

***Blockchain* na viabilização de compartilhamento seguro dos dados de Registros Eletrônicos de Saúde (RES)**

Enabling secure sharing of Electronic Health Records (EHR) with Blockchain

***Blockchain* para permitir el intercambio seguro de datos de registros médicos electrónicos (RME)**

Recebido: 17/11/2021 | Revisado: 28/11/2021 | Aceito: 29/11/2021 | Publicado: 11/12/2021

Frederico Uemura Pimenta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6651-0973>

Universidade Federal de São Paulo, Brasil

E-mail: fred.uemura@gmail.com

Marco Antonio Dias da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2774-4769>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: marco.dias@professor.ufcg.edu.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi identificar o que tem sido considerado na utilização de blockchain para compartilhamento de registros de saúde. Realizou-se uma revisão sistemática da literatura, nas bases BVS e PubMed, sobre uso de blockchain para compartilhamento seguro de registros de saúde em artigos publicados entre julho de 2018 a julho de 2021. Foram selecionados oito estudos focados em modelos nos quais o paciente é dono de seus dados, com mecanismos para controle de acesso. Observou-se que a confidencialidade dos dados foi o principal tema abordado (87,5%), seguido por preocupações com a rede quanto a escalabilidade (25%), latência (25%) e disponibilidade (12,5%). Conclui-se que apesar de todas as vantagens associadas ao uso de Blockchain, a confiabilidade dos dados ainda se destaca como uma das maiores preocupações quando do seu uso para compartilhamento de registros de saúde.

Palavras-chave: Prontuário eletrônico; Bases de dados distribuídas; Segurança da informação; Interoperabilidade da informação em saúde.

Abstract

The aim of this review was to identify what is being considered when using blockchain for sharing of health records. The BVS and PubMed databases were screened by articles published between July 2018 and July 2021. A total of eight studies, in which patients own the data and have access to it, were selected. It was observed that data confidentiality was the main concern (87.5%), followed by scalability (25%), latency (25%), and availability (12.5%). It was concluded that despite all the advantages associated with the use of Blockchain, data reliability still stands out as one of the concerns when using it for sharing health records.

Keywords: Electronic health records; Computer communication networks; Computer security; Health information interoperability.

Resumen

El objetivo de este estudio fue identificar qué se ha considerado en el uso de blockchain para compartir registros de salud. Se realizó una revisión bibliográfica sistemática, en las bases de datos de BVS y PubMed, sobre el uso de blockchain para el intercambio seguro de historias clínicas en artículos publicados entre julio de 2018 y julio de 2021. Fueron seleccionados ocho estudios enfocados en modelos en los que el paciente es dueño de sus datos, con mecanismos de control de acceso. Se observó que la confidencialidad de los datos fue el tema principal abordado (87,5%), seguido de las preocupaciones sobre la red en cuanto a escalabilidad (25%), latencia (25%) y disponibilidad (12,5%). Se concluyó que a pesar de todas las ventajas asociadas con el uso de Blockchain, la confiabilidad de los datos aún se destaca como una de las mayores preocupaciones cuando se usa para compartir registros médicos.

Palabras clave: Registros electrónicos de salud; Redes de comunicación de computadores; Seguridad computacional; Interoperabilidad de la información en salud.

1. Introdução

A assistência à saúde envolve diversas entidades, tais como o indivíduo que recebe a atenção, prestadores de serviço de saúde, seguradoras de saúde e órgãos reguladores. Este sistema é marcado pela fragmentação das informações produzidas nas diferentes etapas do processo de assistência (Bublitz et al., 2019).

O gerenciamento destas informações por meio de registros eletrônicos, tem potencial de gerar melhoria na qualidade da assistência (Dornan et al., 2019), oferecendo condições para uma melhor coordenação entre diferentes provedores de serviços de saúde (Dobrow et al., 2019). Porém, dificuldades na interoperabilidade (Janett & Yeracaris, 2020) podem impedir a visibilidade do histórico unificado do paciente (Bublitz et al., 2019; Dubovitskaya et al., 2020). Além disso, as dificuldades são agravadas por preocupações com a privacidade dos dados e segurança da informação (Dutta & Hwang, 2020).

Uma alternativa proposta para oferecer maior confiança na troca de informações é o uso de *blockchain*. É uma tecnologia de registros distribuídos caracterizada por uma rede de participantes, que mantém um histórico imutável de todas as transações efetuadas sobre os registros (Casey et al., 2018; Yaga et al., 2018). Toda informação armazenada na *blockchain* é replicada entre os participantes da rede, gerando uma redundância dos dados, permitindo que todos tenham acesso à mesma informação de forma transparente (Yaga et al., 2018) e auditável, garantindo a integridade dos dados e proteção contra acessos não autorizados (Abu-Elezz et al., 2020).

