data Management using *Blockchain* Technology. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 12, n. 12, 2021. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0121280>

- TAMAZIRT, L.; ALILAT, F.; AGOULMINE, N. *Blockchain technology: A new secured electronic health record system*. In: **6th International Workshop on ADVANCES in ICT Infrastructures and Services (ADVANCE 2018)**. 2018. p. 134–141. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01777462>
- THEODOULI, A. *et al.* On the design of a *blockchain*-based system to facilitate healthcare data sharing. In: **2018 17th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications/12th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering (TrustCom/BigDataSE)**. IEEE, 2018. p. 1374-1379. <http://dx.doi.org/10.1109/TrustCom/BigDataSE.2018.00190>
- TIAN, H.; HE, J.; DING, Y. Medical data management on *blockchain* with privacy. **Journal of medical systems**, v. 43, n. 2, p. 1-6, 2019. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-018-1144-x>
- TITH, D. *et al.* Application of *blockchain* to maintaining patient records in electronic health record for enhanced privacy, scalability, and availability. **Healthcare informatics research**, v. 26, n. 1, p. 3-12, 2020. <https://doi.org/10.4258/hir.2020.26.1.3>
- UDDIN, M. *et al.* Hyperledger fabric *blockchain*: Secure and efficient solution for electronic health records. **CMC Comput. Mater. Continua**, v. 68, p. 2377-2397, 2021. <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.015354>
- UDDIN, M. A. *et al.* Rapid health data repository allocation using predictive machine learning. **Health Informatics Journal**, v. 26, n. 4, p. 3009-3036, 2020. <https://doi.org/10.1177%2F1460458220957486>
- VARDHINI, B. *et al.* A *blockchain* based electronic medical health records framework using smart contracts. In: **2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)**. IEEE, 2021. p. 1-4. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239946>
- VYAS, J. D. *et al.* Integrating *blockchain* technology into healthcare. In: **Proceedings of the 2020 ACM Southeast Conference**. 2020. p. 197-203. <https://doi.org/10.1145/3374135.3385280>
- WANG, H.; SONG, Y. Secure cloud-based EHR system using attribute-based cryptosystem and *blockchain*. **Journal of medical systems**, v. 42, n. 8, p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10916-018-0994-6>
- WEHBE, Y.; AL ZAABI, M.; SVETINOVIC, D. *Blockchain* AI framework for healthcare records management: constrained goal model. In: **2018 26th Telecommunications forum (TELFOR)**. IEEE, 2018. p. 420-425. <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2018.8611900>
- WU, H. *et al.* A patient-centric interoperable framework for health information exchange via *blockchain*. In: **Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Blockchain Technology and Applications**. 2019. p. 76-80. <https://doi.org/10.1145/3376044.3376055>
- XAVIER, A. C. C.; GOTTSCHALG-DUQUE, Cláudio. Electronic health records: what is the contribution of archivistics and Smart Contracts for their management during the period of Health 4.0?. **AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento**; v. 10, n. 3 (2021): set./dez.; 1-10, v. 24, n. 2, p. 10-1. <http://dx.doi.org/10.5380/atoz.v10i3.81267>
- XIAO, Y. *et al.* The HealthChain *blockchain* for electronic health records: development study. **Journal of Medical Internet Research**, v. 23, n. 1, p. e13556, 2021. <https://doi.org/10.2196/13556>
- XIAODONG, Y. A. N. G. *et al.* *Blockchain*-based secure and searchable EHR sharing scheme. In: **2019 4th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE)**. IEEE, 2019. p. 822-8223. <https://doi.org/10.3390/network2020016>
- YANG, H.; YANG, B. A *blockchain*-based approach to the secure sharing of healthcare data. In: **Proceedings of the norwegian information security conference**. Oslo, Norway: Nisk J, 2017. p. 100-111.

YANG, G.; LI, Ci. A design of *blockchain*-based architecture for the security of electronic health record (EHR) systems. In: **2018 IEEE International conference on cloud computing technology and science (CloudCom)**. IEEE, 2018. p. 261-265. <http://dx.doi.org/10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216336>

YUE, X. *et al.* Healthcare data gateways: found healthcare intelligence on *blockchain* with novel privacy risk control. **Journal of medical systems**, v. 40, n. 10, p. 1-8, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10916-016-0574-6>

ZHANG, A.; LIN, X. Towards secure and privacy-preserving data sharing in e-health systems via consortium *blockchain*. **Journal of medical systems**, v. 42, n. 8, p. 1-18, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10916-018-0995-5>

ZHANG, P. *et al.* FHIRChain: applying *blockchain* to securely and scalably share clinical data. **Computational and structural biotechnology journal**, v. 16, p. 267-278, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.07.004>

ZHANG, G.; YANG, Z.; LIU, W. *Blockchain*-based privacy preserving e-health system for healthcare data in cloud. **Computer Networks**, v. 203, p. 108586, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108586>.



Este trabalho está licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).