O que difere a *blockchain* de uma base distribuída comum é a forma como é feita governança sobre os registros. Em uma *blockchain*, toda adição de registro (um bloco) é realizada entre os participantes através de um mecanismo de consenso (Bigini et al., 2020), sem que haja necessidade de um intermediário para realizar esta validação (Casey et al., 2018). Esta característica é particularmente útil quando é necessário um acordo sobre o estado das informações compartilhadas, como é o caso da troca de informações para realização de cobranças de utilização de seguros de saúde (Vazirani et al., 2019). Por ser fortemente apoiada em criptografia (Casey et al., 2018; Yaga et al., 2018), a tecnologia tem possibilidade de atender necessidades de privacidade, confidencialidade e integridade ao compartilhar registros de saúde.

Apesar de todas essas vantagens, nem todos os Registros eletrônicos em Saúde (RES) fazem o uso de *blockchain*. Os que a utilizam podem adotar diferentes tipos de armazenamento (*on-chain*: registros em sua estrutura de dados ou *off-chain*: índices para recuperação de registros localizados em outras bases), participação (Permissionada: mediante aprovação ou Não Permissionada: rede pública) e consenso (Descentralizado: realizado por todos ou parte dos participantes ou Restrito: realizado por participantes pré-determinados). Entendendo a importância do processo de implantação de um sistema de RES, o objetivo deste estudo foi identificar o que tem sido considerado na utilização de *blockchain* para compartilhamento de registros de saúde.

2. Metodologia

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, com foco em publicações que apresentam propostas de uso de *blockchain* como base para compartilhamento seguro de registros eletrônicos de saúde, em um contexto de assistência à saúde.

Para seleção das publicações foram utilizadas as bases BVS e PubMed, utilizando os descritores (*Blockchain*) AND (*Public Health*) AND (*Confidentiality*), aplicando os critérios de inclusão e exclusão apresentados no Quadro 1.

A metodologia utilizada seguiu o disposto em Estudos de revisão sistemática: Um guia para síntese criteriosa da evidência científica (Sampaio & Mancini, 2007).

Quadro 1 – Critérios de inclusão e exclusão de artigos.

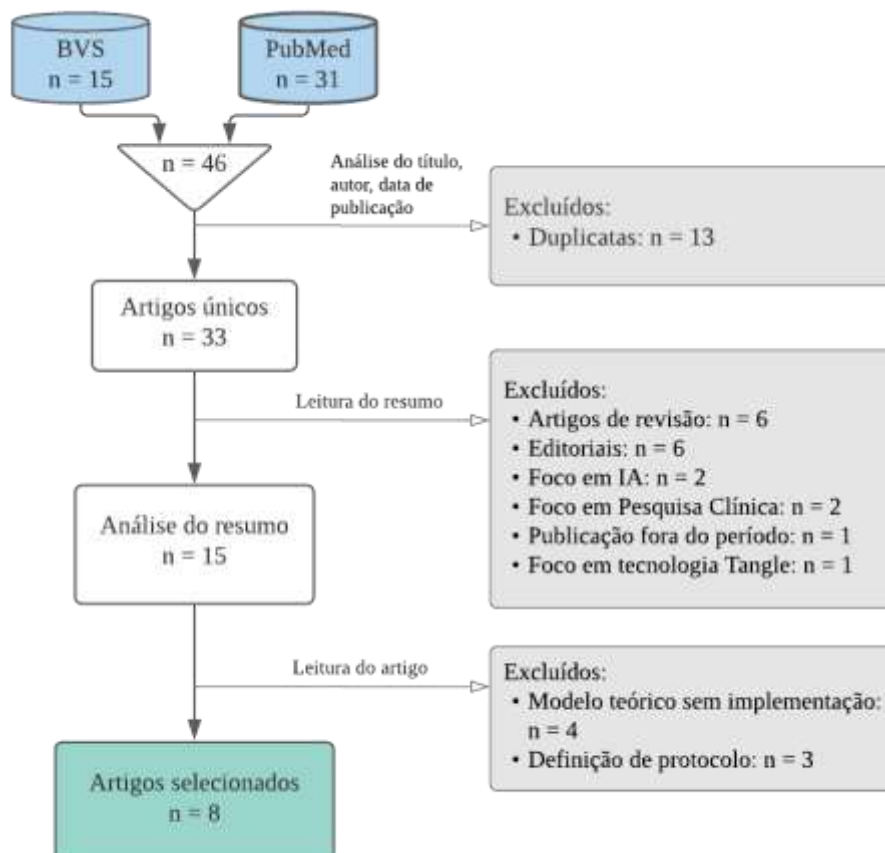
Atributo	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Período de publicação	- Julho de 2018 a Julho de 2021	- Anterior a Julho de 2018
Idioma	- Artigos em português - Artigos em inglês	- Artigos em outros idiomas
Unicidade	- Artigos originais	- Artigo em duplicidade
Tipo de estudo	- Propostas de modelos de compartilhamento com foco no uso de <i>blockchain</i>	- Artigos de revisão - Editoriais - Foco em outras tecnologias - Definição de protocolo ou modelo sem protótipo, PoC ¹ ou implantação
Contexto de aplicação	- Compartilhamento no processo de assistência à saúde	- Fora da área da saúde

Fonte: Autores (2021).

3. Resultados

A busca inicial resultou em 46 artigos. Destes, oito obedeceram os critérios estabelecidos (Figura 1).

Figura 1 - Processo de seleção dos artigos.



Fonte: Autores (2021).

¹ PoC: Prova de Conceito

As informações extraídas dos artigos foram categorizadas em 4 grupos: Temas Abordados, Forma de armazenamento dos Registros Eletrônicos de Saúde, Tipo de Participação da *Blockchain* e Tipo de Mecanismo de Consenso (Tabela 1).

Tabela 1 – Artigos localizados nas bases de dados BVS e PubMed, sobre uso de *blockchain* para compartilhamento de dados de registros eletrônicos de saúde.

Artigo	Temas Abordados	Armazenamento de RES	Tipo de Participação	Tipo de Consenso
(Nguyen et al., 2019)	- Centralidade de paciente - Controle de acesso	<i>off-chain</i>	Não Permissionada	Descentralizado
(Tian et al., 2019)	- Centralidade de paciente - Confidencialidade - Controle de acesso	<i>on-chain</i>	Permissionada	Restrito
(Sun et al., 2020)	- Centralidade de paciente - Confidencialidade - Controle de acesso - Escalabilidade	<i>off-chain</i>	Não Permissionada	Descentralizado
(Chenthara et al., 2020)	- Centralidade de paciente - Confidencialidade - Controle de acesso - Escalabilidade - Latência da rede	<i>off-chain</i>	Permissionada	Descentralizado
(Cernian et al., 2020)	- Centralidade de paciente - Confidencialidade - Controle de acesso	<i>off-chain</i>	Permissionada	Descentralizado
(Gutiérrez et al., 2020)	- Centralidade de paciente - Confidencialidade - Controle de acesso - Latência da rede - Disponibilidade da rede	<i>on-chain</i>	Permissionada	Restrito
(Lee et al., 2020)	- Centralidade de paciente - Confidencialidade - Controle de acesso	<i>off-chain</i>	Permissionada	Restrito
(Abunadi & Kumar, 2021)	- Centralidade de paciente - Confidencialidade - Controle de acesso	<i>on-chain</i>	Não Permissionada	Não especificado

Fonte: Elaborada a partir dos estudos selecionados.

O controle de acesso é efetuado em sua maioria (87,5%) (Abunadi & Kumar, 2021; Cernian et al., 2020; Chenthara et al., 2020; Gutiérrez et al., 2020; Lee et al., 2020; Nguyen et al., 2019; Sun et al., 2020) pelo mecanismo de *Smart Contracts*, programas armazenados e executados na *blockchain* (Yaga et al., 2018), proporcionando registros de transação auditáveis (Casey et al., 2018). Apenas um estudo optou por realizar o controle de acesso por meio de uma chave criptográfica compartilhada entre as partes autorizadas (Tian et al., 2019).

4. Discussão

Todos os trabalhos avaliados nesta revisão definiram modelos nos quais o paciente era dono de seus dados e especificaram mecanismos de acesso com controles definidos pelo indivíduo. Tais modelos acompanham o disposto pela Lei Geral de Proteção de Dados, que especifica o indivíduo como titular de seus dados, permitindo utilização mediante consentimento (LGPD, 2018).

Um ponto a ser considerado em respeito à legislação é quanto à possibilidade de eliminação dos dados, caso o registro seja armazenado na *blockchain*. Redes do tipo permissionada fornecem possibilidade de adequação por assumir maior grau de confiabilidade nos participantes, permitindo alterar a cadeia de blocos mais facilmente. Já nas redes não permissionadas, o consenso possui custo mais elevado (Yaga et al., 2018).

Registros armazenados na estrutura de dados da *blockchain* também ficam acessíveis a todos os participantes da rede.

Isso justifica a preocupação em definir mecanismos para criptografá-los antes do armazenamento garantindo sua confidencialidade, observada em 87,5% dos artigos avaliados (Abunadi & Kumar, 2021; Cernian et al., 2020; Chenthara et al., 2020; Gutiérrez et al., 2020; Lee et al., 2020; Sun et al., 2020; Tian et al., 2019). Estratégias mencionadas incluem a disponibilização de uma chave compartilhada (Tian et al., 2019) e configuração de acesso total pelo profissional de saúde (Gutiérrez et al., 2020). Apesar de a maioria definir estes mecanismos de criptografia, formas de recuperação do registro caso a chave criptográfica esteja inacessível foram pouco mencionadas.

O armazenamento *off-chain* buscou utilizar capacidade disponível na nuvem (Nguyen et al., 2019), melhorar a escalabilidade da rede, diminuir custos de armazenamento e transmissão (Chenthara et al., 2020; Sun et al., 2020) e melhor integração com sistemas existentes (Cernian et al., 2020).

Um desafio para adoção de *blockchain* foi a velocidade de efetivação das transações (latência) (Chenthara et al., 2020; Gutiérrez et al., 2020). Latência é uma preocupação presente em áreas como o mercado financeiro que exige grande volume de transações (Casey et al., 2018; Kuo et al., 2017), afetando principalmente redes públicas (Abu-Elezz et al., 2020). É o caso de redes voltadas para o mercado financeiro, como Bitcoin e redes que agem como plataformas, como Ethereum (Zhou et al., 2020). Mas também deve ser considerada para a área da saúde (O'Donoghue et al., 2019), pois pode prejudicar o processo de assistência integrado ao envolver diferentes provedores de serviços de saúde, já que redes com mais participantes demandam mais tempo para efetivação de transações (Chenthara et al., 2020).

Por fim, Gutiérrez et al. (2020) é o único estudo a abordar tratamento para falhas de conectividade da rede, o que impossibilitaria temporariamente o mecanismo de atualização da *blockchain*. Problemas de conectividade são preocupações existentes mesmo quando a *blockchain* não é adotada (Kumari & Kaur, 2018), merecendo maior atenção em estudos futuros.

5. Conclusão

Conclui-se que apesar de todas as vantagens associadas ao uso de *Blockchain*, a confiabilidade dos dados ainda se destaca como uma das maiores preocupações quando do seu uso para compartilhamento de registros de saúde. Acredita-se que a solução seja o uso de criptografia dos registros e políticas de controle de acesso.

Sugere-se como ações futuras a análise e elaboração de estratégias para mitigação de cenários de indisponibilidade das chaves utilizadas para criptografia dos registros, o que impediria sua recuperação.

Referências

- Abu-Elezz, I., Hassan, A., Nazeemudeen, A., Househ, M., & Abd-Alrazaq, A. (2020). The benefits and threats of blockchain technology in healthcare: A scoping review. *International Journal of Medical Informatics*, 142, 104246. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104246>
- Abunadi, I., & Kumar, R. L. (2021). BSF-EHR: Blockchain Security Framework for Electronic Health Records of Patients. *Sensors*, 21(8), 2865. <https://doi.org/10.3390/s21082865>
- Bigini, G., Freschi, V., & Lattanzi, E. (2020). A Review on Blockchain for the Internet of Medical Things: Definitions, Challenges, Applications, and Vision. *Future Internet*, 12(12), 208. <https://doi.org/10.3390/fi12120208>
- Lei no 13709, de 14 de agosto de 2018, Poder Executivo, 59 (2018) (testimony of BRASIL). http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm
- Bublitz, F. M., Oetomo, A., S. Sahu, K., Kuang, A., X. Fadrique, L., E. Velmiovitsky, P., M. Nobrega, R., & P. Morita, P. (2019). Disruptive Technologies for Environment and Health Research: An Overview of Artificial Intelligence, Blockchain, and Internet of Things. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 3847. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203847>
- Casey, M., Crane, J., Gensler, G., Johnson, S., & Narula, N. (2018). The Impact of Blockchain Technology on Finance: A Catalyst for Change (No 21; Geneva Reports on the World Economy). International Center for Monetary and Banking Studies. <https://voxeu.org/content/impact-blockchain-technology-finance-catalyst-change>
- Cernian, A., Tiganoaia, B., Sacala, I., Pavel, A., & Iftemi, A. (2020). PatientDataChain: A Blockchain-Based Approach to Integrate Personal Health Records. *Sensors*, 20(22), 6538. <https://doi.org/10.3390/s20226538>

- Chenthara, S., Ahmed, K., Wang, H., Whittaker, F., & Chen, Z. (2020). Healthchain: A novel framework on privacy preservation of electronic health records using blockchain technology. *PLOS ONE*, 15(12), e0243043. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243043>
- Dobrow, M. J., Bytautas, J. P., Tharmalingam, S., & Hagens, S. (2019). Interoperable Electronic Health Records and Health Information Exchanges: Systematic Review. *JMIR Medical Informatics*, 7(2), e12607. <https://doi.org/10.2196/12607>
- Dornan, L., Pinyopornpanish, K., Jiraporncharoen, W., Hashmi, A., Dejkriengkraikul, N., & Angkurawaranon, C. (2019). Utilisation of Electronic Health Records for Public Health in Asia: A Review of Success Factors and Potential Challenges. *BioMed Research International*, 2019, 7341841. <https://doi.org/10.1155/2019/7341841>
- Dubovitskaya, A., Novotny, P., Xu, Z., & Wang, F. (2020). Applications of Blockchain Technology for Data-Sharing in Oncology: Results from a Systematic Literature Review. *Oncology*, 98(6), 403–411. <https://doi.org/10.1159/000504325>
- Dutta, B., & Hwang, H.-G. (2020). The adoption of electronic medical record by physicians. *Medicine*, 99(8), e19290. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019290>
- Gutiérrez, O., Romero, G., Pérez, L., Salazar, A., Charris, M., & Wightman, P. (2020). HealthyBlock: Blockchain-Based IT Architecture for Electronic Medical Records Resilient to Connectivity Failures. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7132. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197132>
- Janett, R. S., & Yeracaris, P. P. (2020). Electronic Medical Records in the American Health System: Challenges and lessons learned. *Ciência & Saúde Coletiva*, 25, 1293–1304. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020254.28922019>
- Kumari, P., & Kaur, P. (2018). A survey of fault tolerance in cloud computing. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.09.021>
- Kuo, T.-T., Kim, H.-E., & Ohno-Machado, L. (2017). Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA*, 24(6), 1211–1220. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocx068>
- Lee, H.-A., Kung, H.-H., Udayasankaran, J. G., Kijsanayotin, B., B Marcelo, A., Chao, L. R., & Hsu, C.-Y. (2020). An Architecture and Management Platform for Blockchain-Based Personal Health Record Exchange: Development and Usability Study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(6), e16748. <https://doi.org/10.2196/16748>
- Nguyen, D. C., Nguyen, K. D., & Pathirana, P. N. (2019). A Mobile Cloud based IoMT Framework for Automated Health Assessment and Management. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 6517–6520.
- O'Donoghue, O., Vazirani, A. A., Brindley, D., & Meinert, E. (2019). Design Choices and Trade-Offs in Health Care Blockchain Implementations: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research*, 21(5), e12426. <https://doi.org/10.2196/12426>
- Sampaio, R., & Mancini, M. (2007). Estudos de revisão sistemática: Um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 11(1), 83–89. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552007000100013>
- Sun, J., Ren, L., Wang, S., & Yao, X. (2020). A blockchain-based framework for electronic medical records sharing with fine-grained access control. *PLOS ONE*, 15(10), e0239946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239946>
- Tian, H., He, J., & Ding, Y. (2019). Medical Data Management on Blockchain with Privacy. *Journal of Medical Systems*, 43(2), 26. <https://doi.org/10.1007/s10916-018-1144-x>
- Vazirani, A. A., O'Donoghue, O., Brindley, D., & Meinert, E. (2019). Implementing Blockchains for Efficient Health Care: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research*, 21(2), e12439. <https://doi.org/10.2196/12439>
- Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). Blockchain technology overview (NIST IR 8202; p. NIST IR 8202). *National Institute of Standards and Technology*. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8202>
- Zhou, Q., Huang, H., Zheng, Z., & Bian, J. (2020). Solutions to Scalability of Blockchain: A Survey. *IEEE Access*, 8, 16440–16455. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2967218